

# **Untersuchungen zu kumulativen psychischen und physiologischen Effekten des fliegenden Personals auf der Kurzstrecke**

Am Beispiel des Flugbetriebes der Boeing 737 Flotte der  
Deutschen Lufthansa AG

Dissertation

zur Erlangung des akademischen Grades einer Doktorin  
der Wirtschafts- und Sozialwissenschaften (Dr. rer. pol.)

am

Institut für Arbeitswissenschaft der Universität Kassel

Fachgebiet Arbeitspsychologie

(Fachbereich Maschinenbau)

vorgelegt von

Dipl. Psych. Tanja Niederl

Deutsches Zentrum für Luft- und Raumfahrt e.V.

Institut für Luft- und Raumfahrtmedizin

Abteilung Flugphysiologie

1. Gutachter: Prof. Dr. phil. habil. Ekkehart Frieling
2. Gutachter: Prof. Dr. Ing. Hans Martin

Datum der Disputation: 28.11. 2007

## **Danksagung**

Hiermit möchte ich mich bei dem Institutsleiter des DLR-Instituts für Luft- und Raumfahrtmedizin, Herrn Prof. Dr. med. Rupert Gerzer und den Mitarbeitern der Abteilung Flugphysiologie bedanken, die mir die Durchführung der Untersuchung ermöglicht haben.

Vielen Dank auch an den Projektleiter, Herrn Dipl.-Ing. Martin Vejvoda, der die notwendigen Entwicklungsschritte der Studie erstellte und den organisatorischen Ablauf betreute.

Mein Dank gilt auch dem ehemaligen Mitarbeiter der Abteilung Flugphysiologie, Herrn Dr. med. David Elmenhorst, der in akribischer Weise die Programmierung des PDA vorgenommen hat, ohne die eine zuverlässige Datensammlung über den langen Zeitraum der Studie nicht möglich gewesen wäre.

Wichtige Anstöße und Hinweise zur Problembetrachtung und zur Fundierung theoretischer Konzepte hinsichtlich der empirischen Untersuchung leistete Herr Dr. rer.nat. Alexander Samel, ehemaliger Abteilungsleiter der Flugphysiologie, der unsere Abteilung durch seinen plötzlichen Tod († 19. Mai 2007) mit tiefer Trauer erfüllte.

Meinem Doktorvater am Institut für Arbeitswissenschaft der Universität Kassel, Fachgebiet Arbeitspsychologie, Herrn Prof. Dr. phil. Ekkehart Frieling möchte ich meine Anerkennung für seine Bereitschaft ausdrücken, dieses Thema zu betreuen und mich herzlich für die angenehme und konstruktive Begleitung bedanken.

Mein Dank gilt auch Herrn Prof. Dr. Ing. Hans Martin am Institut für Arbeitswissenschaft der Universität Kassel, Fachgebiet Arbeitswissenschaft, für seine unkomplizierte Bereitschaft, sich als Zweitgutachter zur Verfügung zu stellen.

Ebenfalls sei der Deutschen Akademie für Flug- und Reisemedizin und Herrn Prof. Dr. med. Stüben für die finanzielle Unterstützung dieses Projekts gedankt.

Mein herzliches Dankeschön gilt auch der Boeing 737 Flotte der Deutschen Lufthansa, insbesondere der Flottenassistentin der Boeing 737 Flotte, Frau Susanne Hertneck, die die Studie in ihrer logistischen Durchführung unterstützt und zur Akquirierung der Versuchspersonen beigetragen hat. Zudem war die

Crewplanung der Boeing 737 Flotte, insbesondere Frau Doggen, stets um eine studienorientierte Dienstplanung bemüht.

Ganz besonderer Dank gebührt auch den Piloten, die mit viel Ausdauer und Engagement an der Studie teilgenommen haben.

# INHALTSVERZEICHNIS

<b>0</b>	<b>Zusammenfassung</b> .....	14
<b>1</b>	<b>Einführung</b> .....	16
1.1	Forschungsüberblick und Ziel der Studie .....	18
1.2	Die Entwicklung der modernen Zivilluftfahrt .....	20
1.3	Europäische Regularien zur Flugsicherheit: Die Joint Aviation Requirements der Joint Aviation Authorities (JAA) .....	23
1.3.1	Gesetzliche Regelungen zur Lizenzierung: Joint Aviation Requirements .....	24
	– Flight Crew Licensing (JAR-FCL) .....	24
1.3.1.1	<i>Die flugmedizinische Tauglichkeitsuntersuchung (JAR-FCL 3)</i> .....	24
1.3.1.2	<i>Gültigkeit der Lizenz für Verkehrspiloten</i> .....	25
1.4	Gesetzliche Regelung der Flugdienst- und Ruhezeiten durch die 2. DVO LuftBO .....	27
1.4.1	Arbeitszeit .....	27
1.4.2	Blockzeit (Flugzeit) .....	27
1.4.3	Flugdienstzeit .....	28
1.4.4	Beförderungszeit (Dead-Head-Zeit) .....	29
1.4.5	Bereitschaftszeit .....	30
1.4.6	Ruhezeiten der Besatzungsmitglieder .....	30
1.4.7	Führung von Aufzeichnungen .....	31
1.4.8	Flight Log .....	31
1.4.8.1	<i>Flight Log - Eintragungen während der Studie in das PDA</i> .....	32
1.5	Human Factors: Hauptursache für Flugzwischen- und Flugunfälle .....	32
1.6	Human Factors: Kommunikation und Ermüdung .....	33
<b>2</b>	<b>Theoretischer Teil</b> .....	39
2.1	Theoretische Aspekte von Stress .....	39
2.2	Stressdefinition .....	39
2.3	Drei unterschiedliche stresstheoretische Modellvorstellungen .....	41
2.3.1	Der reaktionsorientierte Ansatz .....	41
2.3.2	Der reizzentrierte Ansatz .....	44
2.3.3	Der transaktionale Ansatz .....	45
2.4	Arbeits- und organisationspsychologische Stressmodelle .....	49
2.5	Eustress versus Distress im Zusammenhang mit der Leistung .....	54

2.6	Theoretische Aspekte des Belastungs- und Beanspruchungskonzepts .....	55
2.6.1	Definition von Stressor, Stressreaktion und Stressbewältigung .....	55
2.6.2	Das Belastungs- und Beanspruchungskonzept .....	56
2.6.3	Mentale Beanspruchung (mental workload) bei informationsverarbeitenden (Arbeits-) Tätigkeiten .....	58
2.7	Schlaf und Psychometrie .....	61
2.7.1	Grundlagen der Schlafforschung .....	61
2.7.2	Die Funktion des normalen Schlafes .....	62
2.7.3	Schlafregulation und zirkadiane Rhythmik .....	62
2.7.4	Beeinflussende Faktoren auf die zirkadiane Rhythmik .....	64
2.7.5	Operationalisierung des Schlaf-Wach-Verhaltens .....	65
2.8	Konzeptionelle Unterscheidung der Müdigkeit von der Schläfrigkeit .....	67
2.8.1	Psychische Ermüdung aus arbeitspsychologischer Sicht .....	68
2.9	Auswirkungen der Schlafrestriktion auf die Tagesmüdigkeit und Leistungsfähigkeit .....	70
2.9.1	Auswirkungen der Schichtarbeit auf die Müdigkeit und Leistungsfähigkeit .....	71
2.9.2	Auswirkungen der Arbeitsdauer auf die Müdigkeit und Leistungsfähigkeit .....	74
<b>3</b>	<b>Studiendesign</b> .....	<b>77</b>
3.1	Untersuchungsplanung .....	77
3.2	Anforderungskriterien des Studiendesigns .....	80
3.3	Stichprobenbeschreibung .....	80
3.4	Vorbereitung zur Versuchsdurchführung .....	81
3.5	Versuchsdurchführung .....	82
<b>4</b>	<b>Methodik</b> .....	<b>84</b>
4.1	Psychophysiologische Messung der motorischen Aktivität .....	84
4.1.1	Anwendung der Aktimetrie während des Studienverlaufs .....	86
4.1.2	Auswertungskriterien der Aktimetrie .....	86
4.1.3	Kritik an der Aktimetrie .....	86
4.2	Die Erfassung psychometrischer Daten über das PDA .....	87
4.3	Die Erfassung schlafrelevanter Daten durch das Sleep Log .....	88
4.4	Leistungserfassung durch die Psychomotor Vigilance Task (PVT) .....	90
4.4.1	Bearbeitung der Psychomotor Vigilance Task (PVT) während des Studienverlaufs .....	90
4.4.2	Auswertungskriterien der Psychomotor Vigilance Task (PVT) .....	91

4.5	Die Erfassung flugdienstrelevanter Daten durch das Flight Log .....	92
4.5.1	Bearbeitung des Flight Logs während des Studienverlaufs .....	93
4.6	Die psychometrische Erfassung der Müdigkeit und Schläfrigkeit im Flight Log und im Sleep Log.....	94
4.6.1	Die Müdigkeitsskala von Samn und Perelli (1982) .....	95
4.6.1.1	<i>Der Aufbau der Müdigkeitsskala von Samn und Perelli (1982)</i> .....	95
4.6.1.2	<i>Die Auswertung der Müdigkeitsskala von Samn und Perelli (1982)</i> .....	96
4.6.1.3	<i>Testgütekriterien der FAT</i> .....	97
4.6.2	Die Karolinska Sleepiness Scale (KSS) .....	97
4.6.2.1	<i>Der Aufbau der Karolinska Sleepiness Scale (KSS)</i> .....	98
4.6.2.2	<i>Die Auswertung der Karolinska Sleepiness Scale (KSS)</i> .....	99
4.6.2.3	<i>Die Testgütekriterien der Karolinska Sleepiness Scale (KSS)</i> .....	99
4.7	Die psychometrische Erfassung der schlafassoziierten Parameter .....	99
4.7.1	Die psychometrische Erfassung der Wachheit und Anspannung .....	100
4.7.1.1	<i>Testgütekriterien der VAS ‚Wachheit‘</i> .....	100
4.7.2	Die psychometrische Erfassung der Erholung.....	100
4.7.3	Die psychometrische Erfassung der Schlafqualität und des Schlafbedürfnisses.....	101
4.8	Die psychometrische Erfassung der Gesamtbelastung des Tages .....	101
4.9	Beanspruchungsmessmethode für die fliegerische Tätigkeit.....	101
4.9.1	Theoretische Grundlagen der Entwicklung des NASA-TLX.....	101
4.9.2	Der Aufbau des NASA-TLX .....	102
4.9.3	Die Erhebung des NASA-TLX während des Studienverlaufs .....	103
4.9.4	Die Auswertung des NASA-TLX .....	104
4.9.5	Die Testgütekriterien des NASA-TLX .....	104
4.9.6	Kritik am NASA-TLX .....	105
4.10	Multidimensionale Befindlichkeitsmessung: Berliner-Alltagssprachliche- Stimmungs-Inventar (BASTI).....	106
4.10.1	Der Aufbau des Berliner-Alltagssprachlichen-Stimmungs-Inventars .....	106
4.10.2	Skalierung der Items.....	107
4.10.3	Die Bearbeitung des BASTI während des Studienverlaufs.....	108
4.10.4	Die Auswertung des BASTI .....	109
4.10.5	Die Testgütekriterien des BASTI.....	109
4.10.6	Kritik am BASTI .....	109
4.10.7	Das Zyklusmodell zur Erfassung der psychometrischen Parameter während der Studie.....	110

4.11	Zusätzliche Bearbeitung von Paper-Pencil-Fragebögen während des Studienverlaufs.....	111
4.11.1	Erholungs-Belastungs-Fragebogen (EBF) von Kallus (1995).....	111
4.11.2	Operationalisierung des Belastungs-Beanspruchungskonzepts und der Erholung durch den EBF.....	112
4.11.3	Die Testgütekriterien des EBF.....	113
4.12	Fragebogen zur Erfassung des Gesundheitsverhaltens (FEG).....	114
4.12.1	Der Aufbau des FEG.....	115
4.12.2	Die Auswertung des FEG.....	115
4.12.3	Die Testgütekriterien des FEG.....	117
4.13	Fragebogen zum Gesundheitszustand (SF-12).....	118
4.14	Die Operationalisierung des Chronotyps.....	120
4.14.1	Die Auswertung des D-MEQ.....	121
4.14.2	Die Testgütekriterien des D-MEQ.....	122
4.15	Befragung mit dem ‚Allgemeinen Fragebogen‘.....	122
<b>5</b>	<b>Fragestellung der Studie.....</b>	<b>124</b>
5.1	Hypothesen zu den Auswirkungen arbeitsbezogener Belastungsfaktoren der Cockpitbesatzung auf der Kurzstrecke.....	126
5.1.1	Hypothesen für die spezifische Ebene.....	126
5.1.2	Hypothesen für die Makroebene.....	127
5.1.3	Hypothesen für die Mikroebene.....	127
5.2	Zusammenhangshypothesen moderierender und medierender Variablen ....	128
<b>6</b>	<b>Statistische Verfahren.....</b>	<b>130</b>
<b>7</b>	<b>Demographische und flugspezifische Beschreibung der Pilotenstichprobe.....</b>	<b>135</b>
7.1	Beschreibung der Stichprobe.....	135
7.2	Die Länge der Betriebszugehörigkeit.....	137
7.3	Erworbene Berufserfahrung durch die Gesamtflugstunden.....	137
7.4	Zusatzfunktionen und Vollzeitbeschäftigung.....	138
7.5	Die Boeing 737-Flotte der Deutschen Lufthansa.....	138
7.6	Einsatztage und Offtage während der Studie.....	140
7.6.1	Deskription der Einsatz-, Off-, Layovertage, Overnights und der ‚sonstigen Dienste‘ während des Studienverlaufs.....	141
7.7	Summe der in der Studie geflogenen Flugdienst- und Blockzeiten.....	143

7.8	Die Häufigkeitsverteilung der Einsatz- und Offtage .....	144
7.9	Die Häufigkeitsverteilung der Anzahl an Flugdienst-, Off-, Layovertagen und der ‚Sonstigen Dienste‘ .....	145
7.10	Die Häufigkeitsverteilung der Block- und Flugdienstzeit.....	148
7.11	Die Häufigkeitsverteilung der Leganzahl und der Dienstkettlänge.....	149
7.12	Die Häufigkeitsverteilung der Beförderungsflüge (Dead-Head-Flüge).....	150
7.13	Die Verteilung der Blockstunden, Flugdienstzeit und Leganzahl über den gesamten Studienverlauf.....	151
7.13.1	Die Verteilung der Blockstunden über den gesamten Studienverlauf.....	151
7.13.2	Die Verteilung der Flugdienstzeit über den gesamten Studienverlauf .....	152
7.13.3	Die Verteilung der Leganzahl/Tag über den gesamten Studienverlauf.....	153
7.14	Flugdienst- und Offzeiten getrennt nach Studienabschnitt und Rang.....	154
7.14.1	Flugdienst- und Offzeiten während der gesamten Studienzeit .....	154
7.14.2	Flugdienst- und Offzeiten während des ersten Studienabschnitts .....	155
7.14.3	Flugdienst- und Offzeiten während des zweiten Studienabschnitts.....	155
7.15	Subjektive Bewertung zu flugspezifischen Fragestellungen aus dem ‚Allgemeinen Fragebogen‘ .....	158
7.15.1	Subjektive Bewertung der Flugdienstzeiten durch den ‚Allgemeinen Fragebogen‘ .....	158
7.15.2	Subjektive Bewertung von Flugdienstüberschreitungen .....	159
7.15.3	Subjektive Bewertungen zu ‚Fit for duty‘ .....	161
7.15.4	Subjektive Bewertungen von Belastungsfaktoren während Flugdiensttagen.....	164
<b>8</b>	<b>Ergebnisse des Sleep Logs .....</b>	<b>166</b>
8.1	Chronotyp.....	166
8.2	Deskriptive Analysen zu den globalen Schlafparametern.....	167
8.2.1	Schlafzeiten an Flugdienst- und Offtagen.....	168
8.2.2	Schlafzeiten an Flugdiensttagen.....	168
8.2.3	Schlafzeiten an Offtagen .....	169
8.3	Sleep Log und Aktimetrie .....	170
8.3.1	Zusammenhang zwischen subjektiver Einschätzung und objektiver Erfassung der globalen Schlafparameter .....	170
8.3.2	Lineare Regressionsanalyse der subjektiven Einschätzung und der objektiven Erfassung der Gesamtschlafdauer.....	171

8.4	Analyse der globalen Schlafparameter in Abhängigkeit von der Dienstart und dem Dienstort.....	172
8.4.1	Globale Schlafparameter in Abhängigkeit von der Dienstart .....	173
8.4.2	Globale Schlafparameter in Abhängigkeit von dem Flugdienstort .....	177
8.5	Zusammenhang zwischen der subjektiven Einschätzung der Müdigkeit und Schläfrigkeit.....	180
8.5.1	Deskriptive Statistik der FAT-Skala und KSS-Skala .....	180
8.5.2	Korrelationsanalyse zwischen der FAT-Skala und der KSS-Skala .....	182
8.6	Analyse der subjektiven Morgen- und Tagesmüdigkeit .....	184
8.6.1	Deskriptive Statistik der Morgen- und Tagesmüdigkeit über den zeitlichen Verlauf der Messtage .....	185
8.6.2	Vergleich zwischen der subjektiven Morgen- und Tagesmüdigkeit .....	188
8.6.3	Analyse der subjektiven Morgen- und Tagesmüdigkeit in Abhängigkeit von der Dienstart .....	188
8.6.4	Analyse der Morgenmüdigkeit in Abhängigkeit von den globalen Schlafparametern.....	190
8.7	Analyse der schlafassoziierten Parameter in Abhängigkeit von den globalen Schlafparametern .....	193
8.7.1	Deskriptive Statistik der schlafassoziierten Parameter über den gesamten Messzeitraum.....	193
8.7.2	Korrelationsanalysen der schlafassoziierten Parameter, der Morgenmüdigkeit/-schläfrigkeit, der Anspannung, der Wachheit und der globalen Schlafparameter .....	196
8.7.2.1	<i>Zusammenhänge zwischen den schlafassoziierten Parametern und der Morgenmüdigkeit/-schläfrigkeit, Wachheit und Anspannung.....</i>	196
8.7.2.2	<i>Zusammenhänge zwischen den schlafassoziierten Parametern und den globalen Schlafparametern.....</i>	198
8.7.2.3	<i>Zusammenhänge zwischen den schlafassoziierten Parametern und den Moderatorvariablen Alter und Chronotyp.....</i>	198
8.7.3	Schlafassoziierte Parameter in Abhängigkeit von den globalen Schlafparametern, der Dienstart und dem Rang.....	199
8.8	Morgenmüdigkeit: Wiederholungsmessung mit Blockbildung.....	204
8.8.1	Veränderungen der Morgenmüdigkeit über den zeitlichen Verlauf.....	205
8.8.2	Morgenmüdigkeit in Abhängigkeit vom zeitlichen Verlauf und von der Anzahl der Flugdienstage .....	207

8.9	,Gesamtbelastung des Tages' und Tagesmüdigkeit an Flugdienst- versus Offtagen.....	209
8.9.1	Deskriptive Statistik der ,Gesamtbelastung des Tages' über den zeitlichen Verlauf der Messtage .....	210
8.9.2	Korrelationen zwischen der Gesamtbelastung, Tagesmüdigkeit/-schläfrigkeit, Anspannung, Wachheit und der Flugdienstdauer .....	212
8.9.3	Gesamtbelastung des Tages in Abhängigkeit von der Dienstart .....	213
8.9.4	Gesamtbelastung und Tagesmüdigkeit in Abhängigkeit von der Dienstdauer.....	214
8.9.5	Tagesmüdigkeit in Abhängigkeit von der Dienstdauer.....	216
8.9.5.1	<i>Vergleich der Tagesmüdigkeit und der Flugdienstdauer.....</i>	216
8.9.6	Gesamtbelastung und Tagesmüdigkeit: Wiederholungsmessung mit Blockbildung.....	218
8.9.7	Veränderungen der Tagesmüdigkeit und Gesamtbelastung über den zeitlichen Verlauf.....	219
8.9.8	Gesamtbelastung und Tagesmüdigkeit in Abhängigkeit vom zeitlichen Verlauf und von der Anzahl der Flugdienstage .....	220
<b>9</b>	<b>Ergebnisse der Leistung .....</b>	<b>223</b>
9.1	Subjektive Leistungsbeurteilung durch den ,Allgemeinen Fragebogen' .....	223
9.2	Deskriptive Analysen der Leistung in der morgendlichen und abendlichen Psychomotor Vigilance Task (PVT) .....	226
9.2.1	Vergleich zwischen der morgendlichen und abendlichen PVT .....	228
9.2.1.1	<i>Analyse der morgendlichen und abendlichen PVT-Parameter an Flugdienst- und Offtagen .....</i>	229
9.3	Korrelationsanalysen zwischen den Morgenwerten der PVT und den globalen Schlafparametern .....	230
9.4	Morgendliche PVT in Abhängigkeit von der Dienstart und den globalen Schlafparametern .....	233
9.5	Morgenwerte der PVT: Wiederholungsmessung mit Blockbildung .....	235
9.5.1	Morgendliche PVT in Abhängigkeit vom zeitlichen Verlauf und von der Anzahl der Flugdienstage .....	236
9.6	Korrelationsanalysen der abendlichen Leistungsparameter der PVT .....	238
9.6.1	Korrelation zwischen den abendlichen Leistungsparametern und der Moderatorvariable ,Alter' .....	238
9.6.2	Korrelation zwischen den abendlichen Leistungsparametern und der Dienstart.....	239

9.6.3	Korrelation zwischen den abendlichen Leistungsparametern und der Gesamtbelastung des Tages .....	239
9.6.4	Korrelation zwischen den abendlichen Leistungsparametern und der Tagesmüdigkeit, Wachheit, Anspannung.....	240
9.7	Abendliche PVT in Abhängigkeit von der Dienstart und dem zeitlichen Verlauf .....	241
9.7.1	Hierarchische Regressionanalyse: Einflüsse auf die abendliche Reaktionsleistung nach Flugdiensttagen.....	243
9.8	Abendliche PVT in Abhängigkeit von der Flugdienstdauer und der globalen Schlafparameter .....	245
9.9	Abendliche PVT in Abhängigkeit von der Aufwachzeit an Flugdiensttagen....	248
<b>10</b>	<b>Ergebnisse des Flight Logs .....</b>	<b>251</b>
10.1	Subjektive Müdigkeit in Abhängigkeit von der Leganzahl.....	251
10.1.1	Subjektive Müdigkeit in Abhängigkeit von der Leganzahl mit dem Dienstbeginn als Baseline.....	255
10.2	Subjektive Erholung in Abhängigkeit von der Leganzahl.....	257
10.3	Arbeitsbeanspruchung durch die fliegerische Tätigkeit (NASA TLX) in Abhängigkeit von der Leganzahl .....	259
10.3.1	NASA TLX in Abhängigkeit von der Leganzahl mit dem Dienstbeginn als Baseline.....	261
10.4	NASA-TLX und subjektive Müdigkeit im Vergleich zwischen Dienstbeginn und Dienstende .....	263
10.5	Vergleich zwischen den Subskalen des NASA-TLX.....	266
10.6	NASA-TLX Subskalen im Vergleich zwischen dem Dienstbeginn und dem Dienstende .....	268
10.7	Stimmung im Vergleich zwischen dem Dienstbeginn und dem Dienstende ...	269
10.7.1	Zusammenhänge zwischen dem BASTI, der Müdigkeit und der Flugdienstzeiten.....	272
10.8	Müdigkeit und Gesamtbelastung am Dienstende in Abhängigkeit von dem Dienstbeginn und der Flugdienstdauer.....	273
10.9	Müdigkeit und Gesamtbelastung in Abhängigkeit von unterschiedlichen Flugdienstlängen .....	275

<b>11</b>	<b>Paper-Pencil-Fragebogen</b> .....	279
11.1	Analysen aus dem Fragebogen zur Erfassung des Gesundheitsverhaltens (FEG).....	279
11.1.1	Allgemeines Wohlbefinden .....	279
11.1.2	Allgemeines Wohlbefinden stratifiziert nach Alter .....	281
11.1.3	Zufriedenheit mit der Bewegungsaktivität.....	284
11.1.4	Zufriedenheit mit der Ernährung.....	285
11.1.4.1	Änderungswünsche in der Ernährung.....	286
11.1.4.2	Ausgewogene Ernährung.....	287
11.1.5	Freizeitverhalten und Pflege von Sozialkontakten .....	288
11.1.6	Sozialkontakte .....	289
11.2	Arbeitszufriedenheit aus dem ‚Allgemeinen Fragebogen‘.....	289
11.3	Analysen aus dem Fragebogen des Gesundheitszustandes (SF-12).....	291
11.1	Analysen aus dem Erholungs-Belastungs-Fragebogen (EBF) .....	293
<b>12</b>	<b>Zusammenfassung der Ergebnisse</b> .....	296
12.1	Überprüfung der Hypothesen der spezifischen Ebene .....	297
12.1.1	Schlaf-Wach-Verhalten (globale Schlafparameter) und Flugdienststart.....	297
12.1.2	Globale Schlafparameter und schlafassoziierte Parameter .....	297
12.1.3	Globale Schlafparameter und Morgen- versus Tagesmüdigkeit.....	298
12.2	Überprüfung der Hypothesen auf der Makroebene .....	299
12.2.1	Gesamtverlauf der Morgenmüdigkeit und der Tagesmüdigkeit .....	299
12.2.2	Zusammenhänge zwischen den schlafassoziierten Parametern sowie deren Betrachtung über den gesamten Studienverlauf.....	299
12.2.3	Gesamtverlauf der Psychomotor Vigilance Task.....	300
12.2.4	Intraindividuellem und interindividuellem Vergleich durch Messwiederholung und Blockbildung.....	301
12.3	Überprüfung der Hypothesen auf der Mikroebene .....	302
12.3.1	Die Gesamtbelastung und Tagesmüdigkeit in Abhängigkeit von der Flugdienstdauer .....	304
12.3.2	Die Leistung in der PVT in Abhängigkeit von der Flugdienstdauer.....	304
12.3.3	Untersuchungen während des Flugeinsatzes (= In-Flight) .....	305
12.4	Erholung und Belastung unter Berücksichtigung flugspezifischer Daten.....	307
12.5	Gesundheitsverhalten.....	308
12.5.1	Wohlbefinden und Lebenszufriedenheit .....	308
12.6	Psychische und physische Gesundheit .....	309
12.7	Arbeitszufriedenheit.....	309

12.8	Überprüfung der Zusammenhangshypothesen moderierender und medierender Variablen .....	310
12.9	Überprüfung der Zusammenhangshypothese zwischen der subjektiven Müdigkeit und Schläfrigkeit.....	311
12.10	Überprüfung der Zusammenhangshypothesen zwischen der psychophysiologischen Aktimetrie und der subjektiven Einschätzung der globalen Schlafparameter.....	311
<b>13</b>	<b>Diskussion</b> .....	<b>313</b>
13.1	Bewertung der theoretischen Fundierung.....	313
13.2	Kritik an der vorliegenden Studie.....	313
13.3	Die Stichprobe .....	315
13.4	Bewertung der statistischen Methoden.....	316
13.5	Empfehlungen zur Optimierung .....	318
<b>14</b>	<b>Ausblick</b> .....	<b>322</b>
<b>15</b>	<b>Literaturverzeichnis</b> .....	<b>324</b>
<b>16</b>	<b>Anhang</b> .....	<b>347</b>
16.1	Anhang 1: Allgemeiner Fragebogen .....	347
16.2	Anhang 2: Fragebogen zum Chronotyp (D-MEQ) von Griefahn (2001).....	360
16.3	Anhang 3: Tabelle .....	364
16.4	Anhang 4: TLC .....	365
<b>17</b>	<b>Glossar</b> .....	<b>366</b>

## 0 Zusammenfassung

Im Rahmen des DLR- Projekts „Untersuchungen zu kumulativen psychischen und physiologischen Effekten des fliegenden Personals auf der Kurzstrecke“ des Instituts für Luft- und Raumfahrtmedizin, Abteilung für Flugphysiologie, wurde eine Untersuchung zur Belastung/Beanspruchung, Erholung sowie Ermüdung des Cockpitpersonals auf der Kurzstrecke durchgeführt. Hierfür wurden psychophysiologische und psychologische Parameter von insgesamt 29 Piloten (N=13 Kapitäne; N=16 Erste Offiziere) der Boeing 737 Flotte der Deutschen Lufthansa in einem Zeitraum von jeweils 8 Wochen aufgezeichnet. Das Durchschnittsalter lag bei  $33.8 \pm 7.9$  Jahren (Kapitäne:  $42.0 \pm 3.8$  Jahre; Erste Offiziere:  $27.4 \pm 2.2$  Jahre).

Hauptziel der Studie war, kumulative Effekte auf das Schlaf-Wach-Verhalten, die Belastung/Beanspruchung, die Erholung und die Müdigkeit zu analysieren, die bei Einsätzen über acht Wochen auftreten und für das fliegende Personal von erheblicher Bedeutung sein können.

Dabei wurden arbeitsspezifische Belastungsfaktoren auf der Kurzstrecke berücksichtigt, die sich in wesentlichen Punkten von denen der Langstrecke unterscheiden. So werden auf der Kurzstrecke, aufgrund mehrerer Flugabschnitte (Legs) hintereinander pro Tag, wesentlich häufiger Starts und Landungen durchgeführt, die ein hohes Maß an Konzentration und Aufmerksamkeit erfordern. Neben der Leganzahl sind es auch Faktoren wie lange Einsatz- und unregelmäßige Arbeitszeiten sowie der Zeitdruck, die während des Flugbetriebes auf der Kurzstrecke zur Belastung für Flugbesatzungsmitglieder werden und zu Ermüdungserscheinungen führen können.

Die Ergebnisse zeigen weder in der Erholung und Schlafqualität noch im Schlafbedürfnis kumulative Effekte. Die Müdigkeit steigt dagegen während der Studie an. Die Gesamtbelastung des Tages ist nach Flugdiensttagen über die gesamte Studie hinweg höher als an Offtagen und wächst zudem tendenziell ab Studienbeginn. Die Reaktionszeit in der Psychomotor Vigilance Task (PVT) nach Dinges (1985) zeigt an Flugdiensttagen sowohl morgens als auch abends eine signifikante Reaktionszeitverschlechterung. Insgesamt wurden im Mittel aber keine kritischen anhaltenden Effekte gefunden.

Akute Effekte haben sich bei der Ermüdung, der Belastung/Beanspruchung, der Erholung und der Leistungsfähigkeit an Flugdiensttagen abgezeichnet. Demnach wächst sowohl die Ermüdung als auch die Belastung/Beanspruchung in Abhängigkeit von der Aufwachzeit sowie bei zunehmender Flugdienstdauer und steigender Leganzahl. Die Erholung nimmt in Abhängigkeit von der Leganzahl kontinuierlich ab. Ebenso ist eine Leistungsabnahme durch eine verlangsamte Reaktionszeit und einer Zunahme der Auslassungen (= Lapses) in der PVT in Abhängigkeit von der Flugdienstlänge zu verzeichnen. Der „time on task“ Effekt zeigt sich besonders in der Ermüdung durch die fliegerische Tätigkeit ab einer Flugdienstzeit von länger als 10 Stunden und mehr als 4 Legs am Tag.

Die Ergebnisse liefern eine wissenschaftliche Datenbasis, auf deren Grundlage Empfehlungen zur Optimierung der Einsatzgestaltung für das Cockpitpersonal auf der Kurzstrecke unter flugmedizinischen und -psychologischen Gesichtspunkten resultieren. Zudem wird ein sachgerechter Beitrag im Rahmen der Diskussion zur Flugdienst- und Ruhezeitenregelung auf europäischer Ebene geleistet.

# 1 Einführung

Die Globalisierung der Marktwirtschaft und die wachsende Mobilität der Gesellschaft haben zu einem enormen Anstieg des nationalen und internationalen Luftverkehrs geführt. Die Abbildung 1 zeigt die Zunahme der Abflüge und der Flugstunden und damit die des gesamten Flugverkehrs. Die Anzahl der Abflüge ist weltweit in den letzten fünfunddreißig Jahren von ca. 6 Millionen auf 40 Millionen gestiegen. Moderne redundante Techniksysteme wurden entwickelt, um die Flugsicherheit zu erhöhen und gleichzeitig den Piloten in seinem Arbeitsumfeld zu entlasten. Die Bedienung der neuen Betriebssysteme machte allerdings ein Umdenken im Bezug auf die Arbeitsanforderungen notwendig, die sich durch die Einführung neuer Technologien qualitativ verschoben hatten. So sind beispielsweise Regulierungs- und Überwachungstätigkeiten gestiegen und damit auch die mentale Belastung (Wiener, 1988).

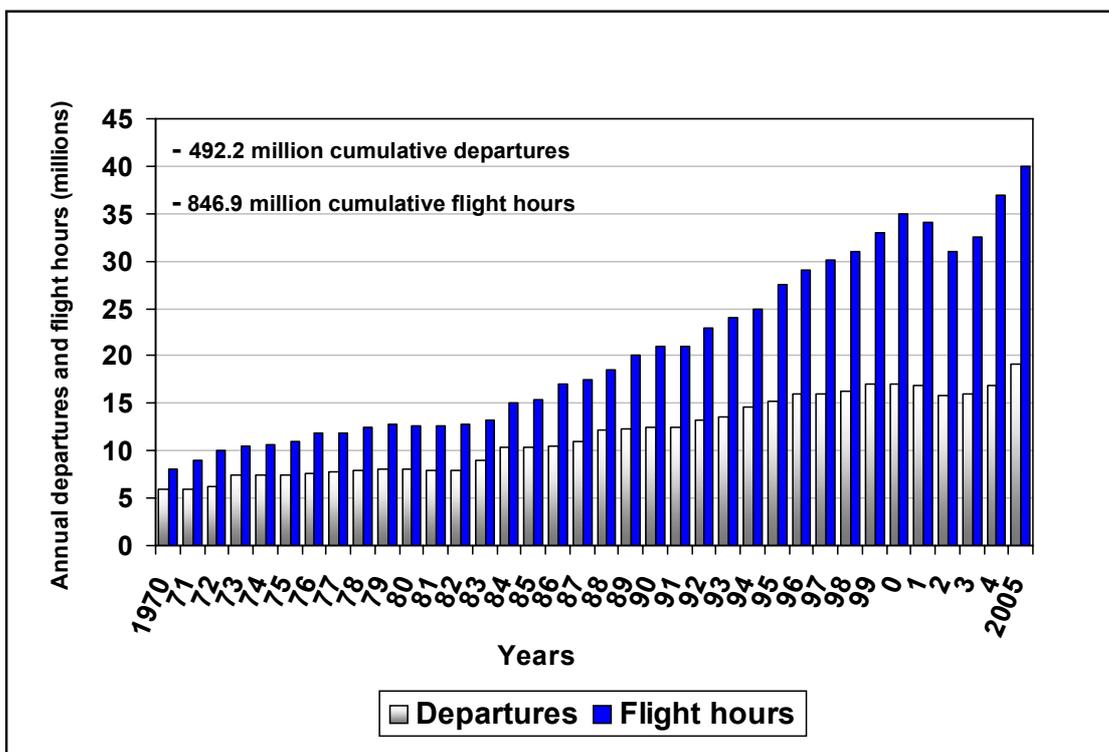


Abbildung 1: Departures and Flight Hours: Worldwide Operations 1970 through 2005. Adaptiert aus "Airplane Safety; Boeing Commercial Airplane Group", statistical summary of commercial Jet Airplane accidents, May 2006.

Mit den technischen Möglichkeiten (lange Non-Stop-Flüge auf der Langstrecke; frequenzieller Einsatz der Fluggeräte auf der Kurzstrecke) hat sich zudem das Einsatzprofil der Besatzungsmitglieder geändert. Schicht- und Nachtarbeit, irreguläre Dienstzeiten und Zeitzoneflüge erfordern eine hohe Flexibilität. Damit

wachsen auch die psychischen und physischen Anforderungen der Piloten. Darüber hinaus unterliegen die Piloten durch den kontinuierlichen Wandel innerhalb der zivilen Luftfahrt neben den technischen auch operationellen Veränderungen, die Umlern- und Umstellungsprozesse mit sich bringen.

Neben der technischen Modernisierung zur Optimierung der Flugsicherheit als wichtigstes Unternehmensziel, kommt die Kosteneffizienz als weiteres bedeutsames Ziel hinzu. Nicht nur aufgrund des steigenden Verkehrsaufkommens im Luftverkehr reagieren die Fluggesellschaften mit wechselnden Marktstrategien, um das hohe Passagieraufkommen zu decken. Auch so genannte Low Cost Carrier üben wirtschaftlichen Druck auf die Luftfahrtunternehmen aus. Um wettbewerbsfähig zu bleiben, werden strukturelle Veränderungen innerhalb der Luftfahrtunternehmen vorgenommen. Ziel der Unternehmen sind profitable Umläufe sowohl auf der Langstrecke als auch auf der Kurzstrecke und damit verbunden die effektivste Nutzung der Fluggeräte. Für die Flugbesatzungsmitglieder sowohl auf der Langstrecke als auch auf der Kurzstrecke bedeutet das mitunter lange Flugdienstzeiten und kurze Ruhezeiten.

Auch Kriege, wie die Golfkriege im Jahre 1991 und 2003 sowie Ausbreitungen von Krankheiten (z.B. SARS) zwingen die Luftfahrtunternehmen zu einer günstigeren Kostenstruktur (Einstellen von Strecken; Abzug von Fluggeräten). Von solchen wirtschaftlichen Schwankungen sind besonders die Flugbesatzungsmitglieder betroffen. Nach der wohl größten Krise der Luftfahrt der letzten fünfzehn Jahre, ausgelöst durch den Anschlag auf das World Trade Center in New York am 11. September 2001, stehen extreme Sicherheitsvorkehrungen und ein Umdenken in sicherheitsrelevanten Bereichen im Vordergrund, die den täglichen Flugbetrieb erschweren (z.B. häufige Sicherheitschecks auch für die Besatzungsmitglieder).

Generell ist das Fliegen an sich ein unverzichtbares Transportmittel geworden, wie der derzeitige Trend zur Expansion in allen Fluggesellschaften bestätigt. Die Frequenzen der Verbindungen werden stetig erhöht oder neue Ziele eingerichtet. In Anbetracht dieser Entwicklung ist das operierende Flugpersonal mit zu berücksichtigen, zumal „safety first“ gilt und Flugsicherheit nur im Zusammenspiel von Mensch und Maschine zu betrachten ist.

## 1.1 Forschungsüberblick und Ziel der Studie

Die technische Entwicklung der Flugzeuge brachte zuvor unbekannte Probleme für die Flugbesatzung. Die Flugzeiten stiegen durch Langstreckenflüge. Erstmals kam es durch die Zeitverschiebung zu physiologischen Belastungserscheinungen (Jet-Leg). Aufgrund des noch unerforschten Gebiets lag das Interesse wissenschaftlicher Arbeiten zum fliegenden Personal der zivilen Luftfahrt bisher überwiegend in den akuten Auswirkungen von Jet-Leg Symptomatiken, Ermüdungserscheinungen und Monotonie während und nach Langstreckenflügen und kaum auf dem Arbeitsumfeld des Flugpersonals auf der Kurzstrecke. Dabei wurden psychophysiologische Parameter des Cockpit- und Kabinenpersonals auf Langstreckenflügen (Cruz, 2003a, 2003b; Gander, 1987; Graeber, 1986; Haugli & Skogstad, 1994; Rosekind & Gander, 1994; Samel, Diedrich & Drescher, 1997; Samel & Wegmann, 1997a, 1997b; Samel & Wegmann, 1986; Vejvoda & Samel, 2000; Wegmann, Gundel & Naumann, 1986) während eines Einsatztages erhoben. Aus den Untersuchungen resultierten Empfehlungen und praktische Anwendungen zum Schlaf-Wach-Verhalten sowie Einhaltung von Mindestruhezeiten nach Langstreckenflügen.

Studien zum Einfluss von unregelmäßigen und langen Arbeitszeiten auf die Ermüdung und die Arbeitsbelastung von Flugbesatzungen auf der Kurzstrecke wurden nur als Querschnittuntersuchungen oder über kurze Zeiträume durchgeführt (Bourgeois-Bougrine, Cabon & Gounelle, 2003; Bourgeois-Bougrine, Cabon & Coblentz, 2003; Gander & Graeber, 1987; Haugli & Skogstad, 1994). Weiterführende Untersuchungen zur Erfassung der Belastung/Beanspruchung und Ermüdung des fliegenden Personals auf der Kurzstrecke über einen längeren Zeitraum haben noch nicht stattgefunden.

Die arbeitsspezifischen Belastungsfaktoren auf der Kurzstrecke während des Flugbetriebes unterscheiden sich in wesentlichen Bereichen von denen der Langstrecke. Beispielsweise erfordert die Anzahl durchgeführter Flugabschnitte (Legs) pro Tag, durch häufige Starts und Landungen, ein hohes Maß an Konzentration und Aufmerksamkeit (Babcock und Stone, 1988). Aber auch der Zeitdruck durch Slots<sup>1</sup> und/oder kurze Standzeiten (Transitzeiten) zwischen den

---

<sup>1</sup> Slots sind Abflugzeitraster, in denen die Flugzeuge starten müssen, damit sie zu einem vorgegebenen Zeitpunkt einen bestimmten Sektor passieren. Ist es der Cockpitbesatzung nicht möglich, in diesem Zeitfenster die Triebwerke zu starten, müssen sie sich vom Air Traffic Controller (ATC) einen neuen Slot zuweisen lassen.

Flügen, lange Einsatzzeiten sowie unregelmäßige Arbeitszeiten sind Faktoren, die auf der Kurzstrecke auftreten und zur Belastung von Flugbesatzungsmitgliedern werden können (Bourgeois-Bougrine, Cabon & Gounelle, 2003; Gander, 1987).

Belastungs- und Ermüdungserscheinungen können sich zudem nicht nur innerhalb eines Flugdiensttages zeigen, sondern kumulativ nach mehreren Einsatztagen hintereinander und über einen längeren Zeitraum auftreten. Darüber hinaus kann auch das Gesundheitsverhalten (Bewegung, Ernährung, etc.) von Piloten auf der Kurzstrecke aus flugmedizinischer und -psychologischer Sicht von erheblicher Bedeutung sein.

Aus diesem Grund führte das DLR-Institut für Luft- und Raumfahrtmedizin von September 2003 bis Januar 2006 eine Studie durch, die sich der Untersuchung potentiell akkumulativ wirksamer Effekte und ihrer Bedeutung für die Müdigkeit und Arbeitsbelastung des Cockpitpersonals auf der Kurzstrecke widmete.

In der Untersuchung werden einerseits Veränderungen von müdigkeitsbezogenen Prozessen, in der Belastung/Beanspruchung durch die fliegerische Tätigkeit sowie in der Erholung und Befindlichkeit in Abhängigkeit von der Zeit als kumulativer Aspekt, andererseits in Abhängigkeit von der Anzahl durchgeführter Flüge (Legs) pro Tag und der Flugdienstdauer („time on task“) als akute Effekte analysiert. Die morgendliche und abendliche Leistung über die Psychomotor Vigilance Task (PVT) als objektives Maß und Indikator für Ermüdungserscheinungen (Dinges, 1991; Lamond, Dawson & Roach, 2005; Samel, 2006) wird in der Veränderung über die Zeit sowie in Abhängigkeit von der Dienstart (Flugdienst versus Offtag), der Flugdienstdauer (time on task effect) und der Aufwachzeit an Flugdiensttagen (time since sleep effect) betrachtet.

Ziel der Studie ist es, mögliche kumulative Effekte auf die Belastung und Beanspruchung sowie auf die Ermüdung des fliegenden Personals auf der Kurzstrecke durch die in einem Zeitraum von 8 Wochen erfassten psychophysiologischen und psychologischen Daten zu analysieren. Aus den Ergebnissen der Untersuchung können Empfehlungen abgeleitet werden, wie unter flugmedizinischen und -psychologischen Gesichtspunkten die Einsatzgestaltung für das Cockpitpersonal auf der Kurzstrecke optimiert werden kann. Zusätzlich soll eine weitergehende wissenschaftliche Datenbasis

geschaffen und ein damit sachgerechter Beitrag im Rahmen der Diskussion von Flugdienst- und Ruhezeitenregelung auf europäischer Ebene geleistet werden.

Gerade vor dem Hintergrund der Diskussion über die Regelung der Flugdienst- und Ruhezeiten auf europäischer Ebene ist die objektive Beurteilung der fliegerischen Tätigkeit in der zivilen Luftfahrt notwendig. Dazu sollen an einem ausreichend großen Kollektiv an Probanden (Piloten) Daten erhoben werden, die neue Erkenntnisse für einen genügend langen Zeitraum erbringen.

## 1.2 Die Entwicklung der modernen Zivilluftfahrt

Der Traum vom Fliegen geht weit in die Antike zurück. Bereits der römische Dichter Publius Ovidius Naso dokumentierte um die Zeitenwende in seinem Werk „Metamorphosen“ die griechische Sage von Ikarus und Daidalos. In der Zeit der Renaissance entwarf Leonardo da Vinci (1452 - 1519) einen Flugapparat, dessen Flugfähigkeit später bewiesen werden konnte. Von 1810 bis 1811 konstruierte Albrecht Ludwig Berblinger, ein berühmter Schneider und Orthopädiemechaniker aus Ulm, seinen ersten flugfähigen Gleiter. Der englische Gelehrte Sir George Cayley (1773 bis 1857) untersuchte und beschrieb als erster in grundlegender Weise die Probleme des aerodynamischen Flugs. Der Flugpionier Otto Lilienthal (1848 - 1896) bewies sich als Visionär, als er 1894 in einem Brief an den Sozialethiker Moritz von Egidy schrieb: "Die gegenseitige Absperrung der Länder, der Zollzwang und die Verkehrserschwerung ist nur dadurch möglich, dass wir nicht frei wie der Vogel auch das Luftreich beherrschen.... Die Grenzen der Länder würden ihre Bedeutung verlieren, weil sie sich nicht mehr absperren lassen ...".

Als Verkehrsmittel gewinnt das Flugzeug bereits 1926 an Bedeutung. Die große Herausforderung nach dem 1. Weltkrieg waren Langstreckenflüge, vor allem die Überquerung des Atlantiks, die erstmalig Charles Lindbergh im Jahre 1927 von New York nach Paris gelang. Der Übergang von Propellermaschinen hin zur Jetgeneration machten die ersten Transatlantikflüge nonstop möglich. Allerdings bedeutete diese technische Entwicklung für die Flugbesatzungen lange Flugdienstzeiten mit Jet-Leg-Symptomaten. Zudem häuften sich Unfälle aufgrund von überforderten Piloten, die mit den Flugeigenschaften (Geschwindigkeit, Gewicht) der neuen Generation von Flugzeugtypen nicht vertraut waren (Wiener, 1988). Daher versuchte die Flugzeugindustrie zu Beginn

der siebziger Jahre durch die Konstruktion eines vollautomatisierten Cockpits die Arbeitsbelastung im Cockpit zu senken, um die Fehlerquelle Mensch im Mensch-Maschine-System auszuschalten und damit die Flugsicherheit zu erhöhen.

Wie die Unfallstatistik zeigt (siehe Abbildung 1.2), ging allerdings auch mit dem technischen Fortschritt die Unfallquote nicht zurück, sondern erhöhte sich sogar unerwarteter Weise wieder. Der Grund hierfür war, dass zwar durch den höheren Automatisierungsgrad im Cockpit die manuellen Aufgaben sanken, dagegen die mentalen Belastungen aufgrund der Regulierungs- und Überwachungstätigkeiten von komplexen Cockpitsystemen stiegen (Kantowitz, 1988; Wiener, 1988).

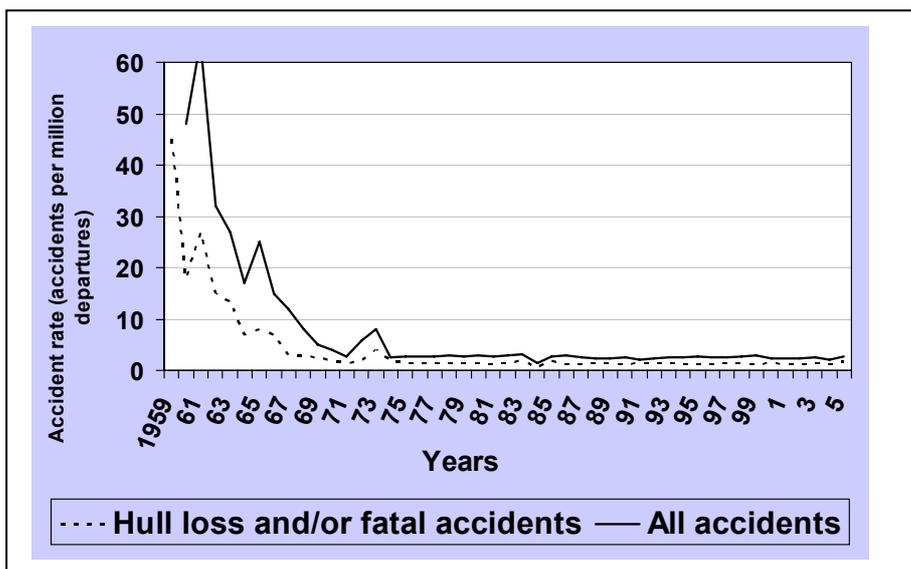


Abbildung 1.2: Accident Rates and Fatalities by Year: All Accidents - Worldwide Commercial Jet Fleet - 1959 through 2005. Adaptiert aus "Airplane Safety; Boeing Commercial Airplane Group", statistical summary of commercial Jet Airplane accidents, May 2006.

Ein exemplarischer Flugunfall, der auf menschlichem Fehlverhalten in einem automatisierten Cockpit beruht, ist der Absturz einer L-1011-Tristar im Jahre 1972 in den Everglades von Florida. Auf diesem Nachtflug brachte einer der Piloten die automatische Flugführungsanlage versehentlich durch einen leichten Druck am Steuerhorn in einen teilmanuellen Steuerungsmodus mit einer konstanten Sinkrate. Weil die Besatzung mit einem anderen marginalen Fehler an der Fahrwerksanzeige beschäftigt war, gelang es ihr nicht mehr die Aufmerksamkeit auf das kontinuierliche Sinken des Flugzeugs zu richten und so den Absturz zu verhindern.

Dieses Ereignis zeigte die Schwächen der Flugbesatzung, mit Unregelmäßigkeiten der automatischen Flugführungsanlage kontrolliert umgehen zu können. In der Flugunfallanalyse wurde damit eine neue Bezeichnung eingeführt, der so genannte Controlled Flight Into Terrain (CFIT), was einen kontrollierten Flug in ein Bodenhindernis bedeutet, meist hervorgerufen durch einen unbemerkten Fehler der Flugbesatzung in der Navigation oder der Bedienung des Autopiloten.

Edwards (1977) erkannte, dass diese neuen vollautomatisierten Betriebssysteme ein Umdenken im Bezug auf die Arbeitsanforderungen notwendig machten und der damit verbundene Funktionswandel im Arbeitssystem den Einbezug des Piloten in das Mensch-Maschine-System erforderte. In seinem dafür konzipierten SHEL-Konzept beschreibt er die Beziehung zwischen der Flugbesatzung mit dem Fluggerät und seinen Systemen und dessen Ausrüstung, der „Software“ sowie der Arbeitsumwelt, mit der jede Flugbesatzung interagiert (Campbell & Bagshaw, 1999) (Abbildung 1.3).

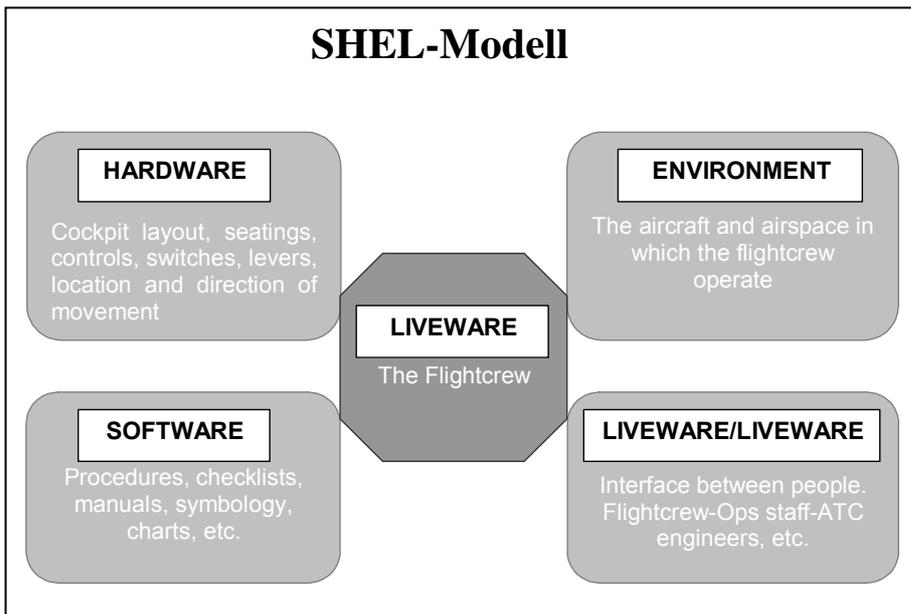


Abbildung 1.3: SHEL-Modell nach Edwards (1977). Adaptiert aus *Human Performance and Limitations in Aviation* von Campbell, R. und Bagshaw, M., 1999, S. 4.

Im Zentrum des SHEL – Modells steht das „L“ (= Liveware), die Flugbesatzung, die das Flugzeug operiert sowie die Beziehung zwischen der Flugbesatzung zum anderen Personal. Das „L“ steht mit allen anderen Komponenten in Verbindung, die sowohl die Leistungsfähigkeit als auch die Kapazitätsgrenzen der Flugbesatzung beeinflussen. Unter „S“ (= Software) werden die gesetzlichen

Bestimmungen, Regeln, Verfahren und Vorgaben verstanden, die das Handlungsfeld der Cockpitbesatzung bestimmen (z.B. JAR; Checklisten, etc.). Das „H“ (= Hardware) steht für die Systeme und Ausrüstung im Cockpit. Das „E“ (= Environment) bedeutet das Arbeitsumfeld in der die Flugbesatzung im Mensch-Maschine-System operiert. Das Arbeitsumfeld („Environment“), in der die Flugbesatzung interagiert, ist der Faktor, auf den kein Einfluss genommen werden kann.

Das SHELL-Konzept zeigt die Mensch-Maschine-Interaktion nicht nur im Umgang des Menschen mit und die Informationsverarbeitung von komplexen Systemen. Es beinhaltet auch Umweltfaktoren, die mit den informationsverarbeitenden Systemen in Beziehung stehen (Lederer, 1988). In der Arbeitswissenschaft wird demnach die menschliche Belastbarkeit zunehmend zu einer wichtigen Entscheidungsgröße bei der Anpassung der Arbeitswelt an die technologischen Möglichkeiten (Hoyos, 1982, S.1).

Aus der Notwendigkeit heraus, den Einflussfaktor Mensch im Umgang mit komplexen und dynamischen Cockpitsystemen zu integrieren, wurden flugbetriebliche Regularien und neue Trainingsstandards für Flugbesatzungen entworfen und eingeführt, die die fortwährende Weiterentwicklung der Technologie und der Betriebssysteme im Cockpit besonders berücksichtigen und so einen wichtigen Bestandteil der Flugsicherheit bilden. Zuständig für die Einhaltung der Vorschriften und Reglementierungen sind die Joint Aviation Authorities (JAA), die im Folgenden dargestellt werden.

### 1.3 Europäische Regularien zur Flugsicherheit: Die Joint Aviation Requirements der Joint Aviation Authorities (JAA)

Zur Einhaltung von hohen Sicherheitsstandards und -procedures und zur Umsetzung einer einheitlichen Regelung der Luftfahrt im gesamten europäischen Luftraum dienen gesetzliche Vorschriften. Die Arbeitsgemeinschaft der Luftverwaltungen (= Joint Aviation Authorities) ist ein Zusammenschluss der zivilen Luftfahrtbehörden von 34 europäischen Staaten, die in Kooperation die so genannten Joint Aviation Requirements (JAR) entworfen haben und von den nationalen Luftfahrtbehörden in nationales Recht umgesetzt und überwacht werden. Für die Umsetzung der JAR in Deutschland ist das Luftfahrtbundesamt (LBA) zuständig.

Allerdings sind mit der EU-Richtlinie Nr. 1592/2002 die Aufgaben der JAA vollständig auf die Europäische Agentur für Flugsicherheit (= European Aviation Safety Agency (EASA)) für die EU-Mitgliedsstaaten übergegangen, nicht hingegen für alle übrigen JAA-Mitgliedsstaaten.

Für die gewerbliche Zivilluffahrt gelten Regelungen und Vorschriften im Bereich:

- der Musterzulassung (Certification): EU-Richtlinie Nr. 1592/2002
- der Wartung und Instandhaltung (Maintenance); EU-Richtlinie Nr. 1592/2002 (EASA)
- des Betriebs (Operations); z.B. Start-/Landebahnlängen der verschiedenen Flugzeug-Leistungsklassen (JAR-OPS 1)
- der Lizenzierung und Ausbildung von Piloten (Flight Crew Licensing) (JAR-FCL 1); EU-Richtlinie Nr. 2042/2003.

Ausgenommen ist die Regelung der Flugdienst- und Ruhezeiten, die in der BRD über die zweite Durchführungsverordnung zur Betriebsordnung für Luftfahrtgerät (2. DVO LuftBO) durchgeführt wird. Allerdings soll auch hier eine europäische Angleichung erfolgen. Auf die Bestimmungen über die Lizenzierung und die Anforderungen an die Tauglichkeit des Luftfahrtpersonals wird im Folgenden gesondert eingegangen.

### 1.3.1 Gesetzliche Regelungen zur Lizenzierung: Joint Aviation Requirements – Flight Crew Licensing (JAR-FCL)

#### 1.3.1.1 Die flugmedizinische Tauglichkeitsuntersuchung (JAR-FCL 3)

Nach den Richtlinien des Bundesministeriums für Verkehr, Bau- und Stadtentwicklung (BMVBS) für die Feststellung der Tauglichkeit des Luftfahrtpersonals gelten unterschiedliche Tauglichkeitsgrade (Klasse 1 und Klasse 2). Ein Tauglichkeitsgrad der Klasse 1 gilt für berufliche Verkehrsflugzeugführer, Flugingenieure, Berufshubschraubführer u.a. Für die Klasse 2 sind Privatpiloten (Privatpilotenführer, Motorseglerführer, u.a.) lizenziert. Zuständig für die Tauglichkeitsuntersuchungen sind nach § 24 a der Luftverkehrs-Zulassungs-Ordnung fliegerärztliche Untersuchungsstellen, die von der zuständigen Erlaubnisbehörde anerkannt sind. Die zuständige Erlaubnisbehörde für Untersuchungen nach Tauglichkeitsgrad 1 ist das Luftfahrt Bundesamt (LBA).

Damit ein Tauglichkeitszeugnis erstellt wird, müssen alle Tauglichkeitsrichtlinien der Klasse 1, die über die Joint Aviation Requirements – Flight Crew Licensing (JAR-FCL) vorgegeben sind, vom Piloten bzw. Pilotenanwärter erfüllt werden. Bei der Testung des Sehvermögens beispielsweise darf bei der Erstuntersuchung eine Fehlsichtigkeit von nicht mehr als +/-3 Dioptrien, bei Verlängerungs- oder Erneuerungsuntersuchungen von nicht mehr als +5/-8 Dioptrien vorliegen (JAR FCL 3.220). Diese Dioptriengrenzen werden deshalb vorgeschrieben, da die Gefahr der plötzlichen Netzhautablösung und/oder eine Gesichtsfeldeinschränkung bei steigender Dioptrienzahl stark zunimmt und es zu Sehstörungen und kompletter Erblindung kommen kann. Weitere Gründe für Untauglichkeit nach der Klasse 1 sind neurologische Erkrankungen wie Epilepsie oder unklare Anfälle von Bewusstseinsverlust (JAR – FCL 3.210), Herz-Kreislaufstörungen wie z.B. Hypertonie über 160/95 und Angina pectoris (JAR-FCL 3.135/ JAR-FCL 3.140), psychiatrische Erkrankungen wie Suchterkrankungen (z.B. Alkoholismus), psychotische Erkrankungen und schwere Persönlichkeitsstörungen (JAR-FCL 3.205) – Erkrankungen, die eine sichere Ausübung der Tätigkeit als Verkehrsflugzeugführer nicht gewährleisten.

Eine psychologische Begutachtung wird dann als notwendig erachtet, wenn Zweifel an der psychischen Gesundheit oder Persönlichkeit bestehen. Indikatoren dafür können beispielsweise Regelverstöße, Auffälligkeiten nach Unfällen und nach Zwischenfällen oder Angst vor Leistungsüberprüfungen sein (JAR FCL3.240/Anhang 17, Abs.1).

Die Gültigkeitsdauer eines Tauglichkeitszeugnisses beträgt bei Tauglichkeitsgrad 1 zwölf Monate vom Tag der Untersuchung an (§ 125 Verordnung über Luftfahrtpersonal). Es wird somit alle 12 Monate eine flugmedizinische Untersuchung durchgeführt. Bei Piloten, die das 40. Lebensjahr vollendet haben, verkürzt sich das Intervall auf 6 Monate. Treten gesundheitliche Probleme auf, die die Ausübung als Verkehrsflugzeugführer gefährden können, kann ein Pilot seine Lizenz zeitweise oder auf Dauer verlieren. Das gilt auch für alle anderen Flugbesatzungsmitglieder, also auch FlugbegleiterInnen.

#### 1.3.1.2 Gültigkeit der Lizenz für Verkehrspiloten

Die Airline Transport Pilot License (ATPL) ist jeweils 12 Monate gültig. Zur Lizenzverlängerung müssen, zusätzlich zur flugmedizinischen Tauglichkeits-

untersuchung (siehe JAR-FCL), in unterschiedlichen Intervallen folgende Voraussetzungen erfüllt werden.

#### *Linien- und Simulatorüberprüfungen*

- Alle 12 Monate wird ein so genannter *Linecheck* durchgeführt. Hier wird der Flugzeugführer während eines Routinefluges auf einer Route durch einen mitfliegenden Trainingskapitän auf Einhaltung von so genannten Standard Operating Procedures (SOP), des Crew Resource Managements (CRM) und weiterer flugbetrieblicher Vorschriften überprüft. Die Bewertungen werden in die jeweilige Akte des zu beurteilenden Piloten eingetragen.
- Des Weiteren muss sich jeder Pilot alle 6 Monate einer Prüfung in einem dafür zugelassenen ‚Full Flight Simulator‘ unterziehen, bei dem alle außergewöhnlichen Situationen während eines simulierten Fluges durchgespielt werden (Caro, 1988). Auch hier wird die Bewertung durch den Trainingskapitän in die Akte des zu beurteilenden Piloten eingetragen.
- Zusätzlich findet im Abstand von 3 Jahren ein Crew Resource Management-Training für jedes Flugbesatzungsmitglied (= Cockpit- und Kabinenpersonal) statt.

#### *Aircraft Technical Refresher*

- Beim jährlichen so genannten *Aircraft Technical Refresher* werden technische Details oder Änderungen der technischen Systeme im Flugzeug (z.B. Flugleistungsberechnung) durchgesprochen.

#### *Flight Safety Unterricht und erster Hilfe Kurs*

- Des Weiteren findet jährlich ein *Flight Safety Unterricht* statt (Safety Equipment und -Procedures). In einem ‚Mock-up‘ (nicht flugfähige Flugzeugattrappe) werden gefährliche Situationen simuliert wie Feuer an Bord, Erkrankung eines Passagiers, Notlandung oder Notwasserung, usw. Dabei ist die gesamte Flugbesatzung verpflichtet teilzunehmen, also auch FlugbegleiterInnen.

## 1.4 Gesetzliche Regelung der Flugdienst- und Ruhezeiten durch die 2. DVO LuftBO

Wie bereits erwähnt, sind die Flugdienst- und Ruhezeiten bei allen in Deutschland tätigen Crewbesatzungsmitgliedern (Cockpit- und Kabinenbesatzung) durch die Zweite Durchführungsverordnung zur Betriebsordnung für Luftfahrtgerät (2. DVO LuftBO) geregelt. Gegenstand und Geltungsbereich der Verordnungen sind Mindestvorschriften für Sicherheit und Gesundheitsschutz bei der Arbeits-, Flugdienst-, Block- und Ruhezeitgestaltung des fliegenden Personals der Zivilluftfahrt, die von einem Unternehmen mit Sitz in der Bundesrepublik Deutschland eingesetzt werden. Im Folgenden werden die Reglementierungen zu den Flugdienst- und Ruhezeiten aus der 2. DVO LuftBO beschrieben, die für die Studie relevant sind.

### 1.4.1 Arbeitszeit

Nach § 1a der 2. DVO LuftBO umfasst die Arbeitszeit jede Zeitspanne, während der ein Besatzungsmitglied entsprechend den Rechtsvorschriften, tariflichen und betrieblichen Regelungen oder von der Aufsichtsbehörde genehmigten Verfahren arbeitet bzw. im Unternehmen Tätigkeiten ausübt oder Aufgaben wahrnimmt. Vom Unternehmer festgelegte Zeiten, die weder Blockzeit, Flugdienstzeit, Beförderungszeit, noch Ruhezeit sind (so genannte Neutralzeit), sind auf die jährliche Arbeitszeit (maximal 2000 Stunden im Kalenderjahr) anzurechnen (beispielsweise Crew Resource Seminare; Hospitanz, Bürotätigkeiten, etc.). Zum Arbeitszeitkonto gehören auch Bereitschaftsdienste.

Die Arbeitszeit ist von der Flugdienstzeit zu unterscheiden (siehe Punkt 1.4.3). Wird mehr Arbeitszeit (z.B. Bürotätigkeit, etc.) geleistet, reduziert sich die maximale Flugdienstzeit pro Jahr. Das bedeutet, dass die Arbeitszeit, die neben der Flugdienstzeit geleistet wird, die jährlich erlaubte Flugdienstzeit reduzieren kann, weil andernfalls die maximal zulässige Arbeitszeit pro Jahr überschritten werden würde.

### 1.4.2 Blockzeit (Flugzeit)

Nach § 2 der 2. DVO LuftBO ist die Blockzeit die Zeit zwischen dem erstmaligen Abrollen eines Luftfahrzeugs aus seiner Parkposition zum Zweck des Startens bis

zum Stillstand nach der Landung auf der zugewiesenen Parkposition und bis alle Triebwerke abgestellt sind. Die Blockzeit jedes Besatzungsmitgliedes darf 900 Stunden während eines Kalenderjahres nicht überschreiten. Unterscheidungen zwischen unfaktorisierter und faktorisierter Blockzeit sind tariflich bedingt und werden nicht durch die 2. DVO LuftBO geregelt. Unfaktorierte Blockstunden (= reine Blockstundenanzahl) werden aus den tariflichen Bestimmungen einer Fluggesellschaft auf der Kurzstrecke aufgrund der häufigen Starts und Landungen pro Tag beispielsweise mit einem Faktor von 1.2 faktorisiert. Die erreichte Blockstundenanzahl/Monat geht dann faktorisiert in das Gehalt eines Piloten ein.

### 1.4.3 Flugdienstzeit

Nach § 3 der 2. DVO LuftBO umfasst die Flugdienstzeit die Zeiten für Vorarbeiten vom angeordneten Antritt des Flugdienstes bis zum Beginn der Blockzeit, sowie die Flugzeit und mindestens 15 Minuten für Abschlussarbeiten nach dem Ende der Flugzeit. Auch die auf Anforderung im Flugübungsgerät (z.B. Simulator) verbrachte Zeit einschließlich der Zeiten für Vor- und Abschlussarbeiten werden als Flugdienstzeit gewertet. Zudem ist als Flugdienstzeit die Beförderungszeit (§ 4 Abs. 2), Bereitschaftsdienste (§ 5 Abs. 2) sowie Verlängerungen der Flugdienstzeiten und/oder Verkürzung der Ruhezeiten (§ 12 entspricht der Regelungen in besonderen Fällen) als Flugdienstzeit anzurechnen. Der Beginn der Flugdienstzeit wird von den Fluggesellschaften selbst festgelegt (z.B. 1.1 Stunden vor Abflug), soll jedoch mindestens eine halbe Stunde betragen.

Zwischen zwei Ruhezeiten umfasst die Flugdienstzeit höchstens 10 Stunden. Eine viermalige Verlängerung ist bis zu 4 Stunden innerhalb 7 aufeinander folgender Tage zulässig, sofern die Summe der Verlängerungen nicht 8 Stunden überschreitet. Die höchstzulässige Zeitverlängerung von 4 Stunden (= Flugdienstzeit von 14 Stunden) verringert sich, wenn der Flugdienst zwischen 01:00 Uhr und 07:00 Uhr Ortszeit des Startflugplatzes ausgeübt wird. Diese Absenkung der Flugdienstzeit führt zu einer maximalen Flugdienstzeit von 12 Stunden während der Nacht. Die Flugdienstzeiten dürfen innerhalb 30 aufeinander folgender Tage 210 Stunden, innerhalb eines Kalenderjahres 1800 Stunden nicht überschreiten.

Zeitüberschreitungen, die aus unvorhersehbaren Gründen auftreten können, werden gesondert geregelt. Eine Überschreitung der Flugdienstzeit über 14 Stunden erfordert eine Meldung an das Luftfahrtbundesamt durch die verantwortlichen Luftfahrzeugführer (= Pilot in Command (PIC)). Diese Überschreitung darf maximal 2 Stunden betragen (also bis 16 Stunden). Dabei hat der PIC unter Abwägung aller Umstände und nach Anhörung der betroffenen Besatzungsmitglieder („fit for duty“) über die Durchführung des Fluges zu entscheiden.

Flugdienstzeiten dieser Studie basieren auf subjektiven Zeitangaben über den Handheld PC (Jornada) im Flight Log. Die Probanden sollten angeben, wann für sie persönlich der Dienst begann (z.B. Crewfach checken; Sortieraufgaben; Crewtransport vom Hotel zum Flughafen nach Übernachtungen; usw.) und wann er endete (z.B. Crewtransport vom Flughafen zum Hotel zur Übernachtung; usw.) Daher sind die hier angegebenen Flugdienstzeiten nicht mit den Reglementierungen der 2. DVO LuftBO zu verwechseln. Das bedeutet, dass die angegebenen Flugdienstzeiten auch Zeiten beinhalten können, die laut 2. DVO LuftBO nicht als Flugdienstzeit gerechnet werden, wie beispielsweise Crewtransporte zum Hotel nach einem Flugdienst.

#### 1.4.4 Beförderungszeit (Dead-Head-Zeit)

Nach § 4 der 2. DVO LuftBO ist die Beförderungszeit (Dead-Head-Zeit) eine Zeit, die ein Besatzungsmitglied auf Anordnung des Unternehmers ohne eigene Dienstleistung an Bord eines Luftfahrzeuges verbringt und befördert wird, um den Flugdienst andernorts als an der Homebase zu beginnen oder den vorhergehenden Flugdienst zu beenden. Das gleiche gilt für die entsprechende Beförderung mit einem anderen Verkehrsmittel. Wichtig wird die Beförderungszeit im Hinblick auf die Einhaltung von Ruhezeiten. Eine Beförderungszeit von weniger als 4 Stunden wird bis zur Hälfte, ab 4 Stunden vollständig als Flugdienstzeit angerechnet. Demnach gilt die Beförderungszeit nicht als Ruhezeit.

#### 1.4.5 Bereitschaftszeit

Bereitschaftszeit nach § 5 ist eine Zeit, in der sich ein Besatzungsmitglied auf Anordnung des Unternehmers zum Flugdienst bereithält. Bereitschaftszeit wird als

Flugdienstzeit angerechnet, wenn:

- Bereitschaftszeit und Flugdienstzeit nicht durch eine Ruhezeit unterbrochen werden,
- dem Besatzungsmitglied während der Bereitschaftszeit kein ruhiger Raum mit Schlafgelegenheit zur Verfügung steht,
- dem Besatzungsmitglied während der Bereitschaftszeit ein ruhiger Raum mit Schlafgelegenheit zur Verfügung steht, die Bereitschaftszeit jedoch weniger als 2 Stunden beträgt, es sei denn, die Bereitschaftszeit wird im Anschluss an eine Ruhezeit abgeleistet.

#### 1.4.6 Ruhezeiten der Besatzungsmitglieder

1. Entsprechend § 9 der 2. DVO LuftBO wird die Ruhezeit als eine zusammenhängende Zeit von mindestens 10 Stunden innerhalb einer 24-Stunden-Periode definiert, während der ein Besatzungsmitglied von Dienstleistungen jeglicher Art befreit ist. Eine 24-Stunden-Periode beginnt zu dem Zeitpunkt, an dem eine Ruhezeit endet.
2. Die Mindestruhezeit ist nach einem nach § 8, § 10 oder § 12 verlängerten Flugdienst von mehr als 11 Stunden auf 12 Stunden und von mehr als 12 Stunden auf 14 Stunden zu verlängern.
3. Jedem Besatzungsmitglied ist eine zusammenhängende Ruhezeit von 36 Stunden so zu gewähren, dass eine solche Ruhezeit mindestens einmal innerhalb 7 aufeinander folgender Tage beginnt. § 8 Abs. 1 Satz 3 gilt entsprechend.

Eine Verkürzung einer nach Ziffer 2 verlängerten Ruhezeit ist nur dann zulässig, wenn dies zur Einhaltung des nächsten geplanten Beginns der Flugdienstzeit erforderlich ist. Die Ruhezeit darf höchstens um 2 Stunden verkürzt werden. Die Mindestruhezeit von 10 Stunden nach Ziffer 1 bleibt unberührt. Eine Verkürzung

der Ruhezeiten ist in Ausnahmefällen, wie bei verlängerter Flugdienstzeit aus unvorhersehbaren Gründen (z.B. technisches Problem an Flughäfen außerhalb der Homebase, usw.) möglich, muss aber bei der Aufsichtsbehörde gemeldet und gesondert angegeben werden.

#### 1.4.7 Führung von Aufzeichnungen

Nach § 7 2. DVO LuftBO hat jedes Luftfahrtunternehmen sorgfältig Aufzeichnungen der Arbeitszeiten, Flugdienstzeiten (einschließlich Blockzeiten) und Ruhezeiten der Besatzungsmitglieder zu führen. Diese Aufzeichnungen müssen 15 Monate aufbewahrt werden und können jederzeit vom Luftfahrtbundesamt eingesehen werden.

#### 1.4.8 Flight Log

Das Flight Log, das von jedem Piloten zu Beginn seiner ersten Flugstunde zu führen ist, unterscheidet zusätzlich zwischen „pilot flying“ (PF) und „pilot non flying“ (PNF). Als PF führt der Pilot alle flugtechnischen Steuerungen selbst aus; als PNF ist er für den flugbetrieblichen Ablauf während des Fluges zuständig (z.B. Sprechfunkverkehr mit den Flugverkehrslotsen; Treibstoffverbrauchskontrolle; Anweisungen vom PF; etc). Das ist vor allem für verantwortliche Luftfahrzeugführer („Pilot in Command“) auf der Langstrecke von Bedeutung. Die Anzahl der selbst durchgeführten Starts und Landungen werden im Flugtagebuch protokolliert, um zu überprüfen, ob das von der Luftfahrtbehörde geforderte Minimum (ca. 3 Landungen/Monat) sicher gestellt ist und damit zu wenige Starts und Landungen vermieden werden. Piloten auf der Kurz-/Mittelstrecke führen sehr viel mehr Starts und Landungen durch. Die Unterscheidung in PF und PNF gilt nicht für die Flugzeugsteuerung am Boden. Diese führt grundsätzlich der Kapitän durch.

Jedes Flugbesatzungsmitglied hat eigenständig darauf zu achten, dass es zu keinem Verstoß der Regelungen kommt. Sollte dies dennoch der Fall sein, können vom Luftfahrtbundesamt (LBA) Geldbußen und/oder Auflagen verhängt werden.

#### 1.4.8.1 Flight Log - Eintragungen während der Studie in das PDA

Während der Studie wurden alle flugrelevanten Daten unabhängig von den Eintragungen in das reguläre Flight Log und der 2. DVO LuftBO von den Versuchspersonen in das Flight Log über den Handheld PC (Jornada) eingegeben.

### 1.5 Human Factors: Hauptursache für Flugzwischen- und Flugunfälle

Bereits 1975 wurde menschliches Fehlverhalten auf einer IATA-Konferenz in Istanbul als die letzte herausfordernde Grenze der Flugsicherheit („*the last frontier in Aviation Safety*“) bezeichnet, zumal die Einführung neuer Technologien und der hohe Automatisierungsgrad der Flugzeuge in den siebziger Jahren nicht zu einer Reduzierung, sondern wieder zu einem Anstieg von Flugunfällen führte (siehe Unfallstatistik Abbildung 1.2).

Die Erforschung von Human Factors im Zusammenhang mit komplexen Systemen stand noch ganz am Anfang. Der Versuch, bei der Entwicklung hochtechnisierter Systeme und bei der Bedienung vollautomatisierter Geräte im Cockpit den Faktor Mensch ganz herauszunehmen, um die Flugsicherheit zu erhöhen, scheiterte an den neuen Qualifikationsanforderungen, Umstellungen und Lernprozessen, die die Piloten zu überfordern schienen (Ritchie, 1988). Dadurch konzentrierte sich die Ergonomie bzw. das Human factors engineering wieder auf die Kommunikation zwischen dem Menschen und der Maschine - insbesondere auf die Probleme dieser Kommunikation (Wickens & Flach, 1988; Wiener, 1988).

Im mensch-zentrierten Designprozess wurden zur Analyse formaler Systemdesigns so genannte „Cognitive Engineering Tools“ entwickelt, um potentielle Bedienungsfehler zu prognostizieren (Webb, 1986). Bei der Entwicklung von Cockpitsystemen wurden neben bestimmten Designeigenschaften auch kognitive Prozesse wie beispielsweise die „gelernte Sorglosigkeit“ mit berücksichtigt (Frey, 1996). Ziel war es, durch Automatisierungssysteme Bedienungsfehler aufgrund des Verlustes der so genannten ‚Mode Awareness‘ (= Teil der situational awareness) durch geeignete technische Maßnahmen weitestgehend zu verhindern.

Neben der Entwicklung von mensch-zentrierten Cockpitsystemen der Luftfahrtindustrie wurden von den Luftfahrtunternehmen Trainings konzipiert, die dem Piloten im Umgang mit der Bedienung der neuen technischen Geräte im Cockpit Erleichterung bringen und Vertrauen zur neuen Technologie schaffen sollten. Ergebnis war, dass durch die Bedienungstrainings auch die Flugunfälle wieder sanken (siehe Unfallstatistik Abbildung 1.2).

Obwohl sich die Versuche, den Mensch in das System zu integrieren, auf den Bereich innerhalb des Cockpits beschränkten und das komplexe Arbeitsumfeld kaum berücksichtigt wurde (Campbell & Bagshaw, 1999) kann gesagt werden, dass durch die Verbesserung der technischen Ausrüstung und der Wartung von Flugzeugen, der flugbetrieblichen Verfahren und der Flugbesatzungstrainings (Simulatorprüfungen, Crew-Resource-Management-Seminare, etc.) die Anzahl der Flugunfälle im Vergleich zu den letzten vierzig Jahren abgenommen hat. Im Jahre 1960 lag die jährliche Unfallrate bei > 60 Unfällen pro einer Million Abflüge (siehe Abbildung 1.2). Über die letzten 20 Jahre ist die Unfallrate pro einer Million Abflüge mit jährlich 2-3 Unfällen relativ konstant geblieben. Somit stellt das Flugzeug heutzutage eines der sichersten Transportmittel überhaupt dar (Cambell & Bagshaw, 1999). Dennoch ist und bleibt das wichtigste Ziel die Beibehaltung der Sicherheitsstandards unter Berücksichtigung des operierenden Flugpersonals. Zur Gewährleistung und Aufrechterhaltung der Flugsicherheit stellten die Vereinten Nationen das Jahr 2007 am „International Civil Aviation Day“ unter den Grundsatz: „*Safety and Security - first and always the top priority*“ (ICAO, 2006).

## 1.6 Human Factors: Kommunikation und Ermüdung

Generell haben zwar die hohen Sicherheitsmaßnahmen, wie Regularien, die den Flugbetrieb steuern oder die hohen technischen Standards der Flugzeuge, zu einer erhöhten Flugsicherheit geführt, dennoch kommt es immer noch zu Flugzwischenfällen oder Flugunfällen (2-3 Unfälle pro Jahr). Bei ca. 70% aller Flugunfälle wird als Hauptursache menschliches Versagen gesehen (Cambell & Bagshaw, 1999; Grabowski, 2005; Nagel, 1988; Helmreich, Sexton & Thomas, 2000a, 2000b; Helmreich, Merritt & Klinec, 2001). Die folgende Abbildung (siehe Abbildung 1.6) zeigt den Zusammenhang zwischen Flugunfällen und deren Ursachen, wobei als Hauptursache die Flugbesatzung betrachtet wird.

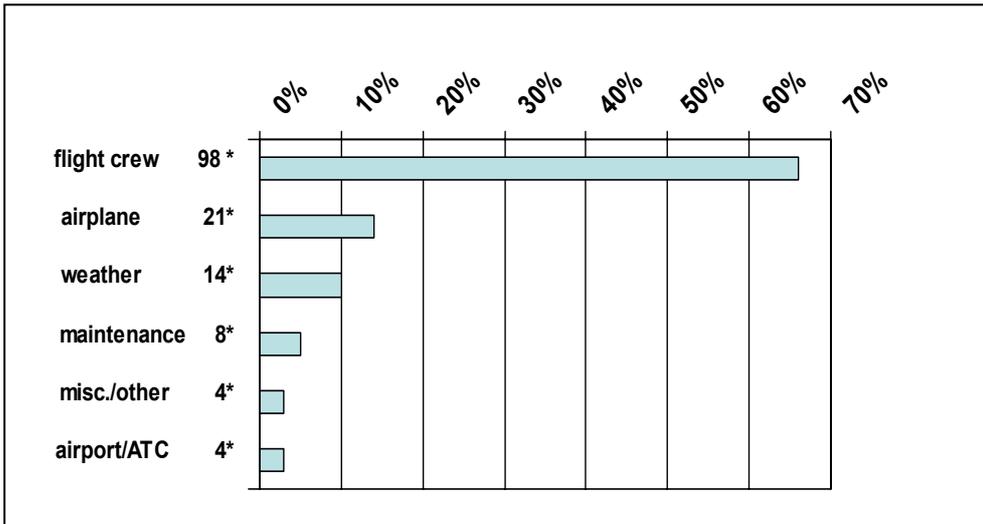


Abbildung 1.6: Accidents by Primary Cause: Hull Lose Accidents - World-wide Commercial Fleet – 1992 through 2001. Adaptiert aus "Airplane Safety; Boeing Commercial Airplane Group", 2001 statistical summary, June 2002. Anmerkung: \*) bedeutet Anzahl der aufgetretenen Unfälle im Zeitraum von 1992 bis 2001.

Den Berichten von Flugunfallanalysen zufolge werden oftmals eine mangelhafte Wartung seitens der Technik, ein technischer Defekt des Flugzeugs, Regelverstöße und/oder eine fehlerhafte Bedienung der Cockpitinstrumente der Piloten als Ursachen eines Flugzwischenfalls oder Flugunfalls gesehen. Nach einem Flugzeugunglück liegt das Interesse, aufgrund hoher Schadensersatzforderungen, auch eher an dem Wodurch als an dem Warum (Feggetter, 1982). Meist ist es aber die Verkettung vieler ungünstiger Ereignisse, die zu einem Unfall oder Zwischenfall führen. Solche Faktoren liegen oftmals weit im Vorfeld begründet. Beispielsweise kann die Aneinanderreihung ungünstiger Faktoren wie Müdigkeit, unzureichende Kommunikation im Cockpit, schlechte Wetterbedingungen, usw. begünstigen, Fehler im Cockpit zu begehen.

Bemühungen, Belastungs- und Ermüdungserscheinungen aufgrund von langen Flugdienstzeiten und/oder kurzen Ruhezeiten bei Piloten als potentiell Unfallrisiko in Erwägung zu ziehen, blieben lange Zeit ungeachtet. Eine Leistungsver schlechterung durch Ermüdung tritt kumulativ durch eine Reihe von Einsatztagen hintereinander mit langen Flugdienstzeiten und verkürzten Ruhezeiten auf. Zudem spielt auf der Kurzstrecke die Schichtarbeit eine große Rolle (Hockey, 1983).

Erste Angaben in Flugunfallanalysen, in der als potentieller Faktor Übermüdung als Unfallursache herangezogen wurde, finden sich im Jahre 1993 (Caldwell & Caldwell, 2003; NTSB, 1999). Am 29. April 1993 verunglückte eine Embraer EMB-120RT der Continental Airlines in Pine Bluff (Arkansas). Geplant war der Flug von Little Rock (Arkansas) nach Houston (Texas). Aufgrund einer harten Landung schossen sie über die Landebahn hinaus. Eine Flugbegleiterin und 12 Passagiere wurden dabei verletzt. Der Unfall ereignete sich am dritten Tag einer Dreitagesdienstkette und im siebten und letzten Leg des Flugdiensttages. Die Analyse zeigte eine kumulative Übermüdung aufgrund des Einsatzprofils der Cockpitbesatzung mit vorangegangenen langen Flugdienstzeiten und anschließend verkürzten Ruhezeiten.

Am 18. August 1993 verunglückte eine DC-8 der American International Airways während des Landeanfluges auf der U.S. Naval Air Station in Guantanamo Bay in Kuba. In dem Unfallbericht gibt die NTSB drei müdigkeitsbezogene Faktoren an, die zu dem Unfall führten: kumulativer Schlafentzug und lange Wachzeiten der Cockpitbesatzung sowie die Zeitverschiebung. Aufgrund der Flugdienstlänge und der Anzahl der Einsatztage hatte die Flugbesatzung einen verkürzten Schlaf innerhalb von 48 Stunden. Zum Zeitpunkt des Unglücks waren der Kapitän seit 23.5 Stunden, der Erste Offizier seit 19 Stunden und der Flugingenieur seit 21 Stunden wach. Zudem kam die Zeitverschiebung hinzu. Zeugen belegten die Aussage des Kapitäns, der kurz vor dem Unfall angab sehr müde zu sein. Die Flugbesatzung wurde durch einen inoperablen ‚glide slope‘ am Instrumentenlandesystem (ILS) abgelenkt.

Eine Untersuchung im Rahmen des Line Operation Safety Audits – Programms (LOSA), in der Beobachtungsexperten im Cockpit von insgesamt 3500 normalen In- und Auslandflügen Sicherheitsverstöße, sowie Fehler und deren Bewältigung, als auch kritisches Verhalten seitens der Cockpitbesatzung aufzeichneten, klassifizierte fünf Fehlertypen, vor allem bei der Anflug- und Landephase (Helmreich, 2000; Helmreich & Klinec & Merritt, 1999b) (siehe Abbildung 1.6.2).

## MOST FREQUENT ERROR TYPES - ACCIDENTS

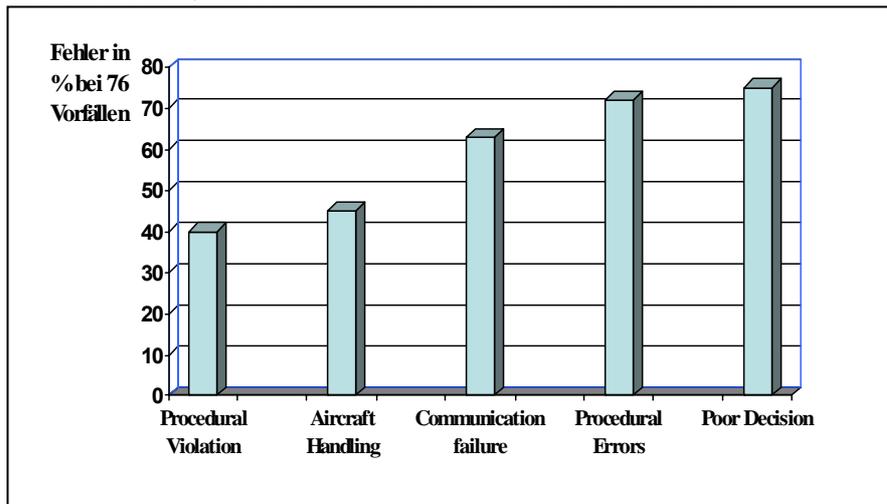


Abbildung 1.6.2: Adaptiert aus "Approach-and-landing Accident Reduction" von Dr. R Khatwa, Honeywell und Prof. Robert Helmreich, University of Texas, 2000.

- Procedural Violations: gegen eine SOP wurde wissentlich verstoßen, z.B. unterlassene Anflugbesprechung („Approach Briefing“) während des Landeanfluges.
- Aircraft Handling: der Umgang mit den technischen Gerätschaften; die Fertigkeiten.
- Communication failure: schlechte Kommunikation im Cockpit und/oder mit Air Traffic Control (ATC).
- Procedural Error: gegen eine Standard Operation Procedure (SOP) wurde ungewollt verstoßen (meist unter Zeitdruck).
- Poor Decision: falsche Entscheidungen getroffen; z.B. kein Durchstartmanöver („Go-Around“) eingeleitet.

Wie die Untersuchung zeigt, ist es, neben anderen Faktoren, auch eine mangelhafte Kommunikation im Cockpit, die zu Fehlverhalten und damit auch zu Flugzwischenfällen oder Flugunfällen führen kann. Als Beispiel kann hier der Flugunfall der Alitalia im Jahre 1990 in Zürich angeführt werden. Durch einen mechanischen Instrumentenfehler wurde das Flugzeug im Endanflug falsch positioniert. Der Copilot erkannte den Fehler und wollte daraufhin ein Durchstartmanöver einleiten, das der Kapitän nicht zuließ. Zehn Sekunden danach hatte das Flugzeug Bodenberührung und zerschellte etwa acht Kilometer vor der Landebahn an einer Bergkuppe. Der Copilot widersetzte sich nicht den Anweisungen des Kapitäns, aufgrund dessen Autorität, obwohl er den Fehler erkannte.

Dem Beispiel ist zu entnehmen, wie sehr die hierarchische Struktur im Cockpit, die so genannte „Power Distance“ (PD), für eine gelungene Kommunikation eine Rolle spielt. In einer internationalen Studie wurde versucht die „Power Distance“ von Piloten aus 22 Ländern mittels dem Flight Management Attitudes Questionnaire (FMAQ) zu operationalisieren. Aus der Studie ergab sich eine hohe „Power Distance“ – Skala vor allem in Kulturen, in denen es nicht gestattet ist, dem Kapitän Fragen zu stellen oder ihn auf Fehler hinzuweisen. Den höchsten PD-Score wiesen Marokko, die Phillipinen, Taiwan und Brasilien auf. Am anderen Ende des Kontinuums, mit niedrigerem PD-Score, waren Irland, Dänemark, Norwegen und die USA (Helmreich, Klinec und Merritt, 2001) (siehe Abbildung 1.6.3).

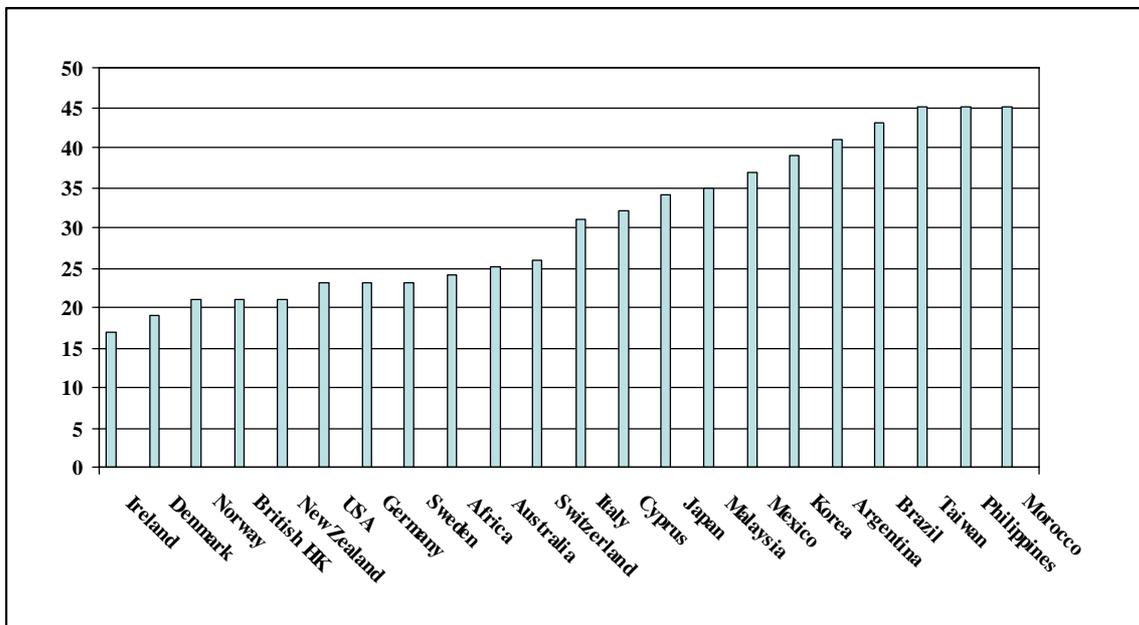


Abbildung 1.6.3: Mean scores of pilots from 22 countries on the Flight Management Attitudes Questionnaire measure of Power Distance (scale range 0-100). Adaptiert aus "Culture, Error and Crew Resource Management", von Helmreich, R., Wilhelm, J., Klinec, J., Merritt, A.. Department of Psychology; The University of Texas at Austin, 2001.

Die Untersuchungen bestätigen, dass die soziale Interaktion der Flugbesatzungsmitglieder einen wichtigen Bestandteil zur Flugsicherheit darstellt. Daher wurden zur Verbesserung der Flugsicherheit auch soziale Komponenten und nicht nur technische Verbesserungen miteinbezogen. In den letzten 15 Jahren wurden deshalb airlinespezifische Crew Resource Management -Trainings (CRM) in den Fluggesellschaften eingeführt.

CRM basiert auf der Sozial-, Kognitions- und Organisationspsychologie sowie auf Untersuchungen zur Interaktion von Mensch und Maschine. Diese Trainings sollen zur Verbesserung der Teamarbeit, der Kooperation, Kommunikation und dem Erkennen und Bewältigen von Fehlern im Team beitragen. Im Vordergrund steht nicht das Vermeiden von Fehlern, sondern das Lernen aus ihnen (Filser, 2002; Helmreich, 1997; Helmreich & Merritt, 2000).

Eine weitere Aufgabe des Crew Resource Management-Trainings besteht darin, psychische und physische Auswirkungen durch Ermüdung und Stress anhand von Beispielen aufzuzeigen. Denn wie eine Befragung von ca. 13500 Piloten aus 22 Ländern mit dem Flight Management Questionnaire (FMQ) und dem Cockpit Management Questionnaire (CMQ) zeigte, neigen Piloten (Kapitän, Erster Offizier, Senior First Officer) dazu, ihre Kapazitäten zu überschätzen. 65% der befragten Piloten gaben an, ihre Entscheidungsfähigkeit sei in Notfallsituationen genauso wie in normalen Situationen, 45% meinten, sie würden in Notfallsituationen nicht mehr Fehler begehen als sonst und 32% antworteten, ihre Leistung würde durch Ermüdung, Probleme oder durch ein weniger erfahrenes Besatzungsmitglied nicht beeinflusst werden (Helmreich, Klinect & Merritt, 2001).

Der Ansatz hat sich sicherlich bewährt. Dennoch sind trotz Crew Resource Management-Seminaren noch immer Flugzwischenfälle und Flugunfälle zu verzeichnen (Merritt & Helmreich, 2000). Der Grund hierfür ist einfach. Der Mensch steht in Interaktion mit seiner Umwelt (Edwards, 1988; Cambell & Bagshaw, 1999; Nagel, 1988). Stressquellen in der Umwelt bzw. Arbeitswelt können unterschiedlichster Art sein (Cooper, 1983). Die Kapazitäten und Ressourcen des Menschen sind allerdings begrenzt. Steigt die Belastung auf den Menschen durch unterschiedliche Stressoren, treten Fehler aufgrund von Stress auf, der aus psychischer Fehlbeanspruchung (Überforderung, Unterforderung) und Ermüdung resultiert (Helmreich & Merritt, 2000; Hacker & Richter, 1998; Richter, 1998). Die Arbeitsbelastung und die Ermüdung scheinen daher die Ursachen zu sein, die zu Leistungsbeeinträchtigungen führen und damit die Flugsicherheit gefährden können. Zudem führt negativer Stress nicht nur zum Absinken der Arbeitsleistung (Richter, 1997), sondern auch, wenn er über längere Zeit andauert, zu psychischen und gesundheitlichen Beeinträchtigungen und damit wiederum zu längerfristigen Leistungseinbußen (Hogan, 1982; Hoyos, 1999).

## 2 Theoretischer Teil

Die Untersuchung bestimmter Indikatoren von Stress, Beanspruchung/Belastung sowie der Ermüdung setzt zunächst eine Klärung der theoretischen Konzeptionen voraus. Darüber hinaus berührt die vorliegende Studie viele Teilbereiche der Psychologie wie die Gesundheitspsychologie, die Arbeits- und Organisationspsychologie, die Biopsychologie sowie die klinische Psychologie. Aufgrund der Notwendigkeit einer Begrenzung auf zentrale Aspekte wird für die Operationalisierung der in der vorliegenden Studie untersuchten psychologischen Reaktionsvariablen auf die für die Untersuchung relevanten theoretischen Konzepte eingegangen.

### 2.1 Theoretische Aspekte von Stress

Infolge unterschiedlicher Betrachtungsweisen, was unter Stress zu verstehen ist, unterscheidet man in der Stressforschung zwischen zahlreichen Stresskonzepten, je nachdem, ob der Fokus auf physiologische, psychische oder soziale Prozesse liegt. Im Folgenden wird auf die theoretischen Konzepte in ihren Grundzügen und deren zentralen Begriffe eingegangen, die für die theoretische Fundierung der vorliegenden Studie von besonderer Bedeutung sind.

### 2.2 Stressdefinition

Der Begriff „Stress“ wird sowohl in der Stressforschung als auch im Alltagssprachgebrauch uneindeutig verwendet. Hervorgehoben wird entweder der innere Zustand der Person („Ich stehe unter Stress“), die Stressreaktion oder der Stressor („Das war Stress“) (Greif, 1991). Im mittelalterlichen Englisch wurde das Wort „Stress“ als Alltagsbegriff mit der Bedeutung von „äußerer Not und auferlegter Mühsal“ verwendet (Schöpfplug, 1987). Im 18. und 19. Jahrhundert wandelte sich die Bedeutung und bezeichnete mit Stress ein Gewicht, einen Druck oder eine Kraft, die auf einen Gegenstand oder eine Person einwirkt (Schöpfplug, 1983).

In die psychophysiologische Fachliteratur wurde der Begriff erstmals 1914 von Cannon eingeführt und von Hans Selye (1950) popularisiert (Greif, 1991). Selye begreift den Stressbegriff als „unspezifische Reaktion des Organismus auf jede Anforderung“ (Selye, 1956; Selye, 1971; Antoni & Bungard, 1989). Nach Greif,

Bamberg und Semmer (1991, S.13) wird Stress definiert als „ein subjektiv intensiv unangenehmer Spannungszustand, der aus der Befürchtung entsteht, dass eine zeitlich nahe (oder bereits eingetretene) und subjektiv lang andauernde Situation sehr wahrscheinlich nicht vollständig kontrollierbar ist, deren Vermeidung aber subjektiv wichtig erscheint“.

Je nachdem, ob schwerpunktmäßig biologische bzw. physiologische, psychische oder soziale Prozesse betrachtet werden, unterscheidet man in der Stressforschung auch unterschiedliche Stresskonzepte (Goldberger, 1982).

In der Fachliteratur spricht man zum einen von reaktionsorientierten Stresskonzepten, die die Stressreaktion, und zum anderen von stimulusorientierten, die die Stressoren akzentuieren. Das Problem eines einheitlichen Stressbegriffs zeigt sich darüber hinaus noch in drei weiteren Dimensionen, die sich immer wieder in den begrifflichen Kontroversen zeigen: die Frage nach einem negativen oder neutralen Stressbegriff, wie in der klassischen Life-Event-Forschung (Semmer, 1984), das Problem einer kognitiven oder nicht-kognitiven Definition und die Auseinandersetzung um einen engen (klar umrissene physiologische Antwortmuster im biomedizinischen Modell von Selye) oder weiten Stressbegriff (transaktionale Stresskonzept) (Semmer, 1984, S. 17).

Hervorgerufen wurden diese begrifflichen Kontroversen nicht allein durch die vielseitige Bedeutung des „Stressbegriffs“, sondern auch durch die Interdisziplinarität des Gegenstandes und durch die wissenschaftliche Konkurrenz zwischen Psychologen, Medizinern und Ingenieuren (Greif, 1991, S. 4).

Wenn es auch zahlreiche Kontroversen darüber gibt, was unter Stress zu verstehen ist, so sind doch jüngere psychologische Studien zu diesem Thema in ihrem Bezug auf das transaktionale Stresskonzept (z.B. Folkman & Lazarus, 1988a, 1988b; Lazarus & Launier, 1978; Lazarus & DeLongis, 1985) weitgehend einig. Stress wird als Spannungszustand verstanden, der unangenehm und nicht unmittelbar kontrollierbar ist (Greif, 1991; Semmer, 1984).

Die organisationspsychologische Stressforschung befasst sich schwerpunktmäßig mit den durch die organisationale Umwelt geprägten psychischen Prozessen (Antoni & Bungard, 1989). Da sich die verschiedenen Prozesse wechselseitig beeinflussen und eine getrennte Analyse lediglich im Sinne einer akzentuierten

Betrachtung sinnvoll erfolgen kann, wird die Notwendigkeit interdisziplinärer Forschungsansätze immer stärker betont (Greif, 1991; Schuler, 1995).

Die einzelnen Stresskonzepte sind daher nicht als einander ausschließende, sondern als sich wechselseitig ergänzende Modellvorstellungen auf unterschiedlichem Integrationsniveau und mit unterschiedlichem Erklärungsbereich zu verstehen (Nitsch, 1981). Die Einbindung der verschiedenen Ansätze findet im Besonderen auch in dieser Studie statt, die sowohl individuell-kognitive, physiologisch-psychologische und organisationale Aspekte berücksichtigt.

## 2.3 Drei unterschiedliche stresstheoretische Modellvorstellungen

### 2.3.1 Der reaktionsorientierte Ansatz

Bei der reaktionsorientierten Stressdefinition wird Stress vom Auftreten bestimmter Reaktionen abhängig gemacht. Stress wird demnach als abhängige Variable gesehen. Am Anfang der Stressforschung stand das biomedizinische Stressmodell von Selye, das auf diesem reinen Reiz-Reaktionsmechanismus basiert. Nach Selye ist Stress eine unspezifische Reaktion des Organismus bei seiner Anpassung an innere oder äußere Anforderungen (Selye, 1981; Sonntag & Frieling, 1999). Gerade in der Arbeitsmedizin wurde dieser Ansatz für Untersuchungen von Belastungen bzw. Stressoren am Arbeitsplatz, wie Hitze, Lärm, Kälte, körperliche Arbeit etc. herangezogen.

Beispielsweise zeigten Untersuchungen im Cockpit eine stressbezogene endokrinologische Veränderung, die zu einer Erhöhung der Plasmaphosphorlipide von Boeing 737 Piloten führte, als sie mit einem simulierten Vogelschlag im Flugsimulator konfrontiert wurden, oder auch eine erhöhte Ausscheidung von Katecholaminen im Urin bei Flugschülern, die Spiralsturzübungen absolvierten (Stokes & Kites, 1997).

In dem Modell geht Selye davon aus, dass physiologische und biochemische Regulationsprozesse des vegetativ-endokrinen Systems im Organismus die Wirkung dieser Stressoren auszugleichen versuchen, unabhängig davon ob sie als angenehm oder unangenehm empfunden werden. Die unspezifische Reaktion auf schädliche Reize beschreibt er mit dem allgemeinen Adaptionssyndrom

(AAS). Das AAS stellt die Gesamtheit physiologischer und biochemischer Reaktionen des Körpers bei der Einwirkung von verschiedenen unspezifischen Stressoren dar.

Die Stressdynamik entspricht der Einteilung des AAS in drei Stadien:

1. Alarmreaktion: Der Organismus weist die für die erste Einwirkung des Stressors charakteristischen Veränderungen auf. Gleichzeitig sinkt sein Widerstand. Ist der Stressor nicht so stark, dass der Organismus getötet wird (z.B. extreme Temperaturen), versucht sich der Körper dem Stressor anzupassen.
2. Widerstandsstadium: Dieses Stadium folgt, wenn sich die anhaltende Einwirkung des Stressors mit einer Anpassung im Sinne endokrinologischer Reaktionen zur Aufrechterhaltung der Homöostase vereinbaren lässt.
3. Erschöpfungszustand: Wenn die Einwirkung des gleichen Stressors auf den Organismus über längere Zeit anhält, erschöpft sich dessen Widerstandskraft, und die Symptome der Alarmreaktion treten wieder ein, sind aber nicht mehr reversibel, und der Organismus stirbt (Nitsch, 1981, S. 167).

Selye postuliert eine enge Beziehung zu den „Anpassungskrankheiten“ (u.a. Hypertonie, Magen-Darm-Geschwüre), die aus einer chronifizierten Anpassungsreaktion an einen Stressor entstehen. Demnach kann der Organismus durch chronische Stressoren in der Phase der Erschöpfung je nach seiner Vulnerabilität erkranken (Selye, 1991).

Selyes neutrale Konzeptualisierung von Stress als stereotype, unspezifische Reaktion des Körpers auf belastende Aufgaben, gleichgültig ob es sich um angenehme oder unangenehme Situationen handelt, wurde mehrfach kritisiert (Mason, 1975). Physiologische und psychologische Vorgänge werden stark vereinfacht. Das heißt, neben dem Sympathikus müssten noch andere Aktivierungssysteme angenommen werden. Darüber hinaus liefert das Modell nur eine Beschreibung des Stresszustandes und keine Erklärung des Stressprozesses. Auch hat sich bislang kein organismisches Reaktionsmuster als völlig unspezifisch erwiesen (Cohen & Evens, 1986; Cohen & Kessler, 1995). Die heftigste Kritik an diesem behavioristischen Modell wird heute von der kognitiven Stressforschung geführt, die betont, dass Stimulus-Reaktions-Verbindungen durch

kognitive Verarbeitungsprozesse vermittelt und dadurch entschieden beeinflusst werden. Dennoch hat Selye mit seinem reaktionszentrierten Ansatz einen wesentlichen Beitrag zum Verständnis physischer Reaktionen auf Stressoren und damit zur (gesundheitspsychologischen) Stressforschung beigetragen (Cooper & Sloan, 1986).

In neueren biopsychologischen Stresskonzepten werden neurophysiologische Abläufe bei der Stressgenese in den Vordergrund gestellt. Dabei bewirkt die Konfrontation des Organismus mit einem Stressor eine erhöhte psychophysiologische Aktivierung des Organismus und führt zur Arousal-Reaktion (Levi, 1981). Neben dem aufsteigenden retikulären System (ARAS) das in dieser Konzeption eine wesentliche Rolle spielt, werden auch psychologische Merkmale für die Stressreaktion berücksichtigt.

Kallus (1995) erweitert das biopsychologische Stressmodell von der Ebene der psychophysischen Aktivität, die mit neurologischen sowie endokrinen Veränderungen einhergeht, auf Veränderungen im Befinden, in der Leistungsfähigkeit, im Handeln sowie im sozialen Bereich und bindet das Konzept der Erholung ein. Dabei wird nicht die kurzfristig einwirkende Belastung, sondern die über die Zeit andauernde Belastung berücksichtigt (Kallus, 1995; Debus und Kallus, 1995). Anzumerken ist, dass es sich bei diesem Konzept nicht um Beanspruchungsfolgen, sondern um Beanspruchungsreaktionen handelt. Für die vorliegende Arbeit ist, neben der Erfassung der stressauslösenden Belastungsfaktoren, die psychologische Analyse der Erholung von Bedeutung, da Erholungsprozesse im Wesentlichen ein synchrones und synergetisches Teilsystem darstellen, das zur Regeneration und Wiederherstellung von Leistungsvoraussetzungen führt (Kallus, 1995).

In der Gesundheitspsychologie wird der reaktionszentrierte Ansatz unter Berücksichtigung subjektiv erlebter Aspekte (Wohlbefinden, Lebenszufriedenheit) sowie der Erfassung psychologischer und sozialpsychologischer Konstrukte (z.B. Kontrollüberzeugung, Selbstwirksamkeit, usw.) zur Diagnostik des Gesundheitsverhaltens favorisiert (Dlugosch & Krieger, 1995). Dieser Ansatz kommt auch in der vorliegenden Arbeit zum Tragen, wobei im Besonderen die subjektiv erlebten Aspekte wie Wohlbefinden und Lebenszufriedenheit eine Rolle spielen.

### 2.3.2 Der reizzentrierte Ansatz

Reiz-, anforderungs- oder situationszentrierte Modelle definieren Stress in Abhängigkeit von bestimmten situativen Bedingungen, Stimuli oder Ereignissen. Stress wird hier als unabhängige Variable gesehen (Cooper, 1983). Interessant wird bei diesem Konzept somit nicht die Ausdifferenzierung der beteiligten physiologischen Prozesse wie im mechanistischen Konzept von Selye (Semmer, 1984), sondern die auslösenden Reizsituationen, die man auch Stressoren nennt (Haisch, 1991; Krohne, 1990; Mohr, 1997; Schwarzer, 1993; Stroebe, 1995). Der stimuluszentrierte Ansatz weist daher Analogien mit dem Belastungs-/Beanspruchungskonzept auf (Antoni & Bungard, 1989). Setzt man nämlich das Wort Stress mit dem Wort Belastung gleich, so kann man im arbeitsbezogenen Kontext darunter alle objektiv messbaren von außen auf einen Menschen einwirkenden Einflüsse verstehen, wie physikalische Belastungen (z.B. Lärm, Dreck, unangenehme Gerüche), arbeitsorganisatorische Belastungen (z.B. Schicht-, Akkordarbeit, Zeitdruck, Anpassung an neue Technologien usw.) und/oder soziale Belastungen (z.B. kleine zwischenmenschliche Spannungen der Mitarbeiter untereinander) (Frieling & Sonntag, 1999). Beanspruchung wird dann als die Reaktion des Menschen auf die äußerlichen Belastungen aufgefasst.

Eine wichtige Rolle spielte der Ansatz in der Erforschung kritischer Lebensereignisse (Life Events). Hier wurde direkt auf die psychische Belastung des einzelnen aus lebensveränderten Ereignissen, wie dem Tod eines Ehepartners, einem Lottogewinn oder einer Heirat, geschlossen. Die subjektive Bewertung der Ereignisse spielte dabei keine Rolle (Antoni & Bungard, 1989).

Zu kritisieren ist, dass bei stimulusorientierten Konzepten, aufgrund der individuellen Differenzen praktisch jeder Stimulus „Stress“ bedeuten könnte (Semmer, 1989). Selbst wenn eine Reizbedingung als allgemein stressend empfunden wird, zeigen sich dennoch erhebliche interindividuelle Reaktionsunterschiede auf den Stressor. Außerdem werden viele Reize erst wegen ihrer subjektiven Wahrnehmung und Bewertung wirksam. Kein Reiz wird daher von allen Personen gleichermaßen als Stress empfunden. Schwierigkeiten ergeben sich auch bei dem Versuch, qualitativ unterschiedliche Reize oder Ereignisse (z.B. Lärm, Gewalteinwirkung, Verlust eines Angehörigen) auf einem Maßstab zur quantitativen Erfassung des jeweiligen Stressgehalts der Stressoren abzubilden (Nitsch, 1981). Des Weiteren berücksichtigt der Ansatz im Gegensatz

zu transaktionalen Stresskonzepten keine Rückkoppelungsprozesse. Somit wird kein Prozessmodell entwickelt, sondern es werden monokausale Zusammenhänge zwischen äußeren Belastungsfaktoren und individuellen Beanspruchungsreaktionen untersucht, die über intervenierende Variablen, wie Persönlichkeitsmerkmale oder Wahrnehmungsstile zu erklären versucht werden (Antoni & Bungard, 1989).

Trotz der angeführten Kritik kann es dennoch nützlich sein, Stress über die Reizbedingungen zu operationalisieren, wenn beispielsweise Stressquellen am Arbeitsplatz für das transaktionale Konzept analysiert werden sollen.

### 2.3.3 Der transaktionale Ansatz

Durch die kognitive Wende der Stressforschung wurde an Stelle der reiz- und auch reaktionszentrierten Definitionen von Stress das „transaktionale Stressmodell“ von Lazarus gesetzt. Der kognitive Ansatz geht davon aus, dass Stress immer als Auseinandersetzung des Individuums mit seiner Umwelt entsteht (Lazarus & Launier, 1978).

Bei der Betrachtung der Mensch-Umwelt-Beziehung ist die Unterscheidung zwischen dem interaktionistischen - und dem transaktionistischen Ansatz anzuführen. „Interaktionistische Konzepte“ meinen stärker die statische Interaktion von Person- und Umweltvariablen, der „transaktionale Ansatz“ von Lazarus betont stärker die dynamische Wechselwirkung von Person und Umwelt (Dunckel, 1986). Der interaktionistische Ansatz wurde durch den transaktionalen Ansatz erweitert indem nicht nur Rück-, sondern auch Vorkoppelungsprozesse, die den Prozesscharakter des Stressgeschehens betrachten, mit einbezogen wurden. Im Hinblick auf den transaktionalen Ansatz ist die Person aktiv Handelnder in der Person-Umwelt-Transaktion. Das bedeutet, dass ihre Reaktionen und Bewältigungsversuche im Sinne einer Rückkoppelung Veränderungen in der Umwelt bewirken (Frieling & Sonntag, 1999).

Betont werden die subjektiven Wahrnehmungs- und Bewertungsprozesse (appraisal) bei der Stressentstehung. Psychologischer Stress beruht demnach auf der Einschätzung einer Person, dass die jeweilige Person-Umwelt-Beziehung entweder herausfordernd, bedrohlich oder schädigend ist (Schwarzer, 1993). Ob eine Person-Umwelt-Beziehung von einer Person als stressend empfunden wird,

hängt nicht nur von ihrer primären Einschätzung (primary appraisal) der Situationsbewertung ab, inwiefern Anforderungen oder Umweltbedingungen potentielle Stressoren sein können, sondern auch von ihrer sekundären Einschätzung (secondary appraisal), bei der die zur Verfügung stehenden Bewältigungsmöglichkeiten bewertet werden (Antoni & Bungard, 1989; Richter & Hacker, 1998; Schwarzer, 1996). Stress entsteht demnach infolge einer dynamischen Beziehung zwischen der Person und externen Ereignissen oder inneren Anforderungen (erstrebenswerte Ziele, Werte, Programme oder Aufgaben) und zwar dann, wenn die Anforderungen die Anpassungsfähigkeiten (resources) der Person beanspruchen oder übersteigen (Lazarus & Launier, 1978). Die subjektiven Einschätzungen einer Person sind dynamisch. Sie ändern sich ständig und beeinflussen sich gegenseitig. Daher nimmt eine Person in der Auseinandersetzung mit der Umwelt ständig Neubewertungen (re-appraisal) vor.

Im Anschluss an die Bewertungsprozesse erfolgt das Bewältigungsverhalten (coping), das auf unterschiedlichen Ebenen erfolgen kann. Hierbei kann es sich um emotionsbezogene oder problembezogene Bewältigung und um kognitive oder behaviorale Prozesse handeln (Bamberg, 1999; Lazarus & Folkman, 1991; Lazarus & Kanner, 1987). Lazarus & Launier (1981) unterscheiden zudem zwischen instrumentellen und palliativen Bewältigungsformen. Bei der instrumentellen Bewältigungsform setzen problemlösende kognitive Prozesse gezielter Informationssuche von Bewältigungsmöglichkeiten ein, wie direkte Aktionen gegen die Bedrohung beziehungsweise Unterlassungen von Handlungen, die die Gefährdung verstärken könnten. Palliative Bewältigungsformen sind Emotionsregulationen, die eine vorübergehende Entlastung der Bedrohung ermöglichen, ohne dabei die Ursachen des Stress zu verändern. Dies wird beispielsweise erreicht durch Alkoholkonsum, Psychopharmaka, kognitive Umbewertungen durch Ablenkung, Bagatellisierung oder Wunschdenken (Hacker & Richter, 1998).

Überschätzt ein Pilot einerseits seine Anpassungsfähigkeit (z.B. fliegerische Fertigkeiten, Zeit, Höhe, usw.) und unterschätzt er andererseits die Anforderungen einer Aufgabe (z.B. die Komplexität) wird er seine Ressourcen neu bewerten, sobald eine Veränderung der Situation eintritt. Im umgekehrten Fall wird er, unabhängig von den objektiv gegebenen Umständen in dieser Situation, mit Hilflosigkeit und Resignation reagieren (Stokes & Kite, 1997).

Edward Simmel (1977) beschreibt diese zwei Bewertungsmöglichkeiten an zwei authentischen Beispielen aus der Luftfahrt. Ein defekter Wechselstromgenerator eines Flugzeugs in der Nacht führte bei dem Piloten zu einer Überschätzung der Situation. Der Generator wäre eigentlich noch 20 Minuten funktionstüchtig gewesen. Der Pilot hätte sicher an seinem geplanten Flugplatz landen können, da er aber seine Ressourcen unterschätzte, entschied er sich, sofort auf einer kurzen Landebahn unterhalb von ihm zu landen. Er kollidierte mit seinem Flugzeug am Ende der Bahn mit Bäumen und starb.

Im Gegensatz hierzu ist der Air Illinois Flug 710 im Jahre 1983 anzuführen. Die Maschine hatte ein ähnliches Problem mit der Stromversorgung. Hier bot sich dem Piloten die Möglichkeit gleich an den Flugplatz sicher zurückzukehren. Allerdings unterschätzte der Pilot die Situation und überschätzte seine Ressourcen und entschied sich, trotz schlechter Wetterverhältnisse in dieser Nacht, an einem weiter entfernten Flugplatz zu landen. Das Flugzeug prallte auf die Landebahn auf und alle zehn Insassen starben (Stokes & Kite, 1997).

Die zwei Beispiele haben gezeigt, dass der gleiche Stressor zu unterschiedlichen Einschätzungen und Bewertungen führen kann. Für eine Klärung von Ursachen und Wirkungen am Arbeitsplatz scheint es daher nicht ausreichend zu sein, nur die Stressoren am Arbeitsplatz zu analysieren (stimuluszentrierter Ansatz) und/oder die Beschäftigten auf körperliche und psychische Anzeichen von Stressreaktionen zu untersuchen (reaktionszentrierter Ansatz). Als Untersuchungsgegenstand sollten auch die subjektiven Bewertungen und Bewältigungsstrategien sowie personale Ressourcen (z.B. Fertigkeiten, Fähigkeiten, Kenntnisse) und Ressourcen, die die Arbeitstätigkeit enthält (z.B. Entscheidungsspielraum, Kontrollmöglichkeiten) miteinbezogen werden (Frieling & Sonntag, 1999).

Auch wenn durch interaktionistische bzw. transaktionistische Stresskonzepte das Augenmerk auf die psychisch vermittelte Transaktion von Person und Umwelt gerichtet wurde und damit eine stärkere Integration und auch theoretische Strukturierung des heterogenen Problem- und Gegenstandsbereichs der Stressforschung erreicht wurde, gilt für sie trotz der genannten Erweiterungen und Präzisierungen nach wie vor, was Lazarus (1981, S. 27) formulierte: „sie bleiben eher ein Forschungsprogramm und liefern kaum in Untersuchungen umsetzbare Definitionen und Hypothesen“. Die Arbeiten von Lazarus (1966) basieren nämlich

hauptsächlich auf laborexperimentiellen Überprüfungen seiner Theorie, in denen er Emotionen über Filme induzierte (Dijkhuizen, 1980) und lassen sich ohne Modifikation des Stressmodells nicht auf die Arbeitswelt übertragen. Daher ist eine externe Validität zweifelhaft. Denn bei der Untersuchung für jeden hypothetischen Stressor außerhalb des Labors, wie z.B. Lärm oder Zeitdruck, wären alle denkbaren, individuell moderierenden oder situativ beeinflussbaren Bewertungen und individuell verschiedenen Bewältigungsstrategien oder Kompetenzen zu berücksichtigen. Dabei sind aber die möglichen Dimensionen und Interaktionen so vielfältig, dass aus dem Modell beliebige kausale Wirkungshypothesen abgeleitet werden können (Greif, 1991).

Des Weiteren spricht Lazarus (Lazarus & Launier, 1978) selbst das zentrale Problem seiner Theorie an, das der Zirkularität der Stressdefinition. Denn eine Person-Umwelt-Beziehung kann erst „post priori“ als stressend bestimmt werden; das heißt erst wenn das kritische Definitionselement für Stress vorliegt. Ein weiterer Kritikpunkt ist die Messbarkeit des Stressprozesses mit dem transaktionalen Modell. Bevor der Stressprozess, also das „transaktionale Geschehen“, untersucht werden kann („transaktionaler Ansatz“), müssen die Determinanten, die in den Prozess eingehen (das bedeutet die Person- und Umweltvariablen) untersucht bzw. gesucht werden („interaktionistischer Ansatz“) (Dunckel, 1986).

Obwohl die Probleme der Messbarkeit psychischer Prozesse schwer zu überwinden scheinen, hat das transaktionistische Stressmodell dennoch heuristisch einen hohen Stellenwert erhalten. Der Mensch steht einer objektiven Umwelt gegenüber und nimmt diese subjektiv wahr. Dass hier eine Fülle unterschiedlicher Bewertungs- und Bewältigungsprozesse stattfinden, deutet nicht auf die Universalität des Menschen hin, sondern spiegelt seine Einzigartigkeit wider, die es zu berücksichtigen gilt, wenn man das Individuum und sein Stressempfinden verstehen will. Das bedeutet für die vorliegende Untersuchung, dass der Zusammenhang zwischen den möglichen kumulativen und akuten Effekten auf die Belastung/Beanspruchung der Cockpitbesatzungsmitglieder ohne die Einbeziehung der psychologischen und soziodemographischen Moderator- und psychologischen Mediatorvariablen nicht hinreichend erklärt werden kann.

## 2.4 Arbeits- und organisationspsychologische Stressmodelle

Welche Stressoren und welche intervenierenden Variablen in einer Untersuchung zum Stress am Arbeitsplatz einbezogen werden, bestimmt weitgehend das jeweilige Stresskonzept und die damit verbundenen Untersuchungshypothesen. Hierzu werden unterschiedliche Modelle herangezogen, die unterschiedliche Stressoren in der Arbeitswelt fokussieren (Büssing & Glaser, 1998; Frieling & Sonntag, 1999).

Da die Dimensionen der Arbeitsbelastung je nach Arbeitssituation und Berufsfeld differieren können, liegt bisher keine einheitlich theoretisch abgeleitete und empirisch bewährte Klassifikation von Belastungen oder Stressoren vor, obwohl bereits eine Vielzahl von Stressoren bzw. Belastungen induktiv-empirisch gefunden wurden (Büssing & Glaser, 1996; Schönpflug, 1987). Bei der Analyse von arbeitsbezogenen Stressoren werden, je nach Analysezweck, verschiedene Systematisierungen angeführt (Dunckel, 1986). Beispielsweise können arbeitsbezogene Stressoren resultieren aus:

- der Arbeitsaufgabe (z.B. Zeit- und Termindruck, Entscheidungsanforderungen ohne ausreichende Informationsgrundlage),
- den Umgebungsbedingungen (z.B. Lärm, mangelnde ergonomische Verhältnisse, Gefahren),
- der betrieblichen Organisation (z.B. strukturelle Veränderungen, unklare Kompetenzregelungen) und
- sozialen Verhältnissen (konfliktvolle Arbeitsbeziehungen zu Vorgesetzten und Kollegen, schlechtes Betriebsklima) (Hoyos, 1982; Udris & Friese, 1999).

*Handlungstheoretische Stressmodelle* fassen Stress als Problem der Handlungsregulation bzw. der Minder- oder Fehlregulation auf. „In einen Stresszustand gerät, wer aus einem Problemzustand nicht herausfindet“ (Schönpflug, 1987). Handlungen sind nach der Handlungsregulationstheorie von Hacker (1986) und Volpert (1987) zielgerichtet und werden durch Operative Abbildsysteme reguliert. Um eine Arbeitsaufgabe erfolgreich und stressfrei erfüllen zu können, müssen das Ziel des Arbeitshandelns ebenso wie die zielführenden Operationen bekannt sein, die vom Arbeitenden selbst sicher beherrscht werden

müssen, um das gewünschte Ergebnis zu erzielen. Stressoren können die Erfüllung der Arbeitsaufgabe beeinträchtigen und die Regulationskapazität des Arbeitstätigen überschreiten.

Im Rahmen seiner stressbezogenen Tätigkeitsanalyse erweiterte Semmer (1984) die handlungstheoretische Konzeption und differenziert zwischen drei Arten von Regulationsproblemen:

- 1) zusätzlicher Regulationsaufwand, der entsteht, wenn der normale Handlungsablauf beeinträchtigt ist, die Handlungsziele jedoch unverändert bleiben.
- 2) Regulationsunsicherheit, die dann vorliegt, wenn das Handlungsziel zwar bekannt ist, allerdings Unsicherheit darüber besteht, ob und wie dieses erreicht werden kann (z.B. bei qualitativer Überforderung des Handelnden).
- 3) Zielunsicherheit, die sich aus unklaren oder widersprüchlichen Arbeitsanweisungen ergibt.

Kannheiser (1992) kritisierte allerdings an diesem Konzept die Vernachlässigung von emotionalen Problemsituationen bei der Entstehung von Stress bei der Arbeitstätigkeit, die sich dann bemerkbar machen, wenn dominierende Tätigkeiten in ihrer Ausführung bedroht oder behindert werden. Deshalb stellt Kannheiser auf der Grundlage eines *Tätigkeitstheoretischen Stresskonzepts* ein Prozess- und Strukturmodell belastender Zusammenhänge und Bedingungen auf. Er spricht von Motiv und Ziel-Diskrepanzen (auszuführende Handlungen sind nicht mit dem tätigkeitsauslösenden Motiven vereinbar) sowie von Motiv-Bedingungs-Diskrepanzen (betriebliche, über- und außerbetriebliche Bedingungen beeinträchtigen oder verhindern die motivinitiierten Tätigkeiten). Stress durch die angeführten Diskrepanzen entsteht dann, wenn der Beschäftigte diese als unveränderbar beurteilt, trotz aktiver Maßnahmen in seiner Umwelt.

Dieses anspruchsvolle tätigkeitstheoretische Stressmodell betrachtet in der Stressanalyse die Tätigkeit als vermittelnde Instanz zwischen Umwelt und Subjekt. So werden Rückwirkungen der Umwelt bzw. der Resultate eigener und vor allem auch der Tätigkeit anderer Personen auf die Tätigkeiten einer Person mit berücksichtigt.

All den Modellen ist der Versuch gemein, arbeitsplatzbezogene Bedingungen unterschiedlicher Tätigkeitsbereiche, die als Stressoren gelten, herauszufinden, um korrektive und präventive Arbeitsgestaltungsmaßnahmen durchführen zu können. Allerdings können diese organisationspsychologischen Ansätze nur einen, wenn auch sehr wichtigen, Teil der Ursachenfaktoren abdecken, zumal sie meist „am Betriebstor stehen bleiben“ (Cooper, 1983; Paine, 1982).

In dem *kybernetischen Ansatz* von Cummings und Cooper (1979) werden schließlich weniger Merkmale des Arbeitsplatzes integriert, sondern eine stark individuumskonzentrierte Konzeption vorgelegt (Hoyos & Rosenstiel, 1980). Das Modell richtet seine Aufmerksamkeit auf den „Stresszyklus“, d.h. auf die Aneinanderreihung von Ereignissen, die die fortwährende Interaktion zwischen der Person (z.B. dem Piloten) und der Umwelt (z.B. Karriereaussichten, Beruf, Familie, etc.) repräsentiert (Cooper & Sloan, 1986). Die Grundvoraussetzung ist, dass sich das Verhalten einer Person auf die Reduzierung der Abweichungen von einem Ziel richtet.

In diesem Stresszyklus wird versucht, Belastungen abzuwenden, indem die Person

- a) Abweichungen des Istzustandes vom Sollzustand zwischen dem aktuellen und dem gewünschten Zustand minimiert,
- b) einen angemessenen Regulierungsprozess (Verhaltensregulierung/-veränderung) auswählt,
- c) diesen Regulierungsprozess durch Copingverhalten durchführt, wobei dieses Bewältigungsverhalten Auswirkungen auf den Stressor hat.

Können allerdings die Belastungen auch im Zusammenhang mit einem bestimmten Persönlichkeitstrait nicht abgewendet werden, kommt es zu unterschiedlichen Stresssymptomen wie gesundheitlichen Beeinträchtigungen, Arbeitsunzufriedenheit und zur Leistungsabnahme (Cooper, 1983; Cooper & Dewe, 2001; Cooper & Sloan, 1986).

Bei der Kategorisierung der Stressoren in ihrem Modell unterscheiden Cooper und Marshall (Cooper & Dewe, 1983; Cooper & Marshall, 1983; Dijkhuizen, 1980) zwischen:

- intrinsischen Faktoren
- der Rolle in der Organisation
- den Arbeitsbeziehungen (beispielsweise zwischen Kollegen, dem Vorgesetzten, usw.)
- den Aufstiegsmöglichkeiten
- der Organisationsstruktur sowie dem Organisationsklima
- Stressquellen außerhalb der Organisation wie der Schnittstelle zwischen Arbeit und Heim bzw. Familie.
- der Arbeitszufriedenheit.

Das arbeitsbezogene Stressmodell von Cummings und Cooper (1979) wurde auf das Arbeitsfeld Cockpit angewendet. Da im Bereich „Cockpit“ sehr wenige Untersuchungen hinsichtlich eines interaktionistischen Ansatzes vorliegen, der auch psychosoziale Faktoren berücksichtigt, wurde das Ausgangsmodell verändert, indem induktiv-empirisch ein bereichsspezifisches Modell konstruiert wurde. Die Gesamtergebnisse der empirischen Untersuchung des Forschungsprojekts „Pilots under Stress“ (Cooper & Sloan, 1986) wurden als Modell zusammengefasst dargestellt (Abbildung 2.4).

## A basic model of pilot occupational psychosocial stress

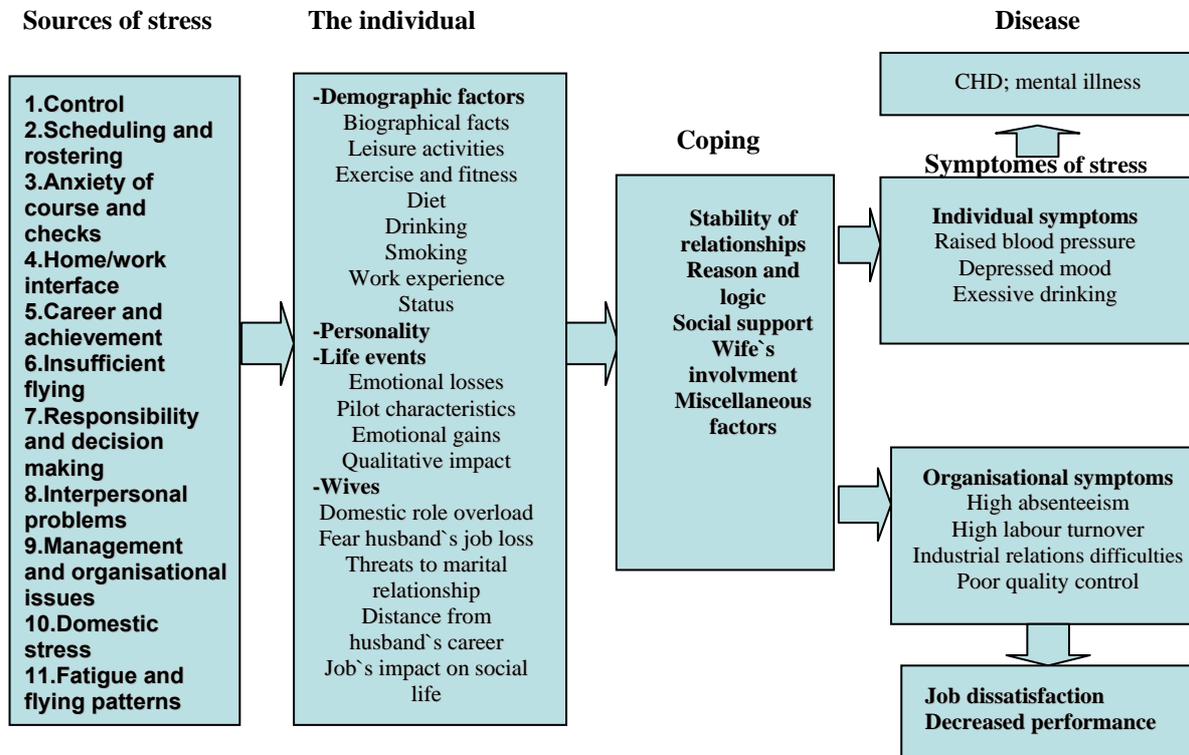


Abbildung 2.4: Adaptiert aus „Pilots under Stress“, von Cooper und Sloan, 1986, S.179. Der erste Kasten des Modells stellt die elf Belastungsfaktoren dar, die sich aus der Faktorenanalyse von 87 Items ergeben haben.

Der Versuch der Independenz unterschiedlicher Belastungsfaktoren war gelungen. Allerdings wurde das Modell empirisch anhand einer Querschnittuntersuchung (N=523 Piloten) konstruiert und vernachlässigt insbesondere psychische Belastungsfaktoren mit (längerfristigen) Beanspruchungsfolgen (z.B. psychische Ermüdung). Deshalb wurden in dieser empirischen Untersuchung Aspekte aus dem Modell herausgegriffen und unter dem Gesichtspunkt der über die Zeit (8 Wochen) akumulativ wirksamen Effekte untersucht. Zudem wird über einen Multitrait-Multimethod-Ansatz die Einbindung unterschiedlicher Indices für ein Individuum unter Stress berücksichtigt, da ein einzelner Parameter Stress weder quantitativ noch qualitativ anzeigen kann (Nitsch, 1981). Daher wurden auch die mentale Gesundheit sowie die Lebenszufriedenheit und andere gesundheitsrelevante Aspekte analysiert.

## 2.5 Eustress versus Distress im Zusammenhang mit der Leistung

Die Unspezifitätsannahme des Selyeschen Konzepts wurde durch die Unterscheidung von Eustress und Distress erweitert. Das heißt, die typischen Stressreaktionen können sowohl durch schädliche Einwirkungen als auch durch als angenehm erlebte Ereignisse ausgelöst werden und Einfluss auf die Leistung üben (Nitsch, 1981). Wie Untersuchungen zeigen, ist der Zusammenhang zwischen Stress und Leistung keine einfache negative Korrelation. Die Leistungen sind scheinbar bei mittlerer Belastung und bei mittlerem Stressniveau am Besten (Eustress). Dagegen führt wenig Stress (rust out) und zu viel Stress (burn out) zu jeweils schlechteren Leistungsergebnissen (Distress) (Kast und Rosenzweig, 1979). Nach diesem als Arousaltheorie bekannten Ansatz gemäß dem Yerkes-Dodson-Gesetz ergibt sich ein U-förmiger Zusammenhang zwischen dem Stress und der Leistung (Buysse & Monk, 2005; Colquhoun, 1982; Folkard & Monk, 1979; Gaillard, 1993; Nitsch, 1981; Thomas, 1989). Die Abbildung 2.5 zeigt den Zusammenhang zwischen unterschiedlichen Belastungshöhen und dem daraus resultierenden Stressniveau.

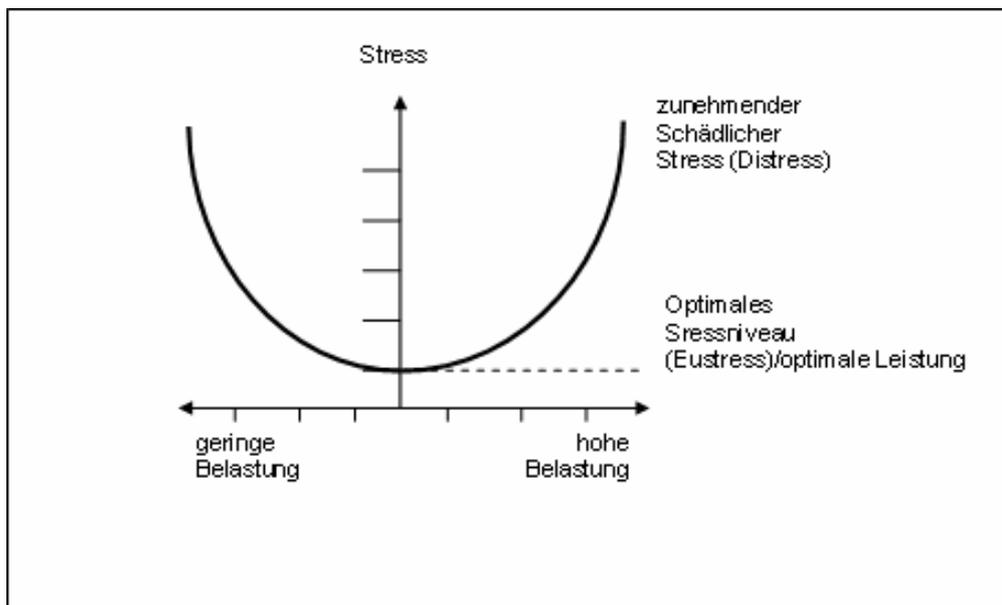


Abbildung 2.5: Adaptiert aus „Arbeit und Stress“, von Müller-Limmroth und R. Schug. Bayerisches Staatsministerium für Arbeit und Sozialordnung, 1989; S.12 und aus „Managing pilot stress“ von Thomas, M., 1989.

Stress hat demnach auch Positives und Überlebenswichtiges (Edwards, 1990; Semmer, 1984). Piloten müssen sich beispielsweise ihrer Umgebung aufmerksam zuwenden, um Gefahrensituationen erkennen und bewältigen zu können. Um die

Aufmerksamkeit bewusst auf die Umgebung zu richten, wird ein bestimmtes Stressniveau benötigt. Stress ist somit der „Aktivator“ in Gefahrensituationen, solange nicht aufgrund zu hoher Belastung (z.B. Verantwortung tragen; zu hohe Arbeitsanforderung, Zeitdruck im Turnaround, etc.) oder auch zu niedriger Belastung (z.B. Reise- und/oder Nachtflug bei Langstreckenflügen, etc.) negativer Stress evoziert wird (Thomas, 1989). Denn negativer Stress führt nicht nur zum Absinken der Arbeitsleistung (Richter, 1997), sondern auch, wenn er über längere Zeit andauert, zu psychischen und gesundheitlichen Beeinträchtigungen und damit wiederum zu längerfristigen Leistungseinbußen (Hoyos, 1999).

Stressfolgen, die sich bezüglich der Bewältigung von Arbeitsaufgaben zeigen können, sind Konzentrationsprobleme, Abnahme der Qualität der Arbeitsverrichtung, kurzsichtige Entscheidungen, psychische Ermüdung, Verschlechterung der sensumotorischen Koordination und Leistungsschwankungen (Nachreiner, 2002; Strobel & Krause, 1997). Zu differenzieren ist dabei zwischen Beanspruchungsfolgen, die während der Aufgabenbewältigung (z.B. Arbeitspausen) und solchen, die unmittelbar nach Beendigung der Aufgabenbewältigung auftreten. Erstere geben Auskunft über den Verlauf der Beanspruchung und damit über kumulative Beanspruchungswirkungen. Letztere sind indikativ für das Ausmaß der Erholungsbedürftigkeit. Beanspruchungsfolgen lassen sich demnach auf drei Ebenen erfassen: als subjektiv erlebte Beanspruchungszustände, als körperliche Zustände, und anhand von Leistungsdaten.

## 2.6 Theoretische Aspekte des Belastungs- und Beanspruchungskonzepts

### 2.6.1 Definition von Stressor, Stressreaktion und Stressbewältigung

Stressoren und Stressreaktionen bedingen sich analog. Die Stressoren sind theoretische Konstrukte äußerer Belastungen und auch von innen kommender Reize (Vorstellungen, Erinnerungen), die Stressreaktionen auslösen. Die Stressreaktion hingegen stellt ein Konstrukt dar, das die psychischen Zustände und Verhaltensweisen, die unmittelbar auf Stressoren folgen, beschreibt (Greif, 1991). Ausgangspunkt des Stressprozesses sind Stressoren und Ressourcen, also Bedingungen, die stressauslösend sind und Faktoren, die eine (effektive) Auseinandersetzung mit dem Stress ermöglichen bzw. erleichtern. Stressoren und Ressourcen können durch außerhalb der Person gegebene Merkmale wie

Arbeitsbedingungen (z.B. Umgebungsbelastungen, Handlungsspielraum) oder durch interne Merkmale (z.B. Qualifikation) gegeben sein. Wichtige Elemente des Stressprozesses sind ferner die Bewertung der stressauslösenden Bedingungen, die Stressbewältigung (Copingstrategien) und die Stressfolgen (Bamberg und Busch, 1996).

Verschiedene Autoren heben hervor, dass die Komponenten des Stressprozesses grundsätzlich austauschbar sind (z.B. Schönplüg, 1979). So können Stressbewältigung oder Stressfolgen ihrerseits als Stressoren wirken. Wenn z.B. zur Kompensation von Zeitdruck das Arbeitstempo erhöht wird, in den Pausen durchgearbeitet wird und/oder risikoreicheres, aber aufwandärmeres Arbeitsverhalten gezeigt wird, so dient das nicht nur der Bewältigung von stressauslösenden Bedingungen, sondern birgt auch die Gefahr weiterer Stressoren.

Obwohl es in der Literatur Abweichungen hinsichtlich der vertretenen Meinung der Stressoren und Belastungen, sowie der Stressreaktion und Beanspruchung gibt, können Stressoren synonym mit Belastungen verwendet (Hoyos, 1999) und Stressreaktionen auch als Beanspruchungen bezeichnet werden (Greif, 1991).

## 2.6.2 Das Belastungs- und Beanspruchungskonzept

So wie die Stressdefinition weist auch das Belastungs- und Beanspruchungskonzept zweideutige alltagssprachliche Bedeutungen auf. Die Bedeutung liegt entweder auf dem Vorgang („Stattfinden einer Beanspruchung oder Belastung“) oder dem Zustand (“beansprucht oder belastet sein“).

Erst in den 1940er Jahren sind die beiden Begriffe aus der Alltagssprache in die Arbeitspsychologie übernommen worden. Dabei wurden die ursprünglich aus der Mechanik stammenden Begriffe „Beanspruchung“ und „Belastung“ auf psychologische Sachverhalte und Prozesse übertragen. In dem behavioristischen Ansatz, der als Ursache-Wirkungs-Beziehung den Begriffen „Stimulus-Response“ entspricht, ist der Begriff der „Beanspruchung“ dem Befinden und Verhalten arbeitender Menschen (individuelle Eigenschaften, Fertigkeiten, Fähigkeiten, Bedürfnisse) zuzuordnen. Der Begriff „Belastung“ beinhaltet die situativen Auslöser des Befindenzustands oder Verhaltens (z.B. Hitze, Lärm, Schichtarbeit, etc.) (Schönplüg, 1987). Hohe Arbeitsbelastungen können zudem eine Zunahme

der Arbeitsintensität, Zeitdruck, Unsicherheit und organisatorische Probleme, mangelnde Qualifikationen und Erfahrungen sein (Badura, 199; Bamberg, 1999; Reason, 2003).

In der deutschsprachigen Arbeitswissenschaft und Arbeitspsychologie hat sich in Folge eines Definitionsvorschlags von Rohmert und Rutenfranz (1975) eine neutrale Begriffsbestimmung der Begriffe psychische Belastung und psychische Beanspruchung durchgesetzt, die seit 1987 von dem Normenausschuss Ergonomie auch als deutsche DIN Nr. 33405 geführt wird.

Demnach wird „Psychische Belastung verstanden als die Gesamtheit der erfassbaren Einflüsse, die von außen auf den Menschen zukommen und auf ihn psychisch einwirken.“ (Normenausschuss Ergonomie im Deutschen Institut für Normung, 1987).

„Psychische Beanspruchung wird verstanden als die individuelle, zeitlich unmittelbare und nicht langfristige Auswirkung der psychischen Belastung im Individuum in Abhängigkeit von seinen individuellen überdauernden und augenblicklichen Voraussetzungen, einschließlich der individuellen Bewältigungsstrategien“ (Normenausschuss Ergonomie im Deutschen Institut für Normung, 1987).

Die Begriffe gewinnen für die arbeitspsychologische Forschung und Praxis erneut an Bedeutung, nachdem sie in die europäische und deutsche Norm für psychische Arbeitsbelastung aufgenommen wurden (EN ISO 10075-1:2000; Deutsches Institut für Normung, 2000).

Neben den Definitionen des Normenausschusses für psychische Belastung und psychische Beanspruchung haben Hacker und Richter (Richter und Hacker, 1998; Richter, 1980) die Nachbarbegriffe der Fehlbeanspruchung und Beanspruchungsfolgen eingeführt. Generell sollte eine adaptive Beanspruchung die Ausführbarkeit, Erträglichkeit und Zumutbarkeit der Arbeit sowie die Förderung der Persönlichkeitsentwicklung gewährleisten. Eine Fehlbeanspruchung entsteht, wenn sich eine Diskrepanz zwischen Anforderungen an den Mitarbeiter, die sich aus dem Arbeitsauftrag und den objektiven Ausführungsbedingungen zusammensetzen und den jeweils individuellen Leistungsvoraussetzungen und deren Inanspruchnahme ergibt. Nach diesem Konzept können unterschiedliche

Beanspruchungsfolgen auftreten. Dies können sowohl positive Beanspruchungsfolgen im Sinne eines Anregungseffekts (Aufwärmeeffekt und Aktivierung), negative Beanspruchungsfolgen (Monotoniezustand, Ermüdung, psychische Sättigung, Stress, herabgesetzte Vigilanz) als auch Übungseffekte sein (Plath & Richter, 1984).

Nachreiner (2002) kritisiert allerdings ein fehlendes gemeinsames Bezugssystem des Belastungs-Beanspruchungskonzepts, auf dem man die Gesamtheit der psychischen Belastung abbilden könnte, zumal die Beanspruchung aufgrund der individuellen Effekte keine Funktion der Belastung ist und der Belastung dadurch keine einheitliche Größe zugeordnet werden kann.

Trotz der verschiedenartigen theoretischen Grundlagen und der daraus resultierenden unterschiedlichen Wirkungsmodelle leistet das Belastungs- und Beanspruchungskonzept in den verschiedenen arbeitswissenschaftlichen Disziplinen, wie der Ergonomie, der Arbeitsmedizin, der Arbeitspsychologie, der Arbeitssoziologie und im Hinblick auf diese Studie einen heuristischen Beitrag, um Arbeitsbedingungen insbesondere in ihren negativen physischen und psychischen Auswirkungen auf den Menschen zu untersuchen (Kirchner, 1993; Rohmert, 1984).

### 2.6.3 Mentale Beanspruchung (mental workload) bei informationsverarbeitenden (Arbeits-) Tätigkeiten

Entsprechend einer EU-Umfrage aus dem Jahre 1992 haben Stress- und Überforderungssymptome am Arbeitsplatz deutlich zugenommen, mit steigender Tendenz. Von 6331 befragten Angestellten klagten 68% über gewachsenes Arbeitstempo, 58 % über zunehmenden Leistungsdruck und 55 % über psychische Belastung bei der Einführung neuer Techniken (Hacker & Richter, 1998). Auch Diskussionen darüber, ob Grenzwerte innerhalb eines Arbeitsplatzes (z. B. Elektromog, Strahlenbelastung bei Piloten) und auch dem chronischen Ermüdungssyndrom Krankheitswert beizumessen ist, lassen das sozialpolitische Interesse an der Zumutbarkeit der Ausführbarkeit einer Arbeitstätigkeit sowie dem Schutz- und Geltungsbedarf geistiger Arbeit wachsen. Demnach hat insbesondere die Diagnostik von Beanspruchungszuständen einen entscheidenden Stellenwert im Bewertungsansatz von Arbeitsgestaltungsmaßnahmen.

Die Bewertung und Gestaltung von Arbeitssystemen finden nach Hacker & Richter (1998) auf vier Ebenen statt:

- der Persönlichkeitsförderlichkeit (Persönlichkeitsentwicklung),
- der Beeinträchtigungslosigkeit (Befinden, Vigilanz, psychophysiologische Aktivierung, Erholung),
- der Schädigungslosigkeit (psychische und physische Gesundheitsschäden) und
- der Ausführbarkeit (anthropometrische Norm, psychophysiologische Normwerte (z. B. Schlafparameter)).

Die vorliegende Studie dient überwiegend dazu, die Kriterien der Belastungs- und Beanspruchungsmessung auf der Ebene der Beeinträchtigungslosigkeit und Ausführbarkeit sowie die möglichen längerfristigen Beanspruchungsfolgen (psychische Ermüdung) zu bewerten. Dabei wird das Augenmerk während der fliegerischen Tätigkeit, neben der Erfassung und Bewertung von psychischen Belastungsfaktoren und –größen wie im Belastungs-/Beanspruchungskonzept, hauptsächlich auf die mentale (psychische) Beanspruchung gelegt, zumal für die ergonomische Bewertung von Mensch-Maschine-Systemen (insbesondere in Arbeitssystemen mit hohem Sicherheitsrisiko) die Struktur, Dynamik sowie die Ressourcen und Grenzen des menschlichen Informationsverarbeitungssystems im Vordergrund stehen (Wieland - Eckelmann, 1992).

Der Begriff „mentale Beanspruchung“, der von dem Begriff der „emotionalen Beanspruchung“ differenziert wird, stellt die Spezifizierung des Beanspruchungs-Belastungskonzepts dar. Betrachtet man den Hintergrund der Beanspruchungsoptimierung der Human Factors in computergestützte Systeme, so ist die mentale Beanspruchung an ressourcentheoretische Ansätze gebunden und ist als die „Intensität menschlicher Informationsverarbeitung“ zu verstehen (Kahneman, 1973).

Die „mental-workload“ Forschung konzentriert sich auf den Prozess der Beanspruchung bei der Ausführung informationsverarbeitender (Arbeits-) Tätigkeiten und weniger auf die Analyseeinheiten Belastung und Beanspruchungsfolgen der Beanspruchungs-/Belastungsforschung.

Als mental wird der Anteil an psychologischer Beanspruchung bezeichnet, der durch Informationsaufnahme, -verarbeitung und -umsetzung hervorgerufen wird. Mentale Beanspruchung (engl. mental-workload) hängt demnach mit der Aktivierung verschiedenster Leistungsfunktionen des menschlichen Informationsverarbeitungssystems zusammen und wird von physisch - muskulärer Beanspruchung unterschieden (Manzey, 1998).

Im Gegensatz zum Belastungs-/Beanspruchungskonzept verzichtet der Ansatz der „mental-workload“-Forschung auf die Abgrenzung der Begriffe Belastung und Beanspruchung und fasst psychische Belastung/Beanspruchung als multidimensionales Konstrukt auf (Wieland-Eckelmann, 1992). Demnach ist die mentale Beanspruchung definiert als kognitive, eher nicht-emotionale Reaktion des menschlichen Informationssystems auf äußere Belastungen und wird durch aufgabenspezifische Faktoren wie Schwierigkeit und Komplexität bestimmt. Die Gesamtbeanspruchung eines Individuums bei der Ausführung einer Tätigkeit ergibt sich aus der mentalen, emotionalen und physisch-muskulären Beanspruchung (Manzey, 1998; Wieland-Eckelmann, 1992).

Als standardisiertes Verfahren zur Messung informatorischer Belastungen/Beanspruchungen findet in dieser Studie der National Aeronautics and Space Administration Task Load Index (NASA-TLX) Verwendung. Bei der Anwendung des Methodeninventars ist das Hauptziel, die Beschreibung und Erklärung der Struktur und Dynamik des menschlichen Informationsverarbeitungssystems, seiner Grenzen und prinzipiell verfügbaren Ressourcen aufzuklären (ebd.).

## 2.7 Schlaf und Psychometrie

### 2.7.1 Grundlagen der Schlafforschung

Die wissenschaftliche Schlafmedizin beginnt 1929 mit der Erfindung der Messung der elektrophysiologischen Hirnaktivität (EEG) durch Hans Berger (Jena), das den Schlaf erstmals einer unabhängigen, replizier- und quantifizierbaren objektiven Beschreibung zugänglich machte (Steinberg, 2000). Im Laufe der Zeit hat sich die Schlafmedizin schließlich als eigenständiges Wissensgebiet etabliert. Im Fokus stehen die Diagnostik von Schlaf-Wach-Störungen und die Tagesschläfrigkeit, beides Symptomatiken, die zu Leistungsbeeinträchtigungen führen können (Weeß, 1998). Dabei werden insbesondere Erkenntnisse der Schlafdeprivationsforschung berücksichtigt.

Aufgrund des sozialmedizinischen Risikos (z.B. einer erhöhten Unfallneigung am Arbeitsplatz durch Müdigkeit und Schläfrigkeit) fanden auch andere Disziplinen Interesse an Untersuchungen zur Schläfrigkeit und Müdigkeit. Studien zur Ermüdungsforschung wurden sowohl in der militärischen als auch in der zivilen Luftfahrt durchgeführt, einerseits zur Optimierung von militärischen Flugdiensteinsätzen, um mentale Leistungseinbußen durch Müdigkeit zu minimieren (Samn & Perelli, 1982, S.1), andererseits auf Langstreckenflügen von zivilen Luftfahrtgesellschaften zur Jet Lag Symptomatik und zur Erfassung von Phasenveränderungen bei Schichtarbeit (Samel & Wegmann, 1997a, 1997b; Samel & Vejvoda, 2004; Vejvoda & Samel, 2000; Acebo & Sadeh, 2003; Tobler, 2004). Ziel der Untersuchungen war, unter Berücksichtigung von müdigkeits- und schläfrigkeitsbezogenen Prozessen, Bewertungs- und Gestaltungsrichtlinien hinsichtlich der Ausführbarkeit der Flugführungsaufgaben zu erstellen und damit die Flugsicherheit zu gewährleisten (ebd.). Die aus diesen Untersuchungen gewonnenen Erkenntnisse werden für diese Studie genutzt, um kumulative und akute Einflüsse der Schichtarbeit auf die Piloten auf der Kurzstrecke über einen längeren Zeitraum zu erfassen.

### 2.7.2 Die Funktion des normalen Schlafes

Die Funktion des Schlafes beruht auf unterschiedlichen theoretischen Ansätzen, denen allen die Vorstellung des Schlafes als Ruhephase mit regenerativen und/oder adaptiven Prozessen gemein ist. Dabei können die Theorien zur Funktion des Schlafes in homöostatische und heteroplastische Theorien unterteilt werden. Homöostatische Theorien beziehen sich auf physiologische Systeme, die ein konstantes Spektrum an inneren Zuständen anstreben. So nimmt die Aktivität der aminergen Neurone („REM-off“-Neurone), denen eine wichtige Funktion bei Lern- und Gedächtnisprozessen zugeschrieben wird, im Schlaf bis hin zur Rapid-eye-movement-Phase (REM-Phase) fast vollständig ab.

Die am meisten wissenschaftlich untersuchten heteroplastischen Theorien sind lerntheoretischer Natur und beziehen sich auf eine dauerhafte Integration von umweltbedingten Abwandlungen. Diese schreiben dem Schlaf (vor allem dem REM-Schlaf) eine gedächtnisfördernde Wirkung zu, indem gespeicherte Informationen durch die Förderung der Informationsübertragung vom Kurzzeitgedächtnis ins Langzeitgedächtnis aufgearbeitet und weiter verarbeitet werden (Steinberg, 2000).

### 2.7.3 Schlafregulation und zirkadiane Rhythmik

Die Mechanismen der Schlaf-Wach-Regulation bestimmen Zeitpunkt und Dauer des Schlafes im Laufe des 24-Stunden-Tages und werden durch homöostatische, endogen periodische und externe Komponenten gesteuert. Das Zusammenspiel beider Komponenten beschreibt Borbély (1982) durch das Zwei-Prozess-Modell der Schlafregulation, auf das hier aus Platzgründen nicht ausführlich eingegangen werden soll. Im Wesentlichen geht das Modell davon aus, dass die homöostatische, endogen periodische Komponente dem Einfluss externer Komponenten, wie soziale Zeitgeber und dem Schlaf-Wach-Rhythmus unterliegt.

Der homöostatisch regulierende Vorgang hängt von der vorhergehenden Schlafdauer und der fortdauernden Wachzeit ab. Je länger die vorausgegangene Wachphase ist, desto höher werden die folgende Schlafdauer und Schlafintensität. Die Beibehaltung eines optimalen Schlaf-Wach-Verhältnisses nennt Borbély Prozess S (siehe Abbildung 2.7.4). Dieser Prozess S läuft während des Schlafes in umgekehrter Reihenfolge ab. Der anfänglich tiefe Schlaf wird

oberflächlicher, was sich in einer verringerten Weckschwelle und der Zunahme der Körperbewegungen äußert. Dieses Phänomen ist im Hinblick auf die Einsatzgestaltung von Flugbesatzungsmitgliedern für diese Studie wichtig, da durch frühe Aufwachzeiten, lange Flugdienstzeiten und Dienstketten mit wachsendem Schlafdruck zu rechnen ist. Die Objektivierung dieses Prozesses erfolgt über die Elektroenzephalografie (EEG) und die Aktimetrie. Aufgrund der langen Studienzeit von 8 Wochen wurde die Aktimetrie dem EEG vorgezogen, da eine EEG-Aufzeichnung aus technischen sowie ökonomischen Gründen nicht angemessen und für die Piloten über einen so langen Zeitraum nicht zumutbar schien. Zudem bietet die Aktimetrie als nicht invasive Methode eine kontinuierliche Erfassung der Bewegungsaktivität unter den normalen Lebensbedingungen. Es werden sowohl Tag- und Nacht-Episoden des Schlafes erfasst, wie auch die Regelmäßigkeit der Bett- und Aufstehzeiten (Tobler, 2004).

Die periodische Komponente bezieht sich auf regelmäßige Schwankungen z.B. des Temperaturverlaufs und des Cortisolspiegels innerhalb der tageszeitlich vorgegebenen 24 Stunden und wird als zirkadiane Rhythmik bezeichnet. Borbély spricht bei diesem zirkadianen Aspekt von Prozess C, der von der vorangegangenen Schlaf- oder Wachdauer unabhängig ist. Die zirkadiane Rhythmik ist endogen gesteuert („innere Uhr“), da sie auch unter so genannten zeitgeberfreien Bedingungen (ohne Hell/Dunkel-Einflüsse; ohne soziale Zeitgeber) zu beobachten ist, sich aber in ihrer Periodendauer ändert. Isolationsstudien zur „zeitfreien Umgebung“ haben belegt (z.B. unter Laborbedingungen oder im Bunker ohne Hell-/Dunkelbezug und jegliche Zeitinformation), dass sich die Periodendauer der zirkadianen Rhythmik auf einen 25-Stunden Rhythmus verlängern kann (Aschhoff, 1965; Borbély, 1982; Steinberg, 2000; Wever, 1979). Dabei verläuft diese Verschiebung der Phasenlage von den Probanden eher unbemerkt, wogegen eine von außen auferlegte, abrupte Desynchronisation z.B. durch Schichtarbeit eher als unangenehm empfunden wird.

Zudem kann ein unregelmäßiger, desynchronisierter Schlaf-Wach-Rhythmus, wie er häufig Folge von Schichtarbeit ist, zu einer Auflösung der physiologischen Schlafstruktur (Schlafarchitektur) führen (Steinberg, 2000). Darüber hinaus hat man festgestellt, dass ohne die Synchronisierung auf den 24-Stunden-Rhythmus des geophysikalischen Tages der zirkadiane Rhythmus intraindividuell stabil ist, aber interindividuell variieren kann, wie der Chronotyp eines Menschen zeigt (Griefahn, 2002).

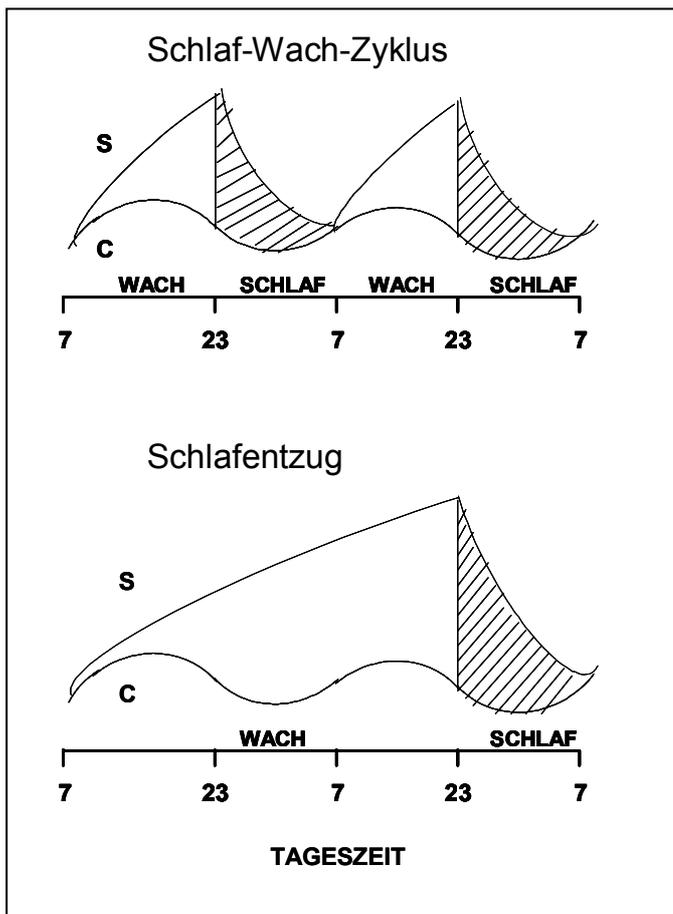


Abbildung 2.7.4: Zwei-Prozeß-Modell der Schlafregulation nach Borbély, 1982, S. 2. Prozess S = Die Beibehaltung eines optimalen Schlaf-Wach-Verhältnisses. Prozess C = Die zirkadiane Rhythmik („innere Uhr“).

#### 2.7.4 Beeinflussende Faktoren auf die zirkadiane Rhythmik

Insgesamt verbringt der Mensch ungefähr ein Drittel seiner Lebensdauer im Schlaf. Dabei ist die Dauer der nächtlichen Schlafperiode intraindividuell sehr stabil. Im interindividuellen Vergleich ist sie jedoch sehr variabel und wird durch vielerlei Faktoren beeinflusst (Steinberg, 2000). Das Alter, der Lebensstil, das Geschlecht, die Tages- und Jahreszeit sowie der Chronotyp spielen eine wesentliche Rolle (Mongrain, 2005). So variiert das Schlafbedürfnis über die Lebensspanne hinweg beträchtlich. Schlaf lässt sich bereits pränatal nachweisen. Die durchschnittliche Schlafmenge eines Neugeborenen beträgt 16 Stunden, die eines Erwachsenen 7-9 Stunden und bleibt relativ konstant. Im Senium kommt es in der Regel dann zur weiteren Verkürzung der Hauptschlafperiode (BGAG-

Report, 2001; Koella, 1988; Steinberg, 2000). Eine geschlechtsspezifische Veränderung des Schlafes scheint die Reduktion des Tiefschlafes zu sein, die bei Männern früher einsetzt als bei Frauen. Der Geschlechtsunterschied ist aber über das Lebensalter marginal und für diese Untersuchung aufgrund der ausschließlich männlichen Stichprobe unwichtig.

Der Chronotyp ist ein langfristiges stabiles Persönlichkeitsmerkmal und unterscheidet zwischen dem Morgen- und Abendtyp bzw. Lerchen- und Eulentyp (Griefahn, 2002; Horne und Östberg, 1976; Taillard, Philip & Bioulac, 1999; Taillard, Philip & Coste, 2003). Der so genannte Morgentyp ist morgens schneller aktiv, wobei die Leistungsfähigkeit dann im Verlauf des Tages abfällt. Umgekehrt brauchen Abendtypen nach dem Aufstehen etwas länger Zeit, um ihr volles Aktivitätsniveau zu erreichen (BGAG, 2001). Trotz Synchronisationszwang im sozialen Alltag unterscheiden sich die mittleren Bettgehzeiten zwischen den Chronotypen um ca. ein bis zwei Stunden. Zudem haben Morgen- und Abendtypen ausgeprägte Unterschiede in der Phasenlage ihrer zirkadianen Rhythmik (z.B. Tagesmaximum der Körpertemperatur bei Morgentypen deutlich vor den Abendtypen), die, aufgrund der kaum unterschiedlichen Schlafdauer, nicht allein durch den Zeitversatz ihrer Bettgehzeiten zu erklären sind. Abendtypen zeigen eher Anpassungsschwierigkeiten an Frühschichten, wohingegen Morgentypen eher Anpassungsprobleme an Wechselschichtsysteme haben (Folkard et al., 1984; Griefahn, 2002). Auch in der subjektiven Einschätzung der Müdigkeit unterscheiden sich die beiden Chronotypen. Die subjektive Morgenmüdigkeit ist an Standardarbeitstagen bei Abendtypen höher als bei Morgentypen (Stephan, 2004). Allerdings finden sich die Unterschiede hauptsächlich unter Berücksichtigung der von Horne und Östberg (1976) gefundenen ‚Extremtypen‘ und weniger bei ‚indifferenten Typen‘, die weder extreme Morgen- noch Abendtypen sind.

#### 2.7.5 Operationalisierung des Schlaf-Wach-Verhaltens

Zur strukturierten Erfassung des Schlaf-Wach-Rhythmus werden sowohl in der klinischen als auch in der experimentellen Schlafforschung neben polysomnographischen Methoden (EEG, EOG, EMG) grundsätzlich standardisierte Schlaftagebücher eingesetzt. Neben den so genannten klassisch zu bezeichnenden Schlafparametern wie die ‚Licht aus‘ - und Einschlafzeit‘, die ‚Aufwach- und Aufstehzeit‘, die ‚Wachzeit im Bett‘ (= Time in bed (TiB)), die

Gesamtschlafdauer (= Sleep period time (SPT)) sowie die nächtliche Aufwachfrequenz werden subjektive Bewertungen der Schlafparameter durch Self-Rating-Skalen zur Erfassung psychologischer Dimensionen, die als schlafassoziierte Parameter angesehen werden können, zusätzlich als wichtiges Kriterium herangezogen (Liendl, 2004). Als schlafassoziierte Parameter werden die subjektive Einschätzung der Stimmung, Anspannung, Erholung, Müdigkeit, Schläfrigkeit, Schlafqualität und des Schlafbedürfnisses verstanden (Akerstedt, 1991; Akerstedt & Gillberg, 1994; Akerstedt & Hume, 1994; Gillberg, 1998; Liendl, 2004).

Als subjektive Schlafqualität bezeichnet man das Resultat der Beurteilung des Schlafes durch das Individuum z.B. hinsichtlich Dauer, Schlaflatenz, Dichte der Aufwachepisoden und des Ergebnisses im Sinne von Restitution, Entmüdung und Wohlbefinden nach dem Aufwachen (Becker-Carus, 2004). Generell neigt der normale Schläfer dazu, seine Schlafqualität zu überschätzen. Schichtarbeit führt dagegen auf lange Sicht zu einer Verschlechterung der Schlafqualität (Marquié & Foret, 1998).

Die subjektiven Einschätzungen zur Erholung und zum Schlafbedürfnis zeigen sich zur Schlafqualität komplementär. Je schlechter die Schlafqualität eingeschätzt wird, desto mehr sinkt der Erholungsgrad nach dem Schlaf eines normalen Schläfers. Zudem ist als wichtige Ressource für die Erholung erholsamer Schlaf zu sehen. Darüber hinaus steigen mit wachsendem Schlafdruck (z.B. aufgrund von Schlafrestriktion) auch die Schlafeffizienz und das Schlafbedürfnis (Becker-Carus, 1997). Dementsprechend wird durch das Schlafbedürfnis erfasst, ob der Schlaf ausreichend war oder nicht (Becker-Carus, 2004; Liendl, 2004).

Nach Hoffmann (2004) ist die Übereinstimmung der subjektiven Beurteilung des Schlafes mit polysomnographischen Schlafparametern (Einschlaflatenz, nächtliche Wachzeit, Gesamtschlafzeit) in der Regel weniger zufrieden stellend, da Versuchspersonen ihren Schlaf zumeist subjektiv defizitärer beurteilen als die „objektive“ Polysomnographie. So wird die Einschlafdauer bei normalen Schläfern meist überschätzt, die Schlafdauer hingegen unterschätzt (Baekeland & Hoy, 1971; Becker-Carus, 2004; Meier, 2004). Dennoch wird das Schlaftagebuch insofern reliabel, als es intraindividuelle Variationen des Schlafes über die Zeit ebenso gut abbildet wie apparative Messmethoden (Hoffmann 2004; DGSM).

Akerstedt et al. (1994) bekräftigen das Argument zu den subjektiven Einschätzungen des Schlafes durch konsistente und hohe Korrelationen zwischen polysomnographisch objektiven Daten (EEG/EOG) und der subjektiv quantitativen Erhebung der Müdigkeit und Schläfrigkeit.

Im Allgemeinen bestehen akzeptable und konsistente Korrelationen zwischen polysomnographischen Maßen und der subjektiven Wahrnehmung des Schlafes bei normalen Schläfern, solange sie nicht pharmakologisch beeinflusst werden (Hoffmann, 2004). Wie bereits erwähnt, nehmen auch Parameter wie die Persönlichkeit, der Lebensstil und der Chronotyp des Menschen Einfluss auf das Schlafverhalten (Griefahn, 2001, Hoffmann, 2004; Horne und Östberg, 1976; Stephan, 2004). Somit ist auch der Chronotyp als Moderator mit zu berücksichtigen, zumal der Morgentyp mehr Anpassungsprobleme an die Wechselschichtarbeit hat als der Abendtyp.

## 2.8 Konzeptionelle Unterscheidung der Müdigkeit von der Schläfrigkeit

Als objektives Verfahren zur Messung der physiologischen Schläfrigkeit werden Methoden der Polysomnographie herangezogen (u.a. die elektrophysiologische Hirnaktivität (EEG), das Elektrokardiogramm (EKG), die Elektrookulografie (EOG), die Aktigraphie sowie die Lidschlagrate). Durch die polysomnographischen Messmethoden hat man grundlegende Erkenntnisse über die Physiologie des Schlafes erworben. Da das Schlafgeschehen auch ein subjektiv erlebter Vorgang ist, wurden sowohl individuenzentrierte Vorgehensweisen (unstrukturierte Interviews) als auch standardisierte Erhebungsverfahren entwickelt (Hoffmann, 2004). Selbstrating-Verfahren werden zur psychometrischen Erfassung von Schläfrigkeit und Müdigkeit vielfach in der Diagnostik eingesetzt.

Aus schlafmedizinischer Sicht betrachtet, ist der Begriff der Müdigkeit vom Begriff der Schläfrigkeit abzugrenzen (Shapiro, 1998; Weeß, 1998). Die Analyse der schlafmedizinischen wissenschaftlichen Literatur lässt allerdings eine nicht theoriegestützte und unsystematische Anwendung von unterschiedlichen Begriffen für denselben Untersuchungsgegenstand erkennen (ebd.). Aus diesem Grunde scheint eine exakte Begriffsbestimmung notwendig.

Nach Weeß (1998) können die Begriffe *Schläfrigkeit* und *Müdigkeit* unter Berücksichtigung des derzeitigen Erkenntnisstandes wie folgt definiert werden:

- *Schläfrigkeit* beschreibt den Grad der Wachheit eines Individuums und kann direkt der zentralnervösen Aktivierung zugeordnet werden. In Situationen mit erhöhten psychischen und körperlichen Belastungen wird Schläfrigkeit kompensiert. In Situationen, in denen Schlaf möglich ist tritt Schlaf ein. Monotone Situationen, wie z.B. in Untersuchungsverfahren zur Vigilanz hergestellt werden, stellen einen Schlafstimulus dar. Sie unterliegt u.a. ultradianen und zirkadianen Schwankungen. Bei erhöhter *Schläfrigkeit* können als Folge einer Reduzierung der zentralnervösen Aktivierung (Grad der Wachheit) kognitive, emotionale und motorische Einschränkungen auftreten.
- *Müdigkeit* (*fatigue*) beschreibt einen psychischen Zustand, welcher durch das Gefühl von Erschöpfung, Mattigkeit oder auch von Überforderung charakterisiert werden kann. Die Müdigkeit geht häufig mit erhöhter Reizbarkeit und Konzentrationsdefiziten einher. Gestörter und unerholsamer Schlaf können die Symptome verstärken. Subjektiv kommt es zu einer verminderten Leistungsfähigkeit bei körperlichen und kognitiven Aufgaben. Der Begriff der Müdigkeit ist einerseits vom Begriff der Schläfrigkeit abzugrenzen, kann aber gleichzeitig mit Schläfrigkeit assoziiert sein.

Obwohl Müdigkeit und Schläfrigkeit nicht denselben psychologischen Zustand beschreiben und häufig auch unterschiedliche Ursachen zugrunde liegen, handelt es sich in beiden Fällen nicht um einen Trait sondern State (Zustand), der zur Erhöhung der diagnostischen Validität einer systematischen Erfassung bedarf.

### 2.8.1 Psychische Ermüdung aus arbeitspsychologischer Sicht

Bereits 1902 gehört die Ermüdung (*fatigue*) zum zentralen Forschungsgegenstand der Arbeitspsychologie. Als physiologische Symptome der Ermüdung gelten die Pulsbeschleunigung und das Flacherwerden der Atmung, als psychologische Ermüdung die Abnahme der Konzentration und das Auftreten von Denkstörungen (Dupuis, 1973). Der Versuch, den Begriff Ermüdung zu dimensionieren, geht auf Bornemann (1956/57) zurück. Dabei spricht er von einer

Willenskomponente (Anspannung - Entspannung), einer Gefühlskomponente (Angeregtheit - Sättigung), einer vegetativen Komponente (Wachheit - Schläfrigkeit) sowie einer muskulär-nervösen Komponente (Kraftgefühl Kraftlosigkeit) (zit. nach Kleinbeck & Rutenfranz, 1987). Betrachtet man den Begriff der psychischen Ermüdung aus arbeitspsychologischer Sicht im weiteren Sinne, dann ist die Ermüdung als Beanspruchungsfolge von Arbeit zu sehen und endet nicht unmittelbar nach einer Tätigkeit (Nachreiner, 2002; Richter & Hacker, 1998).

Allgemein meint die arbeitsbedingte psychische Ermüdung die reversible Minderung personeller Leistungsvoraussetzungen, die zu Effizienzmindern der Tätigkeit führt (French, 1982; Richter & Hacker, 1998). Als Indikator der Beanspruchung während einer Arbeitstätigkeit ist die psychische Ermüdung durch eine anfängliche kompensatorische Anspannungssteigerung, später durch das Erleben von Anstrengung, Mühe, Konzentrationsverlust und Müdigkeit gekennzeichnet.

Ermüdung kann infolge zu hoher Anforderungen auftreten, in extremer Ausprägung bei Arbeit unter Zeitdruck, aber auch bei ausreichender Bewältigungszeit, wenn die Anforderungen zu komplex bzw. kompliziert wird (Richter & Hacker, 1998). Die als Folge der biologischen Tagesrhythmik entstehende Minderung der Leistungsfähigkeit des Organismus wird nicht als Ermüdung verstanden, da sie nicht als Folge von Tätigkeit auftritt (Frieling & Sonntag, 1999). Komplementär dazu bezeichnet die Ermüdung den Zustand der Erholungsbedürftigkeit nach einer Arbeitsleistung. Demnach kann die Abnahme der Leistungsfähigkeit nur durch Erholung ausgeglichen werden (Kleinbeck & Rutenfranz, 1987; Frieling & Sonntag, 1999).

Je länger eine Tätigkeit bei vorhandener Ermüdung fortgeführt wird, desto stärker nimmt die Ermüdung zu. Dabei weist der Ermüdungszuwachs einen exponentiellen Verlauf auf (Frieling & Sonntag, 1999). Einem exponentiellen Verlauf folgt auch die Erholungswirksamkeit. Studien zufolge ist eine Erholungsphase in den ersten Abschnitten einer Arbeitstätigkeit erholungswirksamer als in späteren Abschnitten (Wieland-Eckelmann & Baggen, 1994). Anzumerken ist hier, dass die Erstellung interindividuell gültiger Kriterien für eine „erfolgreiche“ Erholung aufgrund von intraindividuellen Unterschieden in der psychophysischen Ausgangslage schwer zu bewerkstelligen ist. Daher scheint

es notwendig, die Veränderungen der zugrunde gelegten Zustandsindikatoren (mentale und körperliche Beanspruchung) zu betrachten und personentypische, habituelle Ausgangslagen und Reaktionsspezifitäten zu berücksichtigen (Eysenck, 1983), die auch für diese Untersuchung, aufgrund der Schichtarbeit auf der Kurzstrecke, eine besondere Rolle spielen.

## 2.9 Auswirkungen der Schlafrestriktion auf die Tagesmüdigkeit und Leistungsfähigkeit

Ausreichender und guter Schlaf ist für das Wohlbefinden und die Leistungsfähigkeit des Menschen eine wichtige Voraussetzung. Eine Vielzahl von Studien zum Schlafentzug haben belegt, dass Schlafmangel ab einem bestimmten Grad die Fähigkeit zu psychomotorischen Aufgaben, wie Reaktionszeit, Kurzzeitgedächtnis und Vigilanz einschränkt (Bonnet, 1982; Bonnet, 1996; Carskadon, 1991; Dinges, 1991; Dinges & Pack, 1997; Gillberg, 1998; Hogan, 1982; Manzey, 2000; Powell, Riley & Schechtman, 1999; Samel, 2006; Wilkinson, 1972). Ebenso sind Stimmungsänderungen, Ermüdung und Reizbarkeit ein frühes Zeichen von Schlafentzug, wobei ein Leistungsabfall als Indikator für psychische Ermüdung steht (Bonnet, 1996; Rutenfranz, Plett & Knauth, 1988; Schönplugh, 1983). Folglich kann man die Umkehrung dieser Leistungs- und Stimmungsbeeinträchtigungen als eine Funktion des Schlafes sehen.

Defizite in der Wachsamkeit akkumulieren langsam während wiederholten Schlafentzugs und legen einen gesetzmäßigen Prozess nahe (Bonnet, 1982). Analog stellt der Schlaf diese Funktionen in einem gesetzmäßigen, zeitabhängigen Prozess wieder her. Beispielsweise reichen 2 h Schlaf in der Nacht nicht aus, um die während einer 16-stündigen Wachphase entstandenen Einbußen umzukehren (Steinberg, 2000). Als Folge einer Schlafrestriktion kann sich eine deutliche Verbesserung der Schlafeffizienz zeigen (Müller, Hoffmann & Becker-Carus, 1997). Die gleichzeitige Zunahme der subjektiven Tagesmüdigkeit weist diese ‚Verbesserung‘ des Schlafes aber weniger als eine erfolgreiche Anpassung, denn als Symptom eines übermäßig erhöhten Schlafdruckes aus (Müller, Hoffmann & Becker-Carus, 1997).

Eine Schlafdeprivationsstudie über sieben aufeinander folgende Nächte von Dingus et al. (1997) zeigte, dass eine auf die Hälfte reduzierte individuelle Schlafdauer von 20 jungen erwachsenen Teilnehmern eine Leistungsverschlechterung in der Reaktionszeit (RT) und einen Anstieg der Auslassungen (= Lapses) in der Psychomotor Vigilance Task (PVT) zur Folge hatte. Einen Leistungsabfall der zwei Leistungsparameter (Reaktionszeit und Auslassungen) in der PVT zeigte sich besonders nach der letzten Nacht. Bei einer Schlafrestriktion über zwei oder mehrere Nächte kann schon ab einer Schlafdauer von fünf Stunden ein Vigilanzabfall beobachtet werden (Müller, 1997).

Ebenso wie eine artifizielle Schlafdeprivation oder -fragmentierung beeinflusst auch Schichtarbeit die körperliche Steuerung biochemischer und psychologischer schlafassoziierte Parameter wie beispielsweise die psychologische Ermüdung (Glynn, 1982; Griefahn, 2001; Zulley, 2004). Die Kenntnis des Verlaufs dieser Parameter kann wichtige Hinweise auf Zeiten insbesondere bei Schichtarbeit liefern, in denen die Leistungsfähigkeit verringert ist (Caldwell, J. & Caldwell, L., 2003; Folkard & Monk, 1979).

### 2.9.1 Auswirkungen der Schichtarbeit auf die Müdigkeit und Leistungsfähigkeit

Generell sind weit reichende Regelungen zur Gestaltung der Nacht- und Schichtarbeit im Arbeitszeitgesetz (ArbZG) festgeschrieben (Griefahn, 2002). Dazu gehören beispielsweise auch Vorwärtswechsel der Schichten, also von Früh- in die Spät- und dann in die Nachtschicht. Auch die rechtzeitige Information des Schichtplans ist Teil der Regelungen. Die Regelung der Flugdienst- und Ruhezeiten für Flugbesatzungsmitglieder deutscher Luftfahrtunternehmen erfolgt, wie in der Einleitung bereits erwähnt, durch die 2. DVO LuftBO. Diese Reglementierungen gelten für Besatzungsmitglieder (Cockpitbesatzungsmitglieder und FlugbegleiterInnen), die sowohl auf der Langstrecke als auch auf der Kurzstrecke tätig sind. Bei der Regelung der Flugdienst- und Ruhezeiten für Flugbesatzungsmitglieder spricht man allerdings eher von Einsatzgestaltung als von Schichtsystemen. Die Information über den Dienstplan erhalten die Crews ca. eine Woche vor jedem Monatsbeginn für den jeweiligen Folgemonat. Eine Pausenreglementierung während der Flugeinsätze gibt es nicht, wobei eine Pausenregelung von großem Nutzen gegen Ermüdung und Leistungseinbußen wäre (Neri & Oyung, 2002). Man hat Pause wenn gerade ‚Luft‘ ist.

Neben der Reglementierung durch die 2. DVO LuftBO kann eine differenziertere Reglementierung der Flugdienst- und Ruhezeiten im Lang- und Kurzstreckenbereich innerhalb der Fluggesellschaften durch Tarifverträge erfolgen (z.B. Faktorisierung der Blockstunden auf der Kurzstrecke).

Eine auf wissenschaftlichen Untersuchungen basierende Konzeption von Empfehlungen für Flugdienst- und Ruhezeiten in der kommerziellen Luftfahrt wurde von der National Aeronautics and Space Administration (NASA) entworfen (Dinges, Graeber & Samel, 1996; Samel & Wegmann, 1986). In dem Konzept wird beispielsweise in einer 24-Stunden-Periode eine Standard-Flugdienstzeit von 10 Stunden empfohlen.

Flugbesatzungsmitglieder auf der Kurzstrecke zeigen, infolge von unregelmäßigen Arbeitszeiten, die gleichen psychologischen und physiologischen Reaktionen wie Schichtarbeiter (beispielsweise Stimmungsschwankungen, Ermüdungserscheinungen, Leistungsbeeinträchtigungen, Beschwerden des Gastrointestinaltrakts) (Zulley, 2004). Nach Price & Holley (1990) liegt das Kernproblem von Ermüdungserscheinungen für Cockpitbesatzungsmitglieder in der Einsatzgestaltung, *„the symptom, pilot „fatigue“, may be the earliest indicator of a problem that has its etiology in scheduling“*. Lange Flugdienstzeiten, kurze Ruhezeiten und/oder frühes Aufstehen scheinen ein wesentliches Problem bei der Einsatzgestaltung auf der Kurzstrecke zu sein.

Die Einteilung der Flugeinsätze von Flugbesatzungsmitgliedern (Cockpitpersonal und FlugbegleiterInnen) auf der Kurstrecke in ein bestimmtes Schichtsystem wird hier auf der Grundlage der gebräuchlichsten Schichtsysteme vorgenommen. Da es sehr viele unterschiedliche Schichtsysteme gibt, werden entsprechend die Schichtsysteme definiert, die der Einsatzgestaltung in der fliegerischen Tätigkeit am nächsten kommen.

Begrifflich umfasst Schichtarbeit zunächst jede Arbeitszeitregelung, die im Laufe eines Tages eine in bestimmten aufeinander folgenden Zeitabschnitten wechselnde Besetzung eines Arbeitsplatzes mit mehreren Arbeitskräften vorsieht. Im allgemeinen Sprachgebrauch wird Schichtarbeit als eine Sonderarbeitszeit verstanden, die der normalen Arbeitszeit gegenübersteht. Nach Beermann (1999)

ist Schichtarbeit eine Arbeit zu konstant ungewöhnlicher Tageszeit, also jenseits der Regelarbeitszeit, die die Zeit von 6 bis 17 Uhr umfasst. Nach Rutenfranz et al. (1977) wird Arbeit zu wechselnden Tageszeiten als Schichtarbeit bezeichnet.

Unterschieden wird zwischen kontinuierlichen (permanenten) und diskontinuierlichen Schichtsystemen (Wechselschichtsysteme). Permanente Schichtsysteme bestehen aus

- Dauerfrühschicht,
- Dauerspätschicht,
- Dauernachtschicht
- und geteilten Schichten zu konstanten Zeiten.

Wechselschichtsysteme gibt es:

- mit und ohne Nachtarbeit sowie
- mit und ohne Wochenendarbeit (Rutenfranz et al., 1988).

Innerhalb der Wechselschichtsysteme wird zwischen regelmäßigen Systemen (Zwei- und Dreischichtsystemen (z.B. 3 x 8 Stunden; 3 Schichtbelegschaften) und unregelmäßigen Systemen unterschieden. Unregelmäßige Systeme variieren in der Anzahl von:

- Schichtbelegschaften,
- der Schichtdauer,
- der Schichtwechselzeiten,
- des Schichtwechselzyklus.

Unregelmäßige Systeme entsprechen dem Wechselschichtsystem von Flugbesatzungsmitgliedern auf der Kurzstrecke in der variierenden Flugdienstdauer, dem zeitlich unterschiedlich beginnendem Flugdienst und dem ständig wechselnden Zyklus. So kann nach vier Frühdiensttagen eine Spätschicht folgen. Wochenend- und Feiertagsarbeit ist die Regel. Einen extremen Schichtwechsel stellt beispielsweise das Layover dar, bei dem die Crew extrem spät in einem Hotel zur Übernachtung ankommt, den darauf folgenden Tag frei hat und am übernächsten Morgen extrem früh wieder zum Flugdienst antritt. Während der Studie waren Frühdienste am häufigsten. Nachtarbeit kommt eher selten vor (z.B. Postflüge). Unter Frühdienst ist im Rahmen dieser Studie ein

Flugdienstbeginn zwischen 2 Uhr bis 7 Uhr gemeint (Flugdienstbeginn > 7 Uhr entspricht der Regel-, bzw. Mittelschicht; Flugdienstbeginn > 14 Uhr entspricht der Spätschicht).

## 2.9.2 Auswirkungen der Arbeitsdauer auf die Müdigkeit und Leistungsfähigkeit

Neben der Schichtarbeit ist auch die Dauer der Arbeitszeit innerhalb des Schichtsystems als Ursache für Leistungsabfall und Ermüdungserscheinungen zu sehen (Monk & Folkard, 1983). Demzufolge steht oftmals nicht der Leistungsabfall und eine Ermüdung durch den time-of-day Effekt im Fokus, der die tageszeitlichen Leistungsschwankungen an ‚normalen‘ Arbeitstagen berücksichtigt (Folkard & Monk, 1984), sondern durch den time-on-task Effekt, der einen Leistungsabfall und Ermüdungserscheinungen aus der zu bewältigenden Arbeitsaufgabe und einer zunehmenden Arbeitsdauer bewirkt (Richter, 2005; Tepas, 1982). Dabei stellt die Leistung nicht nur eine Funktion der Arbeitszeitdauer bzw. der Länge, in der man sich einer (Arbeits)tätigkeit zuwendet (time-on-task Effekt) in Abhängigkeit von der Ermüdung dar, sondern wird auch von schlafbezogenen Komponenten (time-since-sleep Effekt) sowie der zirkadianen Komponente reguliert (Richter et al., 2005). Bei der tätigkeitsbezogenen Komponente tritt eine Leistungseinbuße in Folge von Müdigkeit ein. Die schlafbezogene Komponente kann durch Schlaf verändert werden, wohingegen die zirkadiane Komponente einer festen Rhythmik unterliegt und nicht verändert werden kann (Belenky, 2002).

Arbeitsunfälle wurden in Bezug auf die Arbeitszeitdauer hinreichend analysiert (Hänecken, 1998). Der Hauptverband der Berufsgenossenschaften (HVBG) kommt in Anbetracht der Untersuchungen zu den Arbeitsunfällen in Abhängigkeit von der Dienstdauer zu dem Erkenntnis, dass es über alle Branchen generell einen rasanten Anstieg der Wahrscheinlichkeit gibt, einen Arbeitsunfall nach der achten Arbeitsstunde zu erleiden (Abbildung 2.9.2.1). Hänecken (1998) beschreibt „*the accident risk as a function of hour at work and time of day*“.

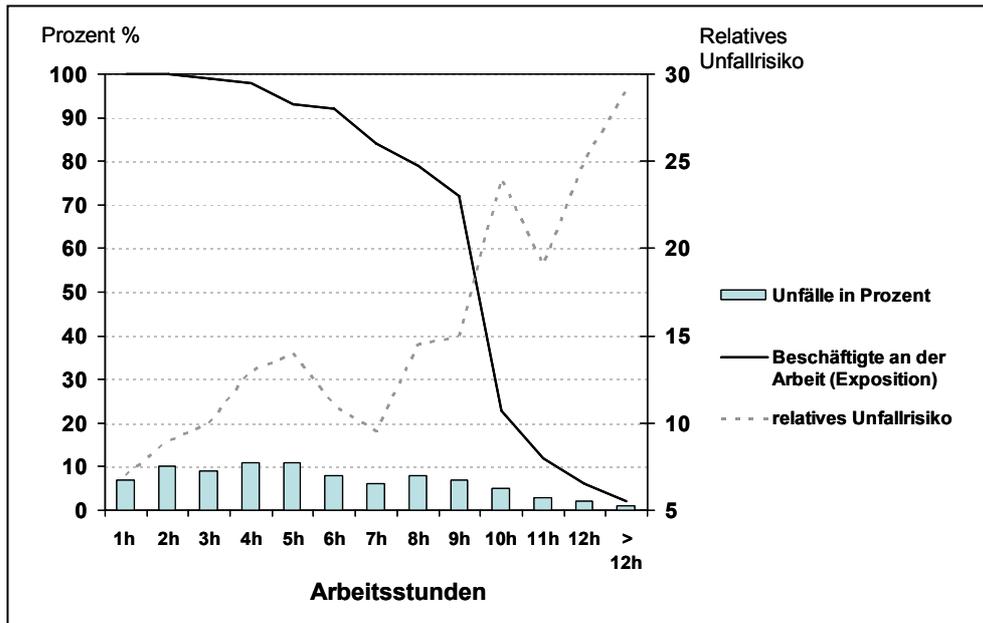


Abbildung 2.9.2.1: Zusammenhang zwischen Unfallgeschehen in Abhängigkeit von der Dienstdauer nach Hänecke et al. (1998). Adaptiert aus Hänecke et al. (1998): Accident risk as a function of hour at work and time of day as determined from accident data and exposure models for the German working population. *Scandinavian Journal of Work, Environment and Health*, 24, p. 45.

Während eines Arbeitstages können die tageszeitlichen Schwankungen der Leistung einen interindividuell unterschiedlichen Verlauf einnehmen (Alluisi, 1992a, 1992b; De Vries-Griever, 1987). Die meisten Menschen besitzen in den Morgenstunden zwischen 9:00 und 11:00 ihr Leistungsmaximum. Ein Leistungstief stellt sich an einem normalen Arbeitstag gegen mittags ein und steigt zwischen 16 und 17 Uhr wieder an. Nach 22 Uhr fällt die Leistungskurve erneut relativ schnell ab. Dieses zweite Leistungstief hält bis in die frühen Morgenstunden an. Der tiefste Punkt liegt bei ca. 3 Uhr morgens. Zu einer erhöhten Konzentrationsleistung ist der Mensch erst wieder ab 6 Uhr in der Lage (siehe Abbildung 2.9.2.2).

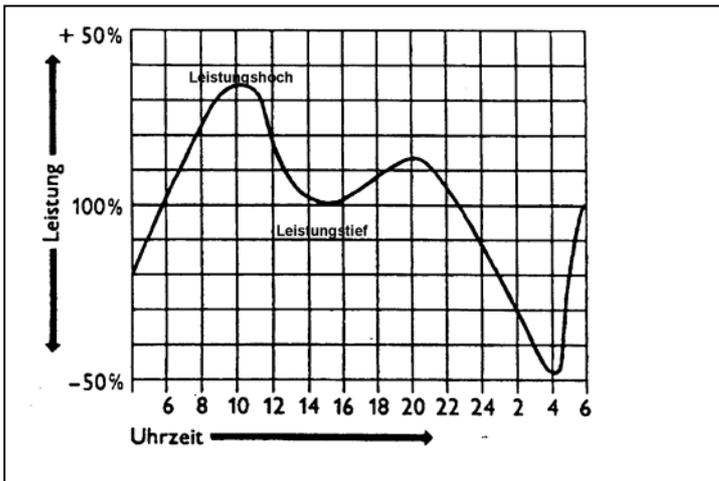


Abbildung 2.9.2.2: Die Leistungskurve über den gesamten Tagesverlauf. Adaptiert aus "Performance during sleep" von Bonnet, M., 1982.

Daher ist, neben der Dienstdauer, auch der Arbeitsbeginn ein wichtiger Faktor zur Unfallvorhersage. Nach Hänecke (1998) steigt das Unfallrisiko bei einem Arbeitsbeginn zu ungewöhnlichen Arbeitszeiten (z.B. Arbeitsbeginn um 6 Uhr) exponentiell nach ca. 8 Arbeitsstunden.

In der zivilen Verkehrsfluffahrt ist bei den Flugbesatzungsmitgliedern nicht die Flugdienstzeit, sondern die Arbeitszeit für den Grad der Ermüdung ausschlaggebend (Vereinigung Cockpit, 2006). Zeitbeschränkungen sollten daher auf der Basis von Arbeitszeitbeschränkungen und nicht Flugdienstzeitbeschränkungen diskutiert werden. Die Forderung der National Transportation Safety Board (NTSB), „Establish scientifically-based-hours-of-service rules that set limits on work hours, provide predictable work and rest schedules, and consider circadian rhythms and human sleep and rest requirements“ (2006) könnte auf der Grundlage von wissenschaftlichen Erkenntnissen verwirklicht und der Einsatz von Flugbesatzungsmitglieder am Rande der gesetzlichen Limits vermieden werden.

### 3 Studiendesign

Im Rahmen dieser Studie wurden kumulative Effekte und deren Auswirkungen auf psychologische und physiologische Parameter der Cockpitbesatzungsmitglieder auf der Kurzstrecke untersucht. Untersuchungsgegenstand war die Veränderung von abhängigen Variablen unter Einwirkung arbeitsbezogener Belastungsfaktoren bei Flugdienstesätzen der Cockpitbesatzung auf der Kurzstrecke über einen längeren Zeitraum. Als Studiendesign schien eine Längsschnittuntersuchung von acht Wochen unter Feldbedingungen geeignet. Der Kompromiss einer verminderten internen Validität durch den Feldcharakter der Untersuchung wurde zugunsten einer realitätsnahen Abbildung der „biotischen“ Arbeitsumgebung der Cockpitbesatzungsmitglieder eingegangen. Im "Feld-Experiment" werden Bedingungsinteraktionen und "situationsrepräsentative" Kovariationen wirksam, die im Laborexperiment ausgeschlossen sind (Bortz & Döring, 1995). Darüber hinaus ist es möglich, die Entwicklung von Effekten über längere Zeiträume zu verfolgen. Im Hinblick auf die Repräsentativität der Pilotenstichprobe wurde als weiterer wichtiger Faktor die durch die Feldstudie bedingte hohe externe Validität und Generalisierbarkeit erachtet.

#### 3.1 Untersuchungsplanung

Folgende psychische und psychophysiologische Parameter, die täglich über einen Zeitraum von acht Wochen erhoben wurden, werden im Sinne einer abhängigen Variablen (AV) untersucht:

- das Schlaf-Wach-Verhalten (Schlafstagebuch und Aktimetrie),
- die subjektive Schlafqualität und das Schlafbedürfnis
- die subjektive Wachheit und Anspannung,
- die subjektive Müdigkeit und Schläfrigkeit,
- die subjektive Arbeitsbelastung/-beanspruchung,
- die subjektive Erholung,
- die subjektive Stimmung,
- die objektive Leistungsfähigkeit.

Unter Einbeziehung von Mediator- und Moderatoreffekten<sup>2</sup> (z.B. der Rang eines Piloten; ‚Pilot flying‘ (PF) versus ‚Pilot non flying‘ (PNF)) werden sowohl kumulative als auch akute Veränderungen in den abhängigen Variablen berücksichtigt.

Kumulative Effekte der abhängigen Variablen werden über den Zeitraum von 56 Tagen betrachtet. Die akuten Effekte der abhängigen Variablen werden in Abhängigkeit von der Anzahl durchgeführter Flüge (Leganzahl) pro Tag und der Flugdienstdauer („time on task“) analysiert. Die Leistung in der Psychomotor Vigilance Task (PVT) als objektives Maß und Indikator für Ermüdung wird als abhängige Variable unter der verändernden Wirkung der Müdigkeit und Belastung über die Zeit sowie in Abhängigkeit von der Flugdienststart (Flugdienst versus Offtag) gewählt. Als unabhängige Variablen werden demnach die Zeit (56 Tage) sowie die Flugdienststart; die Flugabschnitte (Leganzahl) und die Flugdienstdauer verwendet.

Zur Analyse des Zeiteffekts (56 Tage) wird unter anderem die Blockbildung (matched sample) eingesetzt, um eine Vergleichbarkeit der am Versuch beteiligten Gruppen zu erzielen. Die Blockbildung gehört zu den Verfahren, die eine hohe Vergleichbarkeit ermöglichen, ohne zugleich die Repräsentativität zwingend einzuschränken. Zudem kann der auf die Heterogenität der Versuchspersonen zurückgehende Anteil der Varianz isoliert und somit eine deutlich höhere statistische Effizienz erreicht werden (Sarris, 1986). Die Methode der Blockbildung wird integrativ eingesetzt und ist für diese Untersuchung sowohl als Messwiederholung als auch als wiederholte Messung<sup>3</sup> zu verstehen, die neben einem interindividuellen auch einen intraindividuellen Vergleich („within-groups„ design) bietet (Mischdesign („between-within-groups“ design).

---

<sup>2</sup> Moderatoreffekt: Ein Moderatoreffekt besteht, wenn die Beziehung zwischen zwei Variablen von der Ausprägung einer moderierenden Variable (Moderatorvariable) abhängt. Dementsprechend klärt die Moderatorvariable, unter welchen Bedingungen ein bestimmter Effekt zustande kommt. Mediatoreffekt: Eine Mediation liegt vor, wenn eine starke Korrelation zwischen einem Prädiktor (abhängige Variable) und einem Kriterium (unabhängige Variable) durch eine medierende („vermittelnde“) Variable (Mediatorvariable) hervorgerufen wird.

<sup>3</sup> Von Messwiederholung ist die wiederholte Messung zu unterscheiden. Letztere bezeichnet eine mehrfache Messung der abhängigen Variablen einer Versuchsperson auf derselben Faktorstufe (Moosbrugger, 1987).

Zur Blockbildung wurden aus der Pilotenstichprobe (N=28), entsprechend den Studienbedingungen<sup>4</sup>, die Probanden nach der Ähnlichkeit ihrer Flugdienste zu drei Messzeitpunkten selektiert (N=14 Vpn). Die drei Messzeitpunkte wurden im Abstand von 4 Wochen gewählt. Der erste Block besteht aus einem Flugdienstblock (4 Flugdiensttage) am Studienbeginn nach einem mindestens 10-tägigen Urlaub. Der zweite Block wurde aus einem Flugdienstblock von 4 Tagen nach 4 Wochen und der dritte Block aus einem Flugdienstblock von 4 Tagen am Studienende gebildet (siehe Abbildung 3.1).

Zudem wurden die gewählten Probanden nach ihrer Anzahl an Flugdiensttagen über den gesamten Studienverlauf mittels Mediansplit in zwei Gruppen eingeteilt:

Gruppe 1: Vpn mit  $\leq 28$  Flugdiensttagen (N=5 Vpn)

Gruppe 2: Vpn mit  $> 28$  (bis 34) Flugdiensttagen (N=9 Vpn).

Zur Analyse der aus den drei Blöcken ermittelten Daten wurde das arithmetische Mittel verwendet.

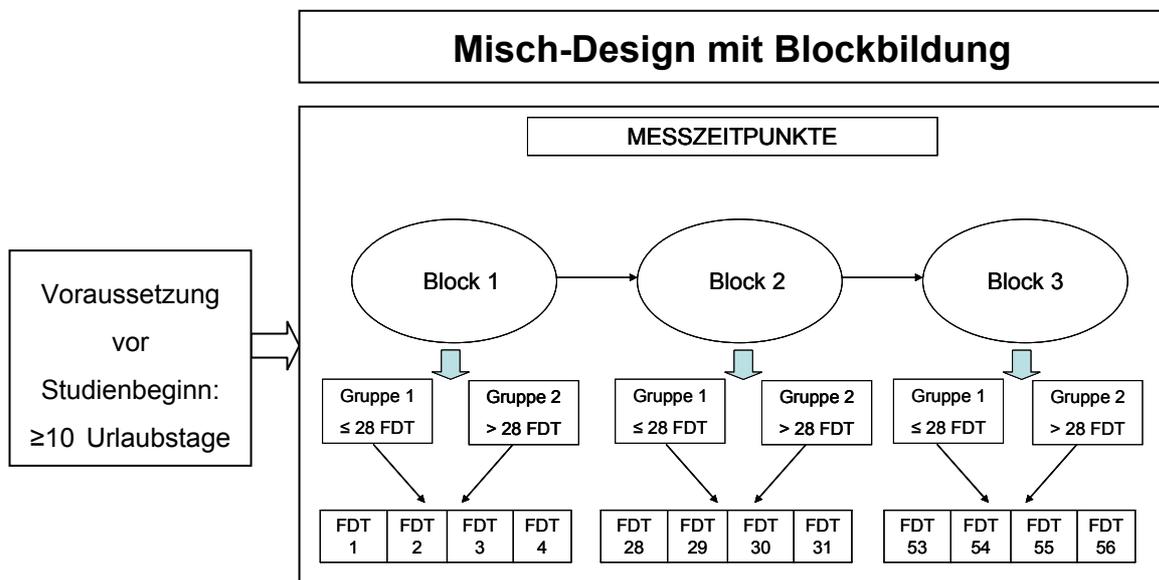


Abbildung 3.1: Misch-Design mit Blockbildung. FDT=Flugdiensttage. Voraussetzung vor Studienbeginn waren  $\geq 10$  Urlaubstage.

<sup>4</sup> Studienbedingungen waren gleiche oder zumindest ähnliche Flugdienstblöcke (z.B. ähnlicher Umlauf mit gleicher Dienstbeginn- als auch Dienstendezeit) der Probanden zu Beginn der Studie, nach 4 Wochen der Studie und am Ende der Studie.

### 3.2 Anforderungskriterien des Studiendesigns

Zur Standardisierung der Studienvoraussetzungen wurde im Vorfeld ein Anforderungs- bzw. Kriterienkatalog erstellt. Teilnahmevoraussetzung vor Studienbeginn war ein mindestens zehntägiger Urlaub. Während der achtwöchigen Studienphase wurden, in Absprache mit der Crewplanung der Deutschen Lufthansa 737 Boeing Flotte, die Einsatzpläne der Piloten entsprechend den Studienbedingungen angepasst. Demnach sollten weder Standbys, noch Crew-Resource-Management-Seminare oder sonstige Dienste geplant werden, die keinem Flugdienst entsprechen (mit Ausnahme von Simulatordiensten). Der Flugdienst zu Studienbeginn sollte dem am Studienende gleich oder zumindest ähnlich sein. Darüber hinaus sollte während der Studienphase von den Teilnehmern kein Urlaub beantragt werden (siehe Abbildung 3.3).

### 3.3 Stichprobenbeschreibung

Insgesamt sollten 30 Piloten (15 männliche Kapitäne und 15 männliche Erste Offiziere) untersucht werden, die als Vollzeitbeschäftigte bei der Deutschen Lufthansa Boeing 737 Flotte auf der Kurzstrecke tätig sind (siehe Punkt 7.1). Unabhängig vom Wohnort sollten alle Piloten in Frankfurt stationiert sein. Das Alter der Kapitäne sollte 43 $\pm$ 5 Jahre und das der Ersten Offiziere 29  $\pm$ 5 Jahre betragen. Sowohl im ersten als auch im zweiten Studienabschnitt sollten die Piloten durchschnittlich 65 Blockstunden (unfaktorisiert) fliegen. Richtwert für die Blockzeit war der Dienstplan des jeweiligen Probanden, der zu Studienbeginn und im 2. Studienabschnitt an das DLR ausgehändigt wurde.

Die Beförderung zum Kapitän sollte zu Studienbeginn vor mindestens einem Jahr erfolgt sein. Die Ersten Offiziere sollten mindestens seit drei Jahren als Copiloten tätig gewesen sein (siehe Abbildung 3.3). Eine vorgegebene Gesamtflugstundenanzahl war für die Studie keine Teilnahmevoraussetzung. Allerdings kann aus den Gesamtflugstunden indirekt auf das ‚upgrading‘ zum Kapitän geschlossen werden, wenn der Zeitpunkt des ‚upgradings‘ nicht bekannt ist.

	<b>Kurzstrecke</b>	
	<b>CPT</b>	<b>FO</b>
<b>Anzahl der Versuchsteilnehmer</b>	<b>≥15</b>	<b>≥15</b>
<b>Zeitraum der Aufzeichnung</b>	<b>8 Wochen</b>	
<b>Beginn der Aufzeichnung</b>	<b>möglichst nach einem Urlaub (&gt; 10 Tage)</b>	
<b>Einsatzplanung</b>	<b>erster und letzter Umlauf gleich oder ähnlich</b>	
<b>Alter</b>	<b>43 ± 5 J.</b>	<b>29 ± 5 J.</b>
<b>Geschlecht</b>	<b>männlich</b>	
<b>Diensterfahrung</b>	<b>min. 1 Jahr als Cpt.</b>	<b>min. 3 Jahre als FO</b>
<b>Flugzeit / Monat</b>	<b>ca. 65 h (unfaktorisiert)</b>	
<b>Homebase</b>	<b>Frankfurt (auch Homeproceeder)</b>	
<b>weitere Auswahlkriterien</b>	<b>Vollzeitbeschäftigung</b>	
	<b>kein Urlaub während der Studie</b>	
	<b>möglichst kein/wenig Standby, kein CRM, etc.</b>	

Abbildung 3.3: Anforderungskriterien/Kriterienkatalog der Studie an die Studienteilnehmer.

### 3.4 Vorbereitung zur Versuchsdurchführung

Im November 2000 wurde vom DLR-Institut für Luft- und Raumfahrtmedizin ein Antrag an die Akademie für Flug- und Reisemedizin gestellt, der sich an die flugmedizinische Untersuchung akkumulativ wirksamer Effekte und ihrer Bedeutung für die Arbeitsbelastung des fliegenden Personals richtete.

Das Projekt zur Belastungs- und Beanspruchungsstudie wurde vom DLR-Institut für Luft- und Raumfahrtmedizin mehrmals sowohl bei der Geschäftsleitung als auch bei der Personalvertretung der Deutschen Lufthansa vorgestellt. Wesentlich für das Zustandekommen und das Gelingen war die Genehmigung und die Unterstützung der Studie durch die Geschäftsleitung, die Personalvertretung und den Medizinischen Dienst der Deutschen Lufthansa AG. Die Genehmigung für die Studiendurchführung wurde aufgrund der Auswirkungen des 11. September 2001 erst für den September 2003 an das Institut für Luft- und Raumfahrtmedizin erteilt. Die Untersuchung wurde im Wesentlichen aus grundfinanzierten Mitteln des DLR geleistet und durch die Akademie für Flug- und Reisemedizin finanziell unterstützt.

### 3.5 Versuchsdurchführung

Im Vorfeld der Untersuchung wurden die Piloten durch Vorträge in Pilotenmeetings oder durch ein Informationsblatt, das der Lufthansa Boeing B737-Flotte ausgehändigt wurde, über den Hintergrund der flugmedizinischen Belastungsstudie informiert. Für mehr Informationen oder Fragen zur Versuchsdurchführung konnten Interessenten die Flottenbeauftragte oder das DLR kontaktieren. Es wurde darauf hingewiesen, dass die Studie ausschließlich vom DLR-Institut für Luft- und Raumfahrt initiiert wurde und die logistische Unterstützung durch die Lufthansa Flotte erfolgte.

Die Teilnahme an der Untersuchung war freiwillig und konnte jederzeit sowohl von den Versuchsteilnehmern als auch von den Versuchsleitern ohne Angabe von Gründen abgebrochen werden. Nahmen die Probanden bis zum Ende der Studie teil, erhielt jeder eine Aufwandsentschädigung von 500 Euro.

Wurden von den Versuchsteilnehmern alle Anforderungskriterien erfüllt, wurde ein Tag vor Beginn der Datenaufzeichnung ein Einweisungstermin an der Lufthansabasis in Frankfurt oder am Wohnort des jeweiligen Probanden vereinbart, um ihn mit der Methodik der Studie vertraut zu machen. An diesem Termin wurde der Studienverlauf besprochen, die einzelnen Methoden jeweils erklärt und der Gebrauch der Geräte gezeigt. Nach der mündlichen Einführung absolvierten die Piloten jeweils praktische Übungen zur Eingewöhnung im Umgang mit dem PC Pocket.

Nach dem Anlegen des Aktometers am Handgelenk der nichtdominanten Hand wurden der Erholungs-Belastungs-Fragebogen (EBF/24B/3) von Kallus (1995) und der Fragebogen zum Allgemeinen Gesundheitszustand (SF-12) von Bullinger & Kirchberger (1998) zur Bearbeitung vorgelegt.

Alle weiteren Fragebögen wurden dem Probanden zu jedem weiteren Termin je nach Zeitpunkt im Studienverlauf ausgehändigt (siehe Abbildung 4). Nach Beendigung der Einweisung und vor der ersten Datenaufzeichnung führten die Piloten zehn dreiminütige Psychomotor Vigilance Tasks (PVT) durch, um Trainingseffekte in der Reaktionszeit zu reduzieren.

Die Versuchsteilnehmer führten die Messungen überwiegend selbstständig durch. Eine Überprüfung und Sicherung der Daten und das Verteilen weiterer Fragebögen fand in regelmäßigen Abständen (ca. 14 Tage) meist an der Lufthansabasis in Frankfurt statt. Die Datenerhebung war so geplant, dass sie die Tätigkeiten während des Dienstes nicht beeinträchtigte.

Um Missverständnisse hinsichtlich der Flugsicherheit durch den Gebrauch des Aktometers und des Jornada zu vermeiden, erhielten die Teilnehmer zum einen eine Unbedenklichkeitserklärung der Lufthansa Technik, die den Betrieb des Aktometers an Bord von Verkehrsflugzeugen während der Flugdurchführung und auf die Systeme des Flugzeugs als unbedenklich bestätigte – zum anderen ein „To whom it may concern“ Schriftstück, das den Grund für den Gebrauch des Aktometers und des Jornadas erläuterte. Beide Schriftstücke sollten von allen Versuchspersonen stets während des Flugdienstes mitgeführt werden (u.a. für Sicherheitskontrollen an den Gates).

## 4 Methodik

Die folgende Übersicht (Abbildung 4) zeigt die Messmethoden, die während des Studienverlaufs angewendet wurden und in welchem zeitlichen Rahmen die einzelnen Messverfahren zum Einsatz kamen. Auf die einzelnen Methoden wird schließlich in der Reihenfolge der Übersicht eingegangen.

Übersicht Methodik	1	2	3	4	5	6	7	8	
Aktometer	kontinuierlich								
Sleep Log (mit standardisierten Fragebögen)	vor und nach jeder Schlafperiode/Nap								
Psychomotor Vigilance Task (PVT)	nach dem Aufstehen und vor dem Zubettgehen								
Flight Log (mit standardisierten Fragebögen)	DB + vor, während (wenn Flug > 1.5 h) und nach den jeweiligen Flügen + DE								
Erholungs-Belastungs-Fragebogen (EBF)	x	x	x	x	x	x	x	x	
Fragebogen zur Erfassung des Gesundheitsverhaltens (FEG)							1 x		
Fragebogen zum Gesundheitszustand (SF12)	x				x				x
Fragebogen zum Chronotyp (D-MEQ)					1 x				
Allgemeiner Fragebogen								1 x	

Abbildung 4: Übersicht der Methodik während der Studie. DB = Flugdienstbeginn. DE = Flugdienstende. Nap = Nickerchen.

### 4.1 Psychophysiologische Messung der motorischen Aktivität

Das Aktometer ist ein standardisiertes Aktivitätsmessgerät zur Erfassung des Ruhe -und Aktivitätsrhythmus bzw. des Schlaf- Wachrhythmus eines Probanden (Tryon, 2004). Da der Ruhe- und Aktivitätszyklus und der Schlaf- Wachzyklus synchron verlaufen, können mit der Aktimetrie wichtige Schlafparameter hinreichend genau erfasst werden. Die nicht invasive Methode erlaubt es, Rückschlüsse über das Vorliegen von Schlafstörungen und das Muster von Schlafgewohnheiten zu ziehen.

Neben anderen psychophysiologischen Messungen wie die Elektro-Enzephalographie (EEG), Electromyographie (EKG), Elektrookulographie (EOG) hat sich der Einsatz des Gerätes u.a. in der Schlafmedizin, aber auch bei Untersuchungen zur Jet Lag Symptomatik und zur Erfassung von Phasenveränderungen bei Schichtarbeit bewährt (Samel, Diedrich & Drescher, 1997; Samel & Wegmann, 1997a; 1997b; Vejvoda & Samel, 2000; Acebo & Sadeh, 2003; Tobler, 2004). Zudem verweisen Ancoli-Israel et al. (2003) auf eine hohe Korrelation zwischen polysomnographisch ermittelten Bewegungserfassungen und der Aktivitätsregistrierung des Aktometers ( $r = .97$ ).

Der Vorteil des Aktometers gegenüber anderen physiologischen Parametern liegt in der Möglichkeit, Aufzeichnung über mehrere Wochen und länger kosteneffektiv vorzunehmen und eignet sich daher insbesondere für diese Langzeitstudie.

Als Kontrollinstrument zeigte das Aktometer bereits in früheren Studien die Zuverlässigkeit der durch das Sleep Log subjektiv ermittelten Daten auf (Samel & Wegmann, 1997a, 1997b).

Das am Handgelenk zu tragende Aktivitätsmessgerät ermöglicht durch Summierung und Speicherung der durch Bewegungen ausgelösten Signale eine kontinuierliche Erfassung der Bewegungsaktivität der Probanden.

In dieser Untersuchung wurde zur objektiven Erfassung der motorischen Tages- und Nachtaktivität ein Aktometer der Firma ZAK (Marktheidenfeld) eingesetzt (Abbildung 4.1). Die Bewegungsregistrierung erfolgt bei diesem Miniaturgerät (Größe: 8 cm x 4 cm x 1 cm) über einen Piezokristall, der bei einer Mindestbeschleunigung von 0,1 g die Anzahl der Bewegungen in einer Minute digital aufzeichnet. Die Binärdateien werden anschließend auf einen Computer übertragen und in ASCII-Files umgewandelt und gespeichert.

#### Erfassung der motorischen Tages- und Nachtaktivität durch die Aktimetrie

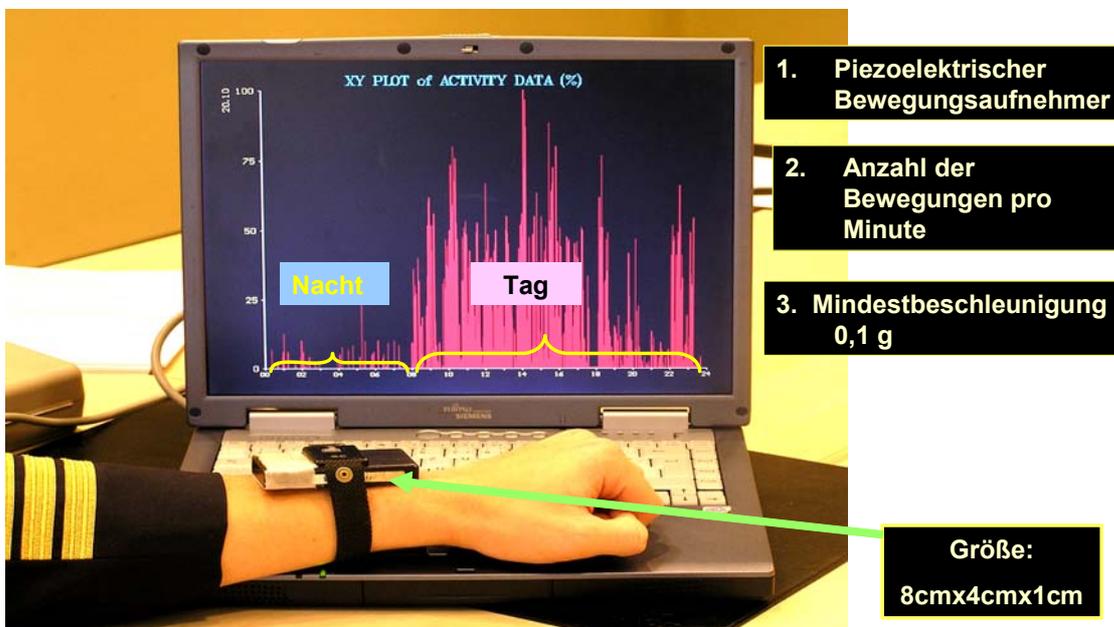


Abbildung 4.1: Aufzeichnungsbeispiel der motorischen Aktivität eines Probanden mittels dem Aktometer über 24 Stunden.

#### 4.1.1 Anwendung der Aktimetrie während des Studienverlaufs

Das Gerät wurde kontinuierlich während der gesamten Studienzeit am Handgelenk der nichtdominanten Hand getragen, um die Aktivitäten der Probanden zu registrieren. Zum Schutz des Aktometers sollten Wasserkontakt (z.B. duschen) und intensive Sportarten (z.B. Volleyball) vermieden werden. Zur Präzision und Stabilität der Messung wurde von den Probanden während des Studienverlaufs jeweils dasselbe Aktometer getragen.

Eine Aufzeichnungsperiode von mindestens sieben aufeinander folgenden Tag- und Nachtperioden mit dem Aktometer haben sich in Studien als ausreichend erwiesen, um eine adäquate Reliabilität ( $r < .70$ ) der Daten zu erhalten (Acebo & Sadeh, 2002). Durch die kontinuierliche Erfassung der Bewegungsaktivität der Piloten während der achtwöchigen Untersuchung konnte eine reliable Charakterisierung der Aktometeraufzeichnungen gewährleistet werden. Aufgrund der ungefähren Größe einer Uhr und der hohen Augenscheinvalidität wurde das Aktometer gut von den Versuchsteilnehmern angenommen.

#### 4.1.2 Auswertungskriterien der Aktimetrie

Mit Hilfe des Aktometers können folgende Parameter zur Schlaf- Wachrhythmus-Identifikation herangezogen werden:

- Aktometersignal eingeschlafen
- Aktometersignal aufgewacht
- Wach %
- Schlaf %
- Gesamtschlafdauer in Minuten
- mittlere Anzahl der Bewegungen
- Summe der Bewegungen, usw.

#### 4.1.3 Kritik an der Aktimetrie

Nachteile bei der Aktometeraufzeichnung können aufgrund von Artefakten wie Nichttragen des Gerätes während der Aufzeichnung, von außen kommende Bewegungen durch eine Autofahrt oder aufgrund technischer Probleme entstehen (Ancoli – Israel, et al., 2003; Acebo und Sadeh, 2002). Diese Artefakte

können teilweise wiederum als Kontrollfunktionen für den Versuchsleiter genutzt werden, z.B. ob ein Proband das Gerät kontinuierlich trägt und/oder sich an vereinbarte Schlafzeiten hält.

#### 4.2 Die Erfassung psychometrischer Daten über das PDA

Für die Erhebung subjektiver Einschätzungen zur Müdigkeit, Schläfrigkeit, Arbeitsbeanspruchung/-belastung, Erholung, Stimmung, Wachheit und Anspannung sowie der Erfassung von objektiven Leistungsdaten der Cockpitbesatzungsmitglieder (siehe Abbildung 4.10.7) wurden jeweils zwei Pocket Computer der Firma Hewlett Packard des Typs Jornada 568 (ein Haupt- und ein Ersatzgerät) an die Probanden ausgegeben. Diese wurden so programmiert, dass auf dem Touch Screen per Tastendruck die Befragungsroutine gestartet werden konnte. Durch eine einfache, menügesteuerte Anordnung wurde den Untersuchungsteilnehmern eine schnelle, effiziente Bearbeitung des Sleep Logs, des Flight Logs, des Reaktionszeittests sowie der standardisierten Verfahren zur subjektiven Beurteilungen zur Schläfrigkeit, Müdigkeit, Arbeitsbelastung und -beanspruchung, u.s.w. ermöglicht (siehe Abbildung 4.2). Gleichzeitig konnte auf diese Art und Weise die studienbedingte zeitliche Abfolge der Befragungen gesteuert werden.

Durch die Umsetzung der Befragungen auf den Pocket Computer sollte zusätzlich die Akzeptanz der Piloten erhöht werden (im Gegensatz zu Papierfragebögen). Ein weiterer Vorteil der Benutzung des Pocket Computers lag in der Vermeidung von Übertragungsfehlern zwischen der Papierform und der Eingabe auf einem Rechner. Die Uhrzeit wurde in Lokalzeit und nicht in Greenwich-Zeit erfasst, da Zeitverschiebungen auf der Kurzstrecke eher selten sind und dann explizit von den Piloten dokumentiert wurden.

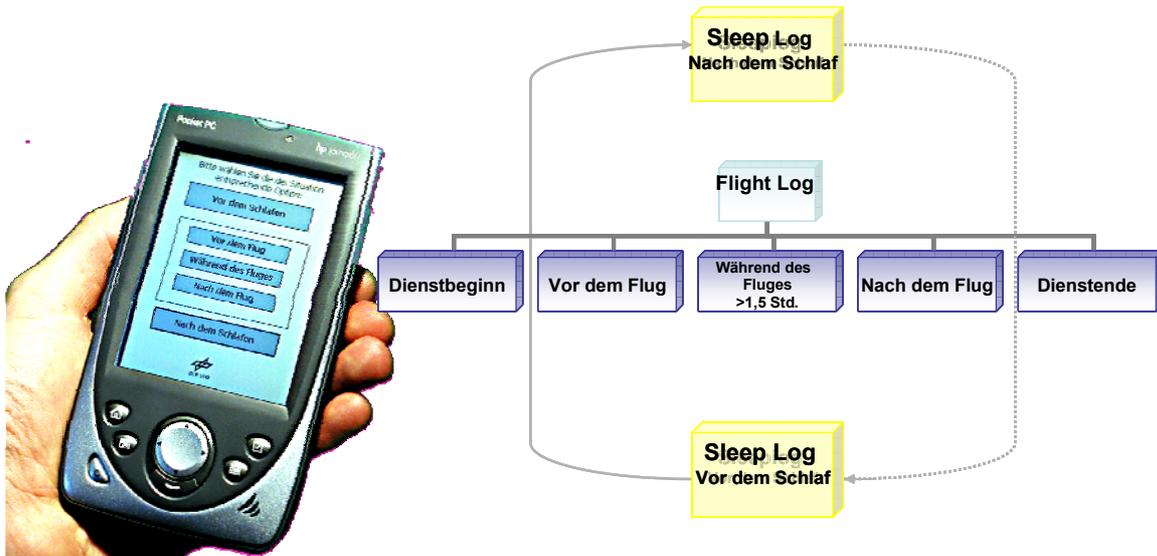


Abbildung 4.2: Links: Menüsteuerung zur Bearbeitung des Sleep Logs und Flight Logs auf dem Pocket PC hp jornada 568. Rechts: Menüsteuerung des Sleep Logs und Flight Logs über den Pocket PC .

#### 4.3 Die Erfassung schlafrelevanter Daten durch das Sleep Log

Das Sleep Log (Schlafstagebuch) zur kontinuierlichen Verlaufskontrolle des Schlafempfindens und die integrierten standardisierten Fragebögen zur Erfassung der subjektiven Müdigkeit (Müdigkeitsskala von Samn & Perelli (1982), Schläfrigkeit (Karolinska Sleepiness Scale von Akerstedt & Gillberg (1994), der Wachheit und der Anspannung (visuelle Analogskalen) wurden in der Hardware nahen Programmiersprache embeded C++ in den Pocket PC programmiert. Als Kontrolle diente die Computerzeit, die mit der Eingabe der subjektiven Daten gleichzeitig erfasst wurde.

Die Bearbeitung des Sleep Log erfolgte unmittelbar vor und nach jeder Hauptschlafphase und bei so genannten Naps (Nickerchen). Nach Beendigung der Eingaben ins Sleep Log wurde durch den Jornada die Aufforderung gegeben, den Reaktionszeittest (PVT) zu starten und durchzuführen. Vor und nach einem Nap folgte diese Aufforderung hingegen nicht automatisch (im Gegensatz dazu vor und nach jeder Hauptschlafphase).

In den Abend- und Morgenprotokollen wurden folgende Schlafparameter erhoben (siehe Abbildung 4.3):

- Zeit des Zu-Bett-Gehens
- Einschlafzeitpunkt
- Aufwachzeitpunkt
- Gesamtschlafzeit oder engl. Sleep Period Time (SPT)
- Einschlaflatenz
- Anzahl und Dauer der nächtlichen Aufwachepisoden
- Bewertung der Schlafqualität auf einer Skalierung mit der Abstufung von "0 = sehr gut " bis „100 = sehr schlecht“
- Bewertung des Schlafbedürfnisses auf einer Skalierung mit der Abstufung von „0 = viel weniger“ bis „100 = viel mehr“
- Bewertung der Erholung auf einer Skalierung mit der Abstufung von „0 = gar nicht“ bis „100 = sehr“.

Abschnitt 1 - vor jedem Schlaf auszufüllen	Abschnitt 2 - nach jedem Schlaf auszufüllen
<b>Datum</b> <input type="text"/> <input type="text"/> <input type="text"/> <input type="text"/> <input type="text"/> <input type="text"/>	<b>Datum</b> <input type="text"/> <input type="text"/> <input type="text"/> <input type="text"/> <input type="text"/> <input type="text"/>
<b>Uhrzeit (Ortszeit)</b> <input type="text"/> <input type="text"/> <input type="text"/> <input type="text"/>	<b>Ortszeit</b> <input type="text"/> <input type="text"/> <input type="text"/> <input type="text"/>
Airport Code <input type="text"/> <input type="text"/> <input type="text"/> <input type="text"/>	
Ort: zu Hause <input type="checkbox"/> Hotel <input type="checkbox"/> Flugzeug <input type="checkbox"/>	Licht aus <input type="checkbox"/>
Zeitverschiebung zu Deutschland? <input type="checkbox"/> Stunden	eingeschlafen um <input type="text"/> <input type="text"/> <input type="text"/> <input type="text"/>
<b>Aus welchem Grund legen Sie sich jetzt zum Schlafen hin?</b> Ermüdung <input type="checkbox"/> normale Schlafzeit <input type="checkbox"/> dienstabhängig <input type="checkbox"/> anderer Grund <input type="checkbox"/> ..... (Bitte Kommentar eingeben)	aufgewacht um <input type="text"/> <input type="text"/> <input type="text"/> <input type="text"/>
Hatten Sie heute Dienst? nein <input type="checkbox"/> ja <input type="checkbox"/>	aufgestanden um <input type="text"/> <input type="text"/> <input type="text"/> <input type="text"/>
Falls ja: Dauer des Dienstes in Stunden: <input type="text"/> <input type="text"/> Stunden	<b>Wie fühlen Sie sich jetzt?</b> sehr müde  -----  sehr wach
<b>Art des Dienstes:</b> Flugdienst <input type="checkbox"/> Simulator <input type="checkbox"/> Standby <input type="checkbox"/> Büro <input type="checkbox"/> andere <input type="checkbox"/>	<b>Wie schätzen Sie die Qualität des Schlafs ein?</b> sehr schlecht  -----  sehr gut
<b>Wenn ja, wie war die Gesamtbelastung durch diesen Dienst?</b> sehr niedrig  -----  sehr hoch	<b>Hätten Sie gerne weniger oder mehr geschlafen?</b> viel weniger  -----  viel mehr
<b>Ärger mit:</b> Passagieren <input type="checkbox"/> Kollegen <input type="checkbox"/> Transfer zum/vom Hotel <input type="checkbox"/> Klima <input type="checkbox"/> Hotel <input type="checkbox"/> Ablauf/Organisation <input type="checkbox"/> zu frühes Aufstehen <input type="checkbox"/> Nacharbeit <input type="checkbox"/> unregelmäßige Einsatz-/Ruhezeiten <input type="checkbox"/>	<b>Was war der Grund für das Aufwachen ?</b> natürliches Aufwachen <input type="checkbox"/> geplantes Aufwachen <input type="checkbox"/> Störung <input type="checkbox"/> anderer Grund <input type="checkbox"/>
<b>KOMMENTARE</b> <input type="text"/> <input type="text"/>	<b>Sind Sie während des Schlafs aufgewacht ?</b> nein <input type="checkbox"/> ja <input type="checkbox"/>
	<b>FALLS JA, wie oft?</b> <input type="checkbox"/> MAL
	<b>ungefähre Zeit</b> <input type="text"/> <input type="text"/> <input type="text"/> <input type="text"/>
	<b>ungefähre Dauer</b> <input type="text"/> <input type="text"/> <input type="text"/> <input type="text"/>
	<b>KOMMENTARE</b> <input type="text"/> <input type="text"/>

Abbildung 4.3: Auszug aus dem Sleep Log vor und nach jeder Hauptschlafphase/Nap.

#### 4.4 Leistungserfassung durch die Psychomotor Vigilance Task (PVT)

Neben der subjektiven Beurteilung der Schläfrigkeit und Müdigkeit können komplementär Leistungstests, wie Vigilanz- und Reaktionszeittests verwendet werden. Diese können als Indikator für die Vigilanz und Aufmerksamkeit einer Versuchsperson dienen und indirekt Aufschluss über die Müdigkeit geben (Lamond, Dawson & Roach, 2005). Daher wurde für diese Studie von der Firma Mobile Solutions (Berlin) die vom Institut für Luft- und Raumfahrtmedizin definierte Umsetzung einer visuellen Psychomotor Vigilance Task (PVT) nach Dingus und Powell (1985) in den Pocket PC realisiert. Bedingt durch den langsamen Bildschirmaufbau (16 ms) des Pocket Computers wurde die Lade-LED des Gerätes als Signallampe zur Auslösung des optischen Reizes verwendet.

Weeß (2003) verweist auf eine Mindestdauer des Reaktionszeittests von 10 Minuten, um Leistungsveränderungen in Abhängigkeit von der Müdigkeit sensitiv erfassen zu können. Daher wurde für diese Untersuchung eine zehninminütige PVT in den Pocket PC einprogrammiert, die für die Probanden, im Gegensatz zu anderen Leistungstests, praktikabel und zeitsparend zu bearbeiten war. Die PVT konnte jederzeit aus dem Hauptmenü des Jornadas manuell gestartet werden. Aus Sicherheitsgründen wurden die Daten doppelt gespeichert: (1) auf der Festplatte des Pocket Computers und zusätzlich (2) auf einer Compact Flash Speicherkarte.

##### 4.4.1 Bearbeitung der Psychomotor Vigilance Task (PVT) während des Studienverlaufs

Die PVT wurde von den Probanden zweimal täglich, vor und nach jeder Hauptschlafphase bearbeitet. Dabei waren die Versuchspersonen angehalten auf ein grünes Lämpchen (Lade-LED) zu reagieren und erhielten anschließend auf dem Display ein Feedback von drei Sekunden Dauer über ihre erreichte Reaktionszeit in Millisekunden.

Das Verfahren ist wenig anfällig gegenüber Übungseffekten, da sich bereits nach kurzer Übungsdauer von wenigen Minuten die Reaktionszeit nahezu asymptotisch an ein Leistungsplateau annähert. Die Durchführung eines dreiminütigen Reaktionszeittrainings durch die Versuchspersonen in zehn Durchgängen vor der

Datenaufzeichnung war demnach hinreichend.

#### 4.4.2 Auswertungskriterien der Psychomotor Vigilance Task (PVT)

Da sich die Instabilität in der Leistung nicht zwangsläufig in den statistischen Lageparametern (z.B. durchschnittliche Reaktionszeit oder Fehlerhäufigkeit) ausdrückt, werden häufig spezifischere Maße wie etwa die Standardabweichung (= SD) herangezogen, um diese Variabilität abzubilden. Zudem können die Reaktionszeiten in Perzentile unterteilt und daraus der Median errechnet werden. Auch die Anzahl der so genannten Lapses (= Auslassungen) können wichtige Parameter sein und wurden in dieser Studie bei Reaktionszeiten > 500 ms sowie Reaktionszeiten > 850 ms erfasst. Die Tabelle 4.4.2 zeigt, welche Maße zur Leistungsmessung berücksichtigt wurden.

Reaktionszeiten von  $\leq 130$  ms wurden aus der Auswertung ausgeschlossen, um systematische Messabweichungen (so genannte „bias“) durch die Versuchspersonen zu reduzieren. In der Regel ist die Reaktionszeit links- oder rechtsschief verteilt, daher eignet sich eher der Median, aus dem für die einzelnen Bedingungskombinationen das Mittelwertsmaß ermittelt wird (Bortz, 1993).

Tabelle 4.4.2: Leistungsparameter der Psychomotor Vigilance Task (PVT).

Mittelwert der RT	ms
Median RT	ms
Md RT 1.Hälfte	ms
Md RT 2.Hälfte	ms
Md schnellste 10% RT	ms
Md langsamste 10% RT	ms
SD RT	ms
schnellste RT	ms
langsamste RT	ms
Lapses > 850ms	Anzahl
Lapses > 500ms	Anzahl
Lapses > 500ms relativ	%
Md 1. Abschnitt	ms
Md 2. Abschnitt	ms
Md 3. Abschnitt	ms
Md 4. Abschnitt	ms
Md 5. Abschnitt	ms
Md 6. Abschnitt	ms
Md 7. Abschnitt	ms
Md 8. Abschnitt	ms
Md 9. Abschnitt	ms
Md 10. Abschnitt	ms
Messungen	Anzahl

Anmerkung: Messgrößen der PVT. RT = Reaction Time. Md = Median. SD = Standardabweichung. ms = Millisekunden. Lapses = Auslassungen.

#### 4.5 Die Erfassung flugdienstrelevanter Daten durch das Flight Log

Die Daten zum Flight Log (Flugbuch) und die integrierten standardisierten Fragebögen zur Müdigkeit, Schläfrigkeit und Belastung wurden, wie das Sleep Log, über den Pocket PC erfasst. Mit der Bearbeitung des Flight Log konnten alle relevanten Flugdaten (z.B. Flugdienstbeginn und Flugdienstende, Anzahl der Flugabschnitte (Legs), Flugzeit, Destinationen, u.s.w.) eines jeden Flugdiensttages erfasst werden (siehe Abbildung 4.5).

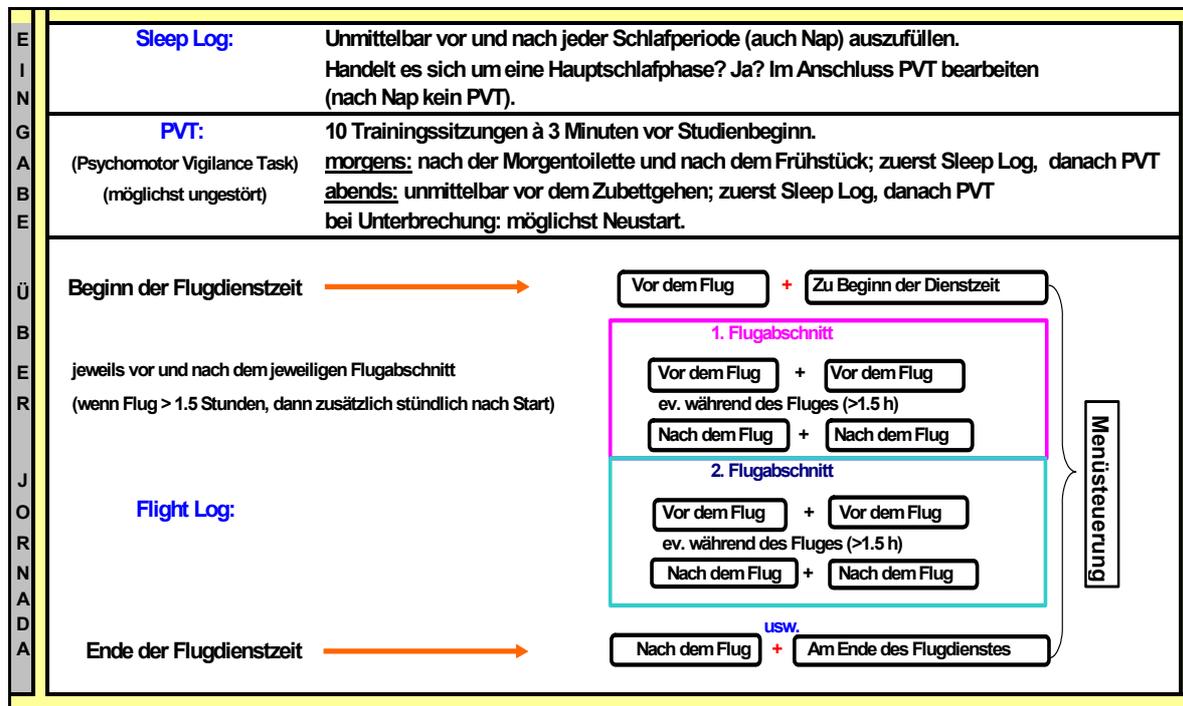
<p><b>Abschnitt 1 - vor jedem Dienst auszufüllen</b></p> <p>Datum <input type="text"/> <input type="text"/> <input type="text"/> <input type="text"/> <input type="text"/> <input type="text"/>      Uhrzeit (Ortszeit) <input type="text"/> <input type="text"/> <input type="text"/> <input type="text"/></p> <p><b>Abschnitt 2- vor jedem Flug auszufüllen</b></p> <p>Datum <input type="text"/> <input type="text"/> <input type="text"/> <input type="text"/> <input type="text"/> <input type="text"/>      Uhrzeit (Ortszeit) <input type="text"/> <input type="text"/> <input type="text"/> <input type="text"/></p> <p>Airport Code <input type="text"/> <input type="text"/> <input type="text"/> <input type="text"/>      Airport Code <input type="text"/> <input type="text"/> <input type="text"/> <input type="text"/></p> <p>Flug von: <input type="text"/> <input type="text"/> <input type="text"/> <input type="text"/> <input type="text"/> <input type="text"/>      Flug nach: <input type="text"/> <input type="text"/> <input type="text"/> <input type="text"/> <input type="text"/> <input type="text"/></p> <p>Off Block: __: __: __ Uhrzeit (Ortszeit)</p> <p><b>Erholung</b></p> <p>Wie erholt fühlen Sie sich jetzt? <span style="float: left;">sehr erholt</span> <span style="float: right;">gar nicht erholt</span></p> <p><b>Visual Analogue Scale</b></p> <p>Wie entspannt oder angespannt fühlen Sie sich momentan? <span style="float: left;">sehr entspannt</span> <span style="float: right;">sehr angespannt</span></p> <p>Wie schläfrig oder wach fühlen Sie sich momentan? <span style="float: left;">sehr schläfrig</span> <span style="float: right;">sehr wach</span></p>	<p><b>Abschnitt 3 - nach jedem Flug auszufüllen</b></p> <p>Datum <input type="text"/> <input type="text"/> <input type="text"/> <input type="text"/> <input type="text"/> <input type="text"/></p> <p>On Block: __: __: __ Uhrzeit (Homebase time)</p> <p>Pilot: flying <input type="checkbox"/>      non flying <input type="checkbox"/></p> <p>Captain <input type="checkbox"/>      First Officer <input type="checkbox"/></p> <p>Flugzeugtyp: Boeing 737</p> <p>Wie entspannt oder angespannt fühlen Sie sich momentan? <span style="float: left;">sehr entspannt</span> <span style="float: right;">sehr angespannt</span></p> <p>Wie schläfrig oder wach fühlen Sie sich momentan? <span style="float: left;">sehr schläfrig</span> <span style="float: right;">sehr wach</span></p> <div style="border: 1px solid black; padding: 5px; margin: 5px 0;"> <p>Hatten Sie die Möglichkeit zu Ruhepausen an Bord? <span style="float: right;">Art der Ruhemöglichkeit</span></p> <p>nein <input type="checkbox"/> ja <input type="checkbox"/> von: <input type="text"/> bis: <input type="text"/> <input type="checkbox"/> MCR <input type="checkbox"/> Sitz</p> <p>von: <input type="text"/> bis: <input type="text"/> <input type="checkbox"/> MCR <input type="checkbox"/> Sitz</p> </div> <p>Haben Sie Ihren Zielort pünktlich erreicht? nein <input type="checkbox"/> ja <input type="checkbox"/></p> <p>Falls nein: Wie groß war die Verspätung? __: __: __ Stunden</p> <p>Wie sehr trägt diese Verspätung zu Ihrer Belastung bei? <span style="float: left;">nicht</span> <span style="float: right;">sehr</span></p> <p style="text-align: center;">1      2      3      4      5</p> <p>KOMMENTARE zum Flug: .....</p> <p>Dead Head      Augmented      Tagflug</p> <p style="text-align: center;">Nachtflug</p> <p><b>Abschnitt 4 - nach jedem Dienst auszufüllen</b></p> <p>Datum <input type="text"/> <input type="text"/> <input type="text"/> <input type="text"/> <input type="text"/> <input type="text"/>      Uhrzeit (Ortszeit) <input type="text"/> <input type="text"/> <input type="text"/> <input type="text"/></p> <p>Art des Dienstes: <input type="checkbox"/> Flugdienst    <input type="checkbox"/> Büro    <input type="checkbox"/> Simulator    <input type="checkbox"/> Standby    <input type="checkbox"/> andere</p> <p>Hätten Sie am Ende des Flugdienstes noch sicher weiter fliegen können? <span style="float: left;">nein <input type="checkbox"/></span> <span style="float: right;">ja <input type="checkbox"/></span> <input type="checkbox"/> Stunden</p>
--	---

Abbildung 4.5: Auszug aus dem Flight Log.

#### 4.5.1 Bearbeitung des Flight Logs während des Studienverlaufs

Die Eintragungen in das Flight Log begannen jeweils mit dem Anfang der Flugdienstzeit und endeten zum Flugdienstende. Vor und nach jedem Flug sollte von den Piloten anhand standardisierter Fragebögen stündlich die momentane subjektive Müdigkeit (Müdigkeitsskala von Samn and Perelli, 1982), Schläfrigkeit (Karolinska Sleepiness Scale), Wachheit und Spannung (Visual Analogue Scale), sowie retrospektiv die Arbeitsbeanspruchung (NASA-Task Load Index von Pfendler & Grandt (2000)) der vergangenen Stunde beurteilt werden. Waren die Abschlussarbeiten des 1. Flugabschnittes beendet, begann wieder die Eingabe **vor dem Flug**, usw. Die Bearbeitung erfolgte solange, bis die Flugdienstzeit endete. Bei Flugzeiten, die länger als 1.5 Stunden dauerten, sollten die Probanden **während des Fluges** ihre Müdigkeit und Arbeitsbeanspruchung beurteilen. Durch die sich stündlich wiederholenden Befragungen wurde die

Erfassung subjektiver Bewertungen zur Arbeitsbelastung/ -beanspruchung und Müdigkeit im Arbeitszyklus ermöglicht (siehe Abbildung 4.5.1).



Menüsteuerung

Abb. 4.5.1: Bearbeitung des Sleep Log und Flight Log über die Menüsteuerung im Pocket PC.

#### 4.6 Die psychometrische Erfassung der Müdigkeit und Schläfrigkeit im Flight Log und im Sleep Log

Als objektives Verfahren zur Messung der physiologischen Schläfrigkeit werden Methoden der Polysomnographie herangezogen (u.a. die elektro-physiologische Hirnaktivität (EEG), das Elektrokardiogramm (EKG), die Elektrookulografie (EOG), die Aktigraphie sowie die Lidschlagrate). Da das Schlafgeschehen auch ein subjektiv erlebter Vorgang ist, werden zur psychometrischen Erfassung von Schläfrigkeit und Müdigkeit standardisierte Selbstrating-Verfahren von schläfrigkeitsbezogenen Prozessen eingesetzt.

Da in dieser Feldstudie eine EEG- und EKG-Aufzeichnung aufgrund der langen Versuchsperiode nicht möglich war und das Aktometer den Schlaf-Wach-Rhythmus hinreichend erfasst (siehe Aktimetrie), hat man auf polysomnographische Maße verzichtet. Darüber hinaus haben Akerstedt & Gillberg (1994) eine hohe Korrelation zwischen der subjektiven und physiologischen Schläfrigkeit in Studien nachgewiesen. Die Selbsteinschätzung

zur psychometrischen Erfassung von Müdigkeit und Schläfrigkeit erweist sich demnach als geeignet.

Die Operationalisierung der subjektiven Müdigkeit und Schläfrigkeit erfolgt über unterschiedliche standardisierte Verfahren mit einer hohen Augenscheinvalidität, die im Pocket PC programmiert waren. Wie bereits erwähnt, wurde die Einschätzung zur subjektiven Müdigkeit und Schläfrigkeit im Sinne der abhängigen Variable während der Bearbeitung des Sleep Logs und Flight Logs von den Piloten vorgenommen.

#### 4.6.1 Die Müdigkeitsskala von Samn und Perelli (1982)

Die standardisierte Müdigkeitsskala oder auch Fatigue – Checklist (FAT) von Samn und Perelli (1982) wurde in der deutschen Übersetzung des amerikanischen Originals verwendet. Die Checkliste basiert ursprünglich auf dem Erfordernis, Flugdienste und Arbeitsprozesse der U.S. Air Force Transportflugzeugpiloten zu optimieren, um mentale Leistungseinbußen durch Müdigkeit zu minimieren und die Flugsicherheit zu gewährleisten (Samn & Perelli, 1982, S. 1).

Der Ermüdungs-Fragebogen von Samn und Perelli (1992) kam bereits in vielen Studien sowohl in der militärischen als auch in der zivilen Luftfahrt zum Einsatz und hat in der Ermüdungsforschung generell eine hohe Akzeptanz aufgrund seiner Praktikabilität gefunden (Samel et al., 1986; Samel & Wegmann, 1997a, 1997b).

##### 4.6.1.1 Der Aufbau der Müdigkeitsskala von Samn und Perelli (1982)

Der standardisierte Müdigkeits-Fragebogen besteht aus 10 Items, die in einem dreistufigen Antwortformat („0 = besser“, „1 = genau“, „2 = schlechter“) vorliegen (siehe Tabelle 4.6.1).

Tabelle 4.6.1. Items der Müdigkeitsskala (Samn und Perelli, 1982).

<b>Item</b>	<b>Besser (0)</b>	<b>Genau (1)</b>	<b>Schlechter (2)</b>
1. sehr munter			
2. äußerst müde			
3. durchaus frisch			
4. leicht erschöpft			
5. unternehmungslustig			
6. ziemlich frisch			
7. abgeschlafft			
8. sehr erfrischt			
9. ziemlich erschöpft			
10. ausgepumpt			

#### 4.6.1.2 Die Auswertung der Müdigkeitsskala von Samn und Perelli (1982)

Die erreichten Punktwerte der bearbeiteten Items werden zu einem Gesamtwert aufsummiert (von „0 = hellwach“ bis „20 = todmüde“) und in vier Kategorien eingeteilt. Die Items des Originals wurden zur besseren Übersicht umkodiert (0→2; 2→0). Ein hoher Summenscore entspricht demnach einer hohen Müdigkeit und vice versa (siehe Tabelle 4.6.1.2).

Tabelle 4.6.1.2. Einteilung der Müdigkeitssummscores in vier Kategorien nach Samn und Perelli (1982) sowie für die Studie invertiert und ins Deutsche übersetzt (Wegmann et al., 1986).

Kategorien	Fatigue-Score (Samn und Perelli, 1982)	Predicted Effect of Fatigue on Performance	FAT-Skala (invertiert)	Vorhersagbare Effekte von Ermüdung auf die Leistungsfähigkeit (Deutsche Übersetzung)
I	20 - 12	Sufficiently alert. No performance impairment due to fatigue.	0 - 8	Keine Ermüdung. Keine Leistungsbeeinträchtigung
II	11 - 8	Mild fatigue. Performance impairment possible but not significant. Treat as class I.	9 – 12	Milde Ermüdung. Leistungseinbußen möglich. Zur Kategorie I zu zählen.
III	7 - 4	Moderate to severe fatigue. Some performance impairment probably occurring. Flying duty permissible but not recommended.	13 – 16	Moderate bis erhebliche Ermüdung. Leistungseinbußen wahrscheinlich. Flugdienst nicht empfohlen.
IV	3 - 0	Severe fatigue. Performance definitely impaired. Flying duty not recommended. Safety of flight in jeopardy.	17 - 20	Erhebliche Ermüdung. Leistungsfähigkeit beeinträchtigt. Flugdienst keinesfalls zu empfehlen.

#### 4.6.1.3 Testgütekriterien der FAT

Die Bearbeitung des Müdigkeits-Fragebogens erfolgt in ungefähr 30 Sekunden und ist daher, neben seiner hohen Augenscheinvalidität, ein nützliches Instrument zur schnellen Einschätzung der Müdigkeit.

#### 4.6.2 Die Karolinska Sleepiness Scale (KSS)

Wie bereits in der Einleitung erwähnt, ist das Konzept zur Müdigkeit in wesentlichen Punkten vom Begriff der Schläfrigkeit zu unterscheiden. Neben der Erfassung der subjektiven Müdigkeit durch den Müdigkeitsfragebogen von Samn und Perelli (1982) wurde ergänzend die Karolinska Sleepiness Scale (KSS) zur Erfassung der subjektiven Schläfrigkeit angewendet. Die KSS wurde von der

Forschergruppe am IPM and Department for Stress Research am Karolinska Institute entwickelt und geht ursprünglich aus der Stanford Sleepiness Scale von Hoddes, Dement und Zarcone (1972) hervor.

#### 4.6.2.1 Der Aufbau der Karolinska Sleepiness Scale (KSS)

Die Items der Selbstbeurteilungsskala wurden nach der Skalierungsmethode von Thurstone (Methode der gleicherscheinenden Intervalle) konzipiert. Die Bewertung der Schläfrigkeit erfolgt auf einer 9-stufigen Skala bei einer Abstufung von „1 = sehr wach“ bis „9 = sehr schläfrig“ (siehe Abbildung 4.6.2.1).

Code: \_\_\_\_\_ Datum: \_\_\_\_\_ Uhrzeit: \_\_\_\_\_

**Karolinska Sleepiness Scale (KSS)**

*Anleitung:*  
Bitte bewerten Sie Ihre Müdigkeit in den letzten 10 Minuten, indem Sie den Kreis vor der entsprechenden Zahl markieren. Benutzen Sie auch die Zwischenstufen.

- 1. = sehr wach
- 2.
- 3. = wach
- 4.
- 5. = weder wach noch müde
- 6.
- 7. = müde, aber keine Probleme wach zu bleiben
- 8.
- 9. = sehr müde, große Probleme wach zu bleiben, mit dem Schlaf kämpfend

**Visual Analogue Scale (VAS)**

**Wie entspannt oder angespannt fühlen Sie sich momentan?**

sehr entspannt ————— sehr angespannt

**Wie schläfrig oder wach fühlen Sie sich momentan?**

sehr schläfrig ————— sehr wach

Abbildung 4.6.2.1: Darstellung der Karolinska Sleepiness Scale (KSS) und der visuellen Analogskalen ‚Anspannung‘ und ‚Wachheit‘.

#### 4.6.2.2 Die Auswertung der Karolinska Sleepiness Scale (KSS)

Die Auswertung der Karolinska Sleepiness Scale (KSS) erfolgt über das Antwortformat der Skala. Dementsprechend weisen Werte  $> 7$  auf ‚hohe Schläfrigkeit‘ und Werte  $< 4$  auf ‚fehlende Schläfrigkeit‘ hin (siehe Abbildung 4.6.2.1).

#### 4.6.2.3 Die Testgütekriterien der Karolinska Sleepiness Scale (KSS)

Akerstedt, et al. (1994) verweisen auf die konsistente und hohe Korrelation zwischen polysomnographisch objektiven Daten (EEG, EOG) und der subjektiv quantitativen Erhebung der Schläfrigkeit. Damit weisen die psychometrischen Messverfahren zur Schläfrigkeit eine zufrieden stellende kriteriumsbezogene Validität auf. Zudem wurden hohe Zusammenhänge zwischen der FAT-Skala und der KSS-Skala berichtet, die auch in dieser Studie nachgewiesen werden konnten ( $r_s = .84$ ), obwohl die Begriffe Müdigkeit und Schläfrigkeit in der Literatur inhaltlich voneinander unterschieden werden (Samn & Perelli, 1982; Samel et al., 1997a, 1997b).

#### 4.7 Die psychometrische Erfassung der schlafassoziierten Parameter

Zusätzlich wurden von der Pilotenstichprobe visuelle Analogskalen im Sleep Log und Flight Log des Pocket PCs bearbeitet. Visuelle Analogskalen werden häufig in der experimentellen und klinischen Schlafforschung zur Erfassung psychologischer Dimensionen angewendet, die, neben den klassischen Schlafparametern wie Einschlaf latenz, Gesamtschlafzeit, etc., als schlafassoziierte Parameter angesehen werden können (wie die subjektive Einschätzung von Wachheit, Anspannung, Erholung, Schlafqualität, etc.) (Liendl, 2004; Becker-Carus, 2004). Die einzelnen Analogskalen werden im Folgenden beschrieben.

#### 4.7.1 Die psychometrische Erfassung der Wachheit und Anspannung

Zur Erfassung der subjektiven ‚Anspannung‘ und ‚Wachheit‘ wurden visuelle Analogskalen (VAS) eingesetzt, die im Flight Log und im Sleep Log zu bearbeiten waren (siehe Abbildung 4.10.7).

Die Gegenpole ‚Entspanntheit versus Angespanntheit‘ werden auf einer 100mm visuellen Analogskalen (VAS) auf einem Kontinuum von „0 = sehr entspannt“ bis „100 = sehr angespannt“ eingeschätzt. Die Messung der ‚Wachheit‘ findet auf einer visuellen Analogskala mit der Abstufung von „0 = sehr schläfrig“ bis „100 = sehr wach“ statt (siehe Abbildung 4.6.2.1).

##### 4.7.1.1 Testgütekriterien der VAS ‚Wachheit‘

Die visuelle Analogskala wurde über objektive polysomnographische Messungen und über die Karolinska Sleepiness Scale (KSS) validiert (Akerstedt & Gillberg, 1994; Akerstedt & Hume, 1994). Die Übereinstimmungsvalidität der VAS-Skala ‚Wachheit‘ mit der KSS-Skala beträgt  $r_{tc} = .65 - .86$  (Akerstedt et al., 1994).

#### 4.7.2 Die psychometrische Erfassung der Erholung

Die subjektive Erholung wurde sowohl im Sleep Log nach dem Schlaf als auch ‚In-Flight‘ vor jedem Flug erfasst (siehe Abbildung 4.10.7). Die visuelle Analogskala ‚Erholung‘ im Sleep Log hat eine Abstufung von „0 = gar nicht erholt“ bis „100 = sehr erholt“. Die Erholung im Flight Log wurde auf einer 7-stufigen Skala von „1 = sehr erholt“ bis „7 = gar nicht erholt“ eingeschätzt. Um die Items aus den beiden Skalen des Sleep Log und Flight Log vergleichen zu können und einen gleichsinnigen Verlauf in der Datenanalyse zu erzielen, wurde die Skala des Flight Log invertiert (7→1; 6→2; 5→3; 4→4; 3→5; 2→6; 1→7).

#### 4.7.3 Die psychometrische Erfassung der Schlafqualität und des Schlafbedürfnisses

Die visuelle Analogskala (VAS) zur Schlafqualität und zum Schlafbedürfnis wurde jeweils morgens nach dem Schlaf im Sleep Log bearbeitet (siehe 4.10.7). Die VAS zur Schlafqualität liegt als Antwortformat mit einer Abstufung von „0 = sehr gut“ bis „100 = sehr schlecht“ vor. Die Einschätzung des Schlafbedürfnisses erfolgt auf einer VAS mit der Skalierung von „0 = viel weniger“ bis „100 = viel mehr“.

#### 4.8 Die psychometrische Erfassung der Gesamtbelastung des Tages

Die VAS zur ‚Gesamtbelastung des Tages‘ wurde jeweils vor dem Schlaf durch das Sleep Log im Pocket PC auf einem Antwortformat von „0 = sehr niedrig“ bis „100 = sehr hoch“ bearbeitet (siehe 4.10.7). Ein Skalenwert von 50 wird dabei als ‚mittlere Belastung‘ definiert. Werte, die den Skalenwert von 50 überschreiten, entsprechen einer erhöhten Gesamtbelastung.

#### 4.9 Beanspruchungsmessmethode für die fliegerische Tätigkeit

##### 4.9.1 Theoretische Grundlagen der Entwicklung des NASA-TLX

Zur subjektiven Messung der Arbeitsbeanspruchung (workload) der Piloten wurde der National Aeronautics and Space Administration Task Load Index (NASA-TLX) eingesetzt. Dieses Verfahren zur Erhebung von Workload hat sich sowohl in der Grundlagenforschung als auch in der angewandten Forschung innerhalb der Ergonomie, der Arbeitspsychologie und insbesondere bei Flugführungsaufgaben in der militärischen als auch zivilen Luftfahrt bewährt (Hart & Wickens, 1990; Pfendler & Schütte, 2002).

Entwickelt wurde der NASA-TLX von Hart & Staveland (1988). Die Entstehung von Workload definieren die Autoren als *“the interaction between the requirements of a task, the circumstances under which it is performed and the skills, behaviors, and perceptions of the operator“* (Hart & Staveland, 1988, S. 8). Die Arbeitsbeanspruchung (workload) wird demnach als multidimensionales Konstrukt erfasst. Im Rahmen dieser Studie wurde die methodisch abgesicherte deutsche Übersetzung des NASA-TLX verwendet (Pfendler, Pitrella & Wiegand, 1994).

#### 4.9.2 Der Aufbau des NASA-TLX

Der NASA-TLX besteht aus sechs Subskalen, wovon drei Skalen zur Beanspruchungsmessung (Leistung, Anstrengung und Frustration) und weitere drei Skalen zur Belastungsmessung (geistige, körperliche und zeitliche Anforderungen) beitragen.

Diese sechs Subskalen können darüber hinaus in drei Gruppen eingeteilt werden:

1. Die Aufgabenmerkmale, die den geistigen, körperlichen und zeitlichen Anforderungen entsprechen,
2. die Verhaltensmerkmale: Leistung und Anstrengung und
3. das individuelle Merkmal: Frustration (Hart & Staveland (1988)).

Die Einschätzung der sechs Selbstratingskalen zur Beanspruchung und Belastung des NASA-TLX erfolgt über eine jeweils bipolare zwanzigstufige Skalierung von 0 (= sehr niedrig; sehr wenig; perfekter Erfolg) bis 20 (= sehr hoch; sehr stark; Misserfolg). Die Beschreibung der Subskalen des NASA-TLX ist der Abbildung 4.9.2 zu entnehmen.

Code: \_\_\_\_\_ Datum: \_\_\_\_\_ Zeit: \_\_\_\_\_

**NASA-TLX (Task Load Index)**

<p style="text-align: center;"><b>Geistige Anforderung</b></p> <p>Wie hoch waren die geistigen Anforderungen der Aufgabe? (z.B. Denken, Entscheiden, Rechnen, Erinnern, Beobachten, Suchen, usw.)</p> <p style="text-align: center;">sehr niedrig <span style="float: right;">sehr hoch</span></p>	<p style="text-align: center;"><b>Leistung</b></p> <p>Wie erfolgreich haben Sie die geforderte Aufgabe ihrer Ansicht nach durchgeführt? (z.B. Zufriedenheit mit der Aufgabenbewältigung)</p> <p style="text-align: center;">perfekter Erfolg <span style="float: right;">Mißerfolg</span></p>
<p style="text-align: center;"><b>Körperliche Anforderungen</b></p> <p>Wie hoch waren die körperlichen Anforderungen der Aufgabe? (z.B. drücken, ziehen, drehen, kontrollieren, usw.)</p> <p style="text-align: center;">sehr niedrig <span style="float: right;">sehr hoch</span></p>	<p style="text-align: center;"><b>Anstrengung</b></p> <p>Wie sehr mussten Sie sich anstrengen, um Ihre Leistung zu erreichen? (z.B. mentale und körperliche Anstrengung)</p> <p style="text-align: center;">sehr wenig <span style="float: right;">sehr stark</span></p>
<p style="text-align: center;"><b>Zeitliche Anforderungen</b></p> <p>Wie hoch waren die zeitlichen Anforderungen der Aufgabe? (z.B. Zeitdruck)</p> <p style="text-align: center;">sehr niedrig <span style="float: right;">sehr hoch</span></p>	<p style="text-align: center;"><b>Frustration</b></p> <p>Wie verunsichert, irritiert, entmutigt, gereizt und verärgert versus sicher, erfreut, zufrieden, entspannt waren Sie?</p> <p style="text-align: center;">sehr wenig <span style="float: right;">sehr stark</span></p>

Abbildung 4.9.2: Die sechs Subskalen zur Einschätzung der workload durch den NASA-TLX.

#### 4.9.3 Die Erhebung des NASA-TLX während des Studienverlaufs

Die Handhabung des NASA-TLX erfolgt generell in zwei Phasen. Zum einen werden jeweils die sechs Subskalen zur Beanspruchungsmessung in ihrer Intensität vor, während und nach jedem durchgeführten Flugabschnitt und zum Ende eines jeden Flugdiensttages an jedem Flugdienst retrospektiv von den Probanden beurteilt (siehe Abbildung 4.10.7). Zum anderen wird einmalig ein Paarvergleich zwischen den jeweiligen Beurteilungsskalen durchgeführt. Im Folgenden werden die Schritte näher erläutert.

##### 1. Die Einschätzung der Subskalen des NASA-TLX

Der Nasa TLX wurde von den Piloten stündlich während eines Flugdienstes *vor jedem Flug, während jedes Fluges*, wenn dieser länger als 1,5 h Stunden dauerte, *nach jedem Flug* und zu *Dienstende* über den Handheld PC bearbeitet. Somit konnte der gesamte Arbeitszyklus eines Flugdiensttages erfasst werden. Dabei sollten die Probanden stündlich retrospektiv die durch ihre Arbeitstätigkeit entstandene Beanspruchung einschätzen.

## 2. Die Gewichtung der NASA-TLX Skalen

Um den intraindividuellen Unterschieden der subjektiv wahrgenommenen Bedeutung der einzelnen Dimensionen gerecht zu werden und die Zwischensubjektvariabilität zu reduzieren, erfolgt eine individuelle Gewichtung der einzelnen Subskalen methodisch über einen Paarvergleich. Dabei werden die Ratingskalen einmalig im Studienverlauf jeweils mit allen übrigen verglichen, wobei der Proband anzugeben hat welche der beiden gegenübergestellten Merkmale für ihn am stärksten zur Beanspruchung beiträgt. Demnach werden insgesamt 15 Vergleiche (Anzahl der Paarvergleiche =  $n_{(\text{Subskalen})} * (n_{(\text{Subskalen})} - 1) / 2$ ) angestellt.

Die so resultierenden Bevorzugungshäufigkeiten stellen dann das Gewicht dar, mit dem die Skalen in die Berechnung des so genannten Weighted Workload Scores (WWL-Score) eingehen (Pfendler & Schütte, 2002). Demnach entspricht in der Rangordnungsfolge der Rang 0 dem niedrigsten Rang (also unbedeutend für die Beanspruchung) und der Rang 5 dem höchsten Rang (also sehr bedeutend für die Beanspruchung).

### 4.9.4 Die Auswertung des NASA-TLX

Die Auswertung erfolgt über eine Multiplikation der einzelnen Subskalen mit der jeweiligen Gewichtung. Dadurch erhält man den WWL-Score. Die Berechnung erfolgt demnach folgendermaßen:  $\sum(\text{Subskalen} * \text{Gewichtung})$ . Der daraus resultierende WWL-Score kann Werte zwischen 0 (= keine Arbeitsbeanspruchung) und maximal 300 (= sehr hohe Arbeitsbeanspruchung) annehmen.

### 4.9.5 Die Testgütekriterien des NASA-TLX

Die deutsche Fassung des NASA-TLX wurde im Hinblick auf die Gütekriterien wie Reliabilität, Validität, Sensitivität und Diagnostizität überprüft. Die Beanspruchungsmessmethode liefert eine zufrieden stellende Intraklassenreliabilität ( $r_i = .56$ ), die niedriger ist als die Retest-Reliabilität der englischen Version des NASA TLX ( $r = .83$ ). Die Validität wurde ebenfalls varianzanalytisch über die erklärte Varianz geschätzt. Für den NASA-TLX ergab

sich ein Wirkungsmaß (nach Eimer, 1978) von  $\sigma^2 = .708$  (Pfendler & Grand, 2000, S. 6). Der NASA-TLX weist demnach als Beanspruchungsindikator starke Auswirkungen auf eine Variation der Aufgabenschwierigkeit auf und ist damit sensitiv (Hill & Lavecchia, 1992). Des Weiteren können, aufgrund der Multidimensionalität des NASA-TLX, mit Hilfe der sechs Subskalen die Ursachen von Beanspruchungsproblemen diagnostiziert werden (Moray, 1982).

Darüber hinaus ermöglicht die gute ökonomische Validität des NASA-TLX eine schnelle und effektive Beurteilung von workload. Auch die hohe Augenscheinvalidität führt zu einer guten Akzeptanz der Untersuchungsteilnehmer gegenüber dem Verfahren (Byers, Bittner & Hill, 1989).

#### 4.9.6 Kritik am NASA-TLX

Kritik am Gewichtungsverfahren wurde von unterschiedlichen Autoren angebracht. So würde das Rating der Subskalen als auch der Paarvergleich dieselbe Frage nach der Bedeutsamkeit der jeweiligen Dimension für den Arbeitsplatz stellen. Das Rating der Subskalen würde demnach auch ohne das Gewichtungsverfahren zu einer ähnlichen Vorhersage des Gesamtwertes des Workload führen (Pfendler & Widdel, 1988; Veltmann & Gaillard, 1993). Studien von Pfendler (1990) zeigen, dass in der deutschen Version die Reliabilität der ungewichteten Workload Scores sogar höher ist als bei gewichteten Workload Scores. Darüber hinaus liegt die Korrelation zwischen den ungewichteten und gewichteten Workload Scores bei  $r = .94$ . Der hohe Zusammenhang spricht dafür, dass beide Verfahren zum selben Workload führen.

Trotz der Kritik am Gewichtungsverfahren, wird angenommen, dass durch die Gewichtung der Skalen die Zwischensubjektvariabilität minimiert und die intraindividuellen Unterschiede berücksichtigt werden (Pfendler, Pitrella & Wiegand, 1994). Generell zeigen sich mit dem NASA-TLX während einer niedrigen Arbeitsbelastung keine Bodeneffekte (Battiste & Bortolussi, 1988). Darüber hinaus zeigt sich die Intraklassenkorrelation der deutschen Version des NASA-TLX als zufrieden stellend.

#### 4.10 Multidimensionale Befindlichkeitsmessung: Berliner-Alltagssprachliche-Stimmungs-Inventar (BASTI)

Die Operationalisierung der 'Stimmung' als State erfolgte über das Berliner-Alltagssprachliche-Stimmungs-Inventar (BASTI). Die Eintragungen erfolgten zu Dienstbeginn und Dienstende in den PDA (siehe Abbildung 4.10.7). Zur ökonomischen und umfassenden Erfassung wesentlicher Stimmungsaspekte hat sich das BASTI als hinreichend geeignet erwiesen (Schimmack, 1997). Stimmungen werden hierbei sowohl auf einem spezifischen als auch auf einem globalen Niveau erfasst.

##### 4.10.1 Der Aufbau des Berliner-Alltagssprachlichen-Stimmungs-Inventars

Bei der Konstruktion des Berliner-Alltagssprachlichen-Stimmungs-Inventars (BASTI) wurde besonderer Wert auf die Kontentvalidität gelegt. Eine hierarchische Clusteranalyse identifizierte zehn Dimensionen des Stimmungsbegriffs, die jeweils durch zwei Items repräsentiert werden. Die Erfassung der Stimmung in dieser Untersuchung beschränkte sich auf befindlichkeitsrelevante Dimensionen zur Untersuchungsumgebung.

Entsprechend wurden aus den zehn Dimensionen des Befindens fünf State-Dimensionen zur Befindlichkeitsmessung ausgewählt (siehe Abbildung 4.10.2):

- Heitere Stimmung (HS)
- Geladene Stimmung (GS)
- Nervosität (N)
- Ängstlichkeit (Äng)
- Mürrische Stimmung (mürrS)

Zudem enthält das BASTI drei globale, bipolare Befindensdimensionen:

- angenehm vs. unangenehm (gBD 1)
- erregt vs. ruhig (gBD 2)
- wach vs. müde

Die beiden globalen Befindensdimensionen „angenehm vs. unangenehm“ und „erregt vs. ruhig“ werden im Circumplex-Modell der Stimmung als die zentralen, globalen Dimensionen des Stimmungserlebens postuliert (Schimmack, 1997). Im Rahmen dieser Untersuchung wurden ausschließlich die zwei zentralen bipolaren Befindensdimensionen zur psychometrischen Befindlichkeitsmessung herangezogen, zumal sich die Dimension *wach vs. müde* in Untersuchungen zur Validierung als nicht kontextvalide repräsentiert hat und, ohne die Stimmungsmessung zu beeinträchtigen, entfernt werden kann (ebd.).

#### 4.10.2 Skalierung der Items

Das Antwortformat des BASTI versteht sich als „eine komprimierte Variante eines zweistufigen Antwortmodus“ (Schimmack, 1997). Die Einschätzung der bipolaren Ausprägungen der Dimensionen erfolgt einerseits (dichotomisiert) über Häufigkeit (0 = nein; Werte > 0 = ja) andererseits über die Intensität (Werte > 0). Als Antwortformat der Intensitätsskala wurde eine siebenstufige Likert-Skalierung („überhaupt nicht“ = 0 bis „maximale Intensität“ = 6) gewählt (siehe Abbildung 4.10.2).

## B-A-S-T-I

Schätzen Sie bitte ein, wie Sie sich genau in diesem Moment fühlen. Überlegen Sie bitte zunächst, ob Sie in diesem Zustand sind (Wert > 0) oder ob **Sie nicht in diesem Zustand sind** (Wert 0). Beurteilen Sie erst anschließend die Intensität, wenn Sie sich im Zustand befinden.

### Intensitätsstufen

sehr schwach (1) – schwach (2) – mittel (3) – stark (4) – sehr stark (5) - -maximale Intensität (6)

	Globale und spezifische Befindensdimensionen	nein 0	ja 1	2	3	4	5	6
angenehm	gBD 1							
unangenehm	gBD 1							
erregt	gBD 2							
ruhig	gBD 2							
nervös	N							
unruhig	N							
gereizt	GS							
geladen	GS							
ängstlich	Äng							
besorgt	Äng							
heiter	HS							
gut gelaunt	HS							
mürrisch	mürrS							
verstimmt	mürrS							

Abbildung 4.10.2: Itemskalierung und Itemzugehörigkeit zu den Befindlichkeitsdimensionen des BASTI. Globale Befindensdimensionen 1 bzw. 2 = **gBD 1** und **gBD 2**. Spezifische Befindensdimensionen: **N** = Nervosität. **GS** = geladene Stimmung. **Äng** = Ängstlichkeit. **HS** = heitere Stimmung. **mürrS** = mürrische Stimmung.

### 4.10.3 Die Bearbeitung des BASTI während des Studienverlaufs

Wie bei den zuvor genannten standardisierten Verfahren wurde auch das BASTI über den Pocket PC von den Probanden bearbeitet (siehe Abbildung 4.2). Die Einschätzung der Stimmung anhand des BASTI erfolgte jeweils zu Dienstbeginn und zum Dienstende eines jeden Flugdiensttages (siehe Abbildung 4.10.7).

Durch die Instruktion des BASTI wurde der Antwortprozess so gesteuert, dass die Versuchspersonen zunächst überlegen sollten, ob sie sich in einer Stimmung befinden und, wenn dies der Fall war, einschätzen sollten in welcher Intensität („überhaupt nicht = 0“ bis „maximale Intensität = 6“) diese Stimmung vorlag.

#### 4.10.4 Die Auswertung des BASTI

Die Auswertung erfolgt über das Maß für die Häufigkeit des Erlebens einer Stimmung (Anzahl der Urteile  $> 0$ ) und dem Maß der mittleren Intensität einer Stimmung. Intensitätsurteile werden nur über Urteile größer Null gemittelt. Der Gesamtmittelwert entspricht einer multiplikativen Funktion der beiden Komponenten Häufigkeit des Erlebens einer Stimmung (H) und dem Maß der mittleren Intensität einer Stimmung (I). Aufgrund der Fragestellung in dieser Studie wurden einzelne Subskalen zur Analyse verwendet.

#### 4.10.5 Die Testgütekriterien des BASTI

Validierungsstudien (Schimmack, 1997) zu den BASTI-Skalen zeigten ein kontentvalides Verfahren zur Stimmungsmessung mit guter Inhaltsspezifität. Die Reliabilität ergab eine gute bis zufrieden stellende interne Konsistenz der Skalen (Cronbachs  $\alpha > .75$ ). Die hohe Sensitivität der BASTI-Skalen für situative Kontexte (Variabilitätssensitivität) konnte über Retest-Korrelationen (drei Messzeitpunkte im Abstand von zwei Wochen) nachgewiesen werden (Schimmack, 1997).

#### 4.10.6 Kritik am BASTI

Das BASTI zeichnet sich als kontentvalides Messinstrument aus, welches Stimmungen sowohl auf einem globalen als auch einem spezifischen Niveau erfasst. Zudem ermöglicht es durch sein Antwortformat eine Trennung der Intensitäts- und Häufigkeitskomponente bei Wiederholungsmessungen. Obwohl jede Dimension von nur zwei Items repräsentiert wird, wird eine befriedigende bis gute Messgenauigkeit der Befindensdimensionen erreicht (ebd.).

Zudem liegt der Vorteil von bipolaren Skalen gegenüber unipolaren Skalen in der gegenseitigen Definition der beiden gegensätzlichen Begriffe. Sie erhöhen die Präzision der Urteile und schwächen den Kritikpunkt des „Bias“ durch die Skalierung des BASTI.

Eine eklektische Verfahrensweise innerhalb dieser Untersuchung wird durch die zeitökonomische Anwendbarkeit des BASTI begünstigt. Allerdings kann die siebenstufige Ratingskala des BASTI die ‚zentrale Tendenz‘ in der Befindlichkeitsbeurteilung fördern, was unter anderem zu einer Verzerrung der Iteminterkorrelationen führen kann.

#### 4.10.7 Das Zyklusmodell zur Erfassung der psychometrischen Parameter während der Studie

Das Modell zeigt den Ablauf der Erfassung der beschriebenen psychometrischen Parameter. Die Befragungen wurden täglich nach den Sleep Log Eintragungen (und Naps) im PDA bearbeitet. Eintragungen in das Flight Log wurden ausschließlich an Einsatztagen vorgenommen.

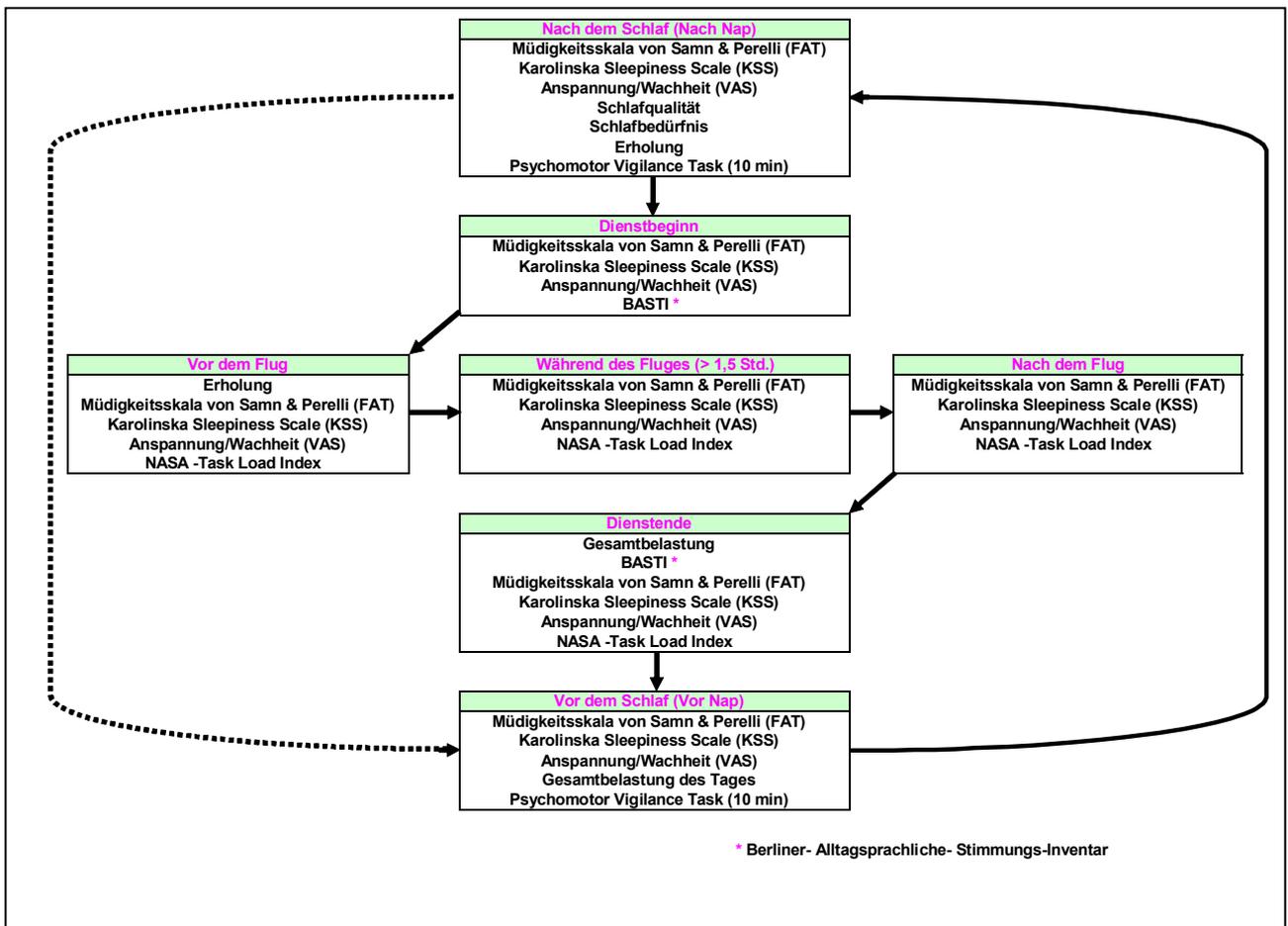


Abbildung 4.10.7: Zyklusmodell der eingesetzten standardisierten Verfahren im Sleep Log und Flight Log (Niederl, 2005).

#### 4.11 Zusätzliche Bearbeitung von Paper-Pencil-Fragebögen während des Studienverlaufs

Die zusätzliche Befragung mit Paper-Pencil-Fragebögen sollte Aufschluss über relevante psychosoziale Randbedingungen wie soziodemographische Daten, physische und psychosoziale Aspekte oder situative Merkmale geben, die bei den täglichen Erhebungen nicht berücksichtigt wurden. Der Einsatz der Fragebögen wurde so gewählt, dass sie zeitökonomisch zu bearbeiten waren. Zur Auswertung und Analyse wurden aus den Fragebögen spezifische Bereiche ausgewählt, die für diese Untersuchung bedeutsam schienen. Im Folgenden werden die für diese Studie ausgewählten Fragebögen erläutert.

##### 4.11.1 Erholungs-Belastungs-Fragebogen (EBF) von Kallus (1995)

Zur Analyse verschiedener Belastungs/Beanspruchungsbereiche sowie Erholungsaktivitäten wurde der Erholungs-Belastungs-Fragebogen (EBF) von Kallus (1995) eingesetzt. Der EBF kann in unterschiedlichen Bereichen wie der Klinischen Psychologie, der Gesundheitspsychologie, der Sportpsychologie und der Arbeitspsychologie angewendet werden und eignet sich zur Mehrfachmessung.

Das Fragebogenverfahren liegt in Teilformen vor (als Langform mit 72 Items und zwei kurzen Parallelformen mit jeweils 24 Items). Im Rahmen dieser Untersuchung wurde die Kurzform, der EBF-24B/3, gewählt.

Der EBF wurde aus der biopsychologischen Grundlagenforschung entwickelt und orientiert sich konzeptionell am transaktionalen Stressmodell, das subjektive Bewertungsprozesse und Bewältigungsverhalten berücksichtigt. Simultan wird mit dem EBF der moderierende Einfluss der Erholung erfasst (Kallus, 1995, S.9). Anders als bei der Stimmungs- bzw. Befindlichkeitsmessung werden Beanspruchung und Erholung als ein zeitlich länger andauernder Prozess gesehen.

#### 4.11.2 Operationalisierung des Belastungs-Beanspruchungskonzepts und der Erholung durch den EBF

Die Autoren lehnen sich in ihrem Konzept eng an das von der Arbeitspsychologie ausgehende Konstrukt Belastung-Beanspruchung an. Die aus einer Belastung intraindividuell hervorgehende Beanspruchungsvulnerabilität erfolgt über die subjektive Bewertung der Belastung. Demnach werden bewertete Belastungen und deren Konsequenzen erfasst. In den Subtestwerten spiegelt sich der Beanspruchungszustand wider. Die Subtestwerte der Beanspruchung werden über sieben Subskalen ermittelt (siehe Tabelle 4.11.2 a).

Tabelle 4.11.2 a: Subskalen der Beanspruchung des EBF.

<b>Subskalen der Beanspruchung</b>		
1 Allgemeine Belastung - Niedergeschlagenheit	BEL-ALLG	Als unspezifische Beanspruchungsreaktion
2 Emotionale Belastung	BEL-EMO	Emotionale Reaktionen wie Ärger, Aggression, Ängste, Hemmungen, Einsamkeit
3 Soziale Spannungen	BEL-SOZ	Soziale Aktivitäten
4 Ungelöste Konflikte - Erfolglosigkeit	KONFL	Leistung/Arbeit
5 Übermüdung - Zeitdruck	UEBMUED	Leistung/Arbeit
5 Energielosigkeit - Unkonzentriertheit	ENLOS	Leistung/Arbeit
6 Körperliche Beschwerden	BEL-SOM	Körperliche Symptome

Für den Bereich Erholung liegen fünf Subskalen vor. Wie die Beanspruchung wird auch die Erholung mit dem EBF mehrdimensional erfasst (siehe Tabelle 4.11.2 b).

Tabelle 4.11.2 b: Subskalen der Erholung des EBF.

<b>Subskalen der Erholung</b>		
3 Erfolg - Leistungsfähigkeit	ERFOLG	Erfolg; Leistungsfähigkeit
2 Erholung im sozialen Bereich	ERH-EMO	Erholung im sozialen Bereich
3 Körperliche Erholung	ERH-SOM	Körperliche Erholung
4 Allgemeine Erholung - Wohlbefinden	ERH-ALLG	Stimmung, Entspannung
5 Erholsamer Schlaf	SCHLAF	Keine Schlafstörungen

Die 24 Items der Subskalen sind jeweils auf einer siebenstufigen Likertskalierung (Antwortstufen: nie – selten – manchmal – mehrmals – oft – sehr oft – immerzu) in ihrer Auftretenshäufigkeit zu beurteilen. Der Fragebogen wurde den Probanden zur wöchentlichen Bearbeitung ausgehändigt.

Aus den Subskalen lässt sich jeweils ein Gesamtscore für Beanspruchung (BEL-G) und Erholung (ERH-G) errechnen. Aufgrund der Kovarianzstruktur zwischen den Subtests für Beanspruchung und Erholung, die weder Linearität noch Symmetrie aufweist, ist von keiner Bipolarität auszugehen. Daher können die beiden Summenscores nicht zusammengefasst werden.

#### 4.11.3 Die Testgütekriterien des EBF

Die Reliabilität auf Basis der Homogenität der Subtests des EBF zeigt gut bis zufrieden stellende innere Konsistenz (Cronbachs  $\alpha \geq .7$ ) (Kallus, 1995). Des Weiteren verfügt der EBF über eine angemessene Retest-Reliabilität und zeigt damit Änderungssensitivität. Als Beleg für die Kriterienvalidität wurde eine hohe Korrelation mit der Eigenschaftswörterliste (EWL) zur Erhebung der aktuellen Befindlichkeit verwendet und als „voll erfüllt“ bewertet (Kallus, 1995, S.31).

#### 4.12 Fragebogen zur Erfassung des Gesundheitsverhaltens (FEG)

Zur Operationalisierung gesundheitsrelevanter Verhaltensweisen und Aspekte der Piloten wurde der Fragebogen zur Erfassung des Gesundheitsverhaltens (FEG) von Dlugosch & Krieger (1995) eingesetzt. Dem FEG liegen Modelle des Gesundheitsverhaltens zugrunde, bei denen kognitive Bewertungen des eigenen Gesundheitsverhaltens und mögliche Änderungsintentionen im Vordergrund stehen (Dlugosch & Krieger, 1995).

Die Wechselwirkungen zwischen den kognitiven Bewertungen des eigenen Gesundheitsverhaltens (Zufriedenheit/erlebte Auswirkungen auf die eigene Gesundheit) und den gesundheitsrelevanten Verhaltensweisen und Aspekten sowie der körperlichen und der psychosozialen Befindlichkeit werden als wesentliche Einflussfaktoren der Änderungsintentionen gesehen.

Auch die Interaktion zwischen der Ergebniserwartung, der eingeschätzten Schwierigkeit der Veränderungen und den Ressourcen und Barrieren wirkt sich auf die Änderungsintentionen als auch auf die tatsächliche Durchführung der angestrebten Veränderungen aus. Empirische Ergebnisse zum Gesundheitsverhalten zeigen Untersuchungen von Mechanic und Cleary (1980), die einen signifikanten Zusammenhang zwischen psychosozialen Belastungen und Risikoverhaltensweisen aufweisen (Alkoholkonsum, Rauchen, Sicherheitsgurte nicht benutzen, mangelnde Bewegung).

Demnach können Änderungswünsche im Verhalten vorliegen, die aufgrund äußerer Rahmenbedingungen schlecht oder gar nicht umsetzbar sind. So können beispielsweise Änderungsintentionen durch Arbeitsbedingungen (Bewegungsmangel durch langes Sitzen im Cockpit; schlechte Ernährung während der Flugdienste; usw.) nur bedingt oder gar nicht erfüllt werden. Im Rahmen dieser Untersuchung wurde der FEG eingesetzt, um diagnostisch Verhalten und Änderungsintentionen im Arbeitsumfeld Cockpit zu erfassen und zugleich für den Flugbetrieb Empfehlungen zu entwickeln. Der FEG wurde den Probanden zur Bearbeitung ein Mal vorgelegt.

#### 4.12.1 Der Aufbau des FEG

Der Fragebogen zur Erfassung des Gesundheitsverhaltens beinhaltet acht Bereiche, die in *gesundheitsförderlichen bzw. gesundheitsbeeinträchtigenden Verhaltensweisen* und in *gesundheitsrelevanten Aspekte* unterteilt werden.

Die *gesundheitsförderlichen bzw. gesundheitsbeeinträchtigenden Verhaltensweisen* werden über folgende Bereiche erhoben:

- Ernährung
- Bewegung
- Alkohol
- Rauchen
- Medikamente
- Schlaf

Die *gesundheitsrelevanten Aspekte* werden über die Bereiche

- Schlaf
- Wohlbefinden/Probleme und
- Umgang mit Gesundheit und Krankheit erfasst.

#### 4.12.2 Die Auswertung des FEG

Für diese Untersuchung wurden entsprechend dem diagnostischen Hintergrund ausschließlich die Bereiche Lebenszufriedenheit, Wohlbefinden/Probleme, Ernährung und Bewegung zur Auswertung herangezogen.

❖ Das *Allgemeine Wohlbefinden*, das sich aus den Bereichen ‚Lebenszufriedenheit‘ und ‚Wohlbefinden‘ zusammensetzt, besteht aus zwei Items mit einer 7-stufigen Antwortskalierung von „-3 = äußerst unzufrieden; sehr unwohl“ bis „3 = äußerst zufrieden; sehr wohl“:

- Das Item zur Erfassung der *Lebenszufriedenheit* („Wie zufrieden sind Sie im Allgemeinen mit Ihrem Leben?“)
- Das Item zur Erfassung des *augenblicklichen Wohlbefindens* („Wie schätzen Sie Ihr augenblickliches Wohlbefinden ein?“)

Sowie zwei Skalen, die sich aus den Bereichen Wohlbefinden und Probleme zusammensetzen:

- der Skala *Wohlbefinden* (WOHLB) die sich aus 7 Items mit einer Skalierung von 0 = „trifft nicht zu“ bis 5 = „sehr“ zusammensetzt. Folgende Bereiche werden dahingehend beurteilt, inwieweit sie zur Zufriedenheit und zum Wohlbefinden beitragen:

1. Arbeit/Beruf
2. Ehe/Partnerschaft
3. Familie/Kinder
4. Freunde, Bekannte
5. Freizeit
6. Finanzielle Situation
7. Wohnsituation

- der Skala *Probleme* (PROBL), deren Summenscore aus 8 Items gebildet wird, die auf einer Skala von „0 = trifft nicht zu“ bis „5 = trifft sehr zu“ eingeschätzt werden. Beurteilt wird in welchen der folgenden Bereiche es Schwierigkeiten oder Probleme gibt:

1. Arbeit/Beruf
2. Ehe/Partnerschaft
3. Familie/Kinder
4. Gesundheitszustand
5. Freunde, Bekannte
6. Freizeit
7. Finanzielle Situation
8. Wohnsituation

❖ Der Bereich ‚Ernährung‘ und ‚Bewegung‘ setzt sich aus Items zu Änderungsintentionen zur Ernährung und Bewegung zusammen.

- Die Subskala ‚Ernährung‘ besteht aus 6 Items mit einer Likert-Skalierung von „1=trifft nicht zu“ bis „5=trifft genau zu“. Beurteilt werden folgende Fragen:

Ich möchte gerne:

- weniger essen
- regelmäßiger essen
- weniger zwischendurch essen
- mir mehr Zeit für die Mahlzeiten nehmen
- gesünder essen
- abnehmen

- Die Subskala *Bewegung* besteht aus 2 Items mit einer Likert-Skalierung von „1=trifft nicht zu“ bis „5=trifft genau zu“. Beurteilt werden folgende Fragen:

Ich möchte gerne:

- mich in meinem Alltag mehr bewegen
- regelmäßiger Sport ausüben

#### 4.12.3 Die Testgütekriterien des FEG

Das standardisierte Verfahren wurde an einer breiten Stichprobe (N= 1019) auf Reliabilität und Validität überprüft und entspricht den testtheoretischen Ansprüchen. Die Reliabilität wurde über 2 Messzeitpunkte (4-5 Monate) an einer Stichprobe von insgesamt 172 Probanden getestet. Die Höhe der Korrelation hängt von der Stabilität des erfassten Konstrukts ab (Dlugosch & Krieger, 1995). Validiert wurde der FEG anhand unterschiedlicher Verfahren wie dem Mehrdimensionalen Befindlichkeitsfragebogen (MDBF; Steyer, Schwenkmezger, Notz & Eid, 1995), der Freiburger Beschwerdeliste (FBL; Fahrenberg, 1975) und dem Profile of Mood States (POMS; Bullinger, Heinisch, Ludwig & Geier, 1990).

#### 4.13 Fragebogen zum Gesundheitszustand (SF-12)

##### 4.13.1 Theoretische Grundlagen der Entwicklung des Fragebogen zum Gesundheitszustand (SF-12)

Zur Analyse der psychischen und physischen Gesundheit der Versuchsteilnehmer wurde der Fragebogen zum Gesundheitszustand (SF-12) von Bullinger und Kirchberger (1998) eingesetzt. Bei diesem Fragebogen handelt es sich um die Kurzfassung der deutschen Version des Short-Form Health Survey (MOS-SF-36) von Ware & Sherbourne (1992).

Die durch den Fragebogen erfasste ‚gesundheitsbezogene Lebensqualität‘ ist mit subjektiven Gesundheitsindikatoren gleichzusetzen und bezeichnet ein multidimensionales psychologisches Konstrukt, das durch die Komponenten psychisches Befinden, körperliche Verfassung, soziale Beziehungen und die funktionale Kompetenz der Befragten zu operationalisieren ist (Bullinger & Kirchberger, 1998).

##### 4.13.2 Der Aufbau des SF-12

Der SF-12 ist als multidimensionales Messinstrument angelegt, das zu 8 Bereichen des Erlebens und Verhaltens Auskunft gibt. Zusätzlich lassen sich mit den SF-12 Subskalen zwei Summenscores zur körperlichen und zur psychischen Gesundheit ermitteln (siehe Abbildung 4.13.2).

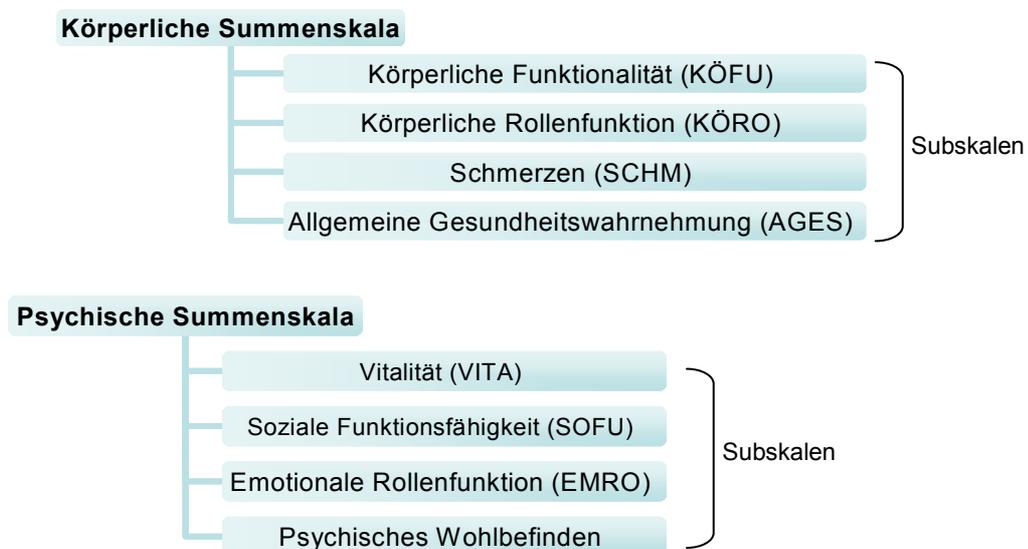


Abbildung 4.13.2: Acht Subskalen der zwei Summenskalen (Körperliche und Psychische Summenskala) des SF-12 Fragebogen von Bullinger und Kirchberger (1999).

#### 4.13.3 Die Skalierung der Items

Die 12 Items liegen als Antwortformat sowohl dichotomisiert als auch Likert-skaliert vor. Die Likert-skalierten Antwortkategorien weisen dreistufige (1=“stark eingeschränkt bis 3 = “überhaupt nicht eingeschränkt“) und fünfstufige Skalierungen („1 = ausgezeichnet“ bis „5 = schlecht“) auf.

#### 4.13.4 Die Auswertung des SF-12

Die Auswertung der Subskalen und der zwei Summenskalen ‚Körperliche Summenskala‘ und ‚Psychische Summenskala‘ erfolgt über die Addition der Itembeantwortung einer jeden Skala. Für einige Skalen werden Gewichtungen mit Gewichten der deutschen Normstichprobe des SF-12 (N = 2914) einbezogen. Eine Transformation der Werte zwischen 0 und 100 ermöglicht eine Vergleichbarkeit der Skalen miteinander und mit verschiedenen Gruppen (Bullinger & Kirchberger, 1998, S. 9).

Die Auswertung der körperlichen und psychischen Summenskala des SF-12 erfolgt in folgenden Schritten:

Nach der Umkodierung der Items (Item 1, 8, 9, 10) und der Berechnung der fehlenden Werte durch Interpolation wird für jede Skala ein Rohwert berechnet. Ein hoher Wert bedeutet sehr gut bis ausgezeichnet, d.h. ein hoher Itemwert zeigt eine positive Einschätzung der Gesundheit (z.B. hoher Wert in der ‚Schmerzskala‘ bedeutet Schmerzfreiheit) an.

Anschließend werden Indikator-Variablen (Dummy-Variablen) für die Antwortkategorien jedes Items gebildet, unter der Verwendung der Regressionskoeffizienten aus der Normstichprobe gewichtet und aggregiert. Daraus ergeben sich die Werte der zwei Summenskalen ‚Körperliche Summenskala‘ und ‚Psychische Summenskala‘.

#### 4.13.5 Die Bearbeitung des SF-12 während der Studie

Den Probanden wurde der SF-12-Fragebogen drei Mal, zu Studienbeginn und im weiteren Verlauf alle vier Wochen, zur Bearbeitung vorgelegt (siehe Abbildung 4). Im Hinblick auf eine zeitökonomische Bearbeitung wurde die Kurzform gewählt.

Die Bearbeitungszeit des SF-12 dauerte durchschnittlich nicht länger als zwei Minuten. Eine Parallelfom des SF-12 liegt nicht vor, da davon ausgegangen wird, dass sich die Schwankung der subjektiven Befindlichkeit in Abhängigkeit vom aktuellen Zustand ändert und eine Parallelfom die Veränderungen der Befindlichkeit nicht adäquat repräsentieren würde.

#### 4.13.6 Die Testgütekriterien des SF-12

Die psychometrische Prüfung basiert auf acht Studienpopulationen und beinhaltet Analysen zur Reliabilität, Validität und Responsivität (Bullinger & Kirchberger, 1998). Die Überprüfung der konvergenten Validität erfolgte mit dem Nottingham Health Profile (NHP) und ergab hohe Korrelationen zwischen inhaltlich gleichen Subskalen des SF-36 ( $r \geq .6$ ). Die Retest-Reliabilität erwies sich bei der deutschen Kurzversion als zufrieden stellend. Die diskriminative Validität wurde sowohl in amerikanischen als auch deutschen Studien evaluiert. Weiterhin wurden die Ergebnisse der Summenskalen des SF-12 für die amerikanische Normstichprobe und Subgruppen aus der deutschen Population getrennt nach Alter und Geschlecht verglichen, so dass bevölkerungsrepräsentative Normwerte vorliegen.

#### 4.13.7 Kritik am SF-12

Der SF-12 gilt als psychometrisch zufrieden stellendes Verfahren zur Erfassung der gesundheitsbezogenen Lebensqualität. Zu kritisieren ist allerdings, dass zwar die Einschränkungen der Lebensqualität erfasst werden aber nicht die Wichtigkeit dieser Einschränkung. Weitere Probleme bestehen in der Erfassung der ‚sozialen Funktionstüchtigkeit‘, die mit 2 Items unterrepräsentiert ist. Beide Kritikpunkte sind für diese Untersuchung irrelevant, da aufgrund der regelmäßigen flugmedizinischen Untersuchungen der Piloten keine Unterschiede in den beiden Summenskalen zu erwarten waren.

#### 4.14 Die Operationalisierung des Chronotyps

Einfluss auf das Schlafverhalten nehmen u.a. das Alter, die Lebensgewohnheiten und die Persönlichkeit des Menschen (Taillard et al., 1999; Taillard et al., 2003). Der Chronotyp beeinflusst durch seine individuelle zirkadiane Phasenlage und damit als ein langfristig stabiles Persönlichkeitsmerkmal die Anpassung an den natürlichen Tag/Nacht-Rhythmus und an die Schichtarbeitstoleranz (Griefahn,

2002; Taillard et al., 2003). Daher wurde der Chronotyp als Kriterium in die Evaluation des Schlafverhaltens einbezogen und als Moderator bei der Auswertung der subjektiven Müdigkeit berücksichtigt.

Hierzu wurde die deutsche Fassung des Morningness-Eveningness - Questionnaire von Horne und Östberg (1976), der Fragebogen zum Chronotyp (D-MEQ) von Griefahn (2001) eingesetzt (siehe Anhang 2). Der D-MEQ ist darauf abgestimmt, die zirkadiane Phasenlage von Probanden zu bestimmen (Morgen- versus Abendtyp) und wurde einmalig zur Bearbeitung an die Piloten vergeben (siehe Abbildung 4).

#### 4.14.1 Die Auswertung des D-MEQ

Der D-MEQ enthält Items, die auf einer Selbsteinschätzung mit unterschiedlichen Antwortskalierungen beruhen (siehe Anhang 2). Die Items beziehen sich auf Aspekte wie Zubettgehzeiten und Aufstehzeiten. Die Beurteilung der Items sollte im Hinblick auf das eigene Wohlbefinden also ohne Fremdbestimmungsfaktoren, wie Arbeitszeiten, sozialen Verpflichtungen, etc. erfolgen.

Der Summenscore der Items ergibt schließlich einen Morgen-, oder Abendtyp mit unterschiedlichem Ausprägungsgrad. In Tabelle 4.1 sind diese Ausprägungen zum Chronotyp dargestellt.

Tabelle 4.1. Ausprägungen des Chronotyps nach Griefahn, 2002.

<b>Summenscore</b>	<b>Chronotyp</b>
> 69	definierter Morgentyp (stark ausgeprägter Morgentyp)
59 - 69	moderater Morgentyp (schwach ausgeprägter Morgentyp)
42 - 58	Neutraltyp (indifferenter Typ)
31 - 41	moderater Abendtyp schwach ausgeprägter Abendtyp
< 31	definierter Abendtyp (stark ausgeprägter Abendtyp)

#### 4.14.2 Die Testgütekriterien des D-MEQ

Die Validität des D-MEQ wurde an einer Normstichprobe (207 Frauen und 170 Männer) getrennt nach Geschlecht und Alter überprüft. Die Retest-Reliabilität (2 Messungen im Abstand von 7 bis 12 Wochen) des D-MEQ erbrachte einen hoch signifikanten Korrelationskoeffizienten von  $> .95$  (Griefahn, 2001).

#### 4.15 Befragung mit dem ‚Allgemeinen Fragebogen‘

Bei dem *Allgemeinen Fragebogen* handelt es sich um ein nicht-standardisiertes und validiertes Instrument, das hauptsächlich zur Erhebung wesentlicher situativer Merkmale und konkreter Fragestellungen zum Flugbetrieb und Flugdienst (z.B. Zufriedenheit mit den Arbeitszeiten) dient.

Mit dem *Allgemeinen Fragebogen* konnten Informationen beispielsweise zu den Vorstellungen der Dienstplanung, der Freizeitgestaltung an Offtagen, an Layovertagen oder an Dienstagen entweder zu Hause oder im Hotel gewonnen werden. Zudem wurden relevante Faktoren wie zum Beispiel die Arbeitszufriedenheit mit erfasst. Die Bewertung der subjektiven Leistungsbeeinflussung durch unterschiedliche Schichtsysteme wurde gleichfalls in die Auswertung mit aufgenommen. Der Fragebogen wurde den Versuchsteilnehmern am Ende des Studienverlaufs zur Bearbeitung ausgehändigt (siehe Abbildung 4). Die subjektive Einschätzung der Leistungsbeeinflussung bei unterschiedlichen Schichtarbeitsystemen erfolgt über eine fünf – Punkte – Likertskalierung von „1 = wirkt sich nicht stark aus“ bis „5 = wirkt sich sehr stark aus“ (siehe Tabelle 4.15 und Anhang 1).

Tabelle 4.15: Fragen aus dem Allgemeinen Fragebogen zur Leistungsbeeinflussung durch unterschiedliche Schichtsysteme.

<b>Item 1</b>	Leistungsbeeinflussung bei sehr frühem Aufstehen zum Dienst 1 = "wirkt sich nicht stark aus" bis 5 = "wirkt sich sehr stark aus"
<b>Item 2</b>	Leistungsbeeinflussung bei Flugdienst bis weit in die Abendstunden 1 = "wirkt sich nicht stark aus" bis 5 = "wirkt sich sehr stark aus"
<b>Item 3</b>	Leistungsbeeinflussung bei Flugdienst überwiegend in den Abendstunden 1 = "wirkt sich nicht stark aus" bis 5 = "wirkt sich sehr stark aus"
<b>Item 4</b>	Leistungsbeeinflussung bei häufig wechselnden Dienstzeiten 1 = "wirkt sich nicht stark aus" bis 5 = "wirkt sich sehr stark aus"

## 5 Fragestellung der Studie

Die Fragestellungen der Studie zu kumulativen psychischen und physiologischen Effekten des fliegenden Personals auf der Kurzstrecke beziehen sich nicht ausschließlich auf mögliche kumulativ wirksame Effekte und deren Bedeutung für die Müdigkeit sowie Arbeitsbelastung der Cockpitbesatzungsmitglieder, sondern berücksichtigen auch akute Effekte von Belastungs- und Ermüdungserscheinungen während Flugdiensten.

Neben den kumulativen sowie akuten Belastungs- und Müdigkeitseffekten sollen auch Hinweise für deren Auswirkung auf die Leistungsfähigkeit der Piloten gefunden werden. Damit verbunden ist die empirische Bewährung der aus den theoretisch fundierten Modellen abgeleiteten Zusammenhänge zur Ermüdung, Belastung und Leistungsfähigkeit von Cockpitbesatzungsmitgliedern. Die Einbeziehung theoretisch begründeter und empirisch relevanter Mediator- und Moderatoreffekte<sup>5</sup> (z.B. Alter; Chronotyp; der Rang eines Piloten; ‚Pilot flying‘ (PF) versus ‚Pilot non flying‘ (PNF)) lässt eine verbesserte Varianzaufklärung der psychologischen Indikatoren erwarten.

Zudem werden aus den Paper-Pencil-Fragebögen, die von den Piloten zusätzlich bearbeitet wurden, die Aspekte und soziodemographischen Daten herausgegriffen, die für die Untersuchung von Interesse sind und sich aus den Erkenntnissen der Flugpsychologie und -medizin auf die Wahrnehmung und Beurteilung „mediatorisch“ auswirken. Dabei werden folgende Parameter berücksichtigt:

- Flugrelevante Daten wie Gesamtflugstunden, Blockstunden, Leganzahl und Flugdienstdauer (Allgemeiner Fragebogen; Flight Log)
- Länge der Betriebszugehörigkeit
- Familienstatus
- Gesundheitsverhalten (Bewegung, Ernährung) (FEG)
- Augenblickliches Wohlbefinden (FEG)

---

<sup>5</sup> Moderatoreffekt: Ein Moderatoreffekt besteht, wenn die Beziehung zwischen zwei Variablen von der Ausprägung einer moderierenden Variable (Moderatorvariable) abhängt. Dementsprechend klärt die Moderatorvariable, unter welchen Bedingungen ein bestimmter Effekt zustande kommt. Mediatoreffekt: Eine Mediation liegt vor, wenn eine starke Korrelation zwischen einem Prädiktor (abhängige Variable) und einem Kriterium (unabhängige Variable) durch eine medierende („vermittelnde“) Variable (Mediatorvariable) hervorgerufen wird.

- Lebenszufriedenheit (FEG)
- psychische und physische Gesundheit (SF-12-Fragebogen von Bullinger & Kirchberger, 1998)
- Arbeitszufriedenheit (Allgemeiner Fragebogen).

Der Stand der wissenschaftlichen Literatur zeigt, dass die Belastung/Beanspruchung als auch Ermüdungserscheinungen durch eine Arbeitstätigkeit und deren Auswirkungen auf die Leistungsfähigkeit sowohl über kurze als auch längere Zeitintervalle zu betrachten sind. Deshalb werden Unterschiedshypothesen zu den Veränderungen von müdigkeitsbezogenen Prozessen und der Belastung/Beanspruchung durch die fliegerische Tätigkeit und der Leistungsfähigkeit als auch der Erholung und der Befindlichkeit sowohl im intraindividuellen als auch im interindividuellen Vergleich auf 3 Ebenen formuliert:

- 1) Auf der spezifischen Ebene, die Veränderungen im Schlaf-Wach-Verhalten, der Tages- und Morgenmüdigkeit die Dienstart (Flugdienst versus Offtag versus Layover) selbst und durch unregelmäßige und/oder lange Arbeitszeiten während des Flugdienstes aufzeigt.
- 2) Auf der Makroebene, die kumulative Effekte auf die abhängigen Variablen über den gesamten Messzeitraum von 56 Tagen betrachtet.
- 3) Auf der Mikroebene (=In-Flight), die akute Effekte auf die abhängigen Variablen innerhalb von Flugdiensttagen und von Flugabschnitten (Legs) berücksichtigt. Zudem werden Veränderungen in der Leistung der PVT, der Gesamtbelastung und Müdigkeit durch die Flugdienstzeit betrachtet (time-on-task Effekt).

Darüber hinaus wird über Zusammenhangshypothesen die Bedeutung von psychologischen und soziodemographischen Merkmalen für die psychologischen Stressreaktionen beurteilt.

## 5.1 Hypothesen zu den Auswirkungen arbeitsbezogener Belastungsfaktoren der Cockpitbesatzung auf der Kurzstrecke

### 5.1.1 Hypothesen für die spezifische Ebene

Untersucht wird die Wirkung von Flugeinsätzen und der Flugdienstdauer versus freier Tage (Offtage) auf das Schlaf-Wach-Verhalten (globale Schlafparameter), auf die Morgen- und Tagesmüdigkeit, auf die schlafassoziierten Parameter sowie auf die Leistungsfähigkeit. Die Hypothesen werden aus den Erkenntnissen von Schlafdeprivationsstudien sowie aus den Aussagen verschiedener empirischer Studien über die Auswirkungen von Schichtarbeit abgeleitet.

- Das Schlaf-Wach-Verhalten (Einschlafzeit; Aufwachzeit; Gesamtschlafdauer; Zeit im Bett) verändert sich durch die Dienstart (Flugdienst versus Offtag versus Layover).
  - Die Schlafdauer verkürzt sich an Flugdiensttagen (insbesondere an einem Layover).
  - Die Piloten schlafen nach Flugdiensttagen eher ein (insbesondere an einem Layover).
  - Die Piloten erwachen an Flugdiensttagen früher (insbesondere an einem Layover).
  - Die Piloten verbringen an Flugdiensttagen weniger Zeit im Bett (insbesondere an einem Layover).
  
- Das Schlaf-Wach-Verhalten (Einschlafzeit; Aufwachzeit; Gesamtschlafdauer; Zeit im Bett) verändert sich durch den Dienstort (Flugdienst zu Hause versus Flugdienst mit overnight).
  - Die Schlafdauer verkürzt sich an Flugdiensttagen mit overnight.
  - Die Piloten schlafen nach Flugdiensttagen mit overnight eher ein.
  - Die Piloten erwachen an Flugdiensttagen mit overnight früher.
  - Die Piloten verbringen an Flugdiensttagen mit overnight weniger Zeit im Bett.

- Die schlafassoziierten Parameter (Schlafqualität; Schlafbedürfnis; Erholung) verändern sich durch die Flugdienststart (Flugdienst versus Offtag):
  - Das Schlafbedürfnis nimmt nach Flugdiensttagen zu.
  - Die Erholung nimmt nach Flugdiensttagen ab und die Schlafqualität nimmt durch wachsenden Schlafdruck zu.
  - Die Morgen- und Tagesmüdigkeit ist, im Gegensatz zu Offtagen, nach Flugdiensttagen erhöht.

### 5.1.2 Hypothesen für die Makroebene

Um zu Aussagen über den Verlauf der Ermüdung, Belastung/Beanspruchung und Leistung zu kommen, wird im intraindividuellen Vergleich überprüft, ob sich die Messwerte über einen bestimmten Messzeitraum verändern und sich von verschiedenen Messzeitpunkten unterscheiden.

Hierfür werden folgende gerichtete Hypothesen aufgestellt:

- Die Leistung in der PVT verschlechtert sich über den Zeitraum von 56 Tagen.
- Die Müdigkeit nimmt über den Zeitraum von 56 Tagen zu.
- Die Gesamtbelastung nimmt über den Zeitraum von 56 Tagen zu.
- Die schlafassoziierten Parameter verändern sich über den Zeitraum von 56 Tagen:
  - Die Erholung und die Schlafqualität nehmen ab.
  - Das Schlafbedürfnis nimmt zu.

### 5.1.3 Hypothesen für die Mikroebene

Für den Vergleich der Messergebnisse der Ermüdung, Belastung/Beanspruchung, der Befindlichkeit (Stimmung), der Erholung und der Leistungsfähigkeit durch den Einfluss der fliegerischen Tätigkeit werden Hypothesen aufgestellt, die einen gerichteten Unterschied zwischen der Flugdienstdauer und der Leganzahl annehmen. Dabei liegen hier die Annahmen zur Belastung und Beanspruchung nicht im klassischen Belastungs-Beanspruchungs-Konzept, sondern in den theoretischen Erkenntnissen aus der mental workload-Forschung begründet (Manzey, 1998; Pfendler & Grandt, 2000; Staveland & Hart, 1988). Die Ermüdung wird hier unter dem arbeitspsychologischen Aspekt der psychischen Ermüdung

gesehen (Kleinbeck & Rutenfranz, 1987). Die Annahmen zum time-on-task Effekt beziehen sich sowohl auf nach dem Flugdienst als auch während des Flugdienstes.

Die Hypothesen beziehen sich auf akute Leistungsveränderungen in der PVT:

- Die abendliche Leistung in der PVT nimmt mit der Länge der Flugdienstdauer und in Abhängigkeit von der Aufwachzeit ab.
- Die morgendliche Leistung in der PVT wird durch die Dienstart und dem time- since-sleep Effekt beeinflusst.

Die folgenden Hypothesen beziehen sich auf akute Veränderungen in der Ermüdung, Gesamtbelastung, mentalen Beanspruchung, Erholung und Stimmung während und kurz nach Flugeinsätzen (=In-Flight):

- Die Ermüdung nimmt in Abhängigkeit von der Anzahl der Flugabschnitte (Legs) zu und die Erholung ab.
- Die workload nimmt in Abhängigkeit von der Anzahl der Flugabschnitte (Legs) zu.
- Die Ermüdung nimmt in Abhängigkeit von der Flugdienstlänge zu.
- Die workload nimmt in Abhängigkeit von der Flugdienstlänge zu.
- Die Stimmung nimmt im Vergleich zum Dienstbeginn nach Dienstende ab.
- Die NASA-TLX Subskalen unterscheiden sich zwischen Dienstbeginn und Dienstende.

## 5.2 Zusammenhangshypothesen moderierender und mediierender Variablen

In einer weiteren Fragestellung wird der Zusammenhang zwischen müdigkeits- und schläfrigkeitbezogenen Prozessen untersucht, der in der Literatur zu kontroversen Diskussionen geführt hat, da einerseits von unterschiedlichen psychologischen Zuständen (Weeß, 1998) und andererseits von hohen Zusammenhängen ausgegangen wird (Samel & Wegmann, 1997a, 1997b).

Zudem zeigen Persönlichkeitsmerkmale wie der Chronotyp moderierenden Einfluss auf das Schlaf-Wach-Verhalten (Griefahn, 2001). Auch Mediatorvariablen wird eine auf diese Zusammenhänge einflussnehmende Wirkung zugeordnet.

In der vorliegenden Arbeit werden folgende einseitig gerichtete Zusammenhangshypothesen aufgestellt, die die Bedeutung von psychologischen und soziodemographischen Merkmalen für die psychologischen Stressreaktionen aus der kognitiven Stresstheorie hervorheben:

- Zusammenhänge zwischen den globalen Schlafparametern, schlafassoziierten Parametern sowie der PVT und dem Chronotyp eines Probanden.  
Morgentypen gehen früher Schlafen als Abendtypen.  
Morgentypen sind morgens leistungsaktiver als Abendtypen.
- Zusammenhänge zwischen dem Alter und den Leistungsparametern der PVT.
- Zusammenhänge zwischen den globalen Schlafparametern ‚Aufwachzeit‘ und ‚Gesamtschlafdauer‘ und den schlafassoziierten Parametern, der Morgenmüdigkeit sowie der Leistungsparameter in der PVT.
- Zusammenhänge zwischen der subjektiven Müdigkeit und Schläfrigkeit
- Zusammenhänge zwischen dem psychophysiologischen Aktimetrie und der subjektiven Einschätzung der globalen Schlafparameter.

## 6 Statistische Verfahren

Zur statistischen Auswertung der Daten wurde das Statistikpaket SPSS Version 11.5 mit dem Zusatzmodul advanced model verwendet. Die Darstellung der Diagramme erfolgt, neben dem Diagrammtool von SPSS, hauptsächlich durch MS Excel für Windows XP, Version 7.0.

In Kapitel 7 wird zunächst die Pilotenstichprobe der Boeing 737 Flotte der Deutschen Lufthansa demographisch dargestellt. Dabei werden relevante Aspekte, die für die Untersuchung bedeutsam sind, mit berücksichtigt (z.B. Auswertungen aus dem Allgemeinen Fragebogen zu 'fit for duty'; Belastung durch Verspätungen). Zudem wird die Verteilung der Flugdiensttage und Offtage sowie die während des Studienverlaufs geflogenen Flugdienstzeiten, Blockstunden und Legs deskriptiv analysiert. Die Darstellung der Häufigkeitsverteilung der Flugdienst- und Offtage, der Flugdienstzeiten, Blockstunden und Legs gibt Aufschluss über die minimale und maximale Anzahl von Flugdienst- und Offtagen sowie von Flugdienst- und Blockzeiten als auch von der minimalen und maximalen Leganzahl der Piloten während der Studie.

In Kapitel 8 und 9 werden die aus den täglichen Eintragungen in das Sleep Log durch den Pocket PC erfassten Daten (subjektive Müdigkeit/Schläfrigkeit, schlafassoziierte Parameter, Belastung, Erholung, globale Schlafparameter, die objektiven Leistungsmaße der PVT) deskriptiv getrennt nach morgendlichen und abendlichen Eintragungen und je nach Fragestellung inferenzstatistisch mit der für das jeweilige Skalenniveau entsprechenden statistischen Methode und nach Überprüfung auf Normalverteilung der abhängigen Variablen (mit dem KS-Test), mittels nonparametrischer oder parametrischer inferenzstatistischer Verfahren ausgewertet. Ob bei der abhängigen Variable von einer Normalverteilung ausgegangen werden kann, wird jeweils vor der Ergebnisdarstellung erwähnt. Bei der Auswertung werden sowohl kumulative als auch akute Effekte berücksichtigt.

In Kapitel 10 werden die Daten aus dem Flight Log, das an Einsatztagen zu bearbeiten war, herangezogen und wie beim Sleep Log (Kapitel 8 und 9) sowohl deskriptiv als auch inferenzstatistisch je nach hypothetischer Formulierung mit dem jeweils geeigneten statistischen Verfahren auf Effekte der Flugdienstdauer und der Leganzahl auf die Müdigkeit und die Arbeitsbeanspruchung (NASA-TLX) sowie auf die Erholung und Befindlichkeit überprüft.

In Kapitel 11 werden die Daten aus den Angaben der zusätzlich bearbeiteten Paper-Pencil-Fragebögen deskriptiv (teilweise im Vergleich mit der Normstichprobe des jeweiligen psychometrischen Verfahrens) dargestellt und inferenzstatistisch ausgewertet.

Generell gibt die deskriptive Untersuchung der Daten zunächst Hinweise auf die statistischen Kennwerte (Maße der zentralen Tendenz, Dispersionsmaße Verteilungskennwerte). Die Überprüfung auf eine hinreichende Normalverteilung der Daten wird mit dem Kolmogorov-Smirnov-Anpassungstest (KS-Test) vorgenommen.

Zur Überprüfung von Mittelwertsunterschieden zwischen der Baseline und dem sich verändernden Verlauf unterschiedlicher Variablen (Belastung, Müdigkeit, PVT) werden inferenzstatistische Verfahren wie t-Tests für verbundene Stichproben und bei unzureichender Normalverteilung der Variablen der Wilcoxon-Tests durchgeführt. Paarvergleiche ohne Messwiederholung werden mit dem Mann-Whitney-U-Test als nichtparametrisches Verfahren bei nicht normalverteilten Daten verwendet. Zur Erfassung kumulativer Effekte der subjektiven Müdigkeit, Belastung und der objektiven Leistungsfähigkeit wird als Studiendesign ein ‚Misch-Design‘ angewendet, das sowohl zwischen den Gruppen (‚between-groups‘-Design) als auch innerhalb der Gruppen (‚within-groups‘-Design) auf Mittelwertsunterschiede prüft. Mit bivariaten Korrelationen werden die Zusammenhänge zweier Variablen überprüft. Bei unzureichender Normalverteilung der Daten wird der Korrelationskoeffizient von Spearman berechnet und, je nach Fragestellung, einseitig oder zweiseitig gerichtet getestet. Die Wertebereiche des Korrelationskoeffizienten  $[-1 \leq r \leq +1]$  werden nach der Einteilung von Bortz (1993) entsprechend der Enge des linearen Zusammenhangs zwischen zwei Merkmalen in keinen ( $r = 0$ ), sehr schwachen ( $0 < r < .2$ ), schwachen ( $.2 < r < .4$ ), mittleren ( $.4 < r < .6$ ), starken ( $.6 < r < .8$ ), sehr starken ( $.8 < r < 1$ ) und perfekten ( $r = +1$  oder  $r = -1$ ) linearen Zusammenhang eingeteilt.

Inferenzstatistische Verfahren ohne und mit Messwiederholung wie ANOVA (einfaktoriell; mehrfaktoriell), UNIANOVA (univariat), MANOVA (multivariate Varianzanalyse) und ANCOVA (Kovarianzanalyse (Korrelationen der Kontrollvariablen mit den UVn)) werden zur Analyse der statistischen Signifikanz von Unterschieden in den abhängigen Variablen unter Berücksichtigung unterschiedlicher Faktoren („feste Effekte“) und Kovariablen (Moderator-/Mediatorvariablen) angewendet. Gegenüber t-Tests hat die einfaktorielle Varianzanalyse den Vorteil, dass diese ohne  $\alpha$  - Fehlerkumulierung die Mittelwerte verschiedener Gruppen gleichzeitig miteinander vergleichen kann. Darüber hinaus können in der mehrfaktoriellen Varianzanalyse die Mittelwerte verschiedener Gruppen, die sich aus der Kombination aller unabhängigen Faktoren ergeben, in die Analyse einbezogen werden. Zudem können neben den einfachen Haupteffekten auch Interaktionen (Wechselwirkungen) bestimmt werden.

Die Mediation einer Variable wurde zuvor nach gegebenen Richtlinien überprüft (Korrelation der Mediatorvariablen mit der abhängigen Variablen; statistische Signifikanz der Mediatorvariable mit der abhängigen Variable). Für das Gesamtmodell wird als Prüfgröße bei den multivariaten Modellen der Pillai-Spur als robuster Test gegen Ausreißer wiedergegeben. Effekte, die sich im multivariaten Modell als insignifikant erweisen, werden im Zwischensubjektmodell nicht weiter angegeben.

Ob im univariaten und multivariaten Varianzmodell ohne Messwiederholung die Voraussetzungen gegeben sind, wird vor der Ergebnisdarstellung erwähnt. Als wichtigste Annahme, die sowohl für die einfaktorielle als auch bei der mehrfaktoriellen Varianzanalyse gilt, ist die Intervallskalenqualität der abhängigen Variablen. Neben der Überprüfung auf Normalverteilung der abhängigen Variablen wird zudem die Überprüfung auf Varianzhomogenität der abhängigen Variablen (Levene-Test) und darüber hinaus, für multivariate Analysen, auf Gleichheit der Kovarianzmatrixen (Box-Test) vorgenommen. Sollte die Bedingung der Gleichheit der Fehlervarianz nicht erfüllt sein, wird nach Empfehlung von Bortz (1993), das Signifikanzniveau von  $p = .05$  auf  $p = .01$  gesetzt. Die Varianzanalyse wird bei multivariaten und multifaktoriellen Analysen den nonparametrischen Verfahren trotz Voraussetzungsverletzungen grundsätzlich vorgezogen, da die

Varianzanalyse gegenüber den Verletzungen sehr robust ist und eine  $\alpha$  - Fehlerkumulierung vermieden wird. Zudem wird das  $\alpha$  - Signifikanzniveau bei Voraussetzungsverletzungen angehoben.

Bei Analysen mit Messwiederholung wird zuvor die Überprüfung der Voraussetzungen der Varianzanalyse mit wiederholter Messung durchgeführt und ebenso vor der Ergebnisdarstellung erwähnt. Beim univariaten Ansatz wird zur Überprüfung der Sphärizität (= Zirkularitätsannahme) der Varianz-Kovarianz-Matrix der abhängigen Variablen der Mauchly-Test verwendet. Bei kleiner Signifikanz und bei Verletzung der Sphärizitätsannahme wird eine Anpassung der Zähler- und Nenner-Freiheitsgrade nach Greenhouse-Geisser vorgenommen. Beim multivariaten Ansatz wird zur Überprüfung der Sphärizität der Box-M-Test durchgeführt.

Zur Analyse der Zwischensubjekteffekte werden ausschließlich die signifikanten Einzeleffekte des Gesamtmodells aus der multivariaten Analyse herangezogen, auch wenn nach Brosius (1995) aus Interaktionen nicht signifikanter Einzeleffekte signifikante Wechselwirkungseffekte folgen können.

Generell gehört die Varianzanalyse allerdings zu jenem Verfahren, das, besonders bei gleichgroßen Stichprobenumfängen, sehr robust gegenüber Verletzungen der Varianzhomogenitätsannahme ist. Die Voraussetzungsverletzung der Normalverteilung ist marginal, wenn zusätzlich wenige Ausreißer existieren.

Zur Abschätzung der Effektstärke wird das Eta-Quadrat ( $\eta^2$ ) angegeben und die Stärke des Effekts nach der Einteilung von Cohen (1988) eingestuft (kleiner Effekt bei  $\eta^2 \geq .20$ , mittlerer Effekt bei  $\eta^2 \geq .50$ , großer Effekt bei  $\eta^2 \geq .80$ ) (zit. nach Bortz, 1993).

Bei der graphischen Darstellung von Haupt- und Interaktionseffekten wird die abhängige Variable jeweils auf der Ordinate (Mittelwerte der Faktorstufenkombinationen) und die Faktoren auf der Abszisse abgetragen. Die Kategorisierung signifikanter Interaktionen wird nach dem Vorschlag von Leight & Kinnear (1980) vorgenommen (disordinale, hybride und ordinale Interaktion) (zit. nach Bortz, 1993). Für die Klassifikation der Interaktion werden, nach Empfehlung

von Bortz (1993), jeweils zwei Interaktionsdiagramme angefertigt. In dieser Arbeit wird jeweils ein Diagramm abgebildet. Die eindeutig interpretierbaren Haupteffekte werden genannt.

Die Untersuchung der Fragestellung, welche der vorhandenen signifikanten Differenzen zwischen Mittelwerten (z.B. Müdigkeit in Abhängigkeit von der Flugdienstdauer) voneinander abweichen, werden durch paarweise multiple Vergleiche mit dem Post-Hoc-Test nach Bonfferoni durchgeführt.

Mit einfachen und multivariaten hierarchischen Regressionsanalysen wird der lineare Zusammenhang der Daten getestet, indem die Koeffizienten der linearen Gleichung unter Einbeziehung „fester Effekte“ geschätzt werden, deren durch die Regression erklärte Varianz am größten ist und den Wert der abhängigen Variablen am besten vorhersagen. Die Kollinearität von Prädiktoren im multivariaten Regressionsmodell wird mit dem Durbin-Watson-Test überprüft.

„Lineare gemischte Modelle“ erweitern das allgemeine lineare Modell (GLM), indem sie zulassen, dass die Daten korrelierte und nicht konstante Variabilität aufweisen können. Das gemischte lineare Modell gibt Ihnen daher die Flexibilität, nicht nur die Mittelwerte der Daten, sondern auch ihre Varianzen und Kovarianzen zu analysieren. Geschätzt werden die Veränderungen der abendlichen Leistungsparameter über den gesamten Messverlauf. Dabei wird für jedes Subjekt die Korrelation aufgrund von Beobachtungswiederholungen in den 56 Tagen korrigiert. Die Anwendung Linearer gemischter Modelle ist auch bei unvollständigen Messungen erlaubt.

## 7 Demographische und flugspezifische Beschreibung der Pilotenstichprobe

### 7.1 Beschreibung der Stichprobe

Im Folgenden werden soziodemographische Daten (Alter, Länge der Betriebszugehörigkeit, sozialer Status) und flugbetriebliche Daten (z.B. Streckennetz) sowie die Flugdienste und der daraus resultierenden Flugdienst- und Blockzeiten, die Anzahl der geflogenen Legs, als auch der Offtage (Freitage) der Pilotenstichprobe deskriptiv dargestellt. Innerhalb der Flugdienste wird zwischen Flugdienste zuhause und Flugdienste, die mit einer Übernachtung im Hotel einhergehen (Overnight) differenziert. Zudem wird zwischen Offtagen zuhause und Layovertagen, die dienstabhängig andernorts verbracht werden, unterschieden.

Die deskriptiven Analysen werden unter Berücksichtigung des Ranges eines Piloten vorgenommen. Zugleich zeigt die deskriptive Darstellung, inwiefern die Anforderungskriterien des Studiendesigns erfüllt wurden (siehe Abbildung 3.3). Die soziodemographischen Daten wurden jeweils aus dem ‚Allgemeinen Fragebogen‘ und dem ‚Fragebogen zur Erfassung des Gesundheitsverhaltens‘ (Dlugosch & Krieger, 1995) ausgewertet. Die Erfassung der flugdienstrelevanten Daten sowie der Einsatz- und Offtage erfolgte über das Sleep Log und Flight Log im Pocket PC.

Stichprobe:

Insgesamt wurden 29 männliche Piloten der Boeing-737 Flotte der Deutschen Lufthansa untersucht. Dabei wurden Daten von 13 Kapitänen und 16 Ersten Offizieren aufgezeichnet. Eine Versuchsperson wurde aufgrund von ‚Non-Compliance‘ von der Studie ausgeschlossen und in der Datenanalyse nicht berücksichtigt. Das Durchschnittsalter der Kapitäne lag bei  $42.0 \pm 3.8$  Jahren, das der Ersten Offiziere bei  $27.4 \pm 2.2$  Jahren.

Die psychosozialen Faktoren *Familienstatus* und *Kinder im Haushalt* sind wichtige Moderatoren für das berufliche Belastungs-/Beanspruchungsempfinden. Die überwiegende Anzahl der Piloten waren verheiratet oder lebten in einer festen Partnerschaft (71.4%). 28.6 % der Stichprobe waren geschieden oder ledig (siehe

Abbildung 7.1). Die Stratifizierung nach Kapitän (Cpt) und Erster Offizier (FO) ergab, dass der größte Anteil der Kapitäne zum Zeitpunkt der Untersuchung in einer Lebensgemeinschaft mit Kindern lebten (83.3%), dagegen die Ersten Offiziere in eine Partnerschaft ohne Kinder (50.0%) (siehe Tabelle 7.1).

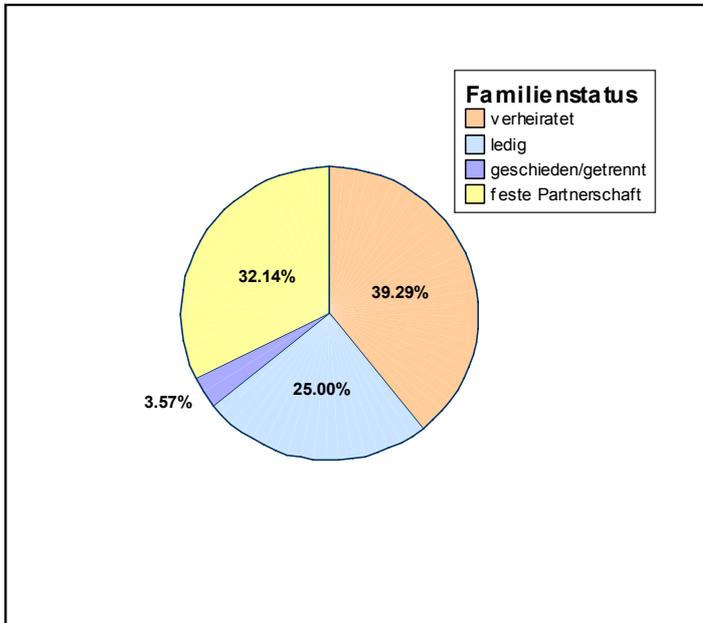


Abbildung 7.1: Familienstatus der Pilotenstichprobe (N = 28).

Tabelle 7.1: Prozentuale Angaben zum Status der Piloten getrennt nach Rang.

Kinder			Rang		Gesamt
			Kapitän (Cpt)	Erster Offizier (FO)	
Keine Kinder	Status	verheiratet; feste Partnerschaft	6.3 %	50.0%	56.3 %
		Geschieden/getrennt lebend; ledig	-	43.7 %	43.7 %
	Gesamt		6.3 %	93.7 %	100 %
Kinder	Status	verheiratet; feste Partnerschaft	83.3 %	8.3 %	91.7 %
		Geschieden/getrennt lebend; ledig	8.3 %	-	8.3 %
	Gesamt		91.7 %	8.3 %	100 %

## 7.2 Die Länge der Betriebszugehörigkeit

Die Dienstjahre der Studienteilnehmer innerhalb der Deutschen Lufthansa lagen bei einem Durchschnittswert von 9.36 Jahre (Kapitäne =  $16.5 \pm 4.01$  Dienstjahre; Erste Offiziere =  $4.0 \pm 1.24$  Dienstjahre) (siehe Tabelle 7.2).

Tabelle 7.2: Deskriptive Statistiken zum Alter, den Dienstjahren und den Gesamtflugstunden der Pilotenstichprobe (N = 28).

	Anzahl	Minimum	Maximum	Mittelwert (MW)	Standardabweichung (SD)
<b>Alter</b>					
Gesamt	N=28	24.00	47.00	33.82	+/- 7.89
Kapitän	N=12	37.00	47.00	42.00	+/- 3.81
Erster Offizier	N=16	24.00	31.00	27.38	+/- 2.15
<b>Betriebszugehörigkeit in Jahre</b>					
Gesamt	N=28	3	24	9.36	+/- 6.86
Kapitän	N=12	13	24	16.50	+/- 4.01
Erster Offizier	N=16	3	7	4.00	+/- 1.24
<b>Gesamtflugstunden</b>					
Gesamt	N=28	1000	13500	5539.29	+/- 4123.52
Kapitän	N=12	6000	13500	9775.00	+/- 2587.42
Erster Offizier	N=16	1000	3750	2362.50	+/- 760.81

## 7.3 Erworbene Berufserfahrung durch die Gesamtflugstunden

Die Anzahl der Gesamtflugstunden ist ein Indiz, das indirekt Aufschluss über die Berufserfahrung und somit über die Routine im Umgang mit einem Fluggerät gibt. Die Gesamtflugstunden beinhalten die Anzahl der Flugstunden, die von einem Piloten insgesamt als PF und PNF sowie unabhängig vom Flugzeugmuster geflogen wurden.

Zum Zeitpunkt der Untersuchung hatten die Kapitäne eine durchschnittliche Gesamtflugstundenanzahl von  $9775.0 \pm 2587.4$  Flugstunden erreicht. Dies weist auf eine sehr hohe Flugerfahrung hin. Die Flugerfahrung der Ersten Offiziere betrug  $2362.5 \pm 760.8$  Flugstunden (siehe Tabelle 7.2).

## 7.4 Zusatzfunktionen und Vollzeitbeschäftigung

Die angegebenen Dienstjahre und die Gesamtflugstunden müssen nicht linear in Beziehung stehen. Das heißt, viele Dienstjahre müssen nicht notwendigerweise mit vielen Flugstunden einhergehen (z.B. bei Teilzeitbeschäftigung). Die Piloten dieser Stichprobe waren in einer Vollzeitbeschäftigung und übten keine Zusatzfunktionen wie beispielsweise Emergencytrainer, Crew Resource Management -Trainer, Sicherheitspilot, usw. aus. Wie der Abbildung 7.4.1-7.4.3 entnommen werden kann, wurden die an die Stichprobe geforderten Kriterien (z.B. Alter, Dienstjahre, Vollzeitbeschäftigung, etc.) eingehalten.

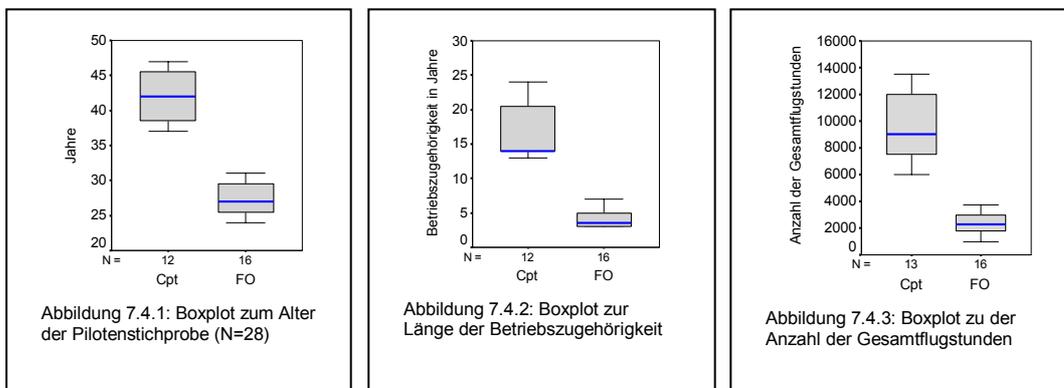


Abbildung 7.4.1-7.4.3: Boxplots zur Darstellung des Alters der Pilotenstichprobe, der Länge der Betriebszugehörigkeit und der Anzahl der Gesamtflugstunden - getrennt nach Rang (Kapitän (Cpt) versus Erster Offizier (FO)).

## 7.5 Die Boeing 737-Flotte der Deutschen Lufthansa

Die Boeing 737 Flotte der Deutschen Lufthansa im Kurz- bzw. Mittelstreckenbereich besteht aus zwei spezifischen Klassen, der Boeing 737-300 (N = 33) sowie der Boeing 737-500 (N = 29) und wird aufgrund ihrer Reichweite für den Einsatz auf diesen Strecken eingesetzt.

Gesetzlich vorgeschrieben ist der Besitz einer Flugberechtigung für immer nur ein Flugmuster einer Klassengruppe (z.B. Boeing). Das heißt allerdings nicht, dass ein Pilot keine Erfahrungen mit anderen Flugzeugmustern besitzt. Je nach Bedarf können Piloten in einer Fluggesellschaft auch auf andere Flugzeugmuster (z.B. Airbus) umgeschult werden, wenn beispielsweise von der Kurzstrecke auf die Langstrecke gewechselt wird. Da sich die Flugbetriebssysteme zwischen den

Flugzeugmustern und meistens auch -klassen im ‚Handling‘ und somit auch in der Beanspruchungsart an die Piloten unterscheiden, ist es im Rahmen dieser Studie nicht unerheblich, welches Flugzeugmuster die Probanden fliegen. Zum Zeitpunkt der Untersuchung hatte die Pilotenstichprobe eine Musterberechtigung auf der Boeing 737.

Da das Konzept der Kurzstrecke mit ausschließlich innerdeutschen Flügen bei der Lufthansa-Passage nicht mehr existiert, sind unter der Kurz-/Mittelstrecke alle Flüge innerhalb Europas zu verstehen, die eine Blockzeit von 2.5 Stunden nicht überschreiten. Die jeweiligen Abflug- und Zielflughäfen werden traditionell nach Three Letter Codes (TLC) benannt. In der Abbildung 7.5 ist das gesamte Streckennetz der Boeing 737 Flotte zum Zeitpunkt der Untersuchung abgebildet. Der Stationierungsort ist Frankfurt. Gleichzeitig ist hier als Beispiel die Streckenfolge (= Umlauf) eines Piloten an einem Einsatztag zu sehen. Der Proband begann seinen Flugdienst an seinem Stationierungsort (FRA) und endete seinen Einsatz in Nürnberg (NUE).

Das Streckennetz einer Luftfahrtgesellschaft ist saisonellen Schwankungen unterworfen (Winter- und Sommerflugplan) und kann sich daher auch ändern. Bei der Lufthansa Passage zeigte sich das Streckennetz über das gesamte Jahr hinweg eher stabil. Das bedeutet, dass die Flugoperationen im Sommer nicht zunehmen, sondern konstant sind und sich das Streckenangebot nicht wesentlich ändert.

Zudem unterlagen alle Piloten der Stichprobe aufgrund ihrer Zugehörigkeit zur Boeing 737 Flotte der Lufthansa Passage demselben Streckennetz. Dadurch konnten für die Untersuchung gleiche Arbeitsbedingungen geschaffen werden. Denn ein unterschiedliches Streckennetz bedeutet gleichzeitig auch unterschiedliche Beanspruchung und Belastung für den Piloten (z.B. Flughäfen mit kürzeren Landebahnen; Flugplätze mit gebirgigen Terrain; u.s.w.).

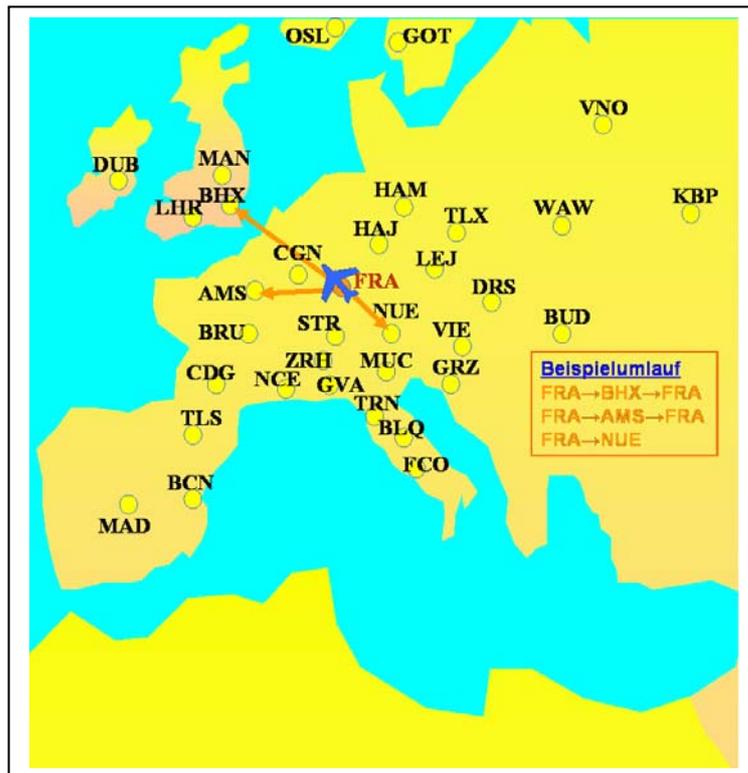


Abbildung 7.5: Streckennetz der Lufthansa 737 Boeing Flotte zum Zeitpunkt der Studie.

## 7.6 Einsatztage und Offtage während der Studie

Die Auswertung der Daten zu Einsatz- und Offtagen wurde mittels der von der Pilotenstichprobe im Flight Log des PDA angegebenen Werte vorgenommen. Die Angaben zu den tatsächlich geflogenen Flugdienst- und Offzeiten aus dem Flight Log können sich von den Vorgaben der von der Crewplanung gestalteten Dienstpläne durchaus unterscheiden. Entsprechend sind Flugdienständerungen mit berücksichtigt. Die in den folgenden Punkten dargestellten Ergebnisse geben Auskunft darüber, ob die geforderten Kriterien des Studiendesigns eingehalten wurden.

Die Einsatzgestaltung über den Studienverlauf zeigt erhebliche Schwankungen und differiert zwischen den Versuchspersonen beträchtlich. Wie der Abbildung 7.6 zu entnehmen ist, hatten zu Beginn der Studie 100% der Vpn Flugdienst. Im weiteren Studienverlauf waren es im Durchschnitt etwa 50%. Die restlichen 50% der Teilnehmer hatten an diesen Tagen frei (Offtage). Da die Untersuchung über 56 Tage dauern sollte, nahmen nur noch wenige Vpn nach dem 56. Tag teil.

Daher wurde die Auswertung einschließlich bis zum 56. Tag vorgenommen. Alle Messzeitpunkte danach sind, aufgrund der zu geringen Vpn-Anzahl, nicht mehr repräsentativ.

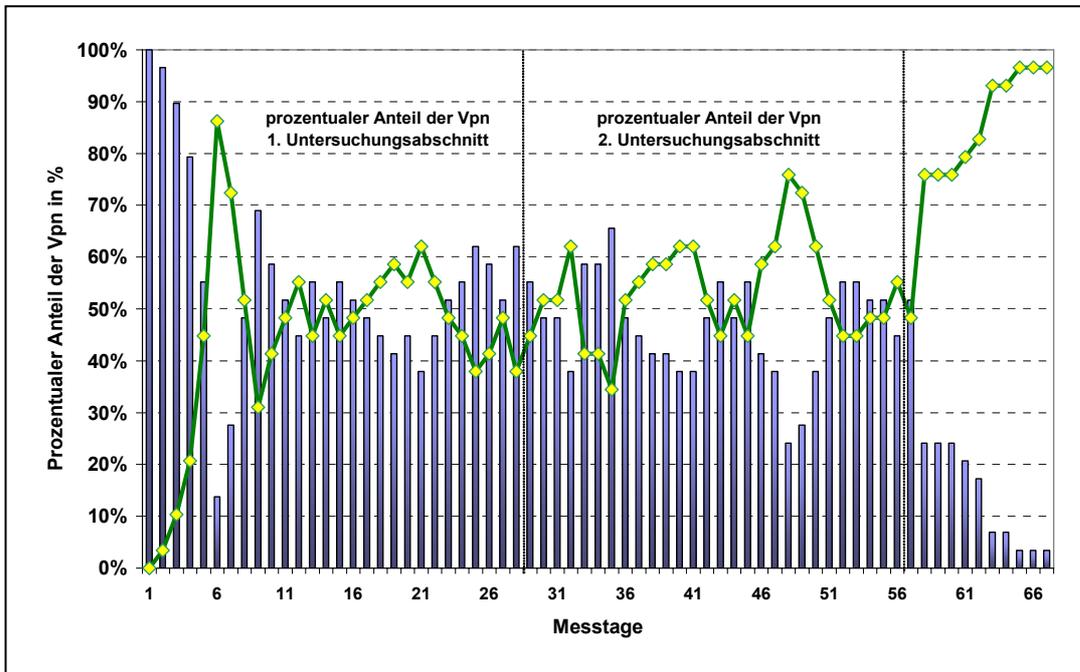


Abbildung 7.6: Anteil von Versuchspersonen (N=28) in Prozent nach der Häufigkeit der Flugdiensttage und Offtage über den Studienverlauf von 56 Messtagen.

### 7.6.1 Deskription der Einsatz-, Off-, Layovertage, Overnights und der ‚sonstigen Dienste‘ während des Studienverlaufs

Zur Überprüfung, ob die an das Studiendesign gestellten Kriterien eingehalten werden konnten, werden deskriptiv in der Abbildung 7.6.1 die durchschnittliche Anzahl der Einsatz-, Off-, Layovertage sowie der Overnights und der ‚sonstigen Dienste‘ während des Studienverlaufs (56 Tage) und getrennt nach Phase 1 und Phase 2 dargestellt. Zu den Messtagen zählen nicht nur die Einsatz- und Offtage, sondern auch Layovertage und ‚Sonstige Dienste‘. Layovertage sind dienstbedingte Freitage andernorts. Unter ‚Sonstige Dienste‘ sind Dienste zu verstehen, die keinem Flugdienst entsprechen wie z.B. Standby, Reservedienste; Hospitanz, Crew-Resource-Management-Seminar, etc. Ein Overnight bedeutet eine Hotelübernachtung nach einem Flugdienst. Die Piloten kehren nicht an ihre Basis zurück und beginnen den nächsten Tag den Flugdienst andernorts.

Während des gesamten Studienverlaufs arbeiteten die Versuchspersonen im Mittel an 28.80 Tagen (sd = +/- 2.92 Tage) und hatten 24.40 dienstfreie Tage (sd = +/- 2.25 Offtage). ‚Sonstige Dienste‘ wurden durchschnittlich 1.9-mal (sd = +/- 2.09) geplant (siehe Abbildung 7.6.1). Dienstabhängige Freitage (Layover) kamen durchschnittlich an 0.90 Tagen (sd = +/- .93) vor. Im Mittel wurden die Flugdiensteinsätze mit 18.79 Overnights (sd = +/- 3.6) geplant.

Betrachtet man den ersten Studienabschnitt (Woche 1 bis 4), waren es durchschnittlich mehr Einsatztage (15.40 Einsatztage sd = +/- 2.30) und auch Overnights (10.40 Overnights, sd = +/- 2.1), dagegen weniger Offtage (11.00 Offtage, sd = +/- 2.1) als im 2. Studienabschnitt (Woche 5 bis 8). ‚Sonstige‘ Dienste kamen im Durchschnitt 1.00 (sd +/- 2.0) und Layover 0.6- mal (sd = +/- 0.8) vor.

In der zweiten Studienphase (Woche 5 bis 8) hatten die Piloten im Mittel 13.40 Einsatztage (sd = +/- 1.9) und 13.40 Offtage (sd = +/-2.0). Die durchschnittliche Anzahl der Overnights (8.40 Overnights, sd = +/-1.8) lag bei 8.40 Overnights. ‚Sonstige‘ Dienste kamen durchschnittlich 0.9-mal (sd = +/- 1.3) und Layover 0.3-mal (sd = +/- 0.6) vor.

Generell zeigt sich der Trend von mehr Einsatztagen und weniger Offtagen im 1. Studienabschnitt als im 2. Abschnitt.

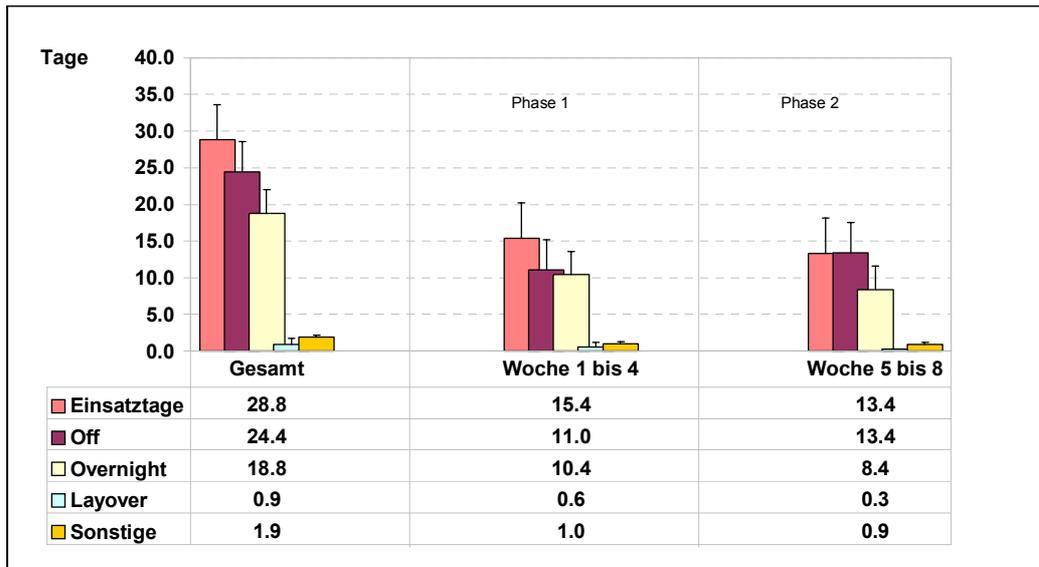


Abbildung 7.6.1: Durchschnittliche Anzahl der Einsatz-, Off-, Layovertage sowie der Overnights und der ‚sonstigen Dienste‘ während des Studienverlaufs und getrennt in Phase 1 und Phase 2. Die Balken stellen den Mittelwert (MW) und die Striche auf den Balken die Standardabweichung (SD) dar.

Layovertage oder Overnights waren zwar kein Studienkriterium sind aber, in Anbetracht der Tätigkeit als Verkehrsflugzeugführer, im Vergleich zu Flugdiensten zu Hause und den Freitagen zu Hause (Offtage) wichtige Parameter. ‚Sonstige Dienste‘ waren während der Studie nicht vorgesehen, konnten aber nicht vollständig verhindert werden. Eine bestimmte Anzahl an Einsatz- und Offtagen wurde nicht gefordert. Allerdings sollten die geforderten Blockstunden von ca. 65 h (unfaktorisiert) sowohl in der 1. als auch in der 2. Studienphase eingehalten werden. Die Einhaltung der vorgegebenen Blockzeit wird im Folgenden überprüft.

## 7.7 Summe der in der Studie geflogenen Flugdienst- und Blockzeiten

Insgesamt flogen die Versuchspersonen während des gesamten Studienverlaufs im Mittel 92 Legs (Flugabschnitte) (siehe Abbildung 7.7). Diese Legs ergaben bei einer durchschnittlichen Flugdienstzeit von 243.5 Stunden eine Blockzeit von 135.1 Blockstunden.

Betrachtet man den ersten Studienabschnitt (ersten vier Wochen) flogen die Piloten durchschnittlich 51 Legs und 72.8 Blockstunden bei einer Flugdienstzeit von 131.8 Stunden. Im zweiten Studienabschnitt (letzten vier Wochen) wurden 41 Legs und 62.3 Blockstunden bei einer Flugdienstzeit von 111.7 Stunden ermittelt.

Entsprechend den im zweiten Abschnitt der Studie weniger Flugdiensttagen als im ersten Abschnitt, wurden auch weniger Legs, Blockstunden und Flugdienstzeiten in der zweiten registriert. Dennoch wurde die Vorgabe der Studienkriterien von im Durchschnitt mindestens 65 unfaktorierten Blockstunden pro Monat mit wenigen Abweichungen erreicht.

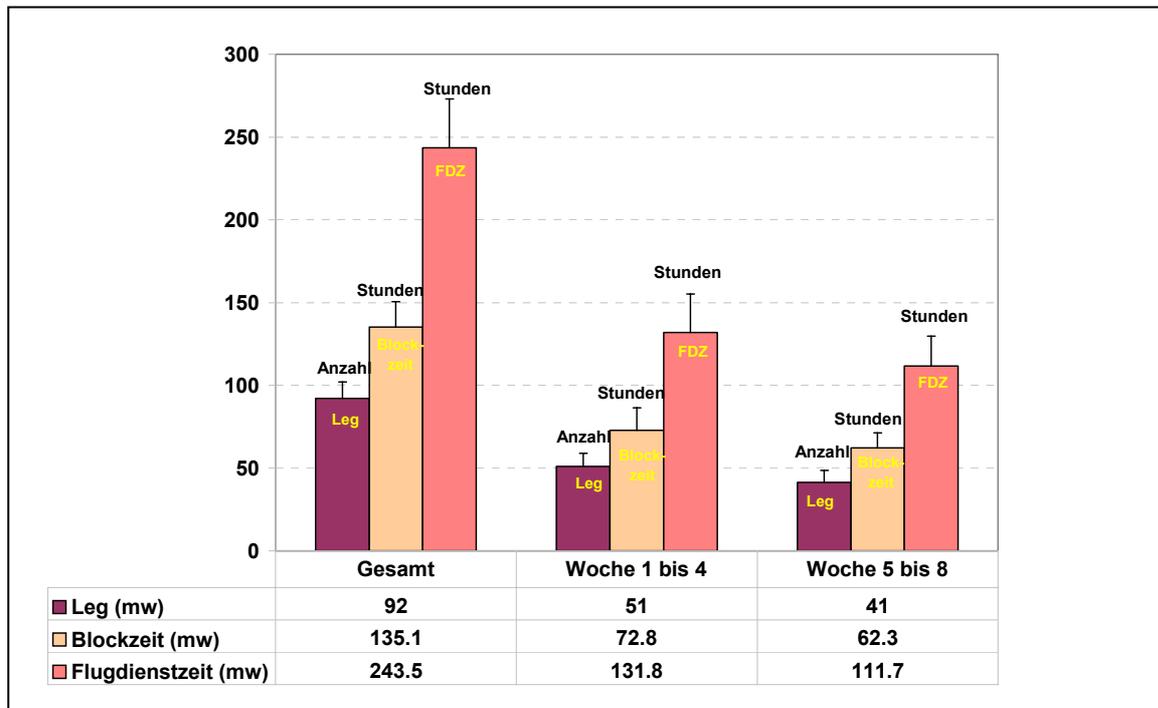


Abbildung 7.7: Durchschnittliche Summe der Leganzahl, der Blockzeit und der Flugdienstzeit während des Studienverlaufs und getrennt nach Woche 1 bis 4 (Phase 1) und Woche 5 bis 8 (Phase 2). Die Balken stellen den Mittelwert (MW) und die Striche auf den Balken die Standardabweichung (SD) dar.

## 7.8 Die Häufigkeitsverteilung der Einsatz- und Offtage

Die folgenden Abschnitte stellen die Häufigkeit der Block-, und Flugdienstzeiten, der Leganzahl, der Dienstkettenlänge, der Offtage, der ‚Dead-Head‘-Flüge und der Layoveranzahl als auch -destinationen über die gesamten 56 Messtage dar. Wie bei der Einsatz- und Offtageverteilung (siehe Punkt 7.6 und 7.7) wurden auch hier zur Datenanalyse ausschließlich die im Flight Log und Sleep Log angegebenen Tage und Zeiten verwendet, so dass Flugdienständerungen berücksichtigt sind. Zudem ist anzumerken, dass alle Flugdienstzeiten aus subjektiven Zeitangaben der Piloten berechnet wurden. Die Probanden gaben über den Jornada im Flight Log an, wann für sie der Flugdienst begann und wann er endete. Daher sind die angegebenen Flugdienstzeiten nicht mit den

entsprechenden Abschriften der 2. DVO LuftBO zu verwechseln. Das bedeutet, dass angegebene Flugdienstzeiten (z.B. von  $\geq 14$  Stunden) auch Zeiten beinhalten können, die nach der 2. DVO LuftBO nicht oder nur teilweise zur Flugdienstzeit gerechnet werden, wie beispielsweise Crewtransporte zum Hotel nach einem Flugdienst. Alle Zeiten werden in Dezimalzeiten wiedergegeben.

### 7.9 Die Häufigkeitsverteilung der Anzahl an Flugdienst-, Off-, Layovertagen und der ‚Sonstigen Dienste‘

Die Anzahl der Flugdiensttage variierte zwischen 24 und 34 Tagen, wobei am häufigsten 30 Einsatztage vorkamen. Eher selten hatten die Piloten mehr als 34 Einsatztage während der Studie (siehe Abbildung 7.9.1).

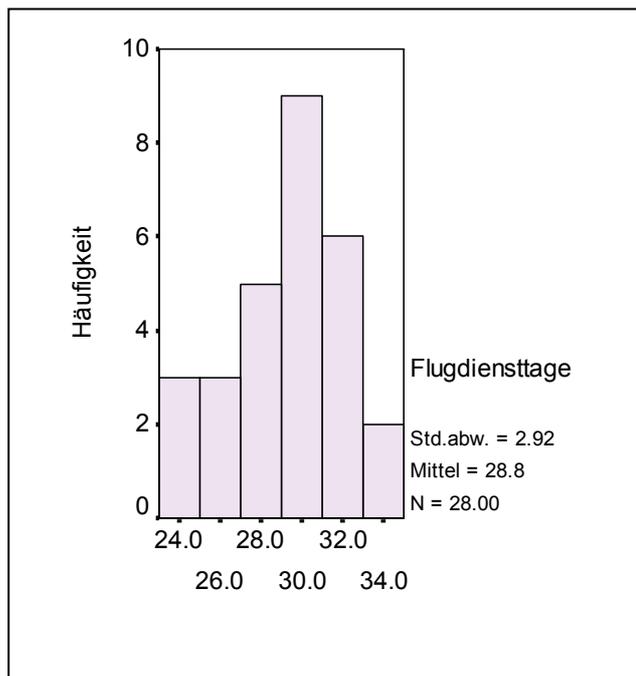


Abbildung 7.9.1: Häufigkeitsverteilung der Flugdiensttage.

Am häufigsten kamen 24 Offtage vor, wie der Abbildung 7.9.2 zu entnehmen ist. Offtage von > 30 Tagen und < 20 Tagen trat je ein Mal auf.

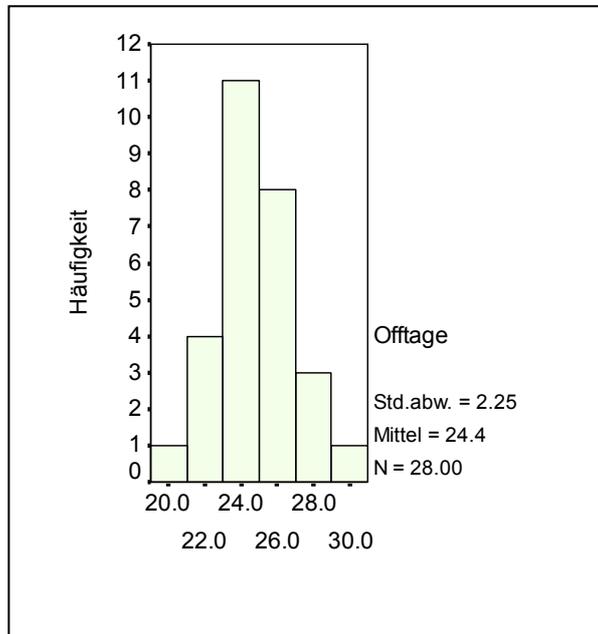


Abbildung 7.9.2: Häufigkeitsverteilung der Offtage.

Über die Probanden verteilt traten ‚Sonstige Dienste‘ während des Studienverlaufs am häufigsten mit zwei ‚Sonstige Diensten‘ auf (siehe Abbildung 7.9.3). Viele ‚Sonstige Dienste‘ (6-8 Dienste) kamen nur gelegentlich vor.

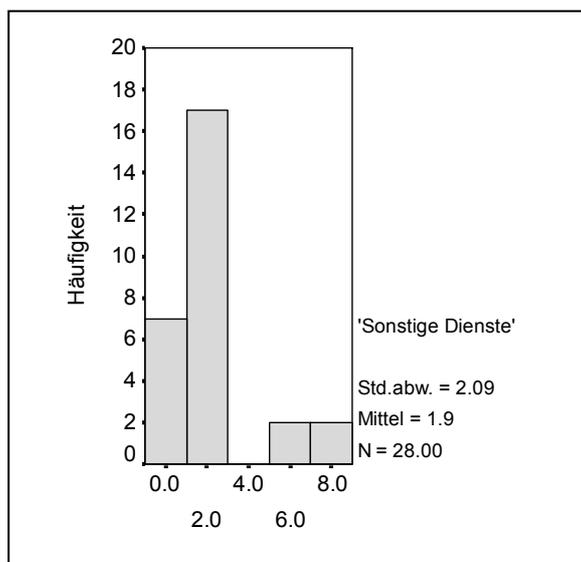


Abbildung 7.9.3: Häufigkeitsverteilung der 'Sonstigen Dienste'.

Die Anzahl der Layovertage steigt in der Häufigkeit ab < 3 Layover. 3 Layovertage kamen eher vereinzelt vor, wogegen kein Layovertag am häufigsten auftrat (Abbildung 7.9.4). Die Orte, an denen ein Layover zugebracht wurde zeigt die Abbildung (7.9.5). Die Destinationen sind in so genannten Dreilettercodes angegeben. Die meisten Probanden (25%) waren in KPB (Kiev). Alle weiteren Ortsnamen können im Anhang 19 nachgesehen werden.

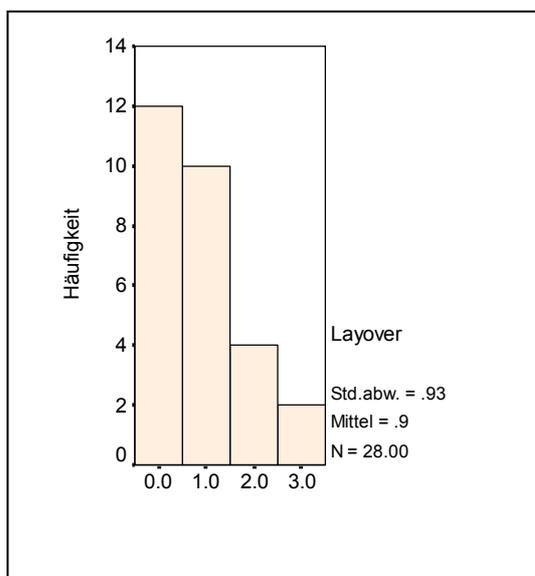


Abbildung 7.9.4: Häufigkeitsverteilung der Anzahl der Layovertage.

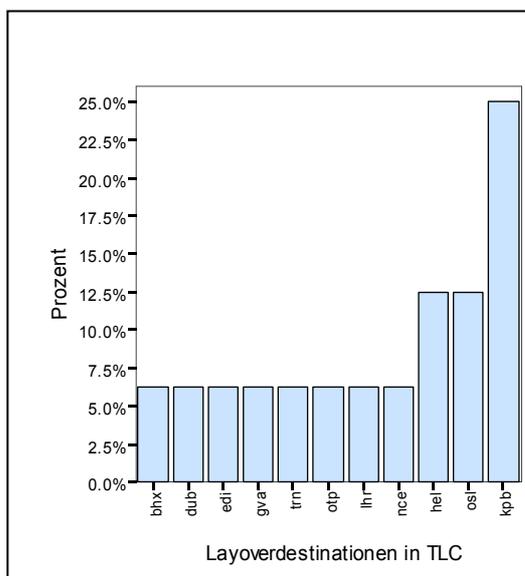


Abbildung 7.9.5: Prozentuale Häufigkeitsverteilung der Layoverdestinationen.

## 7.10 Die Häufigkeitsverteilung der Block- und Flugdienstzeit

### *Blockzeit*

Wie der Abbildung 7.10.1 zu entnehmen ist, lag die durchschnittliche Blockzeit an einem Flugdiensttag, berechnet aus den gesamten acht Wochen der 28 Versuchspersonen, bei 4.71 (sd = +/- 1.65) Blockstunden. Die am häufigsten vorkommende Blockzeit lag bei 4.50 Stunden. Eine Blockzeit von 1 h bis 1.5 h (meist ‚Dead-Head‘-Flüge) war ebenso selten wie eine Blockzeit von mehr als 7.5 h. Eine täglich große Anzahl von Blockstunden wurde, aufgrund des Streckennetzes der Boeing-737 Flotte der Deutschen Lufthansa, auch nicht erwartet.

### *Flugdienstzeit*

Die durchschnittliche Flugdienstzeit an einem Einsatztag lag bei 8.5 Stunden (sd = +/- 2.51 h) (siehe Abbildung 7.10.2). Eine Flugdienstzeit von  $\leq 2$  Stunden stand meistens in Verbindung mit Beförderungsflügen (so genannte ‚Dead Head‘-Flüge siehe Punkt 1.4.4). Am häufigsten hatten die Piloten eine Flugdienstzeit von ca. 10 Stunden. Flugdienstzeiten von  $\geq 13$  Stunden kamen vereinzelt vor. Eine Übertretung der maximal erlaubten Flugdienstzeit von 14 Stunden trat in dieser Pilotenstichprobe nicht auf (Abbildung 7.10.2).

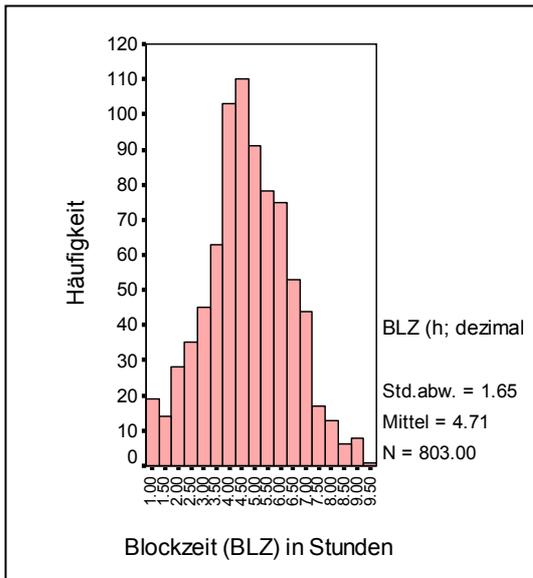


Abbildung 7.10.1: Häufigkeitsverteilung der Blockzeit.

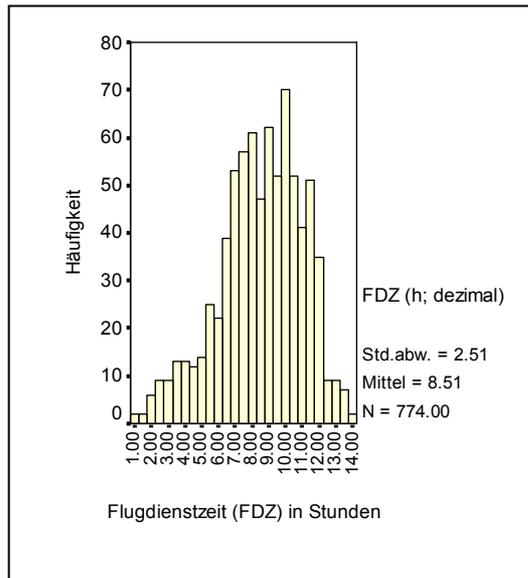


Abbildung 7.10.2: Häufigkeitsverteilung der Flugdienstzeit bzw. -dauer.

## 7.11 Die Häufigkeitsverteilung der Leganzahl und der Dienstkettenlänge

### Leganzahl

Durchschnittlich flogen die Piloten 3.3 Legs pro Tag (sd= +/-1.07). Am häufigsten kamen vier Legs/Tag vor (Abbildung 7.11.1). Weniger häufig wurde ein Leg/Tag durchgeführt, bei dem es sich meistens um einen Beförderungsflug handelte. Am seltensten traten 6 Legs auf, die zumeist auch in Verbindung mit einem Beförderungsflug standen.

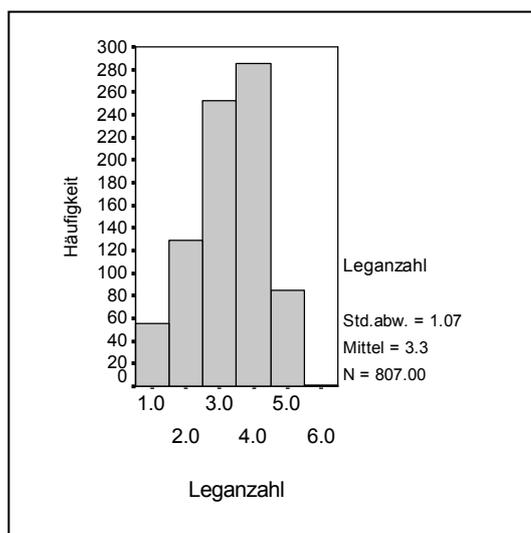


Abbildung 7.11.1: Häufigkeitsverteilung der Leganzahl.

## Dienstkettenlänge

Während der Studie war am häufigsten eine Dienstkettenlänge von fünf Tagen (sd= +/- 1.54 Tage) (siehe Abbildung 7.11.2). Dienstketten mit mehr als fünf Tagen kamen vernachlässigend selten vor. Dienstkettenlängen von weniger als fünf Tagen waren dagegen häufiger anzutreffen.

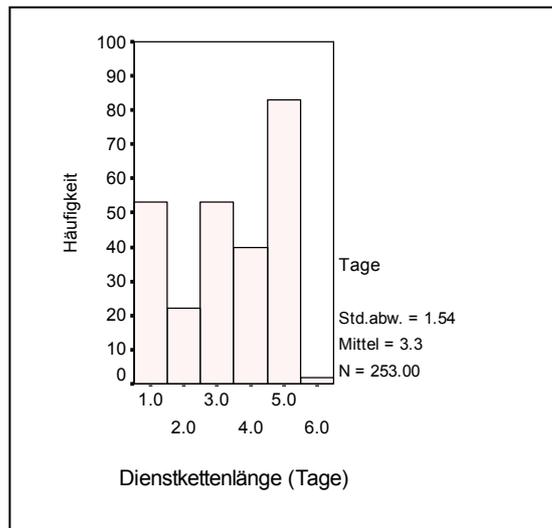


Abbildung 7.11.2: Häufigkeitsverteilung der Dienstkettenlänge.

## 7.12 Die Häufigkeitsverteilung der Beförderungsflüge (Dead-Head-Flüge)

So genannte Dead-Head-(DH)-Flüge (und damit die Beförderungszeiten) müssen für die Einhaltung von Flugdienst- und Ruhezeiten beachtet werden (siehe Punkt 1.4). Denn DH-Flüge finden häufig vor einem Flugdienst und/oder nach einem Flugdienst statt und zählen auch als Flugdienst. Insgesamt hatten die Piloten während der Studiendurchführung durchschnittlich 7.5 DH-Flüge (sd= +/- 3.23) (siehe Abbildung 7.12.1). Am häufigsten (9-mal) waren während der Studiendurchführung 8 DH-Legs. Kein DH-Leg kam nicht vor. Bei mehr als 3 Legs war das 4., 5. oder 6. Leg ein DH-Flug am Flugdienstende. Am häufigsten war Leg 4 ein DH-Flug, zumeist verbunden mit einer Beförderung („Proceeding“) zur Homebase nach dem Flugdienst (siehe Abbildung 7.12.2). Die Häufigkeit eines DH-Fluges nimmt bei  $\geq 5$  Legs deutlich ab, da generell ein Flugdiensttag mit  $> 5$  Legs kaum vorkam.

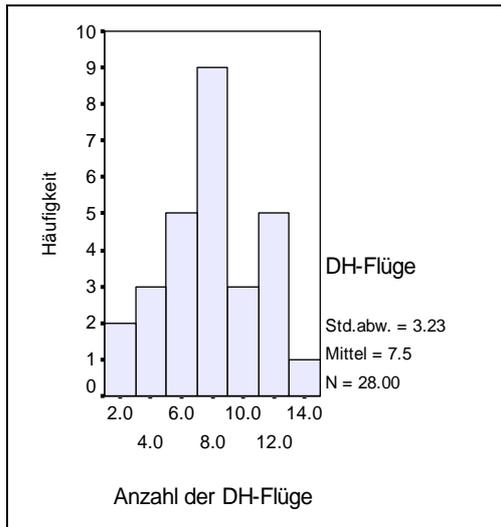


Abbildung 7.12.1: Häufigkeitsverteilung der Anzahl der ‚Dead-Head‘ -Flüge.

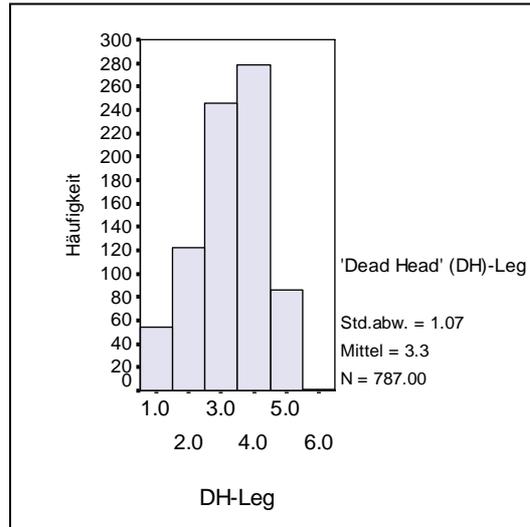


Abbildung 7.12.2: Häufigkeitsverteilung der ‚Dead-Head‘ -Legs.

### 7.13 Die Verteilung der Blockstunden, Flugdienstzeit und Leganzahl über den gesamten Studienverlauf

Die Variabilität der Flugdienstesinsätze zeigt sich auch in der Verteilung der Block- und Flugdienstzeit sowie der Leganzahl, die die jeweiligen Piloten über den gesamten Messwertverlauf geflogen sind.

#### 7.13.1 Die Verteilung der Blockstunden über den gesamten Studienverlauf

Die Verteilung der Blockstunden, Flugdienstzeit und der Leganzahl wird nach Messtagen über den gesamten Studienverlauf dargestellt. Der Abbildung 7.13.1 ist die Blockzeit von dem Anteil der Versuchspersonen zu entnehmen, die am jeweiligen Messtag einen Flugdienst hatten. Die Darstellung der Abbildung zeigt die durchschnittlichen, minimalen und maximalen Blockzeiten, die an den Messtagen absolviert wurden. Die grauen Balken zeigen die durchschnittlichen Blockzeiten (Block mw), die blaue Linie jeweils die maximale Blockzeit des Tages (Block max) und die weiße Linie zeigt die Blockstunden der Piloten, die an den jeweiligen Messtagen am wenigsten Blockstunden geflogen sind (Block min). Eine Blockzeit von 10 h oder länger trat während des gesamten Messverlaufs nicht auf.

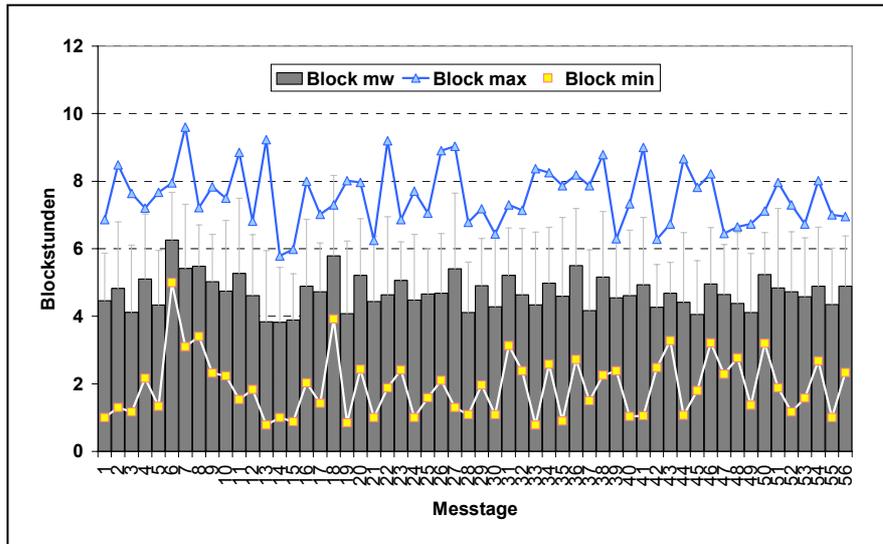


Abbildung 7.13.1: Durchschnittliche (Block mw), minimale (Block min) und maximale Blockstunden/Tag (Block max) während des Studienverlaufs.

### 7.13.2 Die Verteilung der Flugdienstzeit über den gesamten Studienverlauf

Die Flugdienstzeit ist ein wichtiger Aspekt hinsichtlich der Ausnutzungsmöglichkeiten von Ruhezeiten vor und nach Flugeinsätzen. Entsprechend den Blockzeiten werden für die Flugdienstzeit (FDZ) die durchschnittlichen, minimalen und maximalen Flugdienstzeiten deskriptiv dargestellt, die die Piloten an den Messtagen geflogen sind (Abbildung 7.13.2). Die grauen Balken bilden die durchschnittliche Flugdienstzeit (FDZ mw) ab, die blaue Linie jeweils die maximale Flugdienstzeit des Tages (FDZ max) und die weiße Linie gibt die Flugdienstzeit der Piloten an, die an den jeweiligen Messtagen im Flight Log die geringste Flugdienstzeit angegeben haben (FDZ min). Eine Flugdienstzeit von 14 h wurde von dieser Stichprobe über den gesamten Studienverlauf nicht überschritten.

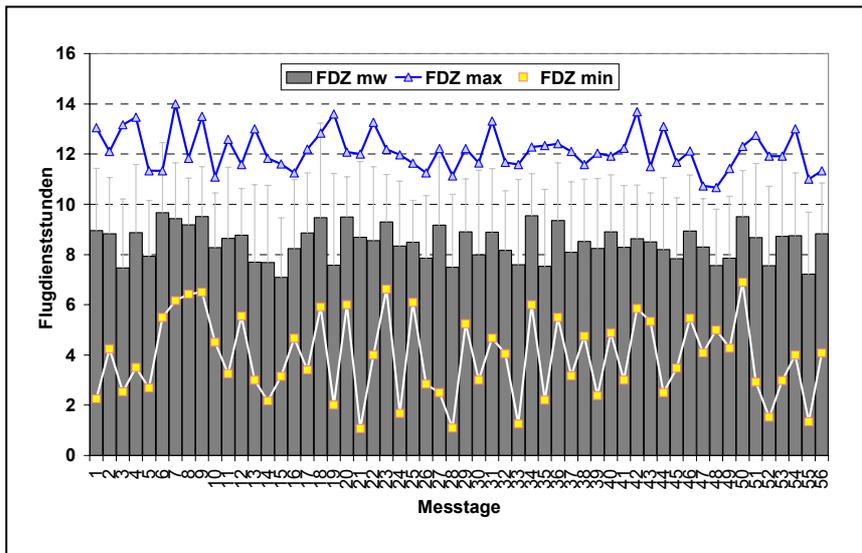


Abbildung 7.13.2: Durchschnittliche (FDZ mw), minimale (FDZ min) und maximale Flugdienstzeiten/Tag (FDZ max) während des Studienverlaufs.

### 7.13.3 Die Verteilung der Leganzahl/Tag über den gesamten Studienverlauf

Die Leganzahl ist insofern bei Einsätzen auf der Kurzstrecke wichtig, da sie die entsprechende Anzahl von Starts und Landungen reflektiert. Viele Legs bedeuten auch viele Starts und Landungen. Nach Stokes & Kite (1997) sind die Starts und Landungen die Flugabschnitte, die besonders viel Aufmerksamkeit von Piloten erfordern. In der Abbildung 7.13.3 ist die durchschnittliche, minimale und maximale Leganzahl/Tag über den gesamten Studienverlauf abgebildet. Die grauen Balken zeigen die durchschnittliche Leganzahl/Tag (Leg mw), die blaue Linie die maximale Leganzahl/Tag (Leg max) und die weiße Linie zeigt die minimale Leganzahl/Tag, die an den jeweiligen Messtagen von den Piloten geflogen wurde (Leg min). Der Abbildung 7.13.3 ist zu entnehmen, dass mehr als 6 Legs während des Studienverlaufs nicht vorkamen.

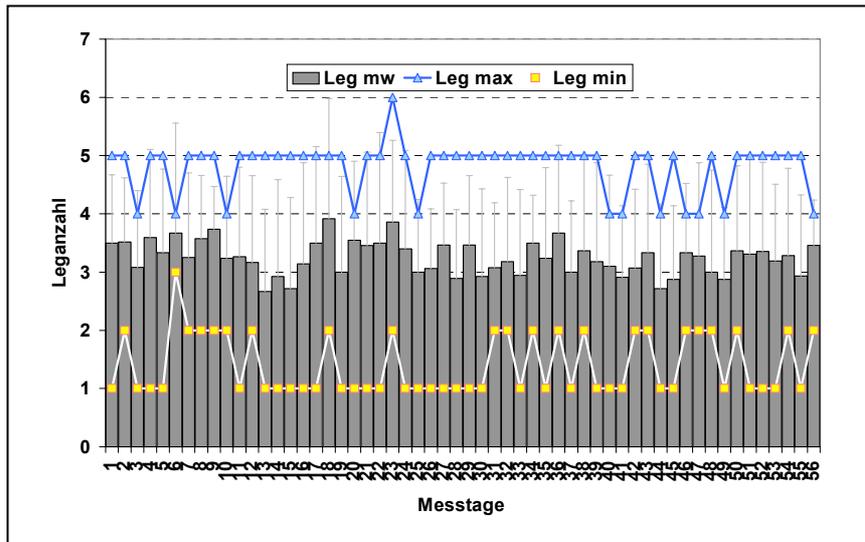


Abbildung 7.13.3: Durchschnittliche (Leg mw), minimale (Leg max) und maximale Leganzahl/Tag (Leg min) während des Studienverlaufs.

## 7.14 Flugdienst- und Offzeiten getrennt nach Studienabschnitt und Rang

Alle Zeiten beruhen auch hier auf subjektiven Zeitangaben aus dem Flight Log oder Sleep Log. Dargestellt werden die Flugdienst- und Offzeiten getrennt nach Kapitän (Cpt) und Erster Offizier (FO) (siehe auch Tabelle 7.14.3).

### 7.14.1 Flugdienst- und Offzeiten während der gesamten Studienzeit

Den gesamten Studienverlauf (56 Tage) betrachtet zeigt sich, dass die Kapitäne (Cpt) durchschnittlich beinahe gleich viele Blockstunden pro Tag ( $\bar{x} = 4.72$  Blockstunden,  $sd = \pm 1.65$ ) flogen wie die Ersten Offiziere (FO) ( $\bar{x} = 4.70$  Blockstunden,  $sd = \pm 1.64$ ) (siehe Tabelle 7.14.3). Die Ersten Offiziere hatten im Durchschnitt nur unwesentlich kürzere Flugdienstzeiten pro Tag auf ihrem Flugkonto zu verbuchen als die Ersten Offiziere (Cpt:  $\bar{x} = 8.79$  h,  $sd = \pm 2.60$ ; FO:  $\bar{x} = 8.46$  h,  $sd = \pm 2.41$ ). Die Leganzahl war beinahe gleich (Cpt: 3.34,  $sd = \pm 1.10$ ; FO: 3.21,  $sd = \pm 1.04$ ). Die Kapitäne hatten etwas mehr ‚DH‘-Flüge ( $\bar{x} = 8.00$ ,  $sd = \pm 2.94$ ) als die Ersten Offiziere ( $\bar{x} = 6.83$ ,  $sd = \pm 4.49$ ). Die Overnights an Flugdiensttagen lagen bei den Kapitänen im Durchschnitt bei 20.50 Overnights ( $sd = \pm 1.92$ ) und bei den Ersten Offizieren bei weniger Overnights ( $\bar{x} = 16.33$ ,  $sd = \pm 5.72$ ).

Durchschnittlich hatten die Kapitäne 21.75 Offtage (sd = +/- 2.22) und die Ersten Offiziere 24.17 Offtage (sd = +/-1.94). Die Anzahl der Layovertage lag bei den Kapitänen durchschnittlich bei 1.0 Layover (sd=+/- .78) und bei den Ersten Offizieren bei 0.5 Layovertagen (sd = +/- .83).

#### 7.14.2 Flugdienst- und Offzeiten während des ersten Studienabschnitts

In der 1. Studienphase flogen die Kapitäne im Durchschnitt pro Tag 4.85 Blockstunden (sd = +/- 1.68 h) bei einer Flugdienstzeit von 8.61 Stunden (sd = +/- 2.51 h) (siehe Tabelle 7.14.3). Die Ersten Offiziere flogen im Durchschnitt 4.72 Blockstunden (sd = +/- 1.65 h) bei einer Flugdienstzeit von 8.40 Stunden (sd = +/- 2.33 h). Die Leganzahl lag bei den Kapitänen bei durchschnittlich 3.46 Legs (sd = +/-1.11) und bei den Ersten Offizieren bei 3.25 Legs (sd = +/- 1.04). Die Anzahl der ‚DH‘-Flüge lag im Durchschnitt bei den Kapitänen höher ( $\bar{x}$  = 5.25 ‚DH‘-Flüge, sd = +/-1.50) als bei den Ersten Offizieren ( $\bar{x}$  = 3.33 ‚DH‘-Flüge, sd = +/- 2.25). Insgesamt hatten die Ersten Offiziere mit durchschnittlich 10.33 Overnights (sd = +/- 1.86) ähnlich viele Overnights wie die Kapitäne mit 10.50 Overnights (sd = +/- 2.52). Die Kapitäne hatten durchschnittlich 10.75 Offtage (sd = +/- 2.50) und die Ersten Offiziere 11.34 Offtage (sd = +/- 1.97). Die Layoveranzahl war bei beiden Gruppen ähnlich (siehe Tabelle 7.14.3).

#### 7.14.3 Flugdienst- und Offzeiten während des zweiten Studienabschnitts

Während der 2. Studienphase flogen die Kapitäne im Durchschnitt 4.73 Blockstunden (+/-1.63 h) bei einer Flugdienstzeit von 8.50 Stunden (sd = +/- 2.58 h). Die Ersten Offiziere flogen im Durchschnitt 4.64 Blockstunden (sd = +/- 1.61 h) bei einer Flugdienstzeit von 8.34 Stunden (sd = +/- 2.40 h) und damit, wie die Kapitäne, etwas weniger als in der ersten Phase. Die Anzahl der Legs war im Mittel bei den Kapitänen wie bei den Ersten Offizieren weniger als im 1. Abschnitt (Cpt:  $\bar{x}$  = 3.20, sd = +/- 1.06; FO:  $\bar{x}$  = 3.16, sd = +/- 1.05). Die durchschnittliche ‚Overnight‘-Anzahl von 10.00 Overnights (sd = +/- 1.15) bei den Kapitänen entsprach fast der Anzahl im ersten Abschnitt. Die Ersten Offiziere hatten im 2. Abschnitt durchschnittlich weniger Overnights ( $\bar{x}$  = 6.00 Overnights, sd = +/- 1.83). Die durchschnittliche Anzahl der ‚DH‘-Flüge lag bei den Kapitänen bei 2.75 Flügen (sd = +/- 1.89) und damit niedriger als im 1. Abschnitt. Die Ersten Offiziere hatten im Durchschnitt im 2. Abschnitt unwesentlich mehr ‚DH‘-Flüge ( $\bar{x}$  = 4.20, sd = +/- 2.17). Die Anzahl der Offtage war bei den Ersten Offizieren höher als im

ersten Studienabschnitt ( $\bar{x} = 12.83$ ;  $sd = +/- 1.60$ ). Ebenso bei den Kapitänen mit durchschnittlich 11.00 Offtagen ( $sd = +/- .82$ ). Die Kapitäne hatten im 2. Abschnitt 1.50 Layovertage ( $sd = +/- .71$ ), die Ersten Offiziere hingegen keinen Layover. Insgesamt flogen die beiden Gruppen im 1. Studienabschnitt mehr als im 2. Studienabschnitt.

Tabelle 7.14.3. Deskriptive Statistiken der Block- und Flugdienstzeiten, der Leg- und DH-Anzahl, der Offtage, der Overnights und der Layover getrennt nach Kapitän und Erster Offizier während des Studienverlaufs.

<b>Gesamter Studienverlauf (56 Tage)</b>					
<b>Kapitän (Cpt) N=12</b>	<b>N</b>	<b>Min.</b>	<b>Max.</b>	<b>MW</b>	<b>SD</b>
Blockzeit (h; dezimal)	368	.8	9.6	4.71	1.65
Flugdienstzeit (h; dezimal)	364	1.3	14.0	8.51	2.51
Leg (Anzahl)	361	1	6	3.34	1.10
DH-Flüge (Anzahl)	99	4	11	8.00	2.94
Offtage (Anzahl)	288	20	25	21.75	2.22
Overnight (Anzahl)	245	19	23	20.50	1.92
Layover (Anzahl)	8	0	2	1.00	.78
<b>Erster Offizier (FO) N=16</b>	<b>N</b>	<b>Min.</b>	<b>Max.</b>	<b>MW</b>	<b>SD</b>
Blockzeit (h; dezimal)	452	.8	9.2	4.70	1.64
Flugdienstzeit (h; dezimal)	450	1.1	13.7	8.46	2.41
Leg (Anzahl)	441	1	5	3.21	1.04
DH-Flüge (Anzahl)	115	2	12	6.83	4.49
Offtage (Anzahl)	375	21	26	24.17	1.94
Overnight (Anzahl)	302	10	22	16.33	5.72
Layover (Anzahl)	8	0	2	.50	.83
<b>1. Studienphase (Woche 1 bis 4)</b>					
<b>Kapitän (Cpt) N=12</b>	<b>N</b>	<b>Min.</b>	<b>Max.</b>	<b>MW</b>	<b>SD</b>
Blockzeit (h; dezimal)	194	.8	9.6	4.85	1.68
Flugdienstzeit (h; dezimal)	192	1.7	14.0	8.61	2.51
Leg (Anzahl)	191	1	6	3.46	1.11
DH-Flüge (Anzahl)	54	4	7	5.25	1.50
Offtage (Anzahl)	141	8	14	10.75	2.50
Overnight (Anzahl)	128	8	14	10.50	2.52
Layover (Anzahl)	5	0	1	1.00	.41
<b>Erster Offizier (FO) N=16</b>	<b>N</b>	<b>Min.</b>	<b>Max.</b>	<b>MW</b>	<b>SD</b>
Blockzeit (h; dezimal)	251	1.0	9.2	4.72	1.65
Flugdienstzeit (h; dezimal)	251	1.1	13.6	8.40	2.33
Leg (Anzahl)	245	1	5	3.25	1.04
DH-Flüge (Anzahl)	61	1	6	3.33	2.25
Offtage (Anzahl)	170	9	14	11.34	1.97
Overnight (Anzahl)	167	7	12	10.33	1.86
Layover (Anzahl)	5	1	2	1.50	.71
<b>2. Studienphase (Woche 5 bis 8)</b>					
<b>Kapitän (Cpt) N=12</b>	<b>N</b>	<b>Min.</b>	<b>Max.</b>	<b>MW</b>	<b>SD</b>
Blockzeit (h; dezimal)	174	.8	8.8	4.73	1.63
Flugdienstzeit (h; dezimal)	172	1.7	13.3	8.5	2.58
Leg (Anzahl)	170	1	5	3.20	1.06
DH-Flüge (Anzahl)	45	0	4	2.75	1.89
Offtage (Anzahl)	147	10	12	11.00	.82
Overnight (Anzahl)	117	9	11	10.00	1.15
Layover (Anzahl)	3	0	1	1.00	.55
<b>Erster Offizier (FO) N=16</b>	<b>N</b>	<b>Min.</b>	<b>Max.</b>	<b>MW</b>	<b>SD</b>
Blockzeit (h; dezimal)	201	.8	9.0	4.64	1.61
Flugdienstzeit (h; dezimal)	199	1.1	13.7	8.34	2.40
Leg (Anzahl)	196	1	5	3.16	1.05
DH-Flüge (Anzahl)	52	2	7	4.20	2.17
Offtage (Anzahl)	205	12	16	12.83	1.60
Overnight (Anzahl)	135	7	11	6.00	1.83
Layover (Anzahl)	3	-	-	-	-

## 7.15 Subjektive Bewertung zu flugspezifischen Fragestellungen aus dem ‚Allgemeinen Fragebogen‘

Im Folgenden werden Fragen aus dem ‚Allgemeinen Fragebogen‘ speziell zu den Flugdienstzeiten und zum „fit for duty“ ausgewählt und deskriptiv dargestellt. Zudem werden die aus dem Flight Log ausgewerteten Flugdienstzeiten den „wünschenswerten“ Flugdienstzeiten aus dem ‚Allgemeinen Fragebogen‘ gegenübergestellt. Aus dem ‚Allgemeinen Fragebogen‘ werden Items herangezogen, die sich auf die subjektive Bewertung der Flugdienstzeiten sowie deren Überschreitungen als auch auf die Befindlichkeit im Hinblick auf das sich „Fit for Duty“-Fühlens und Seins beziehen.

### 7.15.1 Subjektive Bewertung der Flugdienstzeiten durch den ‚Allgemeinen Fragebogen‘

Im ‚Allgemeinen Fragebogen‘ wurde gezielt danach gefragt, welche Flugdienstzeiten nach der subjektiven Einschätzung der Probanden ausreichend oder optimal wären.

Die Probanden beurteilten folgende Items aus dem ‚Allgemeinen Fragebogen‘:

Wie lange sollte Ihrer Meinung nach die

- normale Flugdienstzeit (FDZ) in Stunden dauern?
- optimale Flugdienstzeit (FDZ) in Stunden dauern?
- maximale Flugdienstzeit (FDZ) in Stunden dauern?
- „Wie viel Legs proTag sollten maximal erlaubt sein?“
- Wie viele Tage Dienst (hintereinander) sollten Ihrer Meinung nach maximal erlaubt sein? (siehe Anhang 1).

Aus den Auswertungen der Items des ‚Allgemeinen Fragebogens‘ ergaben sich folgende Bewertungen, die im Vergleich mit den tatsächlich geflogenen Flugzeiten gegenübergestellt werden (siehe auch Tabelle 7.14.3 und Tabelle 7.15.1).

Tabelle 7.15.1: Die Beurteilung zu den Flugdienstzeiten aus dem ‚Allgemeinen Fragebogen‘ im Vergleich mit den nach dem Flight Log tatsächlich geflogenen Zeiten.

Nach Flight Log tatsächlich geflogen:		Gesamt (N=28)	Cpt (N=12)	FO (N=16)
FDZ	FDZ (mw) in Stunden (h)	8.5 h (sd = 2.4 h)	8.8 h (sd = 2.6 h)	8.5 h (sd = 2.4 h)
	Maximale FDZ in Stunden (h)	13.9 h	14 h	13.7 h
	Minimale FDZ in Stunden (h)	1.2 h	1.3 h	1.1 h
Leganzahl	Leganzahl/Tag (mw)	3.3 Legs ( sd =1.1)	3.3 Legs ( sd =1.0)	3.2 Legs (sd = 1.0)
	Maximale Leganzahl/Tag	5 Legs	6 Legs	5 Legs
	Minimale Leganzahl/Tag	1 Leg	1 Leg	1 Leg
Dienstkettenlänge	Dienstkettenlänge (mw)	3.3 Tage	3.3 Tage	3.3 Tage
	Max. Dienstkettenlänge	6 Tage	6 Tage	5 Tage
	Min. Dienstkettenlänge	1 Tag	1 Tag	1 Tag
Bewertung aus dem Allgemeinen Fragebogen:		Gesamt (N=28)	Cpt (N=12)	FO (N=16)
FDZ	Normale FDZ in Stunden	9 h	9 h	9 h
	optimale FDZ in Stunden	8 h	7 h	8 h
	maximale FDZ in Stunden	11 h	12 h	11 h
Leganzahl	Maximale Leganzahl/Tag	4 Legs	5 Legs	4 Legs
Dienstkettenlänge	Maximale Dienstkettenlänge	5 Tage	5 Tage	5 Tage

Anmerkung: sd = Standardabweichung +/-, Mw = Mittelwert, h = Stunden, Legs = Anzahl der durchgeführten Flugabschnitte/Tag.

Es zeigt sich, dass die durchschnittlich geflogene Flugdienstzeit/Tag von der als ‚normal‘ eingeschätzten Flugdienstzeit/Tag von 9 h aus dem ‚Allgemeinen Fragebogen‘ weder bei den Kapitänen noch bei den Ersten Offizieren wesentlich abweicht, dagegen die ‚optimale‘ Flugdienstzeit/Tag von der tatsächlichen bei den Kapitänen extremer differiert als bei den Ersten Offizieren. Die angegebene maximale Leganzahl/Tag aus dem ‚Allgemeinen Fragebogen‘ unterscheidet sich kaum von der tatsächlich geflogenen Leganzahl/Tag (3.3 Legs). Die tatsächliche Dienstkettenlänge ist durchschnittlich 3.3 Tage lang. Das Maximum liegt bei 6 Tagen. Die beurteilte Dienstkettenlänge aus dem ‚Allgemeinen Fragebogen‘ von 5 Tagen liegt, wie die Flugdienstzeit/Tag und die Leganzahl/Tag, im Rahmen der tatsächlichen Dienstkettenlänge.

### 7.15.2 Subjektive Bewertung von Flugdienstüberschreitungen

Die subjektive Beurteilung zu Flugdienstüberschreitungen und der daraus resultierenden Belastung wurde einmalig durch den Allgemeinen Fragebogen vorgenommen. Die Maße der zentralen Tendenz (Mittelwert, Median, Modalwert) und die Streuung der durch die Pilotenstichprobe (N = 28) beurteilten Variablen ‚Häufigkeit von Flugdienstüberschreitung‘ (Skalierung von „1 = nie“ bis „5 = sehr oft“) und ‚Belastung durch Flugdienstüberschreitung‘ (Skalierung von „1 = nicht“

bis „5 = sehr“) sind der Tabelle 7.15.2 zu entnehmen. Aufgrund der unzureichenden Normalverteilung der Daten zu den ‚Flugdienstüberschreitungen‘ werden die dem nichtmetrischen Skalenniveau entsprechenden Lagemaße zur Deskription gewählt.

Tabelle 7.15.2. Maße der zentralen Tendenz (Mittelwert, Median, Modalwert) und der Streuung der durch die Pilotenstichprobe (N=28) beurteilten Variablen ‚Häufigkeit von Flugdienstüberschreitung‘ (Skalierung von „1 = nie“ bis „5 = sehr oft“) und ‚Belastung durch Flugdienstüberschreitung‘ (Skalierung von „1 = nicht“ bis „5 = sehr“)

Items	Häufigkeit von Flugdienst- überschreitung	Belastung durch Flugdienstüberschreitung
N	28	28
Mittelwert	2.21	3.46
Median	2.00	3.50
Modus	2	3
SD	.630	1.261
Spannweite	2	4

Bei der Beurteilung von Flugdienstüberschreitungen sollte eingeschätzt werden, wie häufig die Flugdienstzeit überschritten wird. Die prozentuale Verteilung der Einschätzung zu Flugdienstüberschreitungen mittels einer 5-stufigen Skalierung von „1 = nie“ bis „5 = sehr oft“ zeigt die Abbildung 7.15.2 a, wobei die bewerteten Abstufungen in Quartile eingestuft sind. Die meisten Probanden (57%) gaben an, dass es selten zu Flugdienstüberschreitungen kommt (Quartil = Q2). 32% der Piloten meinten, eine Flugdienstüberschreitung kommt gelegentlich (Quartil = Q3) vor und 11% gaben an, es kommt nie zu Flugdienstüberschreitungen (Quartil = Q1). Die Kategorien „4 = ziemlich häufig“ und „5 = sehr häufig“ wurden nicht genannt.

Wie belastend sich diese Flugdienstüberschreitungen generell auswirken, wurde auf einer 5-stufigen Skala von „1 = nicht belastend“ bis „5 = sehr belastend“ eingeschätzt. Abbildung 7.15.2 b zeigt die prozentuale Häufigkeitsverteilung der Antworten, aus denen sich die Quartile Q1 = 3, Q2 = 4 und Q3 = 5 ergeben. 50% sind auf den Einstufungen der ersten drei Skalenstufen („nicht belastend“ bis „mittel belastend“) zurückzuführen. 25% der Probanden schätzen Flugdienstüberschreitungen als „ziemlich belastend“ ein (Q2). Weitere 25% empfanden Flugdienstüberschreitungen als „sehr belastend“ (Q3).

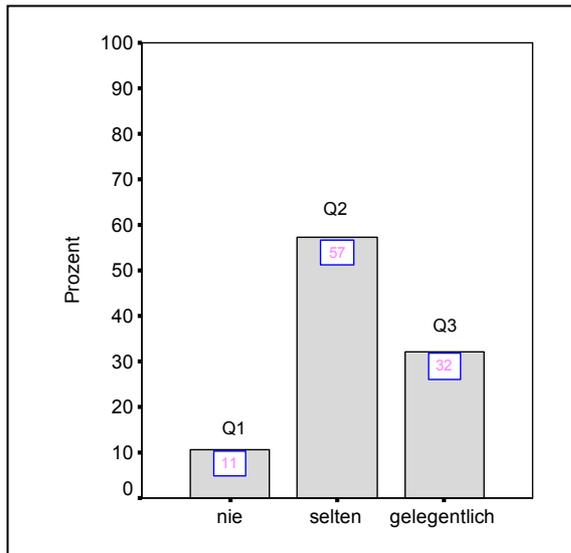


Abbildung 7.15.2 a: Wie häufig wird Ihrer Meinung nach die Flugdienstzeit überschritten?

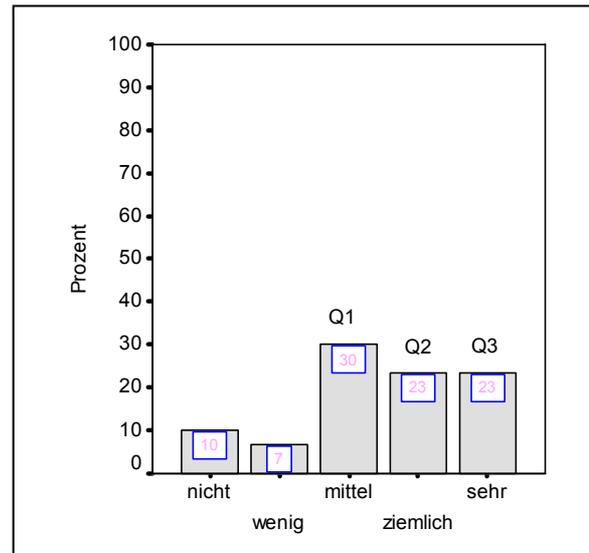


Abbildung 7.15.2 b: Wie belastend sind diese Flugdienstzeitüberschreitungen?

### 7.15.3 Subjektive Bewertungen zu ‚Fit for duty‘

Die subjektive Bewertung des ‚Fit for duty‘ wurde über den Allgemeinen Fragebogen auf 3 Ebenen eingeschätzt (‚Fit for duty‘ sein; ‚Fit for duty‘ fühlen; nicht ‚fit for duty‘ sein). Die Einschätzungen der Items („Wie ‚leicht‘ fällt es Ihnen ‚fit for duty‘ zu sein“; „Wie ‚häufig‘ sind Sie ‚fit for duty‘“; „Wie ‚häufig‘ sind Sie nicht ‚fit for duty‘“) erfolgten jeweils über eine 5-stufige Skalierung von „1 = nicht (nie)“ bis „5 = sehr (sehr oft)“ (siehe Anhang 1). Kategorien, die in der Beurteilung unberücksichtigt blieben, entfallen auch in der Darstellung.

Die Maßzahlen der Lage (Mittelwert, Median, Modalwert) und die Streuung der durch die Pilotenstichprobe (N = 28) beurteilten Variablen zeigt die Tabelle 7.15.3. Aufgrund der unzureichenden Normalverteilung der Daten, werden im Folgenden dem nicht-metrischen Skalenniveau entsprechende Maße der zentralen Tendenz zur Deskription gewählt.

Tabelle 7.15.3. Maße der zentralen Tendenz (Mittelwert, Median, Modalwert) und die Streuung zur Beurteilung des „fit for duty“.

		Wie leicht fällt es Ihnen 'fit for duty' zu sein?	Wie häufig fühlen Sie sich 'fit for duty'?	Wie häufig sind Sie nicht 'fit for duty'?
N	Gültig	28	27	28
Mittelwert		3.50	4.11	2.21
Median		4.00	4.00	2.00
Modus		4	4	2
SD		.745	.641	.499
Spannweite		3	3	2
Minimum		2	2	1
Maximum		5	5	3

Anmerkung. SD = Standardabweichung.

Die prozentuale Häufigkeitsverteilung der Einschätzungen zu den jeweiligen Items, die den Abbildungen 7.15.3 a bis 7.15.3 c zu entnehmen ist, ist zudem in Quartilsbereiche unterteilt. 43% der Piloten gaben an, es fiel ihnen ‚wenig‘ bis ‚mittel‘ leicht „fit for duty“ zu sein (siehe Abbildung 7.15.3 a). 54% der Piloten (Quartilsbereich = Q2/Q3) würde es ‚ziemlich‘ leicht fallen „fit for duty“ zu sein. Die Skalenstufe 5 („sehr leicht“) kam mit 3% kaum vor. Die Kategorie „nicht leicht“ entfiel.

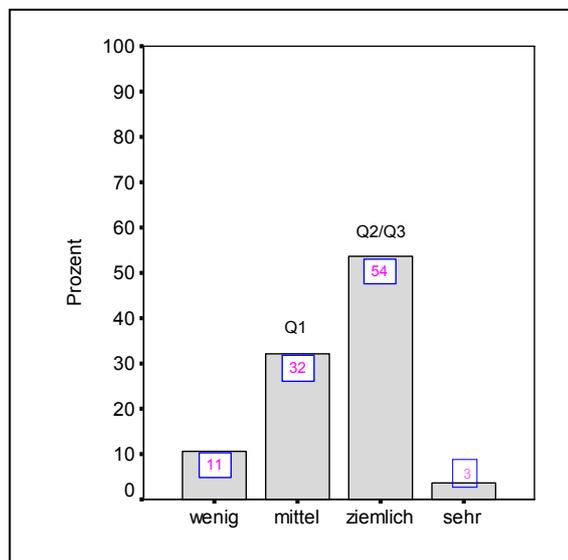


Abbildung 7.15.3 a: Wie leicht fällt es Ihnen „fit for duty“ zu sein?

Die Abbildung 7.15.3 b zeigt die prozentuale Häufigkeitsverteilung der quantitativen „fit for duty“ -Beurteilung. Auf die Frage „Wie häufig fühlen Sie sich „fit for duty“? antworteten 21% der Probanden mit ‚sehr oft‘. Den größten Anteil mit 68%, auf die alle drei Quartilsbereiche fallen, nimmt die Kategorie „4 = ziemlich oft“ ein. Die Kategorien „2 = selten“, „3 = gelegentlich“ wurden kaum zur Beurteilung verwendet (8%) und die Kategorie „1 = nie“ entfiel. Fehlende Prozente (3%) sind auf fehlende Messwerte zurückzuführen.

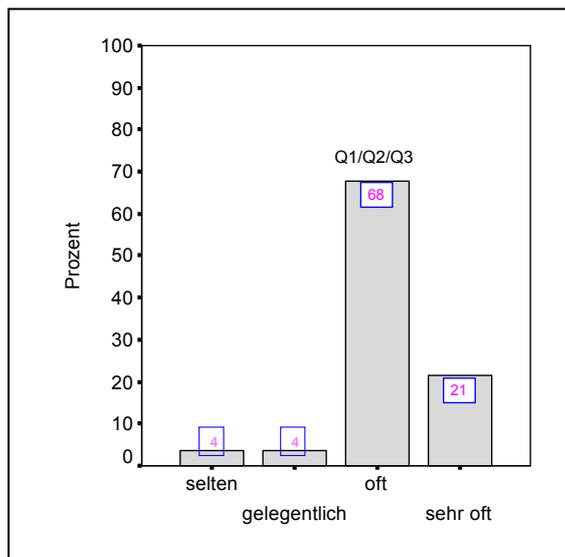


Abbildung 7.15.3 b: „Wie häufig fühlen Sie sich „fit for duty“?

In Abbildung 7.15.3 c ist die prozentuale Häufigkeitsverteilung der Beurteilung auf die Frage „Wie häufig sind Sie nicht „fit for duty“? demonstriert. 75% gaben die Kategorien „1 = nie“ und „2 = selten“ an (Quartilsbereiche Q1/Q2). 25% der Probanden antworteten mit ‚gelegentlich‘. Die Kategorien „4 = oft“, und „5 = sehr oft“ wurden zur Beurteilung nicht herangezogen.

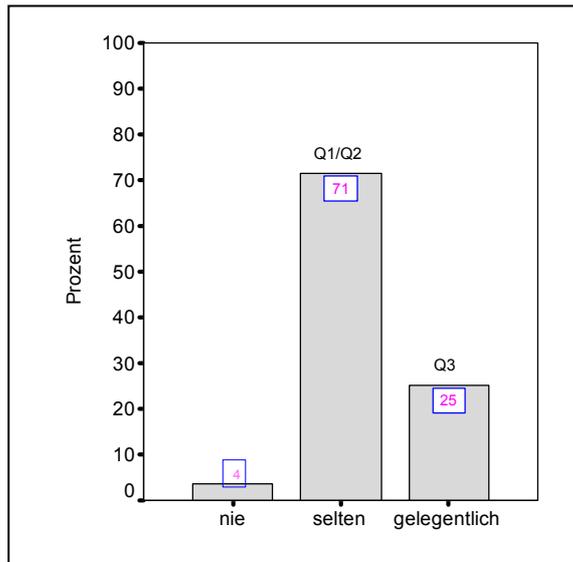


Abbildung 7.15.3 c: „Wie häufig sind Sie nicht ‚fit for duty“?“

Auf die Frage, welche Faktoren die wichtigsten sind um generell ‚fit for duty‘ zu sein, gaben alle Probanden ausreichenden, erholsamen Schlaf sowie genügend Ruhezeit an.

#### 7.15.4 Subjektive Bewertungen von Belastungsfaktoren während Flugdiensttagen

Welche Faktoren besonders zur Belastung während Flugdiensten beitragen, beantworteten die Piloten anhand des ‚Allgemeinen Fragebogens‘. Dabei zeigten sich anteilig mit 14.9 % die Wetterbedingungen als einer der wichtigsten Faktoren (schlechte Wetterbedingungen wie beispielsweise Schneechaos, Gewitter, Windböen, etc.) (siehe Abbildung 7.15.4). Auch technische und medizinische Probleme wie auch Probleme mit Passagieren sowie unregelmäßige Flugdienst- und zu geringe Ruhezeiten tragen mit einem hohen Anteil zur Belastung bei (12.2%). Frühes Aufstehen hat den drittgrößten Einfluss auf das Belastungsempfinden während Flugdiensttagen (9.5 %). Der Ablauf/OPS, die kurzen Transitzeiten und die Kollegen (Bodenpersonal, Cockpit- und Kabinenpersonal) tragen mit 8.1 % Anteil zur Belastung während Flugdiensten bei. Der Zeitdruck wird mit einem Anteil von 6.8 % aufgrund von ‚enger‘ Schedules und Slots als Belastungsfaktor während der Einsätze gesehen. Viele Aircraft-/und oder Crewchanges sowie die Verpflegung an Bord während Flugdiensten wird mit

jeweils einem Anteil von 5.4 % als belastend empfunden. ‚Wenig Bewegung‘ und ‚Checkflüge‘ wurde von den Piloten anteilig eher selten als belastender Faktor angegeben.

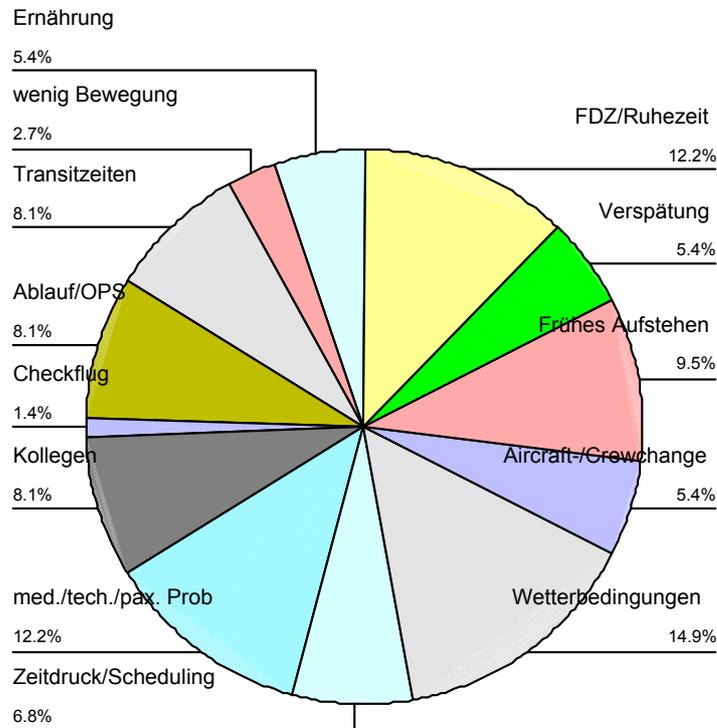


Abbildung 7.15.4: Welche Faktoren tragen besonders zur Belastung und Beanspruchung während Flugdiensten bei?

## 8 Ergebnisse des Sleep Logs

Entsprechend den vorgenommenen Eintragungen der Pilotenstichprobe in das Sleep Log durch den Pocket PC, werden zur Analyse der globalen (klassischen) und schlafassoziierten (spezifischen) Schlafparameter alle subjektiven Uhrzeiten und Einschätzungen zur Auswertung herangezogen. Die Jornadazeit bleibt als Kontrollzeit in den Auswertungen unberücksichtigt. Unter den globalen Schlafparametern werden alle Zeiten verstanden, die die angegebenen Wach- und Schlafzeiten der Probanden betreffen (Akerstedt, 1991). Hierzu zählt die

- Gesamtschlafdauer („Sleep period time“ (SPT)),
- die Zeit im Bett („Time in bed“ (TIB)),
- die Einschlafzeit,
- die Licht aus - Zeit,
- die Aufwachzeit,
- die Aufstehzeit,
- die nächtliche Aufwachfrequenz.

Die schlafassoziierten Schlafparameter beziehen sich auf das subjektive Schlaf- und Müdigkeitsempfinden, das mittels unterschiedlicher standardisierter Verfahren eingeschätzt wurde. Aufgrund der unterschiedlichen Verteilung der jeweiligen Zellen, wird explizit auf die statistische Verfahrensweise hingewiesen.

### 8.1 Chronotyp

Neben der Analyse der Sleep Log Daten ist der Chronotyp ein wichtiger Parameter, der als Persönlichkeitsmerkmal auf das Schlafverhalten moderierend einwirkt. Im Folgenden wird der aus dem D-MEQ ermittelte Chronotyp dem von den Probanden selbsteingeschätzten Chronotyp aus dem Fragebogen „Zu welchem Typ zählen Sie sich?“ (Item 19, siehe Anhang 2) gegenübergestellt. Die Abbildungen 8.1 a und 8.1 b stellen den aus dem D-MEQ ausgewerteten Chronotyp und den selbsteingeschätzten Chronotyp durch das Item 19 des D-MEQ der Probanden in Prozent dar. In Abbildung 8.1. a zeigt sich ein überwiegend „indifferenter Typ“ (66 %). 21 % fallen auf einen schwach ausgeprägten Morgentyp und 14% auf einen schwach ausgeprägten Abendtyp. Extreme Morgen- oder Abendtypen entfallen, wogegen die Probanden in ihrer Einschätzung durch das Item 19 des D-MEQ Extremtypen angaben (24%) (siehe Abbildung 8.1 b).

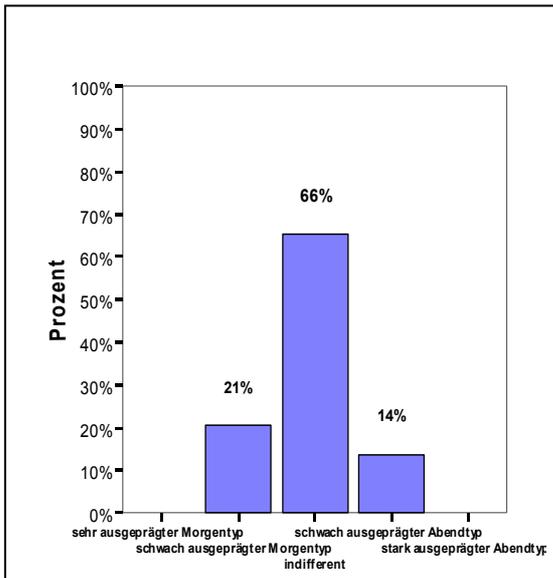


Abbildung 8.1 a: Chronotyp aus dem D-MEQ (Griefahn, 2001).

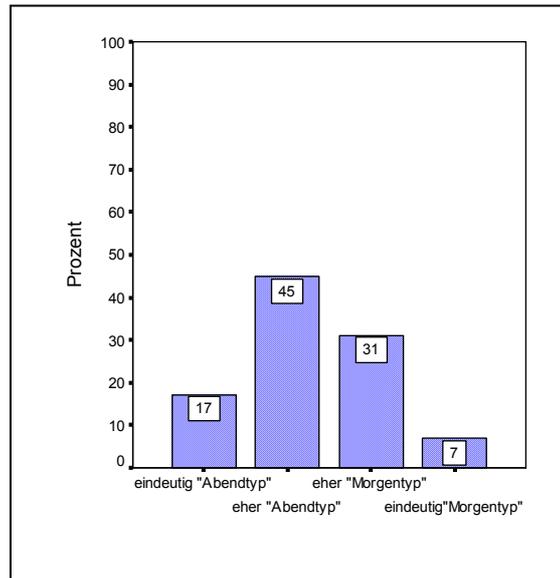


Abbildung 8.1 b: Chronotyp durch das Item 19 aus dem D-MEQ (Griefahn, 2001) „Zu welchem Typen zählen Sie sich?“.

## 8.2 Deskriptive Analysen zu den globalen Schlafparametern

Die Tabelle 8.2 (Anhang 3) zeigt alle globalen Schlafparameter (Gesamtschlafdauer (SPT); Zeit im Bett (TIB); Einschlaf- und Aufwachzeit; Lichtaus- und Aufstehzeit) der Pilotenstichprobe getrennt nach Rang, Dienstart (Layover, Off, Flugdienst (= FD)) und nach Aufenthaltsort nach einem Flugdienst (zu Hause; Hotel (= Overnight)). Die durchschnittlichen Zeiten und die Standardabweichungen (= sd) wurden aus den subjektiven Angaben des Sleep Log vor dem Zubettgehen nach einem Flugdienst-, Off- oder Layovertag errechnet. Die Zeit im Bett (TIB) beinhaltet den Zeitraum vom Licht ausschalten bis zur Aufstehzeit. Die Gesamtschlafdauer (SPT) beinhaltet das Intervall der Einschlafzeit bis zum Zeitpunkt des Erwachens (Aufwachzeit).

## 8.2.1 Schlafzeiten an Flugdienst- und Offtagen

Im Durchschnitt schlafen die Ersten Offiziere (FO) länger ( $\bar{x}$  = 7.59 h, sd = +/- 1.71 h) als die Kapitäne ( $\bar{x}$  = 7.32 h, sd = +/- 1.43 h). Die Gesamtschlafdauer ist sowohl an Offtagen als auch an Flugdienstagen bei den Cpt kürzer als bei den Ersten Offizieren (Cpt off:  $\bar{x}$  = 7.24 h, sd = +/- 1.50 h; Cpt FD:  $\bar{x}$  = 7.41 h, sd = +/- 1.43 h; FO off:  $\bar{x}$  = 7.63 h, sd = +/- 1.80 h; FO FD:  $\bar{x}$  = 7.59 h, sd = 1.71 h). Generell ist die Gesamtschlafdauer bei den FO sowohl an Flugdienstagen als auch an Offtagen länger als bei den Cpt (siehe Tabelle 8.2; Anhang 3).

Die Aufwachzeit ist an Flugdienstagen bei den Cpt und FO beinahe identisch, wogegen die Cpt an Offtagen früher und die FO später erwachen als an Einsatztagen (siehe Tabelle 8.2; Anhang 3). Die Differenz zwischen der TIB und SPT ist bei den Kapitänen länger als bei den Ersten Offizieren, außer bei außerhäuslichen Übernachtungen. Generell sind auch die Standardabweichungen der Zeiten zu beachten die bis zu ca. 2 Stunden sowohl an Off- als auch an Flugdienstagen variieren.

## 8.2.2 Schlafzeiten an Flugdienstagen

Die Gesamtschlafdauer (SPT) ist sowohl bei den Cpt als auch bei den FO an Flugdienstagen zu Hause länger und die Aufwachzeiten später als im Overnight (SPT: Cpt:  $\bar{x}$  = 7.62 h FD zuhause, sd = +/- 1.41; Cpt:  $\bar{x}$  = 7.32 FD overnight, sd = +/- 1.43 h; FO:  $\bar{x}$  = 8.54 h FD zuhause, sd = +/- 1.63; FO:  $\bar{x}$  = 7.20 h FD overnight, sd = +/- 1.40 h / Aufwachzeit: Cpt:  $\bar{x}$  = 7.64 h FD zuhause, sd = +/- 1.27 h; Cpt:  $\bar{x}$  = 7.33 FD overnight sd = +/- 2.58 h; FO:  $\bar{x}$  = 8.88 h FD zuhause, sd = +/- 1.91 h ; FO:  $\bar{x}$  = 6.84 h FD overnight, sd = +/- 2.49 h). Die FO erwachen nach Flugdienstagen später (Aufwachzeit: 7.59 h; sd = +/- 2.28 h) und schlafen länger als die Cpt (Aufwachzeit:  $\bar{x}$  = 7.43 h; sd = +/- 2.29 h / SPT:  $\bar{x}$  = 7.41 h; sd = +/- 1.35 h). Die Zeit im Bett ist sowohl an Flugdienstagen im Overnight als auch zuhause bei den Cpt länger als bei den FO (siehe Tabelle 8.2; Anhang 3).

### 8.2.3 Schlafzeiten an Offtagen

Die Gesamtschlafdauer (SPT) ist an Offtagen länger als an den Layovertagen (Cpt off:  $\bar{x}$  = 7.24 h, sd = +/- 1.50 h; Cpt layover:  $\bar{x}$  = 5.59 h, sd = +/- 1.45 h/ FO off:  $\bar{x}$  = 7.63 h sd = +/-1.80 h; FO Layover:  $\bar{x}$  = 5.48 h, sd = +/- 1.60 h. Die Aufwachzeit ist bei den Kapitänen und den Ersten Offizieren im Layover wesentlich früher als an den Offtagen. Die Differenz zwischen der TIB und SPT ist bei den Cpt an Off- und Layovertagen kleiner als bei den FO (siehe Tabelle 8.2; Anhang 3). Das heißt, die Ersten Offiziere verbringen mehr Zeit im Bett als die Kapitäne.

Allerdings beinhalten die Layovernächte die Nacht vor und die Nacht nach einem Layover. In der Abbildung 8.2.3 ist die Differenzierung der SPT und der TIB zwischen den beiden Layovernächten und den Naps während des Layovers abgebildet. Sowohl die SPT als auch die TIB unterscheiden sich zwischen den beiden Nächten nicht wesentlich. Der Grund hierfür ist, dass der Flugdienst zumeist in einen Layover relativ spät endet und aus einem Layover früh beginnt.

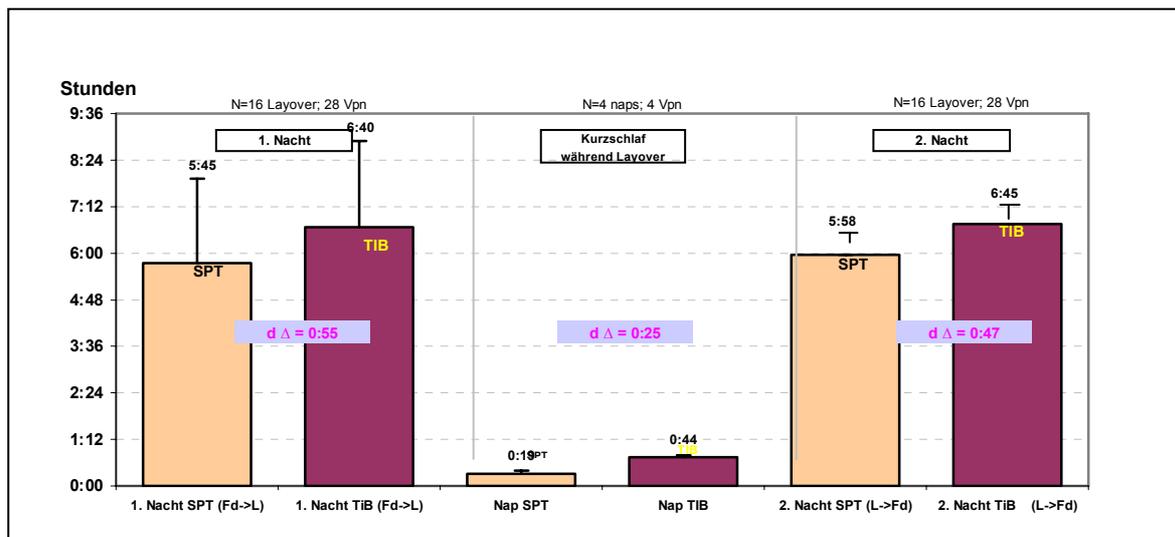


Abbildung 8.2.3: Sleep Period Time (SPT) und Time in Bed (TIB)-Sleep Log Werte nach 1. und 2. Layovernächten sowie Naps am Layover. Fd=Flugdienst. L=Layover.

### 8.3 Sleep Log und Aktimetrie

#### 8.3.1 Zusammenhang zwischen subjektiver Einschätzung und objektiver Erfassung der globalen Schlafparameter

Zur Prüfung der Hypothese eines starken positiven Zusammenhangs zwischen den durch die Aktimetrie objektiv und den aus dem Sleep Log subjektiv erfassten Schlafparametern werden bivariate Korrelationen gerechnet. Aufgrund der größtenteils nicht normalverteilten Daten der Aktometer- und Sleep Log – Zeiten wird der Korrelationskoeffizient nach Spearman angewendet. Da ein eindirektionaler Zusammenhang zwischen den Parametern erwartet wird, wird die Korrelation einseitig getestet.

Zwischen den durch das Aktometer erfassten globalen Schlafparametern und den subjektiven globalen Schlafparametern bestehen sehr starke positive signifikante Zusammenhänge (siehe Tabelle 8.3.1). Insbesondere die Aufwachzeiten zeigen einen beinahe perfekten Zusammenhang ( $r_s = .936$ ). Bei den Einschlafzeiten ergibt sich eine etwas geringere, aber dennoch signifikant positive Korrelation zwischen dem Sleep Log und den Aktometerdaten ( $r_s = .627$ ). Die geringere Korrelation der Einschlafzeiten ist einerseits durch das Artefakt des Aktometers bedingt, das die mit wenig Bewegung einhergehende Einschlafphase als Schlafzeit registriert und kann andererseits auch durch die Überschätzung der Einschlafdauer bei normalen Schläfern hervorgerufen werden (Becker-Carus, 2004).

Tabelle 8.3.1: Rangkorrelationen nach Spearman zwischen den Aktometer- und den globalen Schlafparametern (Einschlafzeit, Aufwachzeit, Gesamtschlafdauer) aus dem Sleep Log.

		Aktometer eingeschlafen	Aktometer aufgewacht	Aktometer SPT
Sleep Log eingeschlafen	$r_s$	<b>.627**</b>	-.314	-.032
	N	1327	1327	1324
Sleep Log aufgewacht	$r_s$	-.303	<b>.936**</b>	<b>.573**</b>
	N	1327	1329	1326
Sleep Log SPT	$r_s$	-.016	<b>.568**</b>	<b>.857**</b>
	N	1325	1327	1326

Anmerkung: \*\* bedeutet  $p < .01$ . SPT = Gesamtschlafdauer.  $r_s$  = Korrelationskoeffizient nach Spearman.

### 8.3.2 Lineare Regressionsanalyse der subjektiven Einschätzung und der objektiven Erfassung der Gesamtschlafdauer

Die Art des Zusammenhangs zwischen der Aktimetrie und der subjektiven Erfassung der globalen Schlafparameter durch die täglichen Eintragungen in das Sleep Log wird mittels der linearen Regressionsanalyse überprüft. Als Kriterium (AV) wird die aus den Aktometerzeiten errechnete Gesamtschlafdauer (SPT) in Minuten eingesetzt, als Prädiktor (UV) die Gesamtschlafdauer (SPT) aus dem Sleep Log. Der errechnete lineare Zusammenhang zwischen den zwei Variablen SPT Aktometer und SPT Sleep Log zeigt sich höchst signifikant. Der Determinationskoeffizient ( $R^2$ ) klärt mit 72% den Varianzanteil im Kriterium auf, der auf den Prädiktor zurückzuführen ist.

Aus der Tabelle 8.3.2 ist die Regressionsgleichung ( $y = 0,90 \times \text{SPT Sleep Log} + 40,76$ ) zu entnehmen. Der Parameter von 40,76 min ist durch den Algorithmus der Software des Aktometers zu erklären - die Liegezeit im Bett vor dem Einschlafen geht mit wenig Bewegung einher und wird dadurch bereits zur Einschlafzeit gerechnet. Zudem wird die Schlafdauer beim normalen Schläfer unterschätzt (Becker-Carus, 2004). Die geringe Spannweite der Grenzen des Konfidenzintervalls für B weist auf eine genaue Schätzung der Koeffizienten hin. Die Abbildung 8.3.2 veranschaulicht den linearen Zusammenhang der beiden Variablen.

Aufgrund der Ergebnisse werden zu weiteren Analysen der globalen Schlafparameter die subjektiven Einschätzungen der Schlafzeiten aus dem Sleep Log herangezogen, da sich das Aktometer als objektives Maß zur Erfassung globaler Schlafparameter nicht wesentlich von den subjektiven Angaben aus dem Sleep Log unterscheidet.

Tabelle 8.3.2: Zusammenfassung der einfachen linearen Regressionsanalyse zur Vorhersage der Kriteriumsvariable „Gesamtschlafdauer Aktometer“.

	B	Standardfehler	Beta	CI 95% Untergrenze	CI 95% Obergrenze
Konstante	40.756	6.974		27.075	54.438
Prädiktor SPT_SL	.896	.015	.851***	.866	.926

Anmerkung. CI 95% = 95%-Konfidenzintervall für B.  $R^2 = .724$ . SPT = Gesamtschlafdauer. Prädiktor = Gesamtschlafdauer aus dem Sleep Log (SPT\_SL).

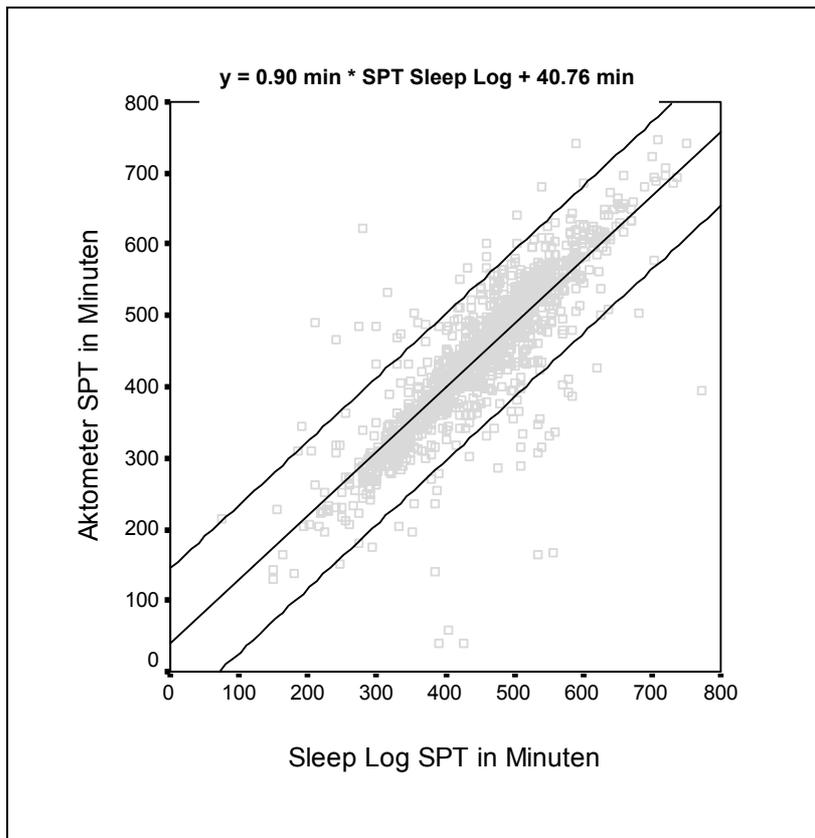


Abbildung 8.3.2: Regressionsgerade zur Vorhersage der Kriteriumsvariable „Gesamtschlafdauer Aktometer“ durch den Prädiktor „Gesamtschlafdauer Sleep Log“. SPT = Sleep period time (= Gesamtschlafdauer).

#### 8.4 Analyse der globalen Schlafparameter in Abhängigkeit von der Dienstart und dem Dienstort

Zur Analyse der Fragestellung der Unterschiede in den globalen Schlafparametern zwischen dem Rang und der Dienstart (Offtag, Layover, Flugdienst) und auch zwischen dem Rang und dem Flugdienstort (Flugdienst zu Hause versus Flugdienst im Overnight) wurden die subjektiven Uhrzeiten, die nach dem Schlaf in das Sleep Log einzutragen waren, herangezogen. Unter den globalen Schlafparametern werden alle Zeiten verstanden, die angegeben

Wach- und Schlafzeiten der Probanden betreffen (Akerstedt, 1991). Als abhängige Variablen wurden im multivariaten Varianzmodell die Gesamtschlafdauer (SPT), die Zeit im Bett (TIB), die Einschlafzeit, die ‚Licht aus‘ - Zeit, die Aufwachzeit und die Aufstehzeit berücksichtigt.

#### 8.4.1 Globale Schlafparameter in Abhängigkeit von der Dienstart

Um einen Einfluss des Rangs (Kapitän, Erster Offizier) und der Dienstart (Flugdienst, Off, Layover) auf die globalen Schlafparameter (AVn) nachzuweisen, wird eine multivariate, zweifaktorielle (2 x 3) Varianzanalyse durchgeführt. Wie der Tabelle 8.4.1.1 zu entnehmen ist, weisen die abhängigen Variablen untereinander bedeutsame Korrelationen auf, so dass die multivariate Analyse univariaten Einzelanalysen vorzuziehen ist (Bühl und Zöfel, 2000). Die abhängigen Daten (subjektive Sleep Log - Daten) sind intervallskaliert und liegen, entsprechend dem KS-Test, größtenteils nicht normalverteilt vor.

Tabelle 8.4.1.1: Rangkorrelationen nach Spearman zwischen den globalen Schlafparametern.

	$r_s$	‚Licht aus‘ -Zeit	Einschlafzeit	Aufwachzeit	Aufstehzeit	SPT	TIB
‚Licht aus‘ - Zeit	$r_s$	-	.970**	.703**	.698**	-.018	-.020
	N	-	1543	1543	1543	1543	1543
Einschlafzeit	$r_s$	.970**	-	.692**	.694**	-.053	.003
	N	1543	-	1543	1543	1543	1543
Aufwachzeit	$r_s$	.703**	.692**	-	.970**	.636**	.614**
	N	1543	1543	-	1543	1543	1543
Aufstehzeit	$r_s$	.698**	.694**	.970**	-	.596**	.651**
	N	1543	1543	1543	-	1543	1543
SPT	$r_s$	-.018	-.053	.636**	.596**	-	.915**
	N	1543	1543	1543	1543	-	1543
TIB	$r_s$	-.020	.003	.614**	.651**	.915**	-
	N	1543	1543	1543	1543	1543	-

Anmerkung:  $r_s$  = Rangkorrelationskoeffizient nach Spearman. \*\* )  $p < .01$  (zweiseitig). SPT=Sleep period time. TIB=Time in bed.

Als ‚feste Faktoren‘ (= feste Effekte) werden der Rang (Kapitän, Erster Offizier) und die Dienstart (Flugdienst versus Freitage) gewählt. Geprüft werden die Effekte der Faktorstufen der unabhängigen Variablen auf die globalen Schlafparameter. Die Voraussetzung auf Gleichheit der Fehlervarianzen (Levene-Test) konnte für die Schlafparameter nicht nachgewiesen werden, daher wurde die Signifikanzgrenze von  $p = .05$  auf  $p = .01$  angehoben. Der Box-Test belegt keine Gleichheit der Kovarianzmatrizen.

Die Tests der Zwischensubjekteffekte (univariate Signifikanztests für jede abhängige Variable) prüfen auf Haupt- und Interaktionseffekte zwischen den Faktoren der globalen Schlafparameter.

Der Pillai-Spur Test (multivariate Tests) zeigt einen signifikanten Haupteffekt der Dienstart auf die globalen Schlafparameter (Dienstart  $p$  ( $F = 5.755$ ,  $df = 12$ ) = .000) und eine signifikante Interaktion Rang x Dienstart (siehe Tabelle 8.4.1.2). Der Rang hat keine signifikante Wirkung auf die globalen Schlafparameter. Die Wechselwirkung von Rang und Dienstart übt zwar einen höchst signifikanten Interaktionseffekt auf die Schlafparameter aus ( $p$  ( $F = 3.010$ ,  $df = 12$ ) = .000), darf aber, aufgrund des nicht signifikanten Haupteffekts durch den Rang, bei der Interpretation der Analyse nicht überbewertet werden. Generell weist das multivariate Modell nur geringe Effektstärken der einzelnen Parameter auf ( $\eta^2 < .022$ ).

Bei den Zwischensubjekteffekten wird die Varianz der globalen Schlafparameter durch den Faktor ‚Dienstart‘ jeweils sehr signifikant erklärt (außer bei ‚Licht aus‘-Zeit) (siehe Tabelle 8.4.1.2). Die Interaktion Dienstart x Rang ist beinahe für alle globalen Schlafparameter signifikant (außer SPT, TIB). Der Rang zeigt keine signifikante Wirkung auf die globalen Schlafparameter. In den Abbildungen 8.4.1 a bis 8.4.1 f werden die Verläufe der globalen Schlafparameter in Abhängigkeit von der Dienstart und dem Rang veranschaulicht.

Tabelle 8.4.1.2: Multivariate Varianzanalyse für die globalen Schlafparameter als abhängige Variablen mit den Faktoren Dienstart und Rang als unabhängige Variablen (= feste Effekte).

Quelle der Varianz	df	Prüfgröße F	Signif.	Partielles Eta- Quadrat
<b>Multivariate Tests:</b>				
Rang	6	1.725	.111	.007
Dienstart	12	5.755***	.000	.022
Rang * Dienstart	12	3.010***	.000	.012
<b>Zwischensubjekteffekte:</b>				
<b>Korrigiertes Modell:</b>				
'Licht aus'-Zeit	5	6.760***	.000	.022
Einschlafzeit	5	6.705***	.000	.021
Aufwachzeit	5	14.453***	.000	.045
Aufstehzeit	5	17.112***	.000	.053
SPT	5	8.544***	.000	.027
TIB	5	11.426***	.000	.036
<b>Rang:</b>				
'Licht aus'-Zeit	1	.651	.420	.000
Einschlafzeit	1	.003	.957	.000
Aufwachzeit	1	.226	.635	.000
Aufstehzeit	1	.654	.419	.000
SPT	1	.497	.481	.000
TIB	1	3.802	.051	.002
<b>Dienstart:</b>				
'Licht aus'-Zeit	2	4.423**	.012	.006
Einschlafzeit	2	16.482 ***	.000	.021
Aufwachzeit	2	17.950 ***	.000	.023
Aufstehzeit	2	12.768 ***	.000	.016
SPT	2	8.049 ***	.000	.010
TIB	2	7.741***	.000	.010
<b>Rang * Dienstart:</b>				
'Licht aus'-Zeit	2	7.157 **	.001	.009
Einschlafzeit	2	8.393 ***	.000	.011
Aufwachzeit	2	7.342 **	.001	.009
Aufstehzeit	2	8.833 ***	.000	.011
SPT	2	.436	.647	.001
TIB	2	1.622	.198	.002
<b>Fehler:</b>				
'Licht aus'-Zeit	1537	(3.049)		
Einschlafzeit	1537	(2.820)		
Aufwachzeit	1537	(4.619)		
Aufstehzeit	1537	(5.087)		
SPT	1537	(2.506)		
TIB		(2.746)		

Anmerkung: Werte in Klammern repräsentieren die mittleren Quadratfehler. \*\*\* p < .001. \*\* p < .01. SPT = Sleep period time (Gesamtschlafdauer). TIB = Time in bed (Zeit im Bett). Rang = Kapitän versus Erster Offizier. Dienstart = Flugdienst, Offtag, Layover).

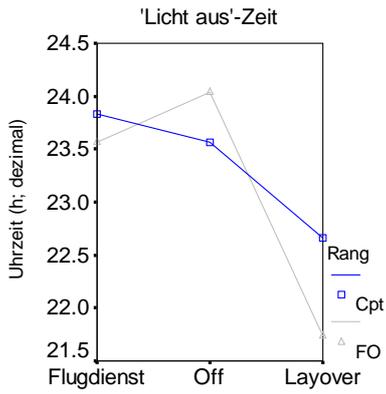


Abbildung 8.4.1 a: ‚Licht aus‘ Zeit in Abhängigkeit von der Dienststart.

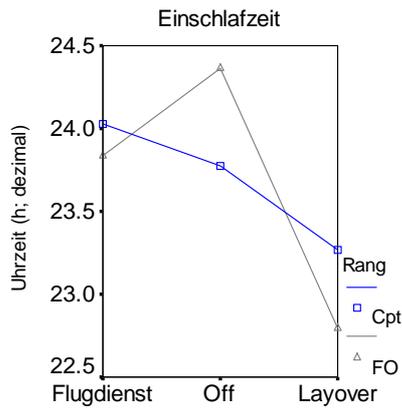


Abbildung 8.4.1 b: Einschlafzeit in Abhängigkeit von der Dienststart.

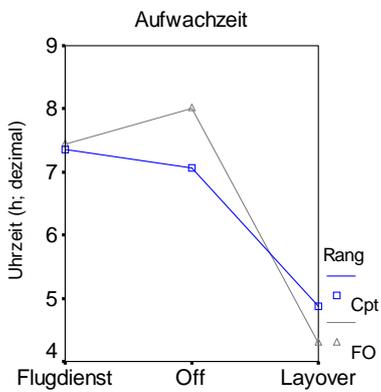


Abbildung 8.4.1 c: Aufwachzeit in Abhängigkeit von der Dienststart.

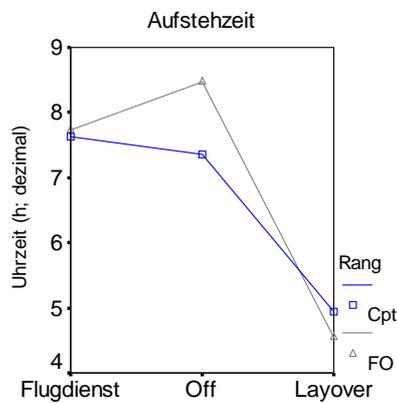


Abbildung 8.4.1 d: Aufstehzeit in Abhängigkeit von der Dienststart.

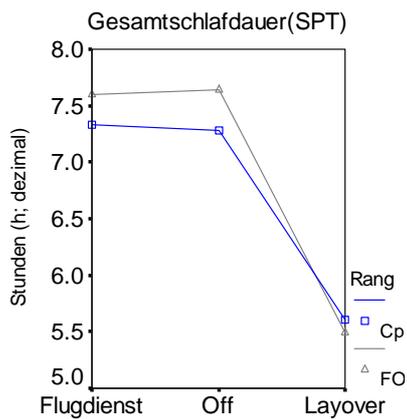


Abbildung 8.4.1 e: Gesamtschlafzeit (SPT) in Abhängigkeit von der Dienststart.

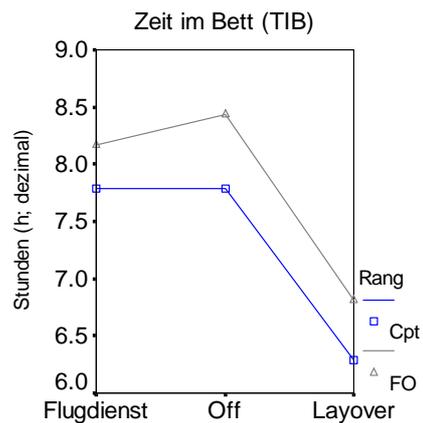


Abbildung 8.4.1 f: Zeit im Bett (TIB) in Abhängigkeit von der Dienststart.

Statistisch bedeutsame Unterschiede zwischen der Dienstart (Flugdienst, Off, Layover) in Abhängigkeit von den globalen Schlafparametern konnten gesichert werden. Signifikante Unterschiede zwischen dem Rang konnten nicht für alle globalen Schlafparameter bestätigt werden.

Allerdings ist zu beachten, dass die Zellen ungleich besetzt sind und die Layoveranzahl im Vergleich zu den Flugdienst- und Offtagen relativ gering ist (N = 16). Daher wird im Folgenden eine Unterschiedsprüfung zwischen ‚Flugdienst zu Hause‘ versus ‚Flugdienst Overnight‘ vorgenommen und auf eine statistische Testung des Einflusses der Freitage (Off versus Layover) auf die Schlafparameter verzichtet.

#### 8.4.2 Globale Schlafparameter in Abhängigkeit von dem Flugdienstort

Entsprechend der Durchführung unter Punkt 8.4.1 wird eine multivariate, zweifaktorielle Varianzanalyse durchgeführt, um signifikante Effekte durch Flugdienste zu Hause und Flugdienste im Overnight (= Hotelübernachtung) sowie den Einfluss des Rangs (Kapitän, Erster Offizier) auf die globalen Schlafparameter zu analysieren. Als ‚feste‘ Effekte wurden der Ort nach einem Flugdienst und der Rang gewählt. Die abhängigen Variablen (globalen Schlafparameter) zeigen sich größtenteils nicht normalverteilt (siehe Tabelle 8.4.2). Die Voraussetzung auf Gleichheit der Fehlervarianzen (Levene-Test) konnte für die globalen Schlafparameter nicht nachgewiesen werden, daher wurde die Signifikanzgrenze von  $p = .05$  auf  $p = .01$  gesetzt. Der Box-Test belegt keine Gleichheit der Kovarianzmatrizen.

Die multivariaten Tests zeigen höchst signifikante Unterschiede zwischen dem Rang (Rang  $p$  ( $F = 5.309$ ,  $df = 6$ ) = .000) und zwischen dem Ort nach einem Flugdienst (Flugdienstort  $p$  ( $F = 5.755$ ,  $df = 6$ ) = .000) auf die globalen Schlafparameter (siehe Tabelle 8.4.2).

Tabelle 8.4.2: Multivariate Varianzanalyse für die globalen Schlafparameter als abhängige Variablen mit den Faktoren Rang und Flugdienstort als unabhängige Variablen (= fese Effekte). Signifikante F-Werte sind mit \* sehr signifikante mit \*\* und höchst signifikante mit \*\*\* markiert.

Quelle der Varianz	df	Prüfgröße F	Signif.	Partielles Eta- Quadrat
<b>Multivariate Tests:</b>				
Rang	6	5.306 ***	.000	.041
Flugdienstort	6	5.755***	.000	.118
Rang * Flugdienstort	6	4.589 ***	.000	.035
<b>Zwischensubjekteffekte:</b>				
<b>Korrigiertes Modell:</b>				
'Licht aus'-Zeit	3	6.238***	.000	.024
Einschlafzeit	3	5.298**	.001	.021
Aufwachzeit	3	25.100***	.000	.091
Aufstehzeit	3	27.779***	.000	.100
SPT	3	31.625***	.000	.112
TIB	3	35.070***	.000	.122
<b>Rang:</b>				
'Licht aus'-Zeit	1	4.056	.044	.005
Einschlafzeit	1	3.611	.058	.005
Aufwachzeit	1	42.634***	.000	.054
Aufstehzeit	1	51.326***	.000	.064
SPT	1	63.729***	.000	.078
TIB	1	73.700***	.000	.089
<b>Flugdienstort:</b>				
'Licht aus'-Zeit	1	.202	.653	.000
Einschlafzeit	1	.007	.933	.000
Aufwachzeit	1	6.039	.014	.008
Aufstehzeit	1	6.512	.011	.009
SPT	1	16.432***	.000	.021
TIB	1	20.630***	.000	.027
<b>Rang * Flugdienstort:</b>				
'Licht aus'-Zeit	1	9.477**	.002	.012
Einschlafzeit	1	8.760**	.003	.011
Aufwachzeit	1	24.172***	.000	.031
Aufstehzeit	1	22.775***	.000	.029
SPT	1	16.131***	.000	.021
TIB	1	12.454***	.000	.016
<b>Fehler:</b>				
'Licht aus'-Zeit	754	(3.856)		
Einschlafzeit	754	(3.475)		
Aufwachzeit	754	(5.239)		
Aufstehzeit	754	(5.828)		
SPT	754	(2.040)		
TIB	754	(2.413)		

Anmerkungen: Werte in Klammern repräsentieren die mittleren Quadratfehler. Flugdienstort = Flugdienst zuhause versus Flugdienst mit Overnight (Übernachtung im Hotel). Rang = Kapitän vs. Erster Offizier. \*\*  $p \leq .01$ . \*\*\*  $p < .001$ . SPT = Sleep period time (Gesamtschlafdauer). TIB = Time in bed.

Die Tests der Zwischensubjekteffekte ergeben bei kleiner bis mittlerer Effektgröße signifikante bis höchst signifikante Haupteffekte der ‚festen Effekte‘ (Rang; Flugdienstort) auf die globalen Schlafparameter. Signifikante Haupteffekte des Dienstortes zeigen sich auf der Gesamtschlafzeit und der Zeit im Bett. Auch die Interaktion Rang x Flugdienstort zeigt sich sehr bis höchst signifikant. Die Unterschiede in den globalen Schlafparametern zwischen dem Flugdienstort (Flugdienst zuhause oder mit Overnight) konnten bestätigt werden.

Exemplarisch werden die Interaktionseffekte der Faktoren Rang x Flugdienstort auf die Einschlaf- und Aufwachzeit sowie auf die Gesamtschlafdauer in den Abbildungen 8.4.2 a, b, c dargestellt

Die Abbildung 8.4.2 a zeigt eine disordinale Interaktion. Demnach sind sowohl der Rang als auch der Ort im Wesentlichen wichtige Einflussfaktoren auf die Einschlafzeit. Die Ersten Offiziere schlafen zu Hause später ein als im Hotel. Bei den Kapitänen zeigt sich ein gegenläufiger Effekt. Die Abbildung 8.4.2 b beinhaltet eine hybride Interaktion. Die Aufwachzeit ist nach einem Overnight generell eher als nach einem Flugdienst zu Hause. In der Abbildung 8.4.2 c ist eine ordinale Interaktion abgebildet. Sowohl die Kapitäne als auch die ersten Offiziere schlafen nach einer Hotelübernachtung während eines Flugdienstes kürzer als zu Hause nach einem Einsatztag.

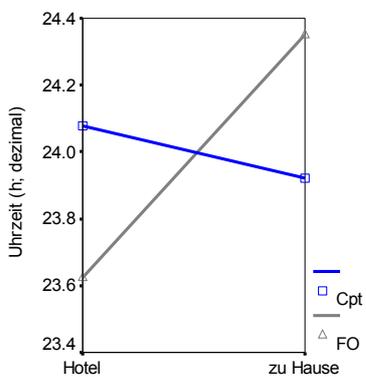


Abbildung 8.4.2 a:  
Einschlafzeit (h; dezimal)  
an Flugeinsatztagen in  
Abhängigkeit vom Ort  
(Hotel vs. Zu Hause) und  
Rang (Cpt vs. FO).  
Disordinale  
Interaktion.

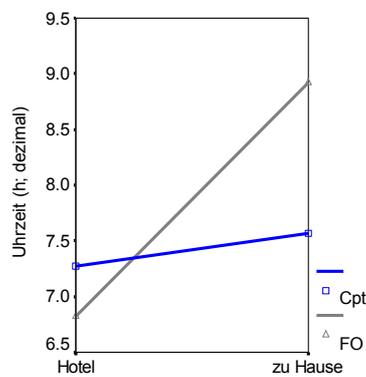


Abbildung 8.4.2 b:  
Aufwachzeit (h; dezimal)  
an Flugeinsatztagen in  
Abhängigkeit vom Ort  
(Hotel vs. Zu Hause) und  
Rang (Cpt vs. FO).  
Hybride Interaktion.

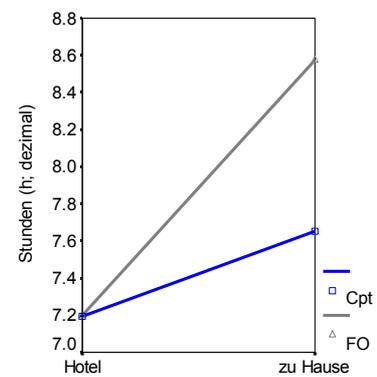


Abbildung 8.4.2 c:  
Gesamtschlafdauer (SPT)  
(h; dezimal) an Flug-  
einsatztagen in Abhängigkeit  
vom Ort (Hotel vs. Zu  
Haus) und Rang (Cpt vs.  
FO). Ordinale Interaktion.

## 8.5 Zusammenhang zwischen der subjektiven Einschätzung der Müdigkeit und Schläfrigkeit

In der Literatur wird der Zusammenhang zwischen der subjektiven Müdigkeit und Schläfrigkeit kontrovers diskutiert (siehe Punkt 2.8). Die Frage nach einem hohen korrelativen Zusammenhang zwischen den beiden psychologischen Zuständen wird anhand dieser Studie an  $N = 10625$  Daten überprüft. Die Einschätzung der subjektiven Müdigkeit erfolgte über die FAT-Skala von Samn und Perelli (Fatigue Checklist) (1982) und die Beurteilung der subjektiven Schläfrigkeit über die Karolinska Sleepiness Scale (KSS-Skala). Geprüft wird die Hypothese, dass die beiden Skalen in einem hohen Zusammenhang stehen und sich in ihrer Grundgesamtheit in der subjektiven Beurteilung nicht voneinander unterscheiden.

### 8.5.1 Deskriptive Statistik der FAT-Skala und KSS-Skala

In Tabelle 8.5.1 werden die Maße der zentralen Tendenz und die Abweichungsmaße für die FAT-Skala und die KSS-Skala dargestellt. Der gleichsinnige Verlauf der beiden Skalen ist in Abbildung 8.5.1 veranschaulicht und zeigt die Mittelwerte mit Standardabweichungen der Skalen über den gesamten Messverlauf. Die Messungen beinhalten sowohl Abend- als auch Morgenwerte und sind nicht nach Dienstart getrennt.

Tabelle 8.5.1. Maße der zentralen Tendenz, Abweichungsmaße sowie Verteilungskennwerte der FAT-Skala und der KSS-Skala.

		FAT-Skala	KSS-Skala
N	Gültig	10625	10625
Mittelwert		4.61	9.20
Standardabweichung		1.97	3.80
Median		4.00	9.00
Modus		3	9
Minimum		1	0
Maximum		9	20
Perzentile	25	6.00	3.00
	50	9.00	4.00
	75	12.00	6.00

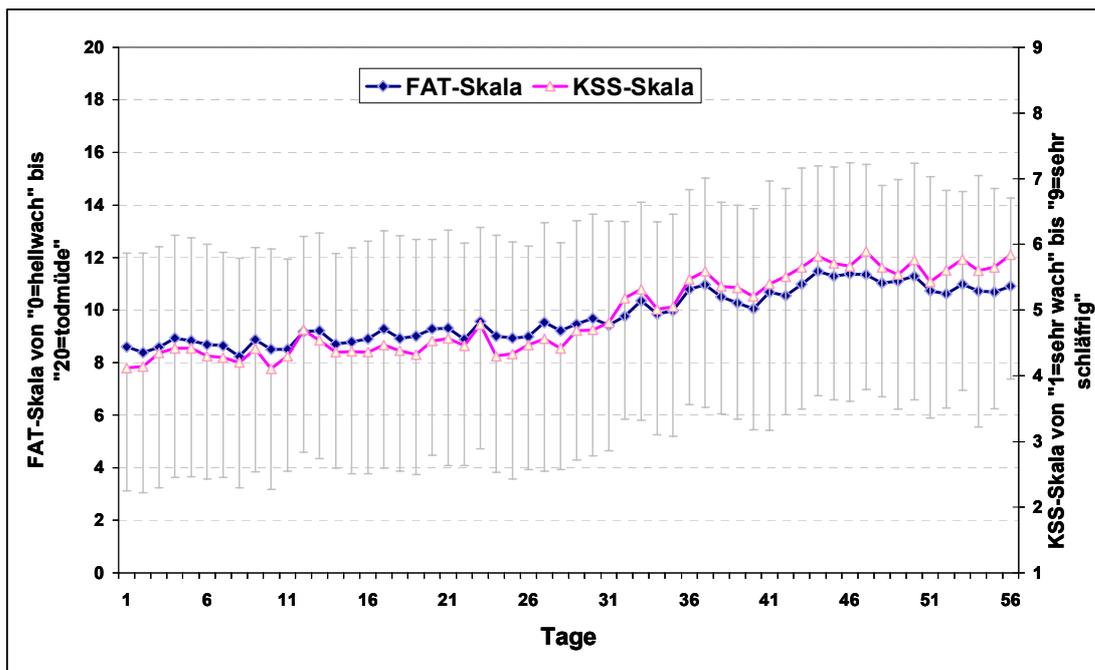


Abbildung 8.5.1: Verlauf der eingeschätzten subjektiven Müdigkeit (FAT-Skala) und Schläfrigkeit (KSS-Skala) über den gesamten Messverlauf.

### 8.5.2 Korrelationsanalyse zwischen der FAT-Skala und der KSS-Skala

Die statistische Absicherung der gerichteten Hypothese, dass die FAT-Skala und die KSS-Skala in einem positiven Zusammenhang stehen und sich in ihrer Grundgesamtheit nicht voneinander unterscheiden ( $H_0: \rho \leq 0$ ;  $H_1: \rho > 0$ ), wurde anhand einer bivariaten Korrelation vorgenommen. Da für die FAT-Skala und die KSS-Skala keine Normalverteilung der Daten vorliegt, wird der Rang-Korrelationskoeffizient nach Spearman (Spearman - Rho) verwendet. Der Korrelationskoeffizient von  $r_s = .84$  ist mit  $p < .01$  (1-seitig) sehr signifikant und beschreibt einen sehr starken ( $.8 < r < 1$ ) positiven linearen Zusammenhang zwischen den beiden Skalen (siehe Tabelle 8.5.2). Gerade bei psychometrischen Daten ist ein sehr starker Zusammenhang eher selten zu erwarten. Daher kann bedenkenlos die Nullhypothese ( $H_0: \rho \leq 0$ ) verworfen und die Alternativhypothese ( $H_1: \rho > 0$ ) angenommen werden.

Den signifikant positiven Zusammenhang verdeutlicht die Abbildung 8.5.2 a der bivariaten Korrelation, die eine Zuordnung der einzelnen Skalenwerte erlaubt. So entspricht beispielsweise die Einschätzung der Schläfrigkeitsskala (KSS-Skala) mit dem Wert 1 (= sehr wach/wach) zugleich der subjektiv beurteilten Müdigkeit (FAT-Skala) mit dem Wert von ca. 0 bis 8 (= hell wach).

Tabelle 8.5.2. Korrelationsanalyse zwischen der Schläfrigkeitsskala (KSS-Skala) und der Müdigkeitsskala nach Samn & Perelli (1982) (FAT-Skala).

	Spearman-Rho	KSS
FAT-Skala	$r_s$	<b>.836**</b>
	N	10624

Anmerkung: \*\*)  $p < .01$  (einseitig).

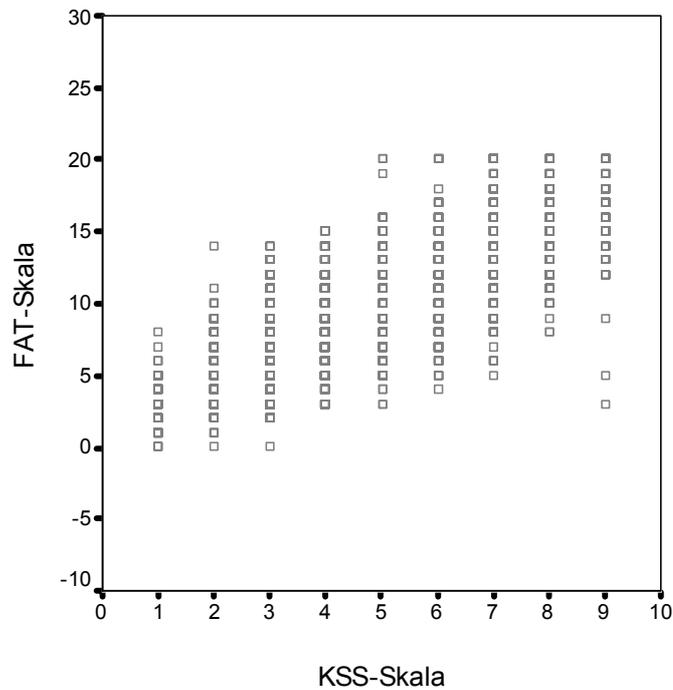


Abbildung 8.5.2 a: Korrelation zwischen der FAT-Skala (Skalierung von „0 = hellwach“ bis „20 = todmüde“) und der KSS-Skala (Skalierung von „0 = sehr wach“ bis „9 = sehr schläfrig“).

Den beinahe kongruenten Verlauf der beiden z-transformierten Skalen ( $\mu = 0$ ;  $sd = 1$ ) über die 56 Tage zeigt die Abbildung 8.5.2 b.

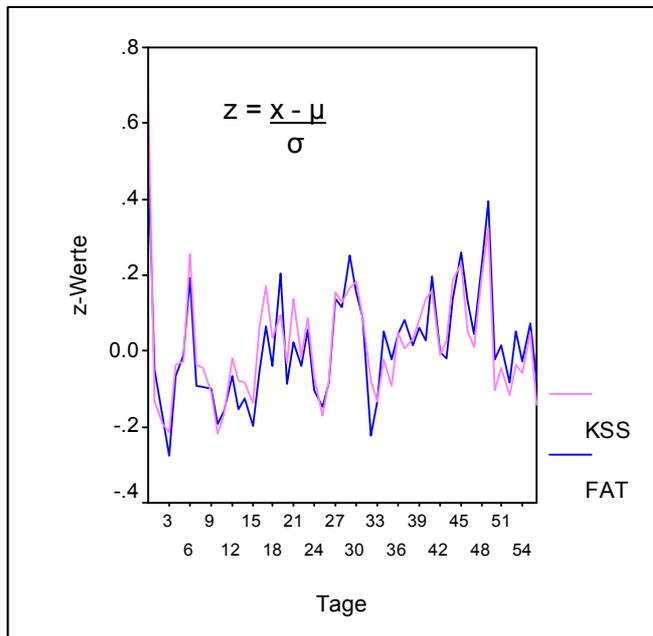


Abbildung 8.5.2 b: Verlauf der z-transformierten FAT-Skala und KSS-Skala ( $\mu = 0$ ;  $sd = 1$ ) über die 56 Messtage.

Die Analyse der Pilotenstichprobe in dieser Studie erfolgte hauptsächlich über die Müdigkeitsskala von Samn und Perelli (1982). Die Karolinska Sleepiness Scale (KSS) konnte ohne Informationsverlust unberücksichtigt bleiben, zum einen aufgrund des hohen Zusammenhangs zwischen den beiden Skalen, zum anderen wegen des höheren Differenzierungsgrades der Müdigkeitsskala von Samn und Perelli (1982) die einen ‚Range‘ von 0 bis 20 vorweist (siehe Abbildung 8.5.1).

## 8.6 Analyse der subjektiven Morgen- und Tagesmüdigkeit

Die Datenanalyse der subjektiven Morgen- und Tagesmüdigkeit, der morgendlichen sowie abendlichen subjektiven Einschätzung der visuellen Analogskalen (VAS) ‚Wachheit‘ und ‚Anspannung‘ wird aus den täglichen Eintragungen in das Sleep Log durchgeführt. Wie bereits erwähnt, wird entsprechend dem starken positiven linearen Zusammenhang der FAT- und KSS-Skalen zur statistischen Datenanalyse der Tages- und Morgenmüdigkeit aufgrund der größeren Variationsbreite der Müdigkeitsskala die FAT-Skala gegenüber der Schläfrigkeitsskala (KSS) bevorzugt verwendet.

### 8.6.1 Deskriptive Statistik der Morgen- und Tagesmüdigkeit über den zeitlichen Verlauf der Messtage

Die statistischen Kennwerte wie die zentralen Tendenzen, die Streuungsmaße und die Verteilungsmaße für die subjektive Tages- und Morgenmüdigkeit und -schläfrigkeit (FAT-Skala; KSS-Skala), die ‚Wachheit‘ (VAS) und die ‚Anspannung‘ (VAS) können der Tabelle 8.6.1 entnommen werden.

Die Morgen- und Abendwerte des gesamten Messwertverlaufs der visuellen Analogskalen (VAS) werden, anhand von Mittelwerten und Standardabweichungen, vergleichbar gegenübergestellt und sind in den Abbildungen 8.6.1 a,b,c veranschaulicht. Alle Abbildungen sind nicht nach Rang und Dienstart (Flugdienst versus Offtag) getrennt.

Tabelle 8.6.1. Statistische Kennwerte (zentrale Tendenz, Abweichungsmaße, Verteilungskennwerte) der morgendlichen sowie abendlichen Müdigkeit-/Schläfrigkeit, Wachheit und Anspannung.

		Abendwerte				Morgenwerte			
		KSS_A	FAT_A	VAS_W_A	VAS_AN_A	KSS_M	FAT_M	VAS_W_M	VASAN_M
N	Gültig	1526	1526	1526	1526	1526	1526	1526	1526
	Mittelwert	7.03	13.20	26.06	35.98	4.26	8.24	36.79	50.59
	Median	7.00	13.00	29.00	35.00	4.00	8.00	39.00	50.00
	Modus	7	12	30	40	3	7	40	30
	SD	1.303	2.878	15.903	18.850	1.769	3.429	17.008	23.382
	Schiefe	-1.242	-.097	.599	.410	.510	.589	.144	.022
	Standardfehler der Schiefe	.063	.063	.063	.063	.063	.063	.063	.063
	Kurtosis	1.869	.729	.485	-.244	-.394	.214	-.294	-.847
	Standardfehler der Kurtosis	.125	.125	.125	.125	.125	.125	.125	.125
	Minimum	2	2	0	0	1	0	0	0
	Maximum	9	20	93	100	9	20	95	100
	Perzentile 25	7.00	11.00	11.00	20.00	3.00	6.00	30.00	24.75
	50	7.00	13.00	29.00	35.00	4.00	8.00	50.00	39.00
	75	8.00	15.00	35.00	50.00	5.00	10.00	70.00	50.00

Anmerkung: KSS\_A = abendliche Schläfrigkeitsskala (Karolinska Sleepiness Scale). FAT\_A = abendliche Müdigkeitsskala (Fatigue Checklist). VAS\_W\_A = abendliche Visuelle Analogoskala ‚Wachheit‘. VAS\_AN\_A = abendliche Visuelle Analogoskala ‚Anspannung‘. KSS\_M = morgendliche Schläfrigkeitsskala. FAT\_M = morgendliche Müdigkeitsskala. VAS\_W\_M = morgendliche Visuelle Analogoskala ‚Wachheit‘. VAS\_AN\_M = morgendliche Visuelle Analogoskala ‚Anspannung‘. Bei VAS\_AN (=Visuelle Analogoskala ‚Anspannung‘) entspricht ein hoher Wert „sehr angespannt“. Bei VAS\_W (=Visuelle Analogoskala ‚Wachheit‘) entspricht ein hoher Wert „sehr wach“.

Die FAT-Skala (Abbildung 8.6.1 a) zeigt abends generell höhere Werte als morgens und überschreitet abends während des gesamten Messverlaufs den für die FAT-Skala nach Samn und Perelli (1982) festgelegten ‚kritischen‘ Skalenbereich (FAT-Score > 12). Anzumerken ist, dass hier die Daten sowohl an Flugdiensttagen als auch an Offtagen berücksichtigt wurden. Differenziert man zwischen Flugdienst- und Offtagen zeigt sich, dass sowohl die Tages- als auch Morgenmüdigkeit an Flugdiensttagen über den Messverlauf höher ist als an Offtagen. Die visuelle Analogskala ‚Wachheit‘ zeigt komplementär tendenziell morgens höhere Werte als abends (Abbildung 8.6.1 b, c). Die visuelle Analogskala (VAS) ‚Anspannung‘ zeigt beinahe einen ähnlichem Verlauf am Abend und am Morgen.

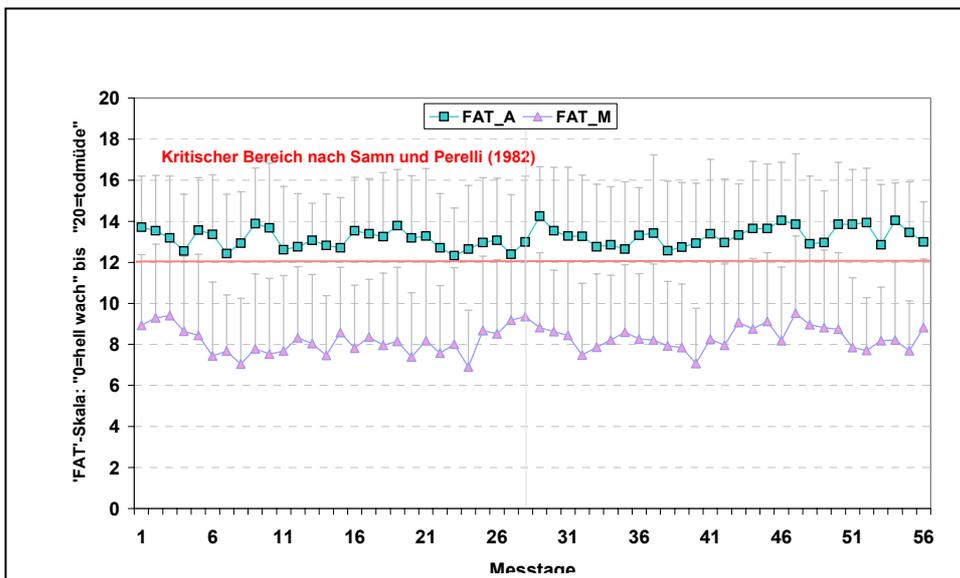


Abbildung 8.6.1 a: Verlauf der Abend- und Morgenwerte der FAT-Skala über die gesamte Messtage (N = 28 Vpn). FAT\_A = abendliche FAT-Skala. FAT\_M = morgendliche FAT-Skala.

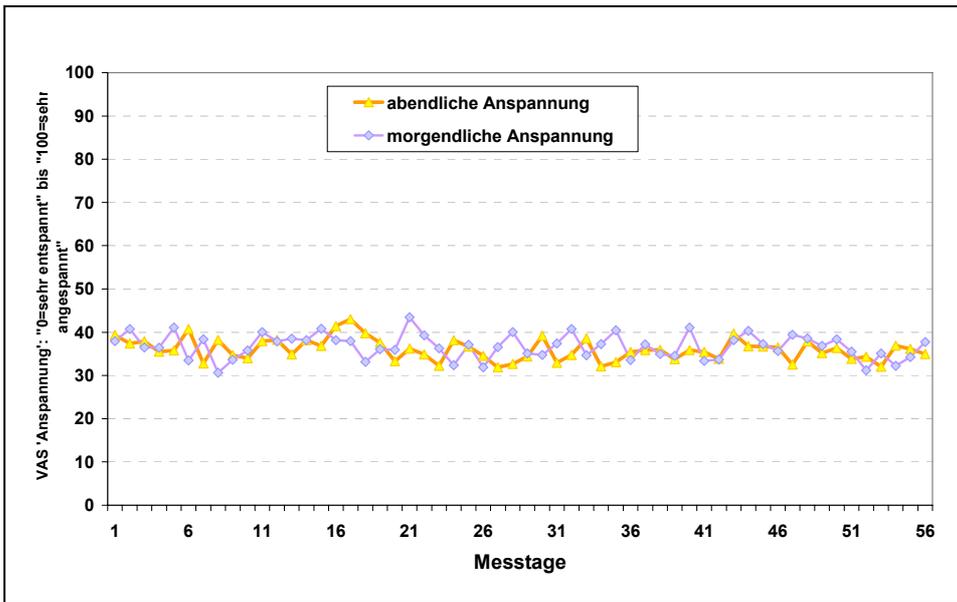


Abbildung 8.6.1 b: Verlauf der Abend- und Morgenwerte der Visuellen Analogskala (VAS) ‚Anspannung‘ über die gesamten Messtage (N = 28 Vpn).

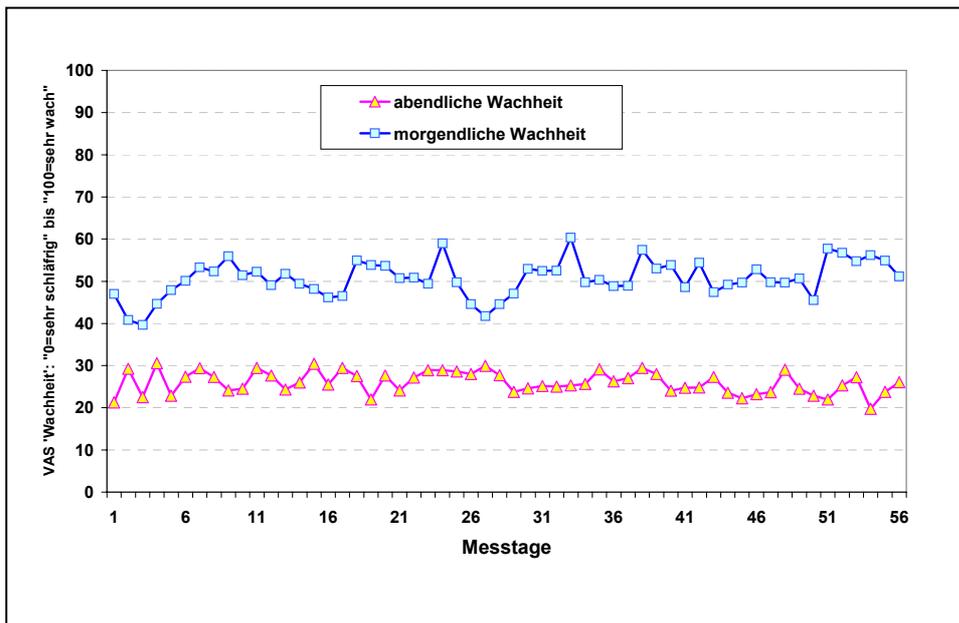


Abbildung 8.6.1 c: Verlauf der Abend- Morgenwerte der Visuellen Analogskala (VAS) ‚Wachheit‘ über die gesamten Messtage (N=28 Vpn).

### 8.6.2 Vergleich zwischen der subjektiven Morgen- und Tagesmüdigkeit

Zur statistischen Unterschiedsprüfung der Tages- und Morgenmüdigkeit/-schläfrigkeit sowie der abendlichen und morgendlichen Wachheit und Anspannung wird, aufgrund der nicht normalverteilten Daten, der Wilcoxon-Test für abhängige Stichproben durchgeführt.

Es zeigen sich sehr und höchst signifikante Unterschiede zwischen der morgendlichen und abendlichen Bewertung der FAT-Skala ( $FAT\_M < FAT\_A$ ), der KSS-Skala ( $KSS\_M < KSS\_A$ ) und der visuellen Analogskalen ‚Wachheit‘ ( $VAS\_WACH\_M > VAS\_WACH\_A$ ) und ‚Anspannung‘ ( $VASAN\_M < VAS\_AN\_A$ ) (siehe Tabelle 8.6.2). Generell ist die Schläfrigkeit ( $z = -29.533$ ,  $p = .000$ ) und Müdigkeit ( $z = -29.671$ ,  $p = .000$ ) sowie die Anspannung ( $z = -2.550$ ,  $p = .01$ ) der Probanden am Abend signifikant höher als am Morgen. Am Morgen fühlen sich die Probanden während des gesamten Messverlaufs signifikant wacher als am Abend ( $z = -26.617$ ,  $p = .000$ ).

Tabelle 8.6.2: Ergebnisse des Wilcoxon-Tests für den Vergleich der Morgenmüdigkeit und -schläfrigkeit sowie der morgendlichen und abendlichen Beurteilung der Anspannung und Wachheit.

Wilcoxon-Test (N=1526)	FAT_M < FAT_A	KSS_M < KSS_A	VASAN_M < VAS_AN_A	VAS_WACH_M > VAS_WACH_A
Z	-29.671***	-29.533***	-2.550*	-26.617***
Asymptotische Signifikanz (2-seitig)	.000	.000	.011	.000

**Anmerkung:** Bonferroni-Korrektur  $\alpha/2 = .025$ . FAT\_M = morgendliche FAT-Skala (= Morgenmüdigkeit). KSS\_M = morgendliche Karolinska Sleepiness Scale (morgendliche Schläfrigkeit). VAS\_AN\_M = morgendliche Visuelle Analogskala ‚Anspannung‘. VAS\_WACH\_M = morgendliche Visuelle Analogskala ‚Wachheit‘. FAT\_A = abendliche FAT-Skala (=Tagesmüdigkeit). KSS\_A = abendliche Karolinska Sleepiness Scale (abendliche Schläfrigkeit). VAS\_AN\_A = abendliche Visuelle Analogskala ‚Anspannung‘. VAS\_WACH\_A = abendliche Visuelle Analogskala ‚Wachheit‘.

### 8.6.3 Analyse der subjektiven Morgen- und Tagesmüdigkeit in Abhängigkeit von der Dienstart

Eine wichtige Fragestellung der Untersuchung war, ob die Müdigkeit der Piloten an Flugdiensttagen höher ist als an Offtagen und ob es in der Tages- und Morgenmüdigkeit Unterscheide zwischen dem Rang in der Müdigkeitsbeurteilung gibt. Hierzu wurde zur statistischen Unterschiedsprüfung der Tages- und

Morgenmüdigkeit/-schläfrigkeit aufgrund der nicht normalverteilten Daten, der Mann-Whitney-U-Test für unabhängige Stichproben durchgeführt.

Es zeigen sich sehr und höchst signifikante Unterschiede zwischen der morgendlichen und abendlichen Müdigkeitsbewertung der FAT-Skala an Flugdiensttagen versus Offtagen (siehe Tabelle 8.6.3). Generell ist die Müdigkeit der Probanden am Abend ( $Z = - 8.299$ ,  $p = .000$ ) und am Morgen ( $Z = - 2.934$ ,  $p = .003$ ) nach Flugdiensten höher als nach Offtagen.

Der Einfluss des Rangs (Kapitän, Erster Offizier) auf die Tages- und Morgenmüdigkeit ist nicht signifikant. Dass sich Piloten sowohl abends an Flugdiensttagen als auch morgens nach Flugdiensttagen signifikant müder fühlen als nach oder an Offtagen, konnte signifikant bestätigt werden. Ein signifikanter Einfluss des Rangs auf die Tages- und Morgenmüdigkeit konnte nicht nachgewiesen werden.

Tabelle 8.6.3: Ergebnisse des Mann-Whitney-U-Tests für den Vergleich der Tages- und Morgenmüdigkeit zwischen der Dienstart (Flugdienst vs. Off) und dem Rang (Kapitän (Cpt) vs. Erster Offizier (FO)).

	Tages- und Morgenmüdigkeit in Abhängigkeit von der Dienstart (Flugdienst vs. Off)		Tages- und Morgenmüdigkeit in Abhängigkeit vom Rang (Kapitän (Cpt) vs. Erster Offizier (FO))	
	Tagesmüdigkeit (FAT_A)	Morgenmüdigkeit (FAT_M)	Tagesmüdigkeit (FAT_A)	Morgenmüdigkeit (FAT_M)
	FAT_FD > FAT_Off	FAT_FD > FAT_Off	FAT_Cpt > FAT_FO	FAT_Cpt < FAT_FO
Z	-8.299***	-2.934**	-.778	-26.617
Asymptotische Signifikanz (2-seitig)	.000	.003	.436	.079

Anmerkung: \* bedeutet nach Bonferroni-Korrektur  $\alpha/2 = .025$ . \*\* bedeutet  $p \leq .01$ . \*\*\* bedeutet  $p < .001$ . FAT\_FD = Müdigkeit nach Flugdiensttagen. FAT\_OFF = Müdigkeit nach Offtagen. FAT\_Cpt = Müdigkeit der Kapitäne. FAT\_FO = Müdigkeit der Ersten Offiziere.

Die Abbildungen 8.6.3 a und 8.6.3 b zeigen die Tages- und Morgenmüdigkeit in Abhängigkeit von der Dienstart und dem Rang. Der Abbildung 8.6.3 a ist die Tagesmüdigkeit nach Flugdiensttagen und Offtagen zu entnehmen. Die Tagesmüdigkeit an Flugdiensttagen ist sowohl bei den Kapitänen als auch bei den Ersten Offizieren höher als an Offtagen. Die Abbildung 8.6.3 b stellt die Morgenmüdigkeit nach Flugdiensttagen und nach Offtagen dar.

Die Müdigkeit ist sowohl morgens als auch abends nach Flugdiensttagen höher als nach Offtagen, wobei die Kapitäne die Müdigkeit tendenziell höher einschätzen als die Ersten Offiziere.

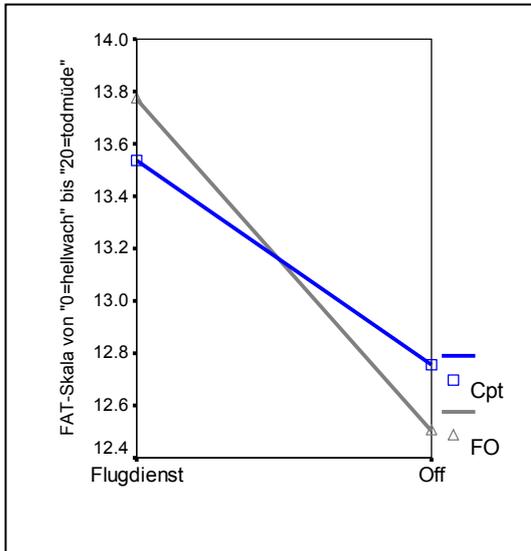


Abbildung 8.6.3 a: Tagesmüdigkeit (Abendwerte der FAT-Skala) in Abhängigkeit von der Dienststart (Flugdienst versus Off) und dem Rang (Kapitän versus Erster Offizier).

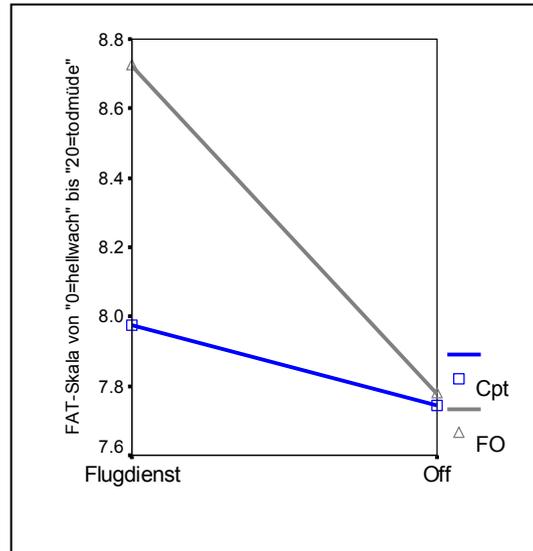


Abbildung 8.6.3 b: Morgenmüdigkeit (Morgenwerte der FAT-Skala) in Abhängigkeit von der Dienststart (Flugdienst versus Off) und dem Rang (Kapitän versus Erster Offizier).

Eine detaillierte Datenanalyse der durch die im Sleep Log abendlich und morgendlich erfolgten Eintragungen hinsichtlich der beurteilten subjektiven Morgenmüdigkeit und den dazu entsprechenden schlafassoziierten Parametern (Schlafqualität, Schlafbedürfnis, Erholung) sowie der Tagesmüdigkeit und der ‚Gesamtbelastung des Tages‘ wird im Folgenden vorgenommen.

#### 8.6.4 Analyse der Morgenmüdigkeit in Abhängigkeit von den globalen Schlafparametern

Da die Morgenmüdigkeit im Wesentlichen von den globalen Schlafparametern abhängt, wird durch frühes Erwachen und eine kürzere Gesamtschlafdauer (in Abhängigkeit von der Dienststart), und eine erhöhte Morgenmüdigkeit insbesondere nach Flugdiensttagen und unter Berücksichtigung des Ranges (Kapitän versus Erster Offizier) erwartet. Zur inferenzstatistischen Unterschiedsprüfung der subjektiven Morgenmüdigkeitsbeurteilung in Abhängigkeit von der Dienststart (Flugdienst versus Offtag) und den globalen Schlafparametern (Aufwachzeit, Gesamtschlafdauer) signifikant unterscheidet, wird eine univariate dreifaktorielle

Varianzanalyse für die morgendliche FAT-Skala vorangegangener Flugdiensttage bzw. Offtage durchgeführt.

Die abhängigen Variablen (FAT-Skala) sind intervallskaliert und liegen, entsprechend dem KS-Test, nicht normalverteilt vor. Die Gleichheit der Kovarianzmatrixen der abhängigen Variablen konnten nicht belegt werden. Die Prüfung auf Varianzhomogenität der Fehlervarianz ergab einen signifikanten Levene-Test. Aufgrund der beinahe gleich großen Stichproben hat diese Voraussetzungsverletzung allerdings nur wenig Einfluss auf das  $\alpha$  - Fehlerrisiko bzw. auf die Teststärke. Dennoch wird das Signifikanzniveau auf  $p = .01$  angehoben.

Als ‚feste Faktoren‘<sup>6</sup>(= feste Effekte) wurden die Dienstart (Flugdiensttag/Offtag), die Aufwachzeit und die Gesamtschlafdauer (SPT) eingesetzt. Die Gesamtschlafdauer wurde in vier Kategorien und die Aufwachzeiten in fünf Kategorien eingeteilt (siehe Abbildung 8.6.4 a und 8.6.4 b). Die Kategorienanzahl der zwei Faktoren wurde in Abhängigkeit von den Gruppengrößen innerhalb der Kategorien gewählt, um nicht zu kleine Gruppen zu erhalten. Aufwachzeiten von > 9.00 Uhr wurden nicht berücksichtigt. Geprüft werden die Haupteffekte der Faktorstufen und deren Interaktion in Abhängigkeit von der Morgenmüdigkeit.

Das Ergebnis der univariaten Varianzanalyse zeigt einen signifikanten Haupteffekt auf der Aufwachzeit und auf der Gesamtschlafdauer (SPT) bei kleiner Effektstärke ( $\eta^2 < .02$ ), nicht aber auf der Dienstart. Der signifikante Wechselwirkungseffekt (Dienstart x SPT) unterstreicht die Unterschiedlichkeit der Faktorstufen der

Gesamtschlafdauer (SPT) auf den Faktorstufen der Dienstart (siehe Tabelle 8.6.4). Der signifikante Einfluss der Dienstart und der globalen Schlafparameter auf die Morgenmüdigkeit konnte somit nachgewiesen werden.

---

<sup>6</sup> Feste Faktoren (=feste Effekte) entsprechen den unabhängigen Variablen und beziehen sich auf die in der Studienplanung tatsächlich realisierten Bedingungen (Bortz, 1999). Feste Effekte unterscheiden sich von den zufälligen Effekten, die durch die Auswahl einer Zufallsstichprobe entstanden sind und sich nicht quantifizieren lassen.

Tabelle 8.6.4: Univariate, dreifaktorielle Varianzanalyse für die Morgenmüdigkeit (morgendliche FAT-Skala) als abhängige Variable und der Dienstart (Flugdienst versus Offtag), Gesamtschlafdauer (SPT) und der Aufwachzeit als ‚feste Faktoren‘ (= UVn) .

Quelle	df	Prüfgröße F	Signifikanz	Partielles Eta-Quadrat
Korrigiertes Modell	36	8.730	.000	.228
Dienstart	1	.279	.597	.000
SPT	3	4.774**	<b>.003</b>	.014
Aufwachzeit	4	3.960**	<b>.003</b>	.015
Dienstart * SPT	3	4.625**	<b>.003</b>	.013
Dienstart * Aufwachzeit	4	2.627	.033	.010
SPT * Aufwachzeit	12	1.912	.029	.022
Dienstart * SPT * Aufwachzeit	8	2.006	.035	.013
Fehler	1036	(9.253)		

Anmerkung: \*\*  $p \leq .01$ . Dienstart = Flugdiensttag versus Offtag. Werte innerhalb der Klammern repräsentieren die mittleren Quadratfehler. SPT = Gesamtschlafdauer.

Die Verläufe der zwei Faktoren ‚Gesamtschlafdauer‘ und ‚Aufwachzeit‘ sind, in Abhängigkeit von der Morgenmüdigkeit und der Dienstart, in Abbildung 8.6.4 a-b dargestellt. Die Morgenmüdigkeit nimmt kontinuierlich mit der Länge der Gesamtschlafdauer ab (außer nach einem Flugdienst nach einer Gesamtschlafdauer von < 5 h) (Abbildung 8.6.4 a). Bei immer später werdender Aufwachzeit sinkt die Morgenmüdigkeit sowohl nach Flugdienst- als auch nach Offtagen (Abbildung 8.6.4 b).

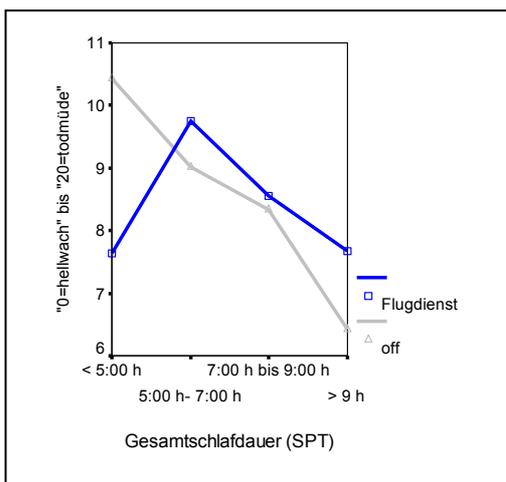


Abbildung 8.6.4 a: FAT-Skala - Morgenmüdigkeit in Abhängigkeit von der Gesamtschlafdauer und der Dienstart.

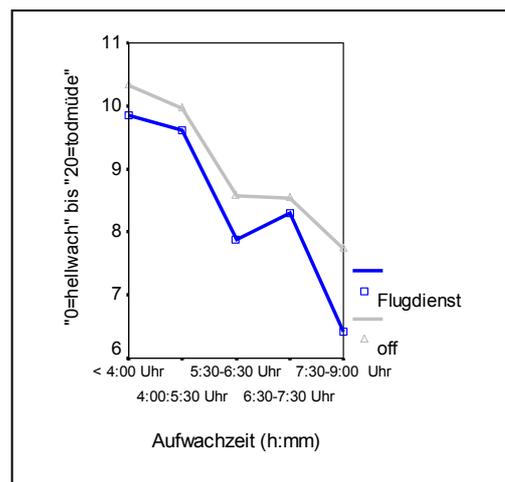


Abbildung 8.6.4 b: FAT-Skala - Morgenmüdigkeit in Abhängigkeit von der Aufwachzeit und der Dienstart.

## 8.7 Analyse der schlafassoziierten Parameter in Abhängigkeit von den globalen Schlafparametern

Die Analyse der morgendlich subjektiven Beurteilung des Schlafes erfolgt aus den schlafassoziierten Parametern wie der Erholung, der Schlafqualität und dem Schlafbedürfnis sowie der Morgenmüdigkeit/-schläfrigkeit. Die schlafassoziierten Parameter werden deskriptiv dargestellt und unter Berücksichtigung der globalen Schlafparameter sowohl korrelativ als auch inferenzstatistisch unter verschiedenen Gesichtspunkten (Gesamtverlauf; Gruppeneinteilung) analysiert. Die Daten entstammen aus den morgendlichen Eintragungen in das Sleep Log. Die Analyse der Eintragungen in das Sleep Log, die vor dem Schlaf vorgenommen wurden, werden im späteren Abschnitt dargestellt.

### 8.7.1 Deskriptive Statistik der schlafassoziierten Parameter über den gesamten Messzeitraum

Die statistischen Kennwerte wie die zentrale Tendenz, die Streuungsmaße und die Verteilungsmaße der subjektiven Morgenmüdigkeit (KSS-Skala; FAT-Skala), der ‚Wachheit‘ (VAS) und der ‚Anspannung‘ (VAS) sind der Tabelle 8.6.1 (unter Punkt 8.6.1) zu entnehmen. Die statistischen Kenngrößen der schlafassoziierten Parameter (Schlafqualität, Schlafbedürfnis, Erholung) zeigt die Tabelle 8.7.1.

Tabelle 8.7.1: Statistische Kennwerte (zentrale Tendenz, Abweichungsmaße, Verteilungskennwerte) für die schlafassoziierten Parameter Schlafqualität, Schlafbedürfnis und Erholung.

		Schlafassoziierte Parameter		
		Schlafqualität	Schlafbedürfnis	Erholung
N	Gültig	1536	1536	1536
Mittelwert		63.69	63.60	56.81
Median		66.00	60.00	60.00
Modus		60	50	50
Standardabweichung		20.161	14.221	17.727
Schiefe		-.561	.530	-.337
Standardfehler der Schiefe		.062	.062	.062
Kurtosis		-.126	.015	-.166
Standardfehler der Kurtosis		.125	.125	.125
Minimum		0	20	0
Maximum		100	100	100
Perzentile	25	50.00	50.00	43.25
	50	66.00	60.00	60.00
	75	80.00	71.00	70.00

Anmerkung: Bei Schlafqualität entspricht ein hoher Wert „schlechte Schlafqualität“ (Skalierung von „0 = sehr gut“ bis „100 = sehr schlecht“). Bei Schlafbedürfnis entspricht ein hoher Wert „hohes Schlafbedürfnis“ (Skalierung von „0 = viel weniger“ bis „100 = viel mehr“). Bei Erholung entspricht ein hoher Wert „hoher Erholungsgrad“ (Skalierung von „0 = gar nicht erholt“ bis „100 = sehr erholt“).

Die morgendlichen Werte über den gesamten Messverlauf der visuellen Analogskalen (VAS) ‚Schlafqualität‘, ‚Schlafbedürfnis‘ und ‚Erholung‘ sind in Abbildungen 8.7.1 a, b veranschaulicht. Alle Abbildungen differenzieren nicht nach Rang und Dienstart. Sowohl in Abbildung 8.7.1 a als auch in Abbildung 8.7.1 b ist für die visuellen Analogskalen ein gleichförmiger nicht linearer Trend über die Messtage ersichtlich.

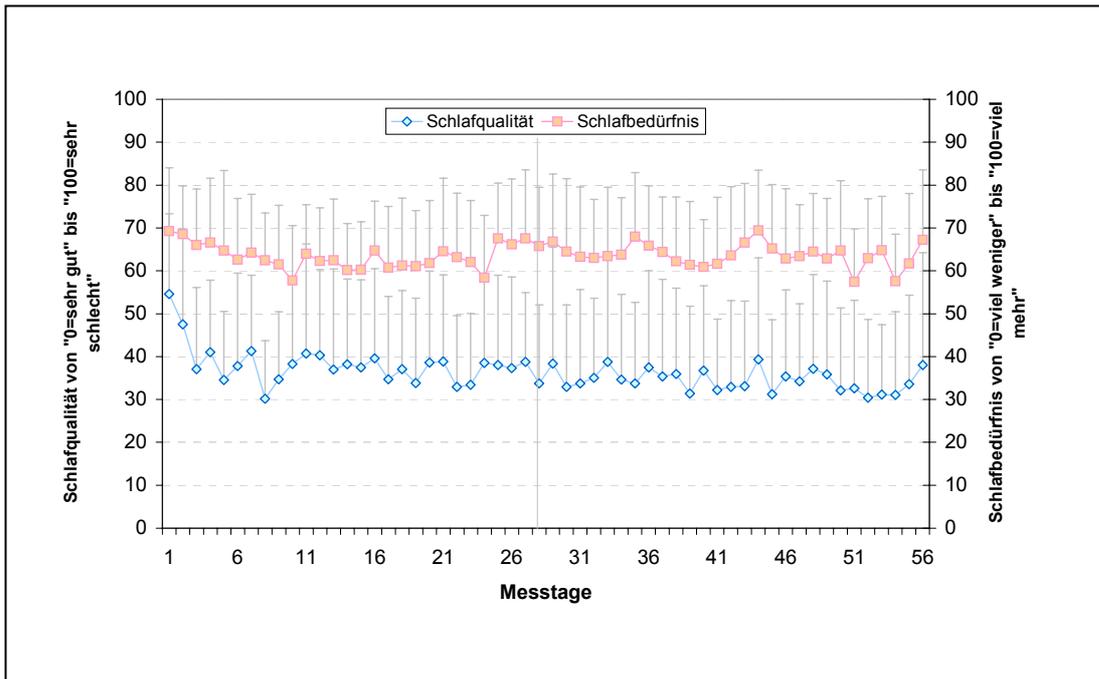


Abbildung 8.7.1 a: Verlauf der Morgenwerte der VAS ‚Schlafqualität und Schlafbedürfnis‘ über die gesamten Messtage (N = 28 Vpn).

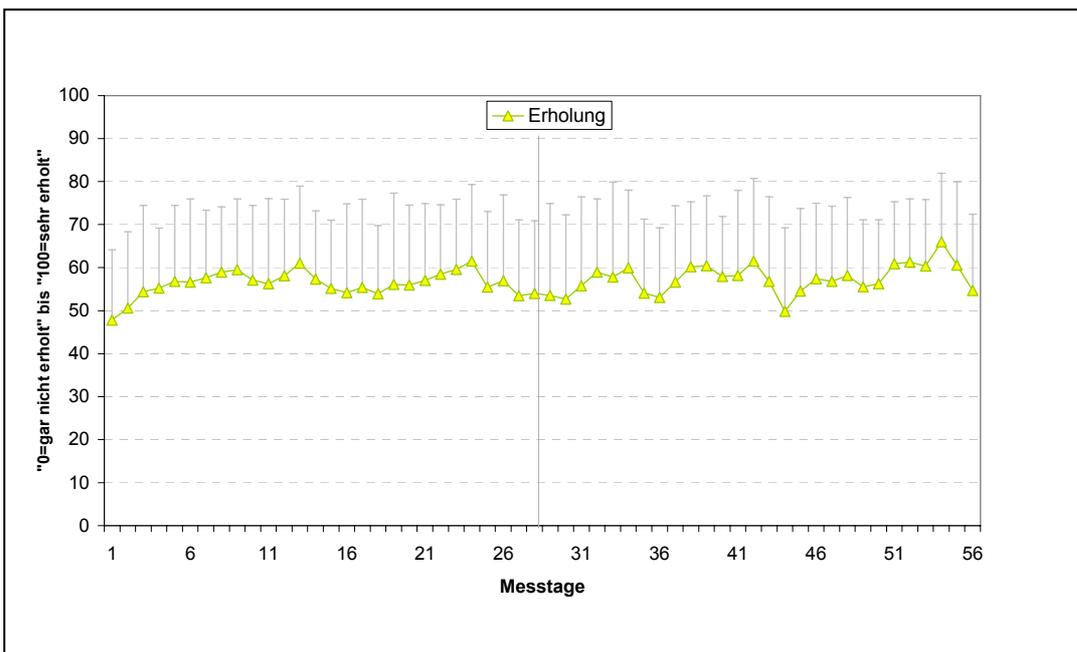


Abbildung 8.7.1 b: Verlauf der Morgenwerte der VAS ‚Erholung‘ über die gesamten Messtage (N = 28 Vpn).

### 8.7.2 Korrelationsanalysen der schlafassoziierten Parameter, der Morgenmüdigkeit/-schläfrigkeit, der Anspannung, der Wachheit und der globalen Schlafparameter

Zur Überprüfung statistisch bedeutsamer Zusammenhänge zwischen den schlafassoziierten Parameter (Schlafqualität, Schlafbedürfnis, Erholung), der Morgenmüdigkeit und -schläfrigkeit, der Anspannung und Wachheit, den globalen Schlafparametern sowie den Moderatorvariablen (Alter, Chronotyp) werden bivariate Korrelationen durchgeführt. Da für die Daten der schlafassoziierten Parameter, der Morgenmüdigkeit/-schläfrigkeit und der globalen Schlafparameter keine Normalverteilung vorliegt, wird der Rangkorrelationskoeffizient nach Spearman berechnet. Die Hypothesentestung des Zusammenhangs findet einseitig gerichtet statt, da unidirektionale Zusammenhänge erwartet werden.

#### 8.7.2.1 Zusammenhänge zwischen den schlafassoziierten Parametern und der Morgenmüdigkeit/-schläfrigkeit, Wachheit und Anspannung

Statistisch signifikant positiv korreliert die Schlafqualität (Skalierung von „0 = sehr gut“ bis „100 = sehr schlecht“) mit der Morgenmüdigkeit und der Morgenschläfrigkeit (FAT  $r_s = .301$ ,  $p < .01$ ; KSS  $r_s = .317$ ,  $p < .01$ ) (siehe Tabelle 8.7.2.1). Demnach nimmt bei sinkender Schlafqualität die Morgenmüdigkeit und -schläfrigkeit zu. Ebenfalls statistisch signifikant ist die negative Korrelation der Schlafqualität mit der Wachheit am Morgen ( $r_s = -.343$ ,  $p < .01$ ). Mit wachsender Schlafqualität fühlen sich die Piloten wacher. Statistisch signifikant positiv korreliert die Schlafqualität mit der Anspannung am Morgen ( $r_s = .380$ ,  $p < .01$ ). Bei subjektiv schlechter Schlafqualität schätzen sich die Piloten auch als ‚angespannter‘ ein.

Das Schlafbedürfnis zeigt, wie die Schlafqualität, einen positiven signifikanten Zusammenhang mit der Morgenmüdigkeit und der Morgenschläfrigkeit (siehe Tabelle 8.7.2.1). Mit zunehmendem Schlafbedürfnis steigt auch die Morgenmüdigkeit und die Morgenschläfrigkeit der Probanden. Statistisch signifikant negativ korreliert das Schlafbedürfnis mit der Wachheit am Morgen ( $r_s = -.450$ ,  $p < .01$ ). Mit zunehmendem Schlafbedürfnis sinkt der Wachheitsgrad der Pilotenstichprobe. Eine signifikant positive Korrelation weist das Schlafbedürfnis mit der Anspannung am Morgen auf ( $r_s = .129$ ,  $p < .01$ ). Bei wachsendem Schlafbedürfnis steigt auch die morgendliche Anspannung.

Die Erholung steht in einem sehr signifikanten negativen Zusammenhang mit der Müdigkeit (FAT-Skala) als auch mit der Schläfrigkeit (KSS- Skala) (siehe Tabelle 8.7.2.1). Die Probanden fühlen sich morgens erholter wenn sie weniger müde/schläfrig sind. Einen sehr positiven signifikanten Zusammenhang zeigt die Erholung mit der Wachheit ( $r_s = .610$ ,  $p < .01$ ). Je erholter die Piloten sich einschätzen, desto wacher fühlen sie sich. Ebenfalls statistisch signifikant ist die negative Korrelation der Erholung mit der Anspannung am Morgen ( $r_s = -.425$ ,  $p < .05$ ). Je erholter sich die Piloten nach dem Schlaf fühlen, desto weniger angespannt schätzen sie sich morgens ein.

Tabelle 8.7.2.1: Rangkorrelationen nach Spearman der Schlafassoziierten Parameter, der Morgenmüdigkeit/-schläfrigkeit, der globalen Schlafparameter und der Moderatorvariablen.

		Schlafassoziierte Parameter			Moderatorvariablen	
		Schlafqualität N=1536	Schlafbedürfnis N=1536	Erholung N=153	Chronotyp N=1536	Alter N=1536
Morgenmüdigkeit (FAT-Skala)	$r_s$	<b>.301**</b>	<b>.486**</b>	<b>-.546**</b>	-.060	.046
Schläfrigkeit (KSS-Skala)	$r_s$	<b>.317**</b>	<b>.461**</b>	<b>-.538**</b>	<b>-.046**</b>	<b>.230**</b>
Anspannung	$r_s$	<b>.380**</b>	<b>.129**</b>	<b>-.425**</b>	<b>-.131**</b>	<b>-.072**</b>
Wachheit	$r_s$	<b>-.343**</b>	<b>-.450**</b>	<b>.610**</b>	<b>.075**</b>	<b>-.060**</b>
„Licht aus“-Zeit	$r_s$	<b>-.055*</b>	<b>-.190**</b>	<b>.106**</b>	<b>-.069**</b>	.012
Einschlafzeit	$r_s$	-.007	<b>-.175**</b>	<b>.076**</b>	<b>-.071**</b>	.031
Aufwachzeit	$r_s$	<b>-.148**</b>	<b>-.517**</b>	<b>.300**</b>	-.003	<b>.127**</b>
Aufstehzeit	$r_s$	<b>-.125**</b>	<b>-.503**</b>	<b>.282**</b>	-.020	<b>.149**</b>
Gesamtschlafdauer (SPT)	$r_s$	<b>-.169**</b>	<b>-.571**</b>	<b>.337**</b>	<b>.108**</b>	<b>.096**</b>
Zeit im Bett (TIB)	$r_s$	<b>-.100**</b>	<b>-.555**</b>	<b>.296**</b>	<b>.092**</b>	<b>.146**</b>
Nächtl. Erwachen	$r_s$	.037	-.009	-.037	-.016	-.001
Chronotyp	$r_s$	<b>-.051**</b>	<b>.134**</b>	.040	-	-.006
Alter	$r_s$	-.032	.004	-.021	<b>.061*</b>	-

Anmerkung:  $r_s$  = Spearman-Korrelationskoeffizient. \*\*)  $p < .01$  (1-seitig).\*)  $p < .05$  (1-seitig). D-MEQ = Deutscher-Morningness-Evening-Questionnaire (Griefahn, 2001). „> 69 = stark ausgeprägter Morgentyp“ bis „< 31 stark ausgeprägter Abendtyp“.

### 8.7.2.2 Zusammenhänge zwischen den schlafassoziierten Parametern und den globalen Schlafparametern

Durchgehend negative statistisch bedeutsame Zusammenhänge zeigt die Schlafqualität und das Schlafbedürfnis mit den globalen Schlafparametern, wie der Aufwachzeit (Schlafqualität  $r_s = -.148$ ,  $p < .01$ ; Schlafbedürfnis  $r_s = -.517$ ,  $p < .01$ ), der Aufstehzeit, der SPT (Schlafqualität  $r_s = -.169$ ,  $p < .01$ ; Schlafbedürfnis  $r_s = -.571$ ,  $p < .01$ ) und der TIB (Schlafqualität  $r_s = -.100$ ,  $p < .01$ ; Schlafbedürfnis  $r_s = -.555$ ,  $p < .01$ ) (siehe Tabelle 8.7.2.1). Je früher die Probanden aufgewacht oder je kürzer die Gesamtschlafdauer (SPT) der Piloten ist, desto schlechter ist die Schlafqualität und desto höher das Schlafbedürfnis. Die Erholung korreliert signifikant positiv mit den globalen Schlafparametern wie der ‚Licht aus‘ - Zeit ( $r_s = .106$ ,  $p < .01$ ), der Einschlafzeit ( $r_s = .300$ ,  $p = .01$ ), der Aufwachzeit ( $r_s = .300$ ,  $p < .01$ ), der Gesamtschlafdauer (SPT) ( $r_s = .337$ ,  $p < .01$ ) und der Zeit im Bett (TIB) ( $r_s = .296$ ,  $p < .01$ ). Je später die Piloten aufwachen und je länger sie geschlafen haben, desto erholter fühlen sie sich am Morgen. Die nächtliche Aufwachfrequenz steht in keinem statistisch bedeutsamen Zusammenhang mit der Morgenmüdigkeit/-schläfrigkeit, Wachheit und Anspannung.

### 8.7.2.3 Zusammenhänge zwischen den schlafassoziierten Parametern und den Moderatorvariablen Alter und Chronotyp

Die Korrelationen zwischen den schlafassoziierten Parametern, globalen Schlafparametern und der Müdigkeit/Schläfrigkeit mit dem Alter sind größtenteils statistisch unbedeutsam, was aufgrund der altershomogenen Stichprobe auch zu erwarten war (siehe Tabelle 8.7.2.1). Die Zusammenhänge zwischen dem Chronotyp und den schlafassoziierten Parametern Schlafbedürfnis ( $r_s = .134$ ,  $p < .01$ ) und Schlafqualität ( $r_s = -.051$ ,  $p < .01$ ) zeigen sich statistisch signifikant, nicht aber zwischen dem Chronotyp und der Erholung. Das Schlafbedürfnis wird von Morgentypen geringer und die Schlafqualität besser eingeschätzt als von den Abendtypen. Statistisch signifikant sind zudem die Zusammenhänge zwischen dem Chronotyp und den globalen Schlafparametern ‚Licht aus‘- und Einschlafzeit, Gesamtschlafdauer sowie der Zeit im Bett. Morgentypen schlafen früher ein und schlafen mehr als Abendtypen (siehe Tabelle 8.7.2.1).

### 8.7.3 Schlafassoziierte Parameter in Abhängigkeit von den globalen Schlafparametern, der Dienstart und dem Rang

Zur Überprüfung der Wirkung des Ranges, der Dienstart und der globalen Schlafparameter (Aufwachzeit, Gesamtschlafdauer, nächtliche Aufwachfrequenz) auf die schlafassoziierten Parameter (Schlafbedürfnis, Schlafqualität, Erholung) wird eine multivariate Varianzanalyse für die Morgenwerte vorangegangener Flugdiensttage bzw. Offtage durchgeführt. Berücksichtigt wird demnach, ob die Piloten am Tag zuvor einen Flugdienst oder Offtag hatten. Die Daten der abhängigen Variablen (schlafassoziierte Parameter) liegen nicht hinreichend normalverteilt vor. Die Voraussetzung auf Gleichheit der Fehlervarianzen (Levene-Test) konnte für die schlafassoziierten Parameter nicht nachgewiesen werden, daher wurde die Signifikanzgrenze von  $p = .05$  auf  $p = .01$  heraufgesetzt. Der Box-Test belegt keine Gleichheit der Kovarianzmatrizen.

Die multivariate Varianzanalyse wurde wegen der korrelativen Zusammenhänge zwischen den abhängigen Variablen einer univariaten Varianzanalyse vorgezogen. Auf eine Kovarianzanalyse wurde aufgrund der Voraussetzungsverletzungen (Korrelationen der Kontrollvariablen mit den UVn) verzichtet. Als ‚feste Faktoren‘ (= feste Effekte) wurden der Rang (Erster Offizier/Kapitän), die Dienstart (Flugdienst/Offtag), die Aufwachzeit, die Gesamtschlafdauer (SPT) und die nächtliche Aufwachfrequenz (0 bis  $\geq 3$ ) eingesetzt. Die Aufwachzeiten bestehen aus fünf (< 4 Uhr; 4-6 Uhr; 6-8 Uhr; 8-10 Uhr; > 10 Uhr) und die Gesamtschlafdauer aus vier Kategorien (< 5 h; 6-7 h; 7-8 h; 9 h). Geprüft werden die Haupteffekte der Faktorstufen und deren Interaktion in Abhängigkeit von den schlafassoziierten Parametern.

Die multivariaten Tests sind für die Aufwachzeit ( $p$  ( $F = 2.738$ ,  $df = 12$ ) = .001), die Gesamtschlafdauer (SPT) ( $p$  ( $F = 4.959$ ,  $df = 9$ ) = .000), den Rang und für die Interaktionen zwischen den Faktoren Rang x SPT ( $p$  ( $F = 2.936$ ,  $df = 9$ ) = .002) und Rang x Aufwachzeit ( $p$  ( $F = 2.355$ ,  $df = 12$ ) = .005) sowie für die Interaktion 2. Ordnung Rang x SPT x Aufwachzeit ( $p$  ( $F = 2.396$ ,  $df = 21$ ) = .000) bei kleiner Effektstärke ( $\eta^2 = .015$ ) signifikant, nicht aber für die Faktoren Dienstart und nächtliche Aufwachfrequenz (siehe Tabelle 8.7.3). Aufgrund der insignifikanten Haupteffekte auf der Dienstart und der nächtlichen Aufwachfrequenz werden deren Interaktionen und Ergebnisse der Zwischensubjekteffekte in Tabelle 8.7.3 nicht aufgeführt.

Die Ergebnisse der Zwischensubjekteffekte zeigen einen signifikanten Effekt des Ranges auf die Schlafqualität ( $p(F = 7.279, df = 1) = .007$ ). Signifikante Haupteffekte belegt das Varianzmodell der Zwischensubjekteffekte auch auf allen drei abhängigen Variablen (AV) durch die Aufwachzeit (siehe Tabelle 8.7.3). Der Faktor Gesamtschlafdauer (SPT) hat einen signifikanten Einfluß auf das Schlafbedürfnis, nicht aber auf die Schlafqualität und Erholung. Zudem ergibt sich eine signifikante Interaktion Rang x SPT x Aufwachzeit für das Schlafbedürfnis.

Tabelle 8.7.3: Multivariate Varianzanalyse für die schlafassoziierten Parameter (Schlafqualität, -bedürfnis sowie Erholung) als AVn mit den ‚festen‘ Faktoren (=UVn) Dienstart (Flugdienst- vs. Offtag), Rang und den globalen Schlafparametern (Gesamtschlafdauer (SPT), Aufwachzeit).

Quelle der Varianz	df	Prüfgröße F	Signif.	Partielles Eta-Quadrat
<b>Multivariate Tests:</b>				
Intercept	3	4712.086	.000	.927
Dienstart	3	.298	.827	.001
Rang	3	2.609**	.010	.007
SPT	9	4.959***	.000	.013
Aufwachzeit	12	2.738**	.001	.010
Nächtl. Erwachen	9	1.067	.384	.003
Rang * SPT	9	2.936**	.002	.008
Rang * Aufwachzeit	12	2.355**	.005	.008
Rang * SPT * Aufwachzeit	21	2.396***	.000	.015
<b>Zwischensubjekteffekte:</b>				
<b>Korrigiertes Modell:</b>				
Schlafbedürfnis	184	4.644	.000	.433
Schlafqualität	184	1.734	.000	.222
Erholung	184	2.537	.000	.294
<b>Rang:</b>				
Schlafbedürfnis	1	1.397	.238	.001
Schlafqualität	1	7.279**	.007	.006
Erholung	1	2.487	.115	.002
<b>SPT:</b>				
Schlafbedürfnis	3	12.796***	.000	.033
Schlafqualität	3	.835	.475	.002
Erholung	3	2.686	.045	.007
<b>Aufwachzeit:</b>				
Schlafbedürfnis	4	4.218**	.002	.015
Schlafqualität	4	3.857**	.004	.014
Erholung	4	3.556**	.007	.013
<b>Rang * SPT:</b>				
Schlafbedürfnis	3	4.628**	.003	.012
Schlafqualität	3	1.761	.153	.005
Erholung	3	2.642	.048	.007
<b>Rang * Aufwachzeit:</b>				
Schlafbedürfnis	4	3.003**	.008	.011
Schlafqualität	4	1.388	.236	.005
Erholung	4	4.286**	.002	.015
<b>Rang * SPT* Aufwachzeit:</b>				
Schlafbedürfnis	9	3.257***	.001	.020
Schlafqualität	9	2.216	.019	.014
Erholung	9	1.148	.325	.007
<b>Fehler:</b>				
Schlafbedürfnis	1406	(370.084)		
Schlafqualität	1406	(259.262)		
Erholung	1406	(132.227)		

Anmerkung: \*\*\* bedeutet  $p < .001$ . \*\* bedeutet  $p \leq .01$ . Werte in Klammern repräsentieren die mittleren Quadratfehler.

Die folgenden Abbildungen (Abbildungen 8.7.3 a-f) zeigen exemplarisch die Effekte der Aufwachzeit auf die schlafassoziierten Parameter Schlafbedürfnis, Schlafqualität und Erholung in Abhängigkeit vom Rang. Die Darstellung erfolgt jeweils getrennt nach Dienstart (nach Flugdienstag vs. nach Offtag) auch wenn kein signifikanter Effekt auf der Dienstart belegt werden konnte.

Tendenziell sinkt nach späterem Erwachen das Schlafbedürfnis, sowohl bei den Kapitänen als auch bei den ersten Offizieren und unabhängig von der Dienstart (siehe Abbildungen 8.7.3 a-b). Das Schlafbedürfnis nähert sich bei immer später werdender Aufwachzeit asymptotisch an den Wert um 50 (Skalierung von „0 = viel weniger Schlaf“ bis „100 = viel mehr Schlaf“) an.

Bewertungsunterschiede zur Schlafqualität (Skalierung von „0 = sehr gut“ bis „100 = sehr schlecht“) ergeben sich zwischen den Kapitänen und den Ersten Offizieren und insbesondere nach einem vorangegangenen Offtag (siehe Abbildungen 8.7.3 c-d). Die Kapitäne schätzen die Schlafqualität im Gesamtverlauf besser ein als die Ersten Offiziere. Generell verbessert sich die Schlafqualität ab den frühen Morgenstunden (2:00 Uhr bis 6:00 Uhr) bis zu den späteren Aufwachzeiten, unabhängig vom Rang und der vorausgegangenen Dienstart.

Die Erholung wird sowohl von den Kapitänen als auch von den Ersten Offizieren im Gesamtverlauf gleichermaßen eingeschätzt (siehe Abbildungen 8.7.3 e-f). Je später die Aufwachzeit, desto erholter fühlen sich die Piloten.

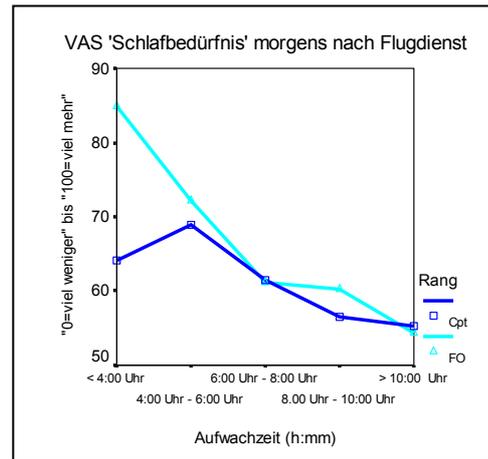
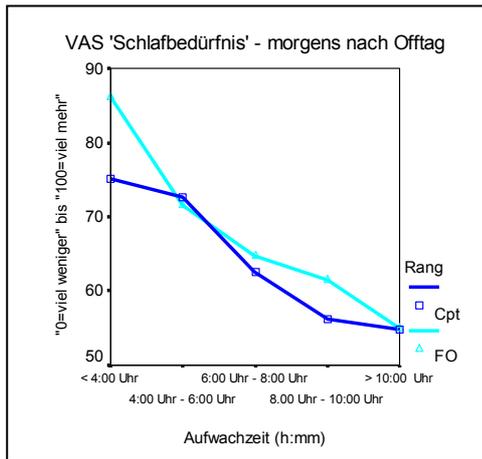


Abbildung 8.7.3 a-b: Visuelle Analogskala (VAS) 'Schlafbedürfnis' – Morgenwerte in Abhängigkeit vom Rang und der Aufwachzeit getrennt nach Off- versus Flugdiensttagen.

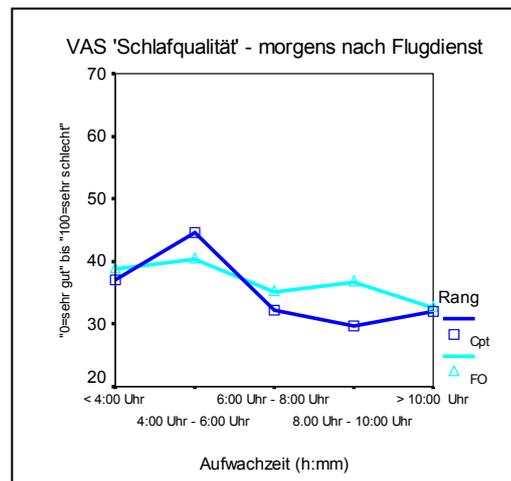
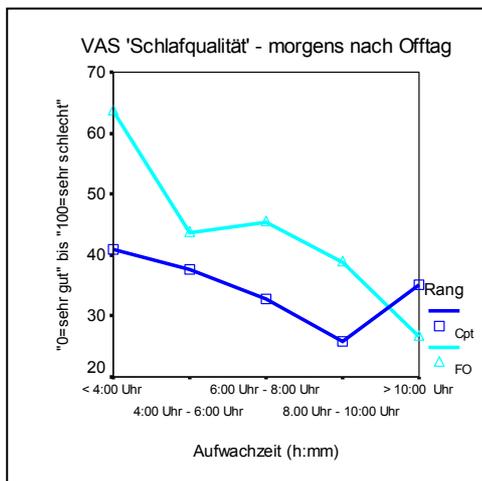


Abbildung 8.7.3 c-d: Visuelle Analogskala (VAS) 'Schlafqualität' – Morgenwerte in Abhängigkeit vom Rang und der Aufwachzeit getrennt nach Off- versus Flugdiensttagen.

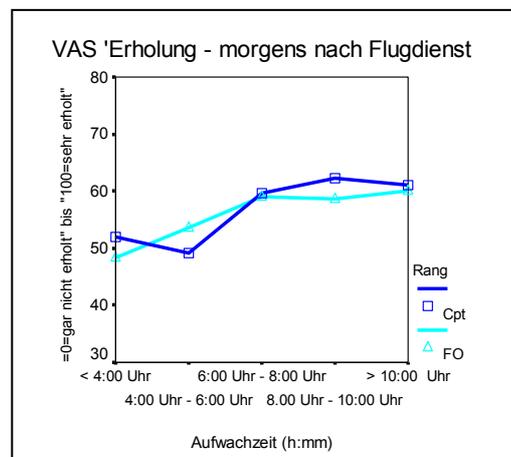
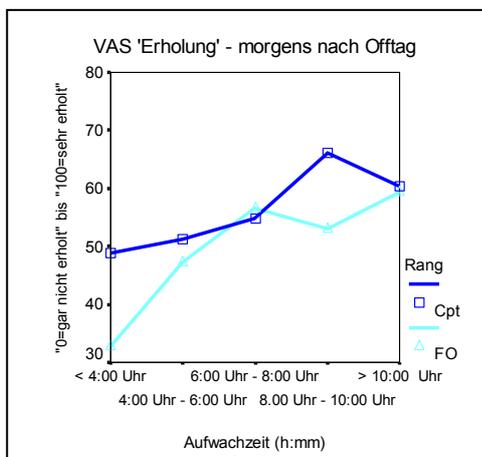


Abbildung 8.7.3 e-f: Visuelle Analogskala (VAS) 'Erholung' – Morgenwerte in Abhängigkeit vom Rang und der Aufwachzeit getrennt nach Off- versus Flugdiensttagen.

## 8.8 Morgenmüdigkeit: Wiederholungsmessung mit Blockbildung

Zur Analyse der Morgenmüdigkeit, kumulativ über den gesamten Studienverlauf, wird einerseits im Vergleich zur Baseline (Studienbeginn) im Rahmen eines Mischdesigns („within-between-groups“ Design) die Blockbildung angewendet, um durch homogene Versuchspersonen innerhalb eines Blocks die Streuung zu minimieren. Aus der Pilotenstichprobe (N = 28) wurden die Probanden nach der Ähnlichkeit ihrer Flugdienste zu drei Messzeitpunkten ausgewählt (N = 14 Vpn). Der erste Block besteht aus einem Flugdienstblock (4 Flugdiensttage) am Studienbeginn nach einem mindestens 10-tägigen Urlaub. Der zweite Block wurde aus einem Flugdienstblock von 4 Tagen nach 4 Wochen und der dritte Block aus einem Flugdienstblock von 4 Tagen am Studienende gebildet (siehe Abbildung 3.1). Die gewählten Probanden wurden zudem nach ihrer Anzahl an Flugdiensttagen über den gesamten Studienverlauf mittels Mediansplit in zwei Gruppen eingeteilt (Gruppe 1: Vpn mit  $\leq 28$  Flugdiensttagen (N = 5 Vpn); Gruppe 2: Vpn mit  $> 28$  Flugdiensttagen (N = 9 Vpn)).

Die Maße der zentralen Tendenz sowie die Abweichungsmaße der Morgenwerte der FAT-Skala über die 3 Messzeitpunkte zeigt Tabelle 8.8. Aufgrund der Ergebnisse des KS-Test zur Überprüfung auf Normalverteilung kann von einer hinreichenden Normalverteilung der morgendlichen FAT-Daten zu den drei Messzeitpunkten ausgegangen werden.

Tabelle 8.8: Deskriptive Kennwerte (Zentrale Tendenz, Abweichungsmaße sowie Verteilungskennwerte) der morgendlichen FAT-Skala zu den drei Messblöcken.

		<b>Morgenmüdigkeit (morgendliche FAT-Skala) zu 3 Messblöcken</b>		
		<b>FAT Block 1</b>	<b>FAT Block 2</b>	<b>FAT Block 3</b>
N	Gültig	55	65	59
Mittelwert		8.07	8.88	8.39
Median		8.00	9.00	8.00
Modus		9	9	7
SD		3.506	3.471	2.305
Schiefe		.191	.077	.054
Standardfehler der Schiefe		.322	.297	.311
Kurtosis		-.373	-.601	.133
Standardfehler der Kurtosis		.634	.586	.613
Minimum		2	2	3
Maximum		16	16	14
Perzentile	25	6.00	6.50	7.00
	50	8.00	9.00	8.00
	75	11.00	11.00	10.00

Anmerkung: SD = Standardabweichung. FAT = Müdigkeitsskala von Samn und Perelli (1982).

### 8.8.1 Veränderungen der Morgenmüdigkeit über den zeitlichen Verlauf

Die Werte der Morgenmüdigkeit werden zum einen über die FAT - Skala im intraindividuellen Vergleich über die 3 Messblöcke zu den unterschiedlichen Zeitpunkten und zum anderen im interindividuellen Vergleich getrennt nach der Anzahl der Flugdienst- und Offtage und nach Rang analysiert.

Eine erhöhte Morgenmüdigkeit während des Studienverlaufs über die drei Messzeitpunkte wird, aufgrund der normalverteilten FAT-Daten über einen Paarvergleich mittels dem t-Test für verbundene Stichproben überprüft. Als Referenzwert wird Block 1 gewählt. Die Paarvergleiche sind der Tabelle 8.8.1 zu entnehmen. Ein signifikanter Anstieg der Morgenmüdigkeit über die 3 Messzeitpunkte hinweg konnte nicht bestätigt werden. Die Morgenmüdigkeit in Block 1 ist im Vergleich zur Morgenmüdigkeit in Block 2 insignifikant ( $t(54) = -1.548$ ,  $p = .127$ ) ebenso zwischen Block 1 und Block 3 ( $t(51) = -1.23$ ,  $p = .610$ ). Tendenziell fühlen sich die Piloten nach 4 Wochen des Studienbeginns müder als nach Studienende. Berücksichtigt man die unter Punkt 7.7 dargestellten Flugdienstzeiten, zeigt sich, dass im ersten Studienabschnitt mehr geflogen wurde als in der zweiten Studienphase.

Tabelle 8.8.1: Ergebnisse des t-Tests für abhängige Stichproben für paarweise Vergleiche der Morgenmüdigkeit zwischen den drei Messblöcken.

		Gepaarte Differenzen							
		MW	SD	Standard- fehler des Mittelwertes	95% Konfidenzintervall der Differenz		T	df	Sig. (2- seitig)
					Untere	Obere			
<b>Block 1 vs. Block 2</b>	FAT_M_ Block 1 < FAT_M_ Block 2	-.93	4.442	.599	-2.13	.27	-1.548	54	.127
<b>Block 1 vs. Block 3</b>	FAT_M_ Block 1 < FAT_M_ Block 3	-.25	3.508	.487	-1.23	.73	-.514	51	.610
<b>Block 2 vs. Block 3</b>	FAT_M_ Block 2 > FAT_M_ Block 3	.54	3.631	.473	-.40	1.49	1.147	58	.256

Anmerkung: Bonferroni-Korrektur  $\alpha/2 = .025$ . MW=Mittelwert. SD=Standardabweichung.

Die Abbildung 8.8.1 verdeutlicht bedingt den in der Hypothese angenommenen Trend, dass sich die Morgenmüdigkeit über die Zeit linear im Vergleich zum Studienbeginn erhöht. Ein Anstieg der Morgenmüdigkeit zeigt sich von Block 1 zu Block 2. Die Morgenmüdigkeit steigt über die Zeit nicht stetig, sondern fällt von Block 2 zu Block 3 (Studienende) auf etwas höherem Niveau als zum Studienbeginn wieder.

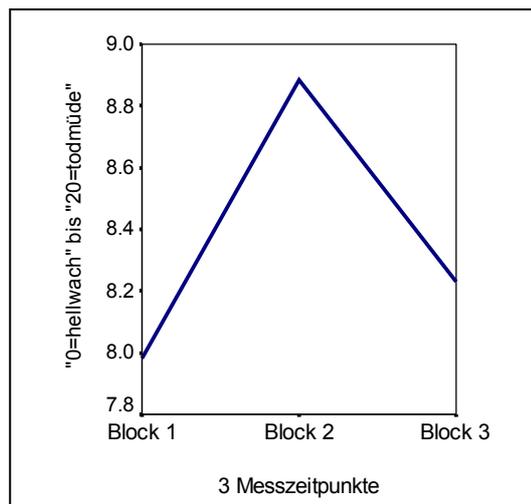


Abbildung 8.8.1: Verlauf der subjektiven Beurteilung der Morgenmüdigkeit (Morgenwerte der FAT-Skala) zu den drei Messzeitpunkten.

### 8.8.2 Morgenmüdigkeit in Abhängigkeit vom zeitlichen Verlauf und von der Anzahl der Flugdiensttage

Über das ‚Misch-Design‘ mit Wiederholungsmessung (‚within- between-groups‘ Design) werden die Unterschiede in der Morgenmüdigkeit zwischen Vpn mit  $\leq 28$  Flugdiensttagen und Vpn mit  $> 28$  Flugdiensttagen über den gesamten Studienverlauf analysiert (Abbildung 3.1; Punkt 3.1). Als fester Faktor wird, neben den selektierten Gruppen, auch der Rang gewählt. Geprüft werden die Haupteffekte zwischen den Stufen der Faktoren ‚Rang‘ und ‚Anzahl der Flugdiensttage‘ (‚between-groups‘ Design) und deren Interaktion sowie die Haupteffekte und Interaktion innerhalb der Zeitblöcke (‚within-groups‘ Design).

Die abhängige Variable ist intervallskaliert und liegt, entsprechend dem Kolmogorov-Smirnov-Anpassungstest zu den drei Messzeitpunkten normalverteilt vor. Der Box-Test auf Gleichheit der Kovarianzmatrixen der abhängigen Variablen ist signifikant. Der Levene-Test auf Gleichheit der Fehlervarianz zeigt sich auch signifikant. Das Signifikanzniveau wird demnach von  $p = .05$  auf  $p = .01$  gesetzt. Auf eine Korrektur der Freiheitsgrade nach Greenhouse-Geisser wird wegen des insignifikanten Mauchly-Tests auf Sphärizität verzichtet.

Der Haupteffekt Anzahl der Flugdiensttage auf die Morgenmüdigkeit der Tests der Zwischensubjekteffekte ist signifikant ( $\eta^2 = .138$ ) (siehe Tabelle 8.8.2). Der Prüfgröße der Innersubjekteffekte werden signifikante F-Werte dem Faktor ‚Rang‘ ( $p$  ( $F = 7.245$ ,  $df = 2$ ) = .001) bei kleiner Effektgröße ( $\eta^2 = .139$ ) sowie dem Faktor ‚Anzahl der Flugdienst- und Offtage‘ ( $p$  ( $F = 8.682$ ,  $df = 2$ ) = .000) ( $\eta^2 = .162$ ) zugewiesen. Die Interaktion FAT x Rang x Anzahl der FD- und Offtage ist insignifikant.

Tabelle 8.8.2: Univariate, zweifaktorielle Varianzanalyse mit Messwiederholung für die Morgenmüdigkeit als abhängige Variable (morgendliche FAT-Skala) und dem Rang sowie der Anzahl der Flugdiensttage als unabhängige Variablen.

Quelle der Varianz	df	F	Signif.	Partielles Eta-Quadrat
<u>Zwischensubjekteffekte:</u>				
Rang	1	5.476	.024	.108
Anzahl der Flugdiensttage	1	7.193**	.010	.138
Rang * Anzahl der Flugdiensttage	1	4.289	.044	.087
Fehler	45	(11.732)		
<u>Innersubjekteffekte:</u>				
FAT	2	.245	.783	.005
FAT * Rang	2	7.245**	.001	.139
FAT * Anzahl der Flugdiensttage	2	8.682***	.000	.162
FAT * Rang * Anzahl der Flugdiensttage	2	.800	.453	.017
Fehler(FAT)	90	(5.992)		

Anmerkung: \*\*\* bedeutet  $p < .001$ . \*\* bedeutet  $p \leq .01$ . Werte innerhalb der Klammern repräsentieren die mittleren Quadratfehler. FAT = morgendliche FAT-Skala. Anzahl der Flugdiensttage = Vpn mit  $\leq 28$  Flugdiensttagen versus Vpn mit  $> 28$  Flugdiensttagen.

Der Abbildung 8.8.2 ist der zeitliche Verlauf der Einschätzung der Morgenmüdigkeit (FAT-Skala) zu entnehmen. Die Morgenmüdigkeit zeigt sich im Verlauf in Gruppe 2 höher als in Gruppe 1. Piloten mit mehr Flugdiensttagen fühlen sich über die Zeit morgens signifikant müder als Piloten mit weniger Flugdiensttagen. Ein tendenzieller Anstieg der Morgenmüdigkeit über die Zeit ist in Gruppe 2 von Block 1 zu Block 2 zu verzeichnen und fällt dann wieder ab.

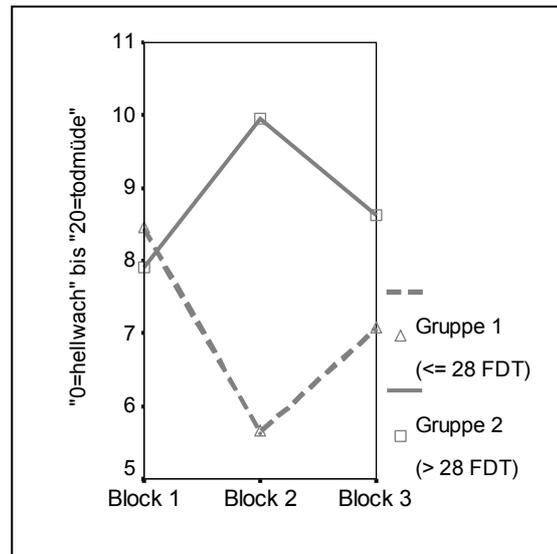


Abbildung 8.8.2: Morgenwerte der FAT-Skala über 3 Messzeitpunkte getrennt nach zwei Gruppen mit unterschiedlicher Anzahl an Flugdiensttagen. Gruppe 1 entspricht  $\leq 28$  Flugdiensttage. Gruppe 2 entspricht  $> 28$  Flugdiensttage. FDT=Flugdiensttage.

## 8.9 ‚Gesamtbelastung des Tages‘ und Tagesmüdigkeit an Flugdienst- versus Offtagen

Im Folgenden werden die Fragestellungen untersucht, ob die Belastung und die Tagesmüdigkeit der Piloten an Flugdiensttagen höher ist als an Offtagen und wie sich lang andauernde Flugdienstzeiten auf die Belastung und auf die Tagesmüdigkeit der Piloten auswirken. Zudem wird ein kumulativer Anstieg der Belastung und Tagesmüdigkeit über die Zeit von acht Wochen angenommen. Zur Beantwortung der Fragen werden die Dateneintragungen zu den subjektiven Einschätzungen der Gesamtbelastung und Tagesmüdigkeit aus dem Sleep Log vor dem Schlaf herangezogen.

Die statistischen Kennwerte wie die zentrale Tendenz, die Streuungsmaße und die Verteilungsmaße für die aus dem Sleep Log subjektiv erfasste ‚Gesamtbelastung des Tages‘ und Tagesmüdigkeit vor dem zu Bett gehen (abendliche FAT-Skala) und getrennt nach Flugdienst- und Offtagen kann der Tabelle 8.9 entnommen werden. Der Kolmogorov-Smirnov-Anpassungstest weist ein signifikantes Ergebnis sowohl für die Gesamtbelastung als auch für die Tagesmüdigkeitsparameter auf, wodurch von keiner Normalverteilung ausgegangen werden kann.

Tabelle 8.9: Kennwerte der zentralen Tendenz, der Verteilungsmaße und der Streuung der Skala ‚Gesamtbelastung des Tages‘ und der Tagesmüdigkeit (abendliche FAT-Skala) im Gesamtverlauf sowie getrennt nach Flugdienst- und Offtagen.

		Gesamtverlauf		Flugdiensttage		Offtage	
		Gesamtbelastung	abendliche FAT-Skala	Gesamtbelastung	abendliche FAT-Skala	Gesamtbelastung	abendliche FAT-Skala
N	Gültig	1497	1533	754	753	692	693
Mittelwert		53.07	13.20	59.11	13.69	46.69	12.63
Median		55.00	13.00	60.00	14.00	50.00	12.00
Modus		50	12.00	60.00	12.00	50.00	12.00
SD		21.110	2.86	20.10	2.85	19.92	2.73
Schiefe		-.063	-.07	-0.28	-0.36	0.13	.16
Standardfehler der Schiefe		.063	.06	0.09	0.09	0.09	.09
Kurtosis		-.462	.66	-0.09	1.17	-0.53	0.71
Standardfehler der Kurtosis		.126	.12	.18	.18	.19	.19
Minimum		0	3.00	0.00	3.00	0.00	4.00
Maximum		100	20.00	100.00	20.00	100.00	20.00
Perzentile	25	39.00	11.00	50.00	12.00	11.00	11.00
	50	55.00	13.00	60.00	14.00	12.00	12.00
	75	69.00	15.00	71.00	16.00	14.00	14.00

Anmerkung: ‚Gesamtbelastung des Tages‘ Skalierung von „0 = sehr niedrig“ bis „100 = sehr hoch“. Tagesmüdigkeit = abendliche FAT-Skala.

### 8.9.1 Deskriptive Statistik der ‚Gesamtbelastung des Tages‘ über den zeitlichen Verlauf der Messtage

Zur Veranschaulichung der Berechnungen der intra- und interindividuellen Vergleiche wird die aus dem Sleep Log erfasste ‚Gesamtbelastung des Tages‘ und Tagesmüdigkeit (Abbildungen 9.9.1 a, b) über den zeitlichen Verlauf und getrennt nach Flugdiensttagen sowie Offtagen dargestellt.

Bei der Darstellung der ‚Gesamtbelastung des Tages‘ getrennt nach Flugdienst- und Offtagen fühlen sich die Probanden vor dem Schlafengehen an Flugdiensttagen über die Messtage belasteter als an Offtagen und erzielen Werte oberhalb der mittleren Belastungsgrenze (Wert > 50) (siehe Abbildung 8.9.1 a).

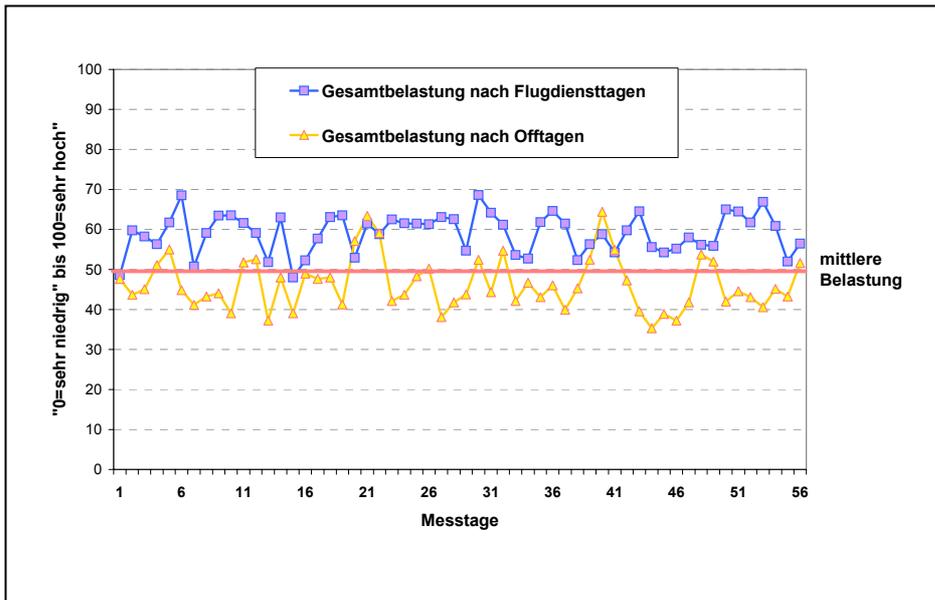


Abbildung 8.9.1 a: Abendliche Werte der Skala ‚Gesamtbelastung des Tages‘ über den gesamten Studienverlauf. Mittlere Belastung entspricht dem Wert = 50. Werte > 50 entsprechen höherer Belastung.

Die Skalenwerte der Tagesmüdigkeit (FAT-Skala) zeigen über den gesamten Verlauf nach Flugdiensttagen Werte > 12 und befinden sich, entsprechend der Kategorisierung der FAT-Skala nach Samn und Perelli (1982), im kritischen Bereich, wogegen die subjektive Einschätzung der Tagesmüdigkeit nach Offtagen auch Werte < 12 enthält (siehe Abbildung 8.9.1 b).

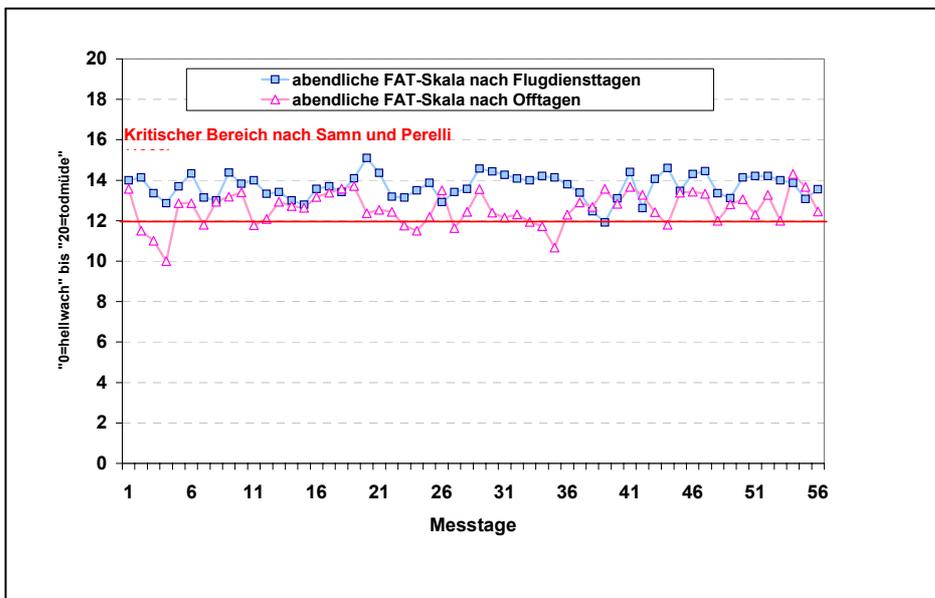


Abbildung 8.9.1 b: Abendliche FAT-Skala über den gesamten Studienverlauf - getrennt nach Flugdienst- und Offtagen.

### 8.9.2 Korrelationen zwischen der Gesamtbelastung, Tagesmüdigkeit/-schläfrigkeit, Anspannung, Wachheit und der Flugdienstdauer

Da für die aus dem Sleep Log entnommenen Abendwerte wie der subjektiven Tagesmüdigkeit/-schläfrigkeit, Anspannung, Wachheit und der Skala ‚Gesamtbelastung des Tages‘ keine Normalverteilung vorliegt, wird der Rang-Korrelationskoeffizient von Spearman verwendet.

Die Gesamtbelastung des Tages korreliert signifikant negativ mit der Wachheit. Die subjektive Einschätzung der Belastung ist bei niedrigem Wachheitsgrad höher ( $r_s = -.131$ ,  $p < .01$ ). Ein signifikant positiver Zusammenhang besteht zwischen der Gesamtbelastung und der Tagesmüdigkeit (FAT-Skala) sowie der Schläfrigkeit (KSS-Skala) und der Wachheit (siehe Tabelle 8.9.2). Je belasteter sich die Piloten fühlen, desto müder und schläfriger schätzen sie sich vor dem zu Bett gehen ein ( $r_s = .282$ ,  $p < .01$ ). Zudem zeigt die Gesamtbelastung einen positiven signifikanten Zusammenhang mit der Dienstdauer. Die Gesamtbelastung steigt, je länger der Flugdienst andauert ( $r_s = .436$ ,  $p < .01$ ). Das Alter korreliert mit keinem der Parameter signifikant, was aufgrund der homogenen Altersgruppe auch nicht erwartet wurde.

Tabelle 8.9.2: Rangkorrelationen nach Spearman zwischen der ‚Gesamtbelastung des Tages‘, der Tagesschläfrigkeit/- müdigkeit, der Anspannung/Wachheit, der Dienstdauer und der Moderatorvariablen Alter.

		Alter	Dienstdauer	Gesamtbelastung des Tages
Alter	$r_s$	-	<b>.065*</b>	.017
	N	-	767	1497
Dienstdauer	$r_s$	.065	-	<b>.436**</b>
	N	767	-	767
Tagesschläfrigkeit (KSS_A)	$r_s$	-.026	<b>.166**</b>	<b>.264**</b>
	N	1492	766	1480
Tagesmüdigkeit (FAT_A)	$r_s$	-.017	<b>.282**</b>	<b>.422**</b>
	N	1492	766	1480
Abendliche Anspannung (VASAN_A)	$r_s$	.090	.042	<b>.205*</b>
	N	1492	766	1480
Abendliche Wachheit (VAS_WACH_A)	$r_s$	.007	<b>-.131**</b>	<b>-.265**</b>
	N	1492	766	1480

Anmerkung:  $r_s$  = Spearman-Korrelationskoeffizient. \*\* $p < .01$  \* $p < .05$  (zweiseitig). A = abends.

### 8.9.3 Gesamtbelastung des Tages in Abhängigkeit von der Dienstart

Zur statistischen Überprüfung der unterschiedlichen subjektiven Beurteilung der Gesamtbelastung an Flugdienst- versus Offtagen wird, aufgrund der nicht normalverteilten Daten und der fehlenden Varianzhomogenität (Levene-Test), der Mann-Whitney-U-Test für unabhängige Stichproben verwendet. Entsprechend der Darstellung im Gesamtverlauf ergibt die statistische Analyse der Skala ‚Gesamtbelastung des Tages‘ einen signifikanten Unterschied zwischen den Flugdienst- und Offtagen ( $Z = -11.507$ ,  $p = .000$ ) (siehe Tabelle 8.9.3.2), wodurch die Annahme einer erhöhten Belastung an Flugdiensttagen gegenüber Offtagen bestätigt ist. Die Höhe der Belastung an Flugdiensttagen gegenüber Offtagen ist der Tabelle 8.9.3.1 zu entnehmen und wird durch die Abbildung 8.9.3 visualisiert.

Tabelle 8.9.3.1: Deskriptive Kennwerte (Mittelwert, Standardabweichung) der Gesamtbelastung an Flugdiensttagen gegenüber Offtagen.

Skala	Dienstart	N	MW	SD
‚Gesamtbelastung des Tages‘	Flugdiensttage	767	59.33	20.12
	Offtage	698	46.85	20.04

Tabelle 8.9.3.2: Ergebnis des Mann-Whitney-U-Tests bei unabhängigen Stichproben zwischen der ‚Gesamtbelastung des Tages‘ an Flugdienst- versus Offtagen.

‚Gesamtbelastung des Tages‘	
Mann-Whitney-U	176458.500
Z	-11.507***
Asymptotische Signifikanz (2-seitig)	.000

Anmerkung: \*\*\*  $p < .001$ .

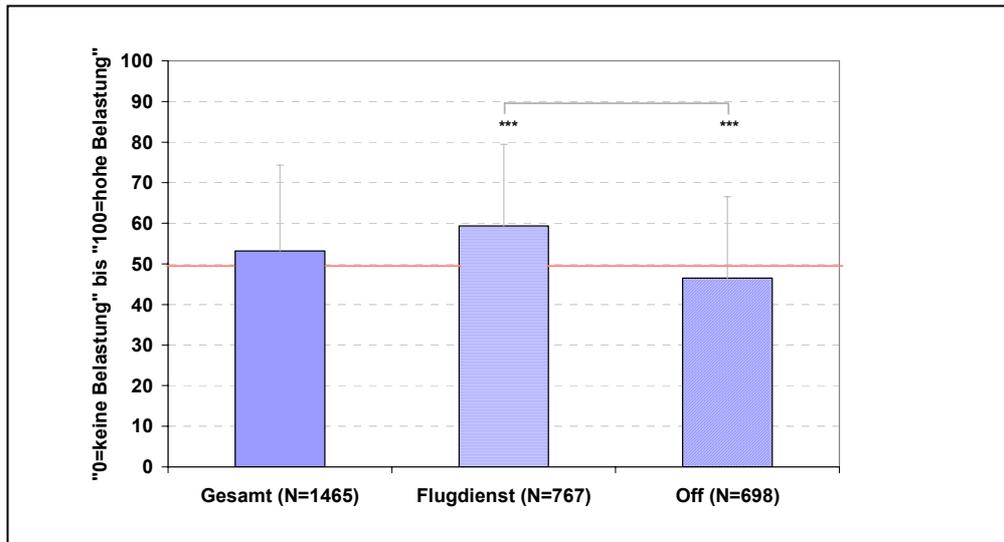


Abbildung 8.9.3: Skala ‚Gesamtbelastung des Tages‘ an Flugdiensttagen versus Offtagen. Mittlere Belastung entspricht dem Wert = 50. Höhere Belastung entspricht Werte > 50. \*\*\* bedeutet, dass sich die subjektive Einschätzung der Gesamtbelastung zwischen Flugdienst- und Offtagen auf dem Signifikanzniveau von  $p < .001$  unterscheidet.

#### 8.9.4 Gesamtbelastung und Tagesmüdigkeit in Abhängigkeit von der Dienstdauer

Zur Analyse der Beurteilung der Gesamtbelastung zwischen der Dienstdauer und dem Rang in Abhängigkeit von der Tagesmüdigkeit, wurde eine univariate dreifaktorielle Varianzanalyse mit 3 festen Effekten (Dienstdauer; Rang, Tagesmüdigkeit) eingesetzt. Die Dienstdauer wurde in 5 Kategorien und die FAT-Skala in 4 Kategorien eingeteilt (siehe Abbildung 8.9.4). Der Kolmogorov-Smirnov-Test weist keine Normalverteilung der abhängigen Variablen auf. Entsprechend dem nicht signifikanten Levene-Test auf Gleichheit der Fehlervarianzen der abhängigen Variable ‚Gesamtbelastung des Tages‘ kann auf eine Varianzhomogenität geschlossen werden. Das Signifikanzniveau wird von  $p = .05$  auf  $p = .01$  angehoben.

Die ANOVA ergibt einen signifikanten Haupteffekt für die Flugdienstdauer ( $p$  ( $F = 11.622$ ,  $df = 4$ ) = .000) ( $\eta^2 = .062$ ) und Tagesmüdigkeit ( $p$  ( $F = 26.825$ ,  $df = 4$ ) = .000) ( $\eta^2 = .102$ ) auf die Gesamtbelastung (siehe Tabelle 8.9.4).

Die Abbildung 8.9.4 zeigt bei länger werdender Flugdienstdauer eine Erhöhung der Belastung bei gleichzeitig steigender Tagesmüdigkeit. Ab einer Flugdienstzeit von > 12 Stunden fällt die Einschätzung der Tagesmüdigkeit in Kategorie 1 vollständig weg und die Gesamtbelastung steigt bei  $N = 23$  Piloten mit zunehmender Ermüdung fast bis zu dem Wert von 90 an. Legt man die Kategorie 1 und 2 der FAT-Skala zusammen, über die Möglichkeit die Autoren berichten

(siehe senkrecht gestrichelte Linie in Abbildung 8.9.4), zeigt sich die Tagesmüdigkeit und Gesamtbelastung bei einer Flugdienstdauer von „7 h bis 8 h“ und „9 h bis 10 h“ beinahe kongruent (außer in Kategorie 2 der FAT-Skala), steigt dann aber wieder ab einer Flugdienstzeit von „> 10 h“. Ein „time on task“-Effekt konnte demnach nachgewiesen werden.

Tabelle 8.9.4: Univariate, dreifaktorielle Varianzanalyse der Skala ‚Gesamtbelastung des Tages‘ als abhängige Variable mit der Tagesmüdigkeit (abendliche FAT-Skala), der Dienstdauer und dem Rang (Kapitän versus Erster Offizier) als ‚feste Effekte‘ (=UVn).

Quelle der Varianz	df	Prüfgröße F	Signifikanz	Partielles Eta-Quadrat
Korrigiertes Modell	33	10.476	.000	.330
Intercept	1	2040.448	.000	.744
Rang	1	2.598	.107	.004
Flugdienstdauer	4	11.622***	.000	.062
FAT_A	3	26.825***	.000	.103
Rang * Dienstdauer	4	.399	.809	.002
Rang * FAT_A	3	3.436	.017	.014
Dienstdauer * FAT_A	11	1.745	.060	.027
Rang * Dienstdauer * FAT_A	7	.508	.829	.005
Fehler	702	(285.620)		

Anmerkung: \*\*\*  $p < .001$ . Abhängige Variable: Gesamtbelastung. UVn: FAT\_A = Abendwerte der FAT-Skala, Rang (Kapitän versus Erster Offizier) und Dienstdauer. Werte in Klammern repräsentieren die mittleren Quadratfehler.

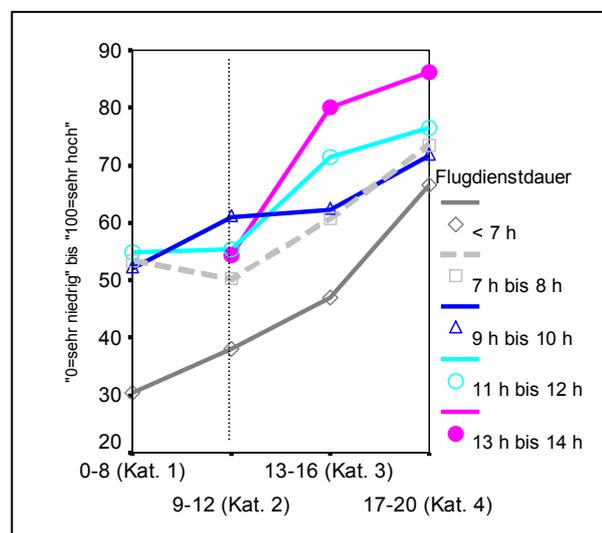


Abbildung 8.9.4. Verlauf der ‚Gesamtbelastung des Tages‘ in Abhängigkeit von der eingeschätzten Tagesmüdigkeit (FAT-Skala) und der Flugdienstdauer.

### 8.9.5 Tagesmüdigkeit in Abhängigkeit von der Dienstdauer

Zur weiteren Prüfung des „time-on-task“-Effekts wird über eine univariate einfaktorielle Varianzanalyse (ANOVA) der Einfluss der Dienstdauer auf die Tagesmüdigkeit analysiert und über multiple Vergleiche die Wirkungsrichtung der Unterschiede in der Tagesmüdigkeit zwischen den Stufen des Faktors Dienstdauer berechnet. Es ist keine Normalverteilung aber Varianzhomogenität der abhängigen Variablen (FAT-Skala abends) gegeben. Die ANOVA zeigt einen höchst signifikanten Haupteffekt auf dem Faktor Dienstdauer ( $p(F = 15.926, df = 4) = .000$ ) bei mittlerer Effektstärke (siehe Tabelle 8.9.5).

Tabelle 8.9.5: Univariate, einfaktorielle Varianzanalyse für die Tagesmüdigkeit (abendliche FAT-Skala) als abhängige Variable und der Flugdienstdauer als unabhängige Variable.

Quelle der Varianz	Quadratsumme vom Typ III	df	Prüfgröße F	Signifikanz	Partielles Eta-Quadrat
Korrigiertes Modell	497.251	4	15.926	.000	.077
Intercept	78994.879	1	10120.514	.000	.930
Dienstdauer	497.251	4	15.926***	<b>.000</b>	.077
Fehler	5939.926	761	(7.805)		

Anmerkung: \*\*\*  $p < .001$ . Abhängige Variable: FAT\_A. Werte in Klammern repräsentieren die mittleren Quadratfehler.

#### 8.9.5.1 Vergleich der Tagesmüdigkeit und der Flugdienstdauer

Zum Paarvergleich der Stufen des Faktors Dienstdauer wird der Post-Hoc-Test nach Bonferroni durchgeführt, der Varianzhomogenität annimmt. Die multiplen Vergleiche zeigen signifikante Differenzunterschiede (I-J) hauptsächlich im Vergleich zwischen einer Flugdienstdauer von „11 h bis 12 h“ und von „13 h bis 14 h“ mit den weiteren Faktorstufen (siehe Tabelle 8.9.5.1). Der „Time on task“-Effekt konnte somit gesichert werden.

Tabelle 8.9.5.1: Paarweise Vergleiche zwischen der unterschiedlichen Länge der Flugdienstdauer und der Tagesmüdigkeit (abendliche FAT-Skala).

Flugdienst- dauer (I)	Flugdienst- dauer (J)	Mittlere Differenz ( I-J)	Signifikanz	95% Konfidenzintervall für die Differenz	
				Untergrenze	Obergrenze
< 7 h	7 h bis 8 h	-.138	1.000	-.973	.697
	9 h bis 10 h	-.823	.051	-1.648	.002
	11 h bis 12 h	-1.669*	<b>.000</b>	-2.572	-.765
	13 h bis 14 h	-3.664*	<b>.000</b>	-5.392	-1.937
7 h bis 8 h	< 7 h	.138	1.000	-.697	.973
	9 h bis 10 h	-.685	.105	-1.436	.067
	11 h bis 12 h	-1.531*	<b>.000</b>	-2.367	-.694
	12 h bis 14 h	-3.526*	<b>.000</b>	-5.220	-1.833
9 h bis 10 h	< 7 h	.823	.051	-.002	1.648
	7 h bis 8 h	.685	.105	-.067	1.436
	11 h bis 12 h	-.846*	<b>.041</b>	-1.673	-.019
	13 h bis 14 h	-2.842*	<b>.000</b>	-4.530	-1.153
11 h bis 12 h	< 7 h	1.669*	<b>.000</b>	.765	2.572
	7 h bis 8 h	1.531*	<b>.000</b>	.694	2.367
	9 h bis 10 h	.846*	<b>.041</b>	.019	1.673
	13 h bis 14 h	-1.996*	<b>.012</b>	-3.724	-.267
13 h bis 14 h	< 7 h	3.664*	<b>.000</b>	1.937	5.392
	7 h bis 8 h	3.526*	<b>.000</b>	1.833	5.220
	9 h bis 10 h	2.842*	<b>.000</b>	1.153	4.530
	11 h bis 12 h	1.996*	<b>.012</b>	.267	3.724

Anmerkung: Abhängige Variable: abendliche FAT-Skala (= FAT\_A). \* bedeutet, die mittlere Differenz ist nach der Bonferroni-Adjustierung auf dem Niveau .05 signifikant.

Die Abbildung 8.9.5.1 verdeutlicht die steigende Tagesmüdigkeit bei ansteigender Flugdienstdauer.

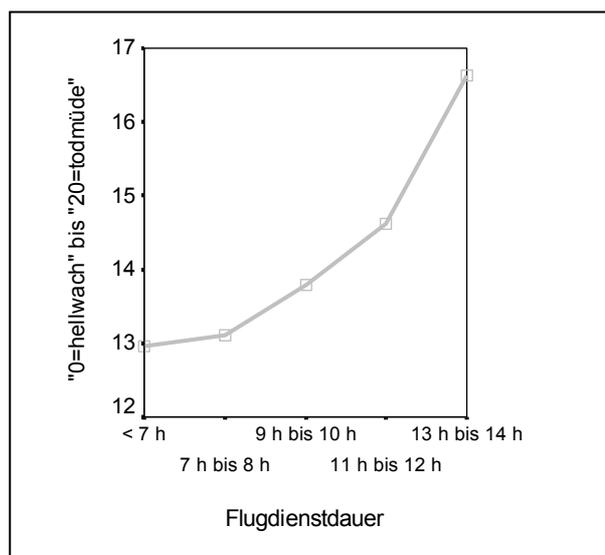


Abbildung 8.9.5.1: „Time on task“-Effekt. Subjektive Tagesmüdigkeit (abendliche FAT-Skala) in Abhängigkeit von der Flugdienstdauer.

### 8.9.6 Gesamtbelastung und Tagesmüdigkeit: Wiederholungsmessung mit Blockbildung

Untersucht wird die Frage, inwieweit der Zeitraum von 8 Wochen zu einem kumulativen Anstieg der Gesamtbelastung und der Tagesmüdigkeit führt. Dazu werden im Rahmen eines „within-between-groups“ Designs drei Zeitblöcke gebildet (nach dem ersten Flugdienstblock zu Studienbeginn (4 Flugdiensttage), ein Flugdienstblock von 4 Tagen nach 4 Wochen und ein Flugdienstblock von 4 Tagen am Studienende) und auf Unterschiede in den Belastungs- und Tagesmüdigkeitsbeurteilungen zwischen den Blöcken untersucht (siehe Abbildung 3.1; Punkt 3.1).

Die Lagemaße sowie die Maße der zentralen Tendenz der Morgenwerte zur Skala ‚Gesamtbelastung des Tages‘ und der FAT-Skala über die 3 Messzeitpunkte zeigt Tabelle 8.9.6.

Tabelle 8.9.6: Statistische Kennwerte der zentrale Tendenz (Mittelwert, Median, Modalwert), der Streuung und Verteilungskennwerte der durch die Pilotenstichprobe (N=28) beurteilten Skala ‚Gesamtbelastung des Tages‘ und der abendlichen FAT-Skala zu drei Messzeitblöcken.

		<b>Block 1</b>	<b>Block 2</b>	<b>Block 3</b>	<b>Block 1</b>	<b>Block 2</b>	<b>Block 3</b>
		BEL_1	BEL_2	BEL_3	FAT_A_1	FAT_A_2	FAT_A_3
N	Gültig	51	54	54	53	54	54
Mittelwert		54.78	59.65	58.63	12.60	13.50	13.19
Median		60.00	60.50	60.00	13.00	14.00	13.00
Modus		60	70	60	12	14(a)	12
Standardabweichung		19.964	20.387	19.355	2.282	2.187	2.249
Schiefe		-.083	-.705	-.613	-.215	-1.124	.091
Standardfehler der Schiefe		.333	.325	.325	.327	.325	.325
Kurtosis		-.428	.692	.393	-.572	1.702	-.021
Standardfehler der Kurtosis		.656	.639	.639	.644	.639	.639
Minimum		16	0	4	7	6	8
Maximum		100	100	92	17	16	18
Perzentile	25	40.00	50.00	45.25	11.00	12.00	12.00
	50	60.00	60.50	60.00	13.00	14.00	13.00
	75	70.00	70.25	70.00	15.00	15.00	15.00

Anmerkung: BEL\_1 = Skala ‚Gesamtbelastung des Tages‘ zum 1. Messzeitpunkt. BEL\_2 = Skala ‚Gesamtbelastung des Tages‘ zum 2. Messzeitpunkt. BEL\_3 = Skala ‚Gesamtbelastung des Tages‘ zum 3. Messzeitpunkt. FAT\_A\_1 = abendliche FAT-Skala zum 1. Messzeitpunkt. FAT\_A\_2 = abendliche FAT-Skala zum 2. Messzeitpunkt. FAT\_A\_3 = abendliche FAT-Skala zum 3. Messzeitpunkt.

### 8.9.7 Veränderungen der Tagesmüdigkeit und Gesamtbelastung über den zeitlichen Verlauf

Zur Analyse des Zeiteffekts auf die Tagesmüdigkeit und auf die Gesamtbelastung wird wie bei der Morgenmüdigkeit als Baseline-Wert der 1. Messzeitpunkt (Block 1) gewählt. Aufgrund der normalverteilten Daten der abhängigen Variablen (insignifikante Prüfgröße des Kolmogorov-Smirnov-Anpassungstests) zu allen drei Messzeitpunkten wird der t-Test für abhängige Stichproben gerechnet. Die Ergebnisse der Paarvergleiche sind der Tabelle 8.9.7 zu entnehmen. Ein signifikanter Anstieg kann nur für die Tagesmüdigkeit über die Messzeitpunkte 1 und 2 bestätigt werden. Dennoch zeigt sich ein Trend in dem sowohl die ‚Gesamtbelastung des Tages‘ als auch die Tagesmüdigkeit zu Beginn der Studie niedriger beurteilt wird als in der Mitte der Studie oder am Ende.

Die Abbildungen 8.9.7 a, b verdeutlichen den Trend der Gesamtbelastungserhöhung und Tagesmüdigkeitszunahme über die Zeit von acht Wochen im Vergleich zum Studienbeginn. Sowohl die Gesamtbelastung als auch die Tagesmüdigkeit erhöhen sich bis zu Block 2, gehen dann etwas zurück, bleiben auf einem höheren Niveau im Vergleich zu Block 1.

Tabelle 8.9.7: Ergebnisse des t-Tests bei abhängigen Stichproben für paarweise Vergleiche der Gesamtbelastung und Tagesmüdigkeit zwischen den drei Messblöcken.

T-Test	Block 1 vs. Block 2	Block 1 vs. Block 3	Block 2 vs. Block 3
	BEL_Block 1 < BEL_Block 2	BEL_Block 1 < BEL_Block 3	BEL_Block 2 > BEL_Block 3
T	-1.669	-1.571	.452
df	52	51	62
Asymptot.Sign.	.101	.122	.653
	FAT_A_Block 1 < FAT_A_Block 2	FAT_A_Block1< FAT_A_Block 3	FAT_A_Block 2 > FAT_A_Block 3
T	-2.423*	-1.938	.720
df	54	53	62
Asymptot.Sign.	<b>.016</b>	.058	.474

Anmerkung: Bonferroni-Korrektur  $\alpha/3 = .017$ . BEL = Skala ‚Gesamtbelastung des Tages‘. FAT\_A = abendliche FAT-Skala.\* bedeutet  $p < .017$ .

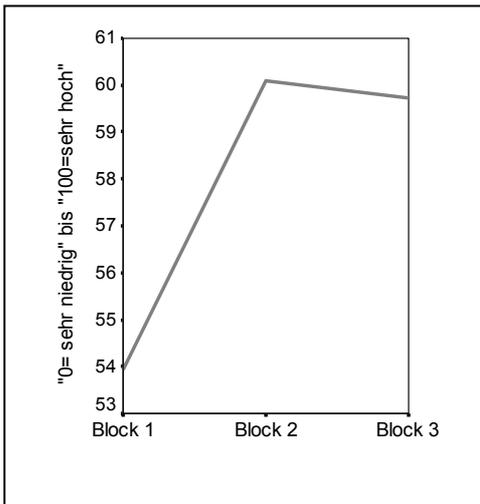


Abbildung 8.9.7 a: Verlauf der subjektiven Beurteilung der Skala ‚Gesamtbelastung des Tages‘ zu den drei Messzeitpunkten.

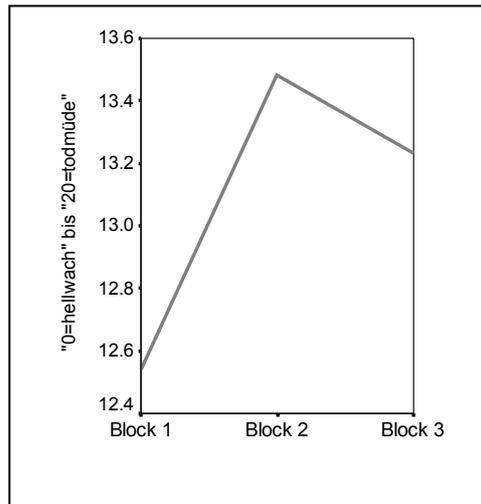


Abbildung 8.9.7 b: Verlauf der subjektiven Beurteilung der Tagesmüdigkeit (abendliche FAT-Skala) zu den drei Messzeitpunkten.

### 8.9.8 Gesamtbelastung und Tagesmüdigkeit in Abhängigkeit vom zeitlichen Verlauf und von der Anzahl der Flugdiensttage

Neben der statistischen Prüfung einer kumulierenden Tagesmüdigkeit und Gesamtbelastung über den Studienverlauf wird im Folgenden der Gruppenunterschied über eine multivariate, einfaktorielle Varianzanalyse analysiert. Im interindividuellen Vergleich werden die Probanden getrennt nach ihrer Anzahl an Flugdiensttagen in zwei Gruppen eingeteilt (Gruppe 1:  $\leq 28$  Flugdiensttage; Gruppe 2:  $> 28$  Flugdiensttage) und als fester Faktor gewählt (siehe Abbildung. 3.1 unter Punkt 3.1).

Die abhängigen Variablen (abendliche FAT-Skala (FAT\_A); Skala ‚Gesamtbelastung des Tages‘) liegen zu allen drei Messzeitpunkten normalverteilt vor. Der Levene-Test auf Gleichheit der Fehlervarianz und der Box-Test auf Gleichheit der Kovarianzmatrixen zeigt keine Signifikanz. Somit kann von einer Fehlervarianzhomogenität und einer Gleichheit der Kovarianzmatrixen ausgegangen werden. Der Mauchly-Test auf Sphärizität ist insignifikant, darum wird keine Korrektur der Freiheitsgrade nach Greenhouse-Geisser vorgenommen.

Die Ergebnisse der Tests auf einen Zwischensubjekteffekt liefern zwischen den beiden Gruppen weder in der Beurteilung der Tagesmüdigkeit (siehe Tabelle 8.9.8.1) noch in der Einschätzung der Gesamtbelastung (siehe Tabelle 8.9.8.2) einen signifikanten Unterschied. Die Testung auf Innersubjekteffekte erweist einen

signifikanten Zeiteffekt auf die Tagesmüdigkeit (FAT\_A  $p$  ( $F = 3.764$ ,  $df = 2$ ) = .027) bei kleiner Effektstärke ( $\eta^2 = .07$ ), aber keine signifikante Interaktion. Auf die Gesamtbelastung kann weder ein signifikanter Zeiteffekt noch eine signifikante Interaktion Zeit x Anzahl der Flugdiensttage nachgewiesen werden.

Tabelle 8.9.8.1: Univariate Varianzanalysetabelle mit Messwiederholung für die Tagesmüdigkeit (FAT-Skala) zu den drei Messzeitpunkten als abhängige Variablen und der Anzahl der Flugdiensttage als unabhängige Variable.

Quelle der Varianz	df	F	Signifikanz	Partielles Eta-Quadrat
<u>Tests der Zwischensubjekteffekte</u>				
Anzahl der FDT	1	.472	.495	.009
Fehler	50	(6.946)		
<u>Tests der Innersubjekteffekte</u>				
FAT_A	2	3.764*	.027	.070
FAT_A * Anzahl der FDT	2	1.358	.262	.026
Fehler(FAT_A)	100	(4.075)		

Anmerkung: \*)  $p < .05$ . FDT=Flugdiensttage. Werte in Klammern repräsentieren die mittleren Quadratfehler. FAT\_A = abendliche FAT-Skala.

Tabelle 8.9.8.2: Univariate Varianzanalysetabelle mit Messwiederholung für die ‚Gesamtbelastung des Tages‘ zu den drei Messzeitpunkten als abhängige Variable und der Anzahl der Flugdiensttage als unabhängige Variable.

Quelle der Varianz	df	F	Signifikanz	Partielles Eta-Quadrat
<u>Tests der Zwischensubjekteffekte</u>				
Anzahl der FDT	1	.963	.331	.020
Fehler	48	(395.156)		
<u>Tests der Innersubjekteffekte</u>				
BEL	2	1.478	.233	.030
BEL * Anzahl der FDT	2	.245	.783	.005
Fehler (BEL)	96	(381.230)		

Anmerkung: BEL=Gesamtbelastung des Tages. FDT=Flugdiensttage. Werte in Klammern repräsentieren die mittleren Quadratfehler.

Der Abbildung 8.9.8 a und 8.9.8 b ist der zeitliche Verlauf der Einschätzung der Tagesmüdigkeit und der Gesamtbelastung zu entnehmen. Die Tagesmüdigkeit nimmt für beide Gruppen von Block 1 bis Block 2 tendenziell zu, sinkt aber bei Block 3 oberhalb der Grenze von Block 1 in der Gruppe 1 wieder. In Gruppe 1 zeigt sich sowohl in Block 1 als auch in Block 3 eine geringere Tagesmüdigkeit als in Gruppe 2, ist aber in Block 2 höher als in Gruppe 2 (siehe Abbildung 8.9.8 a).

Ein tendenziell linearer Anstieg der Gesamtbelastung zeigt sich für Gruppe 2, nicht aber für Gruppe 1 (siehe Abbildung 8.9.8 b). Die Gesamtbelastung steigt bis zum 2. Messzeitpunkt in Gruppe 1 höher als in Gruppe 2, fällt dann wieder in Block 3 auf das Niveau der Gruppe 2.

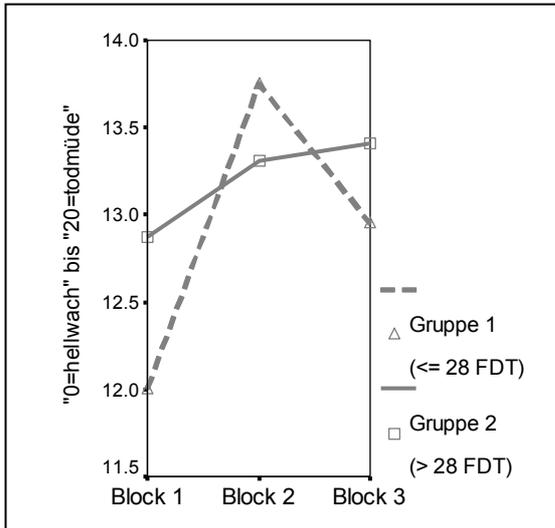


Abbildung 8.9.8 a: Tagesmüdigkeit (Abendwerte der FAT-Skala) über 3 Messzeitpunkte getrennt nach zwei Gruppen mit unterschiedlicher Anzahl an Flugdiensttagen. Gruppe 1 entspricht ≤ 28 Flugdiensttage. Gruppe 2 entspricht > 28 Flugdiensttage. FDT=Flugdiensttage.

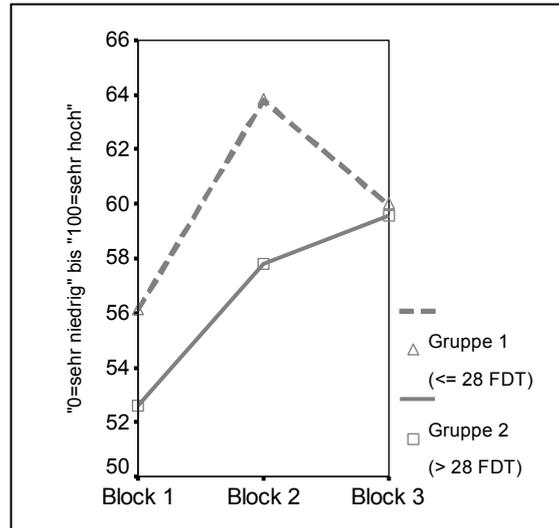


Abbildung 8.9.8 b: Abendwerte der Skala 'Gesamtbelastung des Tages' über 3 Messzeitpunkte getrennt nach zwei Gruppen mit unterschiedlicher Anzahl an Flugdiensttagen. Gruppe 1 entspricht ≤ 28 Flugdiensttage. Gruppe 2 entspricht > 28 Flugdiensttage. FDT=Flugdiensttage.

## 9 Ergebnisse der Leistung

Die subjektive Einschätzung der Leistungsbeeinflussung durch unterschiedliche Schichtsysteme erfolgte über den ‚Allgemeinen Fragebogen‘ (siehe Anhang 1). Die objektive Leistung wurde über die 10-minütige Psychomotor Vigilance Task (PVT) mittels dem portablen Pocket PC jeweils morgens und abends nach den Sleep Log Eintragungen erfasst. Die folgende Auswertung der auf die Leistung bezogenen Parameter erfolgt somit einerseits durch die aus dem ‚Allgemeinen Fragebogen‘ entnommenen subjektiven Angaben und andererseits aus den Leistungsdaten der morgendlichen und abendlichen PVT.

### 9.1 Subjektive Leistungsbeurteilung durch den ‚Allgemeinen Fragebogen‘

Die Befragung zur Leistungsbeeinflussung durch den ‚Allgemeinen Fragebogen‘ zeigt die Einschätzung der Leistungsfähigkeit in Bezug auf unterschiedliche Schichtdienstsysteme. Die Probanden sollten auf einer fünf-stufigen Likert-Skalierung (von „1 = nicht“ bis „5 = sehr“) beurteilen, wie stark sie sich in ihrer Leistung durch die Art des Flugdienstes (Schichtsystem) beeinflusst fühlen. Die Beantwortung der Fragen zeigen die Abbildungen 9.1 a-f, welche die Gruppenmittelwerte der Pilotenstichprobe wiedergeben. Generell fühlen sich die Piloten eher durch Früh- und Nachtdienste als auch durch Wechselschichten in ihrer Leistungsfähigkeit beeinflusst und weniger durch Spätdienste (Abbildung 9.1 a). Getrennt nach Rang zeigt sich die gleiche Tendenz, wobei die Kapitäne eher die Wechselschicht und die Ersten Offiziere mehr den Frühdienst als Einflussfaktor sehen (siehe Abbildung 9.1 b).

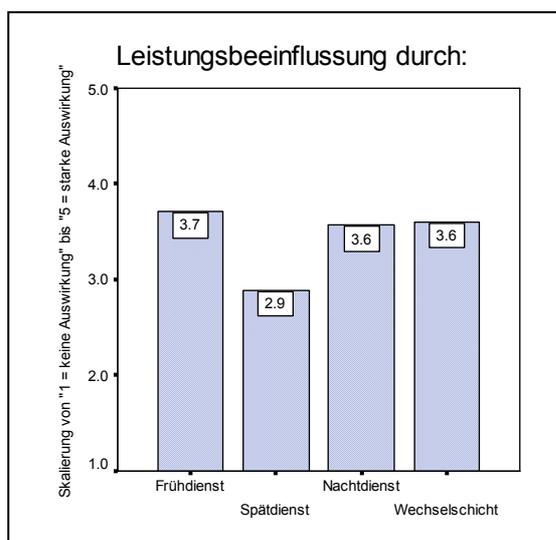


Abbildung 9.1 a: Beeinflussung der Leistungsfähigkeit durch unterschiedliche Schichtsysteme.

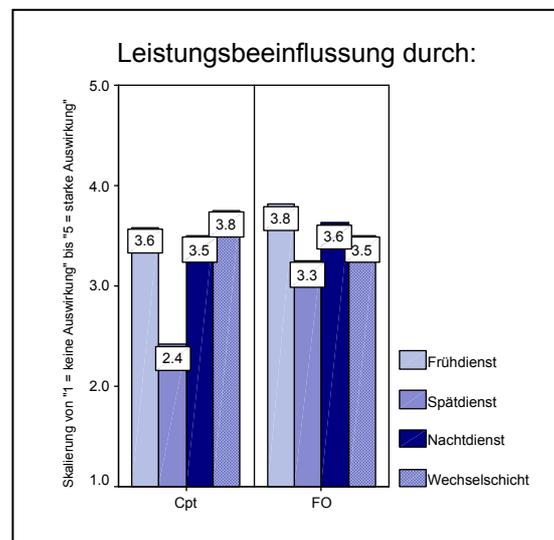


Abbildung 9.1 b: Beeinflussung der Leistungsfähigkeit durch unterschiedliche Schichtsysteme - getrennt nach Rang.

Im Folgenden wird die prozentuale Häufigkeitsverteilung der einzelnen Schichtdienste hinsichtlich der subjektiven Beeinflussung der unterschiedlichen Schichtsysteme auf die Leistungsfähigkeit dargestellt. Für 68 % der Piloten beeinflusst morgendliches Frühaufstehen „ziemlich“ bis „sehr“ die Leistungsfähigkeit (siehe Abbildung 9.1 c). 32 % fühlen sich „wenig“ bis „mittel“ beeinflusst und für keinen Piloten beeinflusst der Frühdienst die Leistungsfähigkeit „nicht“.



Abbildung 9.1 c. Prozentuale Verteilung der Angaben zur Beeinflussung der Leistungsfähigkeit

25 % der Piloten empfinden den Spätdienst als „ziemlich“ leistungsbeeinträchtigend und 75% behaupten der Spätdienst hat „wenig“ bis „mittel“ starken Einfluss. Die Kategorien „nicht“ und „sehr“ entfallen in der Einschätzung (siehe Abbildung 9.1 d).

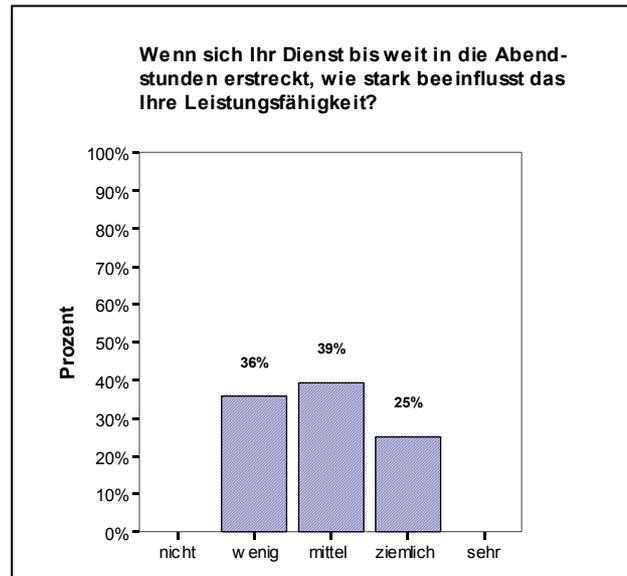


Abbildung 9.1 d: Prozentuale Verteilung der Angaben zur Beeinflussung der Leistungsfähigkeit durch Spätschicht.

Nachtdienste werden von 18% der Piloten als „sehr“ beeinflussend eingeschätzt. 68% meinen, der Nachtdienst hat „mittel“ starke bis „ziemlich“ starke Auswirkung auf die Leistung und 14 % fühlen sich von Nachtdiensten „wenig“ in ihrer Leistungsfähigkeit beeinflusst. Die Kategorie „nicht“ entfällt (siehe Abbildung 9.1 e).

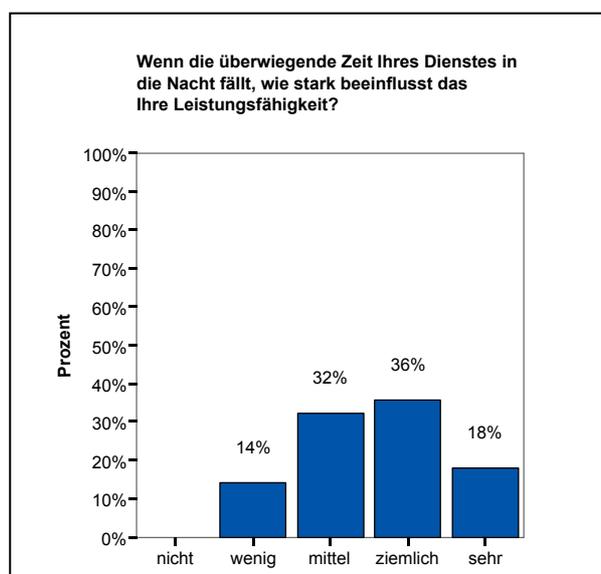


Abbildung 9.1 e: Prozentuale Verteilung der Angaben zur Beeinflussung der Leistungsfähigkeit durch Nachtschicht.

Wechselschichten werden von 57 % der Probanden als auf die Leistungsfähigkeit „ziemlich“ bis „sehr“ stark auswirkend eingeschätzt (siehe Abbildung 9.1 f). 43% geben an, die Leistungsfähigkeit würde „wenig“ bis „mittel“ durch Wechselschichten beeinflusst werden.

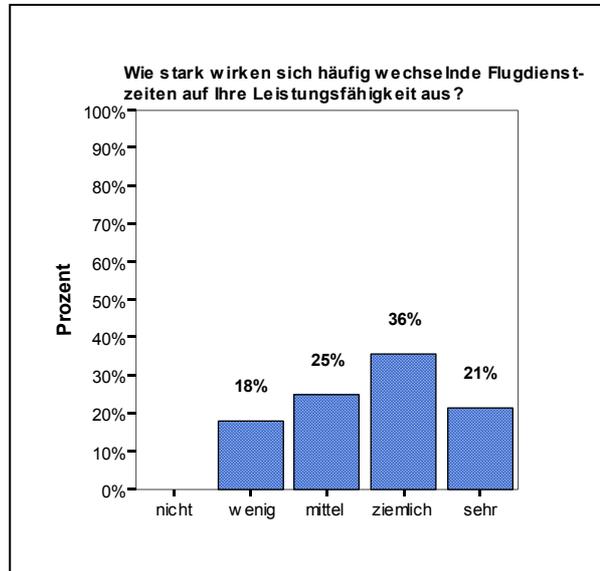


Abbildung 9.1 f: Prozentuale Verteilung der Angaben zur Beeinflussung der Leistungsfähigkeit durch Wechselschicht.

## 9.2 Deskriptive Analysen der Leistung in der morgendlichen und abendlichen Psychomotor Vigilance Task (PVT)

Die statistischen Kennwerte wie die zentrale Tendenz, die Streuungsmaße und die Verteilungskennwerte der morgendlichen sowie abendlichen objektiven Leistungsmaße aus der Psychomotor Vigilance Task (PVT) von Dinges (1985) sind der Tabelle 9.2 zu entnehmen. Um schlafbedingte Beeinträchtigungen oder Schwankungen im Reaktionsverhalten zu beurteilen und „time on task“ - Effekte zu identifizieren, werden als abhängige Variablen Lageparameter (Median, Auslassungen, mittlere RT der 10 % schnellsten und langsamsten Reaktionen), Streuungsparameter (Streuung der RT) und Verlaufparameter (Anstieg der RT) gewählt, da diese Parameter besonders sensitiv sind.

Tabelle 9.2: Statistische Kennwerte (zentrale Tendenz, Streuungsmaße, Verteilungskennwerte) der morgendlichen sowie der abendlichen PVT-Parameter (Median, Mittelwert, schnellsten 10 % RT, langsamen 10% RT, Lapses > 850 ms, Messanzahl).

<b>Statistische Kennwerte der abendlichen PVT-Parameter</b>											
	N	MW	Median	Modus	SD	Schiefe	Standard- fehler der Schiefe	Kurtosis	Standard- fehler der Kurtosis	Min.	Max.
Md RT abends	1446	259.06	-	243	50.291	.546	.064	-.06	.129	165	422
MW RT abends	1446	269.47	-	252	48.200	.270	.064	-.37	.129	170	408
SD RT abends	1446	59.83	62.40	61.7	17.029	-.492	.064	-.14	.129	13.3	106.8
Mdsc10%RT abends	1446	190.71	187.00	191	27.885	.537	.064	.93	.129	89	304
Mdla10%RT abends	1446	387.98	402.00	451	74.274	-.533	.064	-.36	.129	197	672
Lapses>850 ms abends	1446	2.10	.00	0	6.234	6.190	.064	44.63	.129	0	62
Messanzahl abends	1446	74.37	75.00	75	4.050	-3.290	.064	19.48	.129	37	83
<b>Statistische Kennwerte der morgendlichen PVT-Parameter</b>											
	N	MW	Median	Modus	SD	Schiefe	Standard- fehler der Schiefe	Kurtosis	Standard- fehler der Kurtosis	Min.	Max.
Md RT morgens	1449	241.37	-	243	39.81	.58	.064	.13	.128	168	379
Mw RT morgens	1449	252.98	-	244	39.91	.30	.064	-.36	.128	172	377
SD RT morgens	1449	55.738	56.90	63.8	16.26	-.18	.064	-.47	.128	14.5	99.9
Mdsc10%RT morgens	1449	184.81	182.00	191	22.55	.21	.064	.65	.128	100	266
Mdla10%RT morgens	1449	368.01	373.00	347	70.80	-.19	.064	-.41	.128	199	734
Lapses>850 ms morgens	1449	1.28	.00	0	3.17	4.5	.064	24.59	.128	0	30
Messanzahl morgens	1449	74.31	75.00	75	5.83	-5.9	.064	50.77	.128	4	84

Anmerkung: Md RT = Median der Reaktionszeit. MW RT = Mittelwert der Reaktionszeit. SD RT = Standardabweichung der Reaktionszeit. Mdsc10%RT = schnellsten 10 %. Mdla10%RT = langsamen 10%. Lapses > 850ms = Auslassungen > 850ms.

Aufgrund der rechtsschiefen Verteilung der Reaktionsgeschwindigkeit wird zur Darstellung der Morgen- und Abendwerte der PVT über den gesamten Messwertverlauf der Median verwendet, um Ausreißer auszuschließen. Als Referenzwert wird die erste Messung (Tag 1) verwendet. Dargestellt werden prozentuale Veränderungen der Reaktionszeit über den Messwertverlauf von 56 Tagen zum Referenztag. Die Abbildung 9.2 zeigt den Verlauf der morgendlichen und abendlichen Reaktionszeiten und ist nicht nach Rang und Dienstart getrennt. Die Abbildung verdeutlicht eine generelle Verschlechterung der Reaktionszeit im Vergleich zum Referenztag (Tag 1), wobei die prozentuale Verschlechterung der Reaktionsleistung am Morgen geringer ist als am Abend.

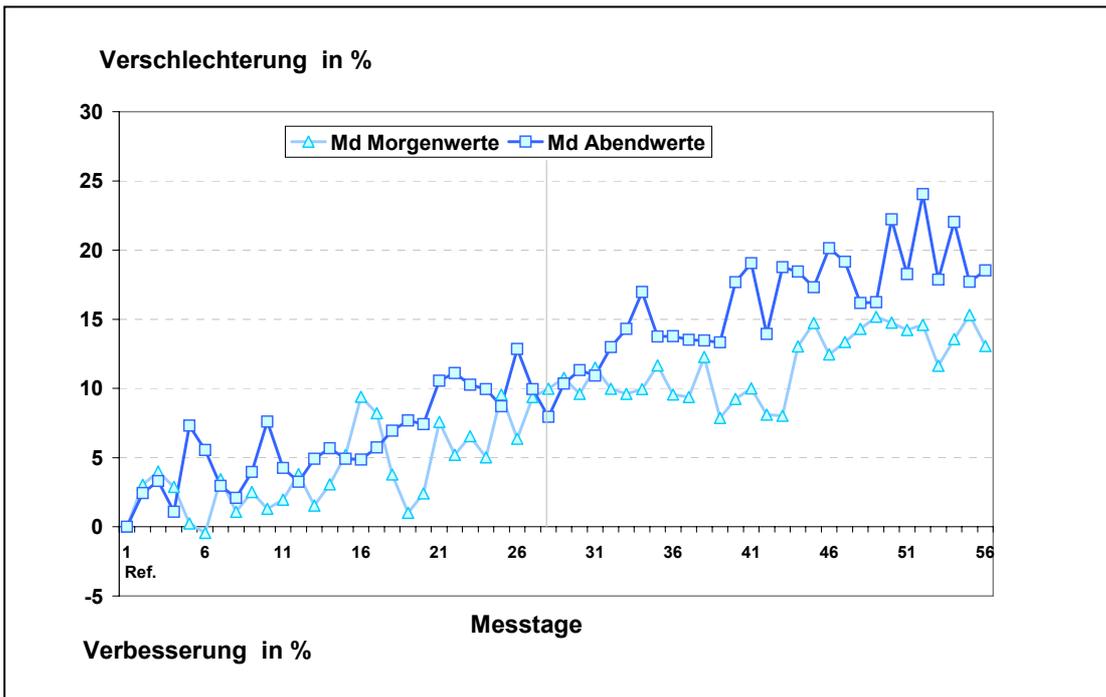


Abbildung 9.2: Relative Leistungsveränderungen der Reaktionsgeschwindigkeit in ms (Median) in der morgendlichen und abendlichen Psychomotor Vigilance Task (PVT) über den Messverlauf mit Tag 1 als Referenz.

### 9.2.1 Vergleich zwischen der morgendlichen und abendlichen PVT

Statistisch bedeutsame Unterschiede in der Reaktionsleistung über die unterschiedlichen Leistungsparameter am Morgen und am Abend werden mittels dem Wilcoxon-Test überprüft. Zur Auswertung der PVT-Daten wurden Maße der Reaktionsgeschwindigkeit, der Variabilität, der Auslassungen (Lapses >850 ms) und die Messanzahl verwendet. Der Wilcoxon-Test zeigt bei allen Parametern höchst signifikante Unterschiede zwischen den Morgen- und Abendwerten der PVT. Die Piloten zeigen morgens insgesamt eine bessere Leistung in der PVT als abends (Tabelle 9.2.1).

Tabelle 9.2.1: Ergebnisse des Wilcoxon-Tests (Prüfgröße Z) für den Paarvergleich zwischen den morgendlichen und abendlichen Leistungsparametern.

Wilcoxon-Test	Prüfgröße Z	Asymptot. Signifikanz (2-seitig)
Md RT morgens < Md RT abends	-17.021***	.000
SD RT morgens < SD RT abends	-10.335***	.000
schnellste RT morgens < schnellste RT abends	-2.555*	.011
langsamste RT morgens < langsamste RT abends	-6.895***	.000
Md schnellsten 10%RT morgens < Md schnellsten 10%RT abends	-9.181***	.000
Md langsamsten 10%RT morgens < Md langsamsten 10%RT abends	-12.261***	.000
Lapses > 850ms morgens < Lapses > 850ms abends	-4.560***	.000
Messanzahl morgens > Messanzahl abends	-2.539*	.011

Anmerkung: Unter Berücksichtigung der Bonferroni-Korrektur ( $\alpha/2 = .025$ ) sind signifikante mit \* und höchst signifikante Z-Werte mit \*\*\* markiert. Md = Median. SD = Standardabweichung. RT = Reaction Time.

#### 9.2.1.1 Analyse der morgendlichen und abendlichen PVT-Parameter an Flugdienst- und Offtagen

Der Messverlauf über die Tage zeigt eine lineare Leistungsabnahme in der morgendlichen und abendlichen Reaktionszeit (RT) der Psychomotor Vigilance Task (PVT), wobei die Reaktionsleistung an Flugdiensttagen stetiger abnimmt als an Offtagen. Den Verlauf der Reaktionsgeschwindigkeit getrennt nach Flugdiensttagen und Offtagen jeweils am Morgen und am Abend zeigt Abbildung 9.2.1.1.

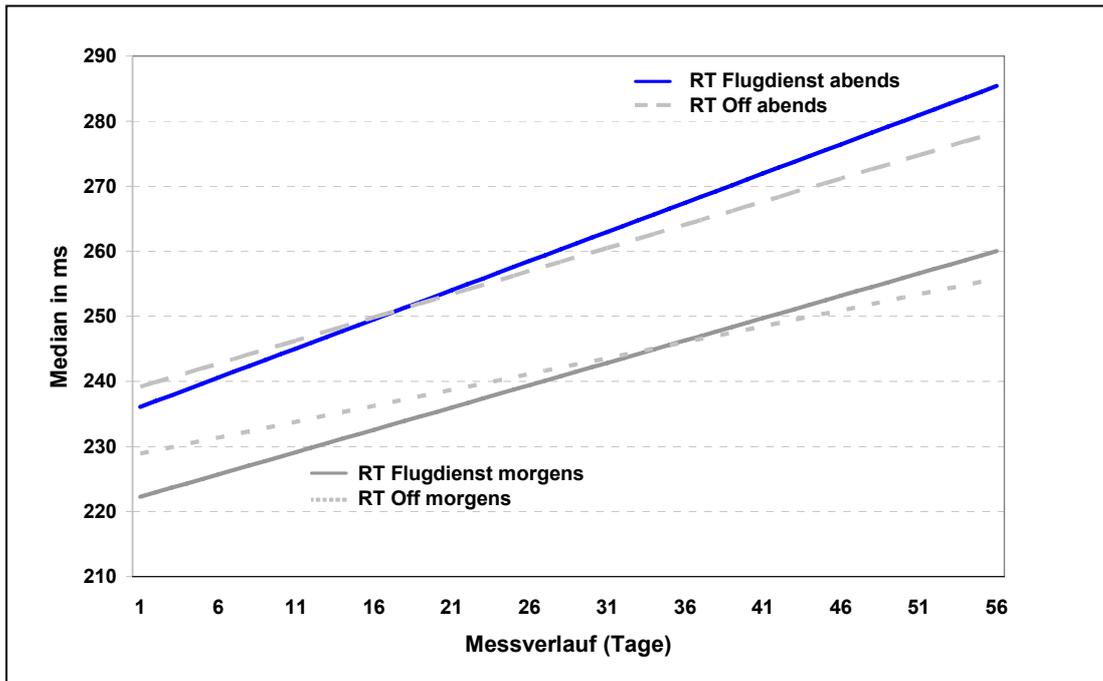


Abbildung 9.2.1.1: Leistungsveränderungen (Median) der PVT über den Messverlauf getrennt nach der Dienstart (Flugdienst versus Off) sowie der morgendlichen und abendlichen Reaktionszeit (RT = Reaction Time).

Die unterschiedlichen Verläufe in der Reaktionszeit machen eine differenzierte Untersuchung der Morgen- und Abendwerte in der PVT notwendig. Im Folgenden wird eine detaillierte Analyse mittels Korrelationsanalysen sowie anhand von einfachen und multiplen Regressionsanalysen der PVT-Parameter durchgeführt.

### 9.3 Korrelationsanalysen zwischen den Morgenwerten der PVT und den globalen Schlafparametern

In Tabelle 9.3 werden die Ergebnisse der Korrelationsanalysen nach Spearman über den Zusammenhang zwischen den morgendlichen Leistungsparametern der PVT, der schlafassoziierten Parameter (Erholung, Schlafqualität, Anspannung), der Morgenmüdigkeit, der globalen Schlafparameter (Aufwachzeit und SPT) und der Moderator-/Mediatorvariablen (Alter, Chronotyp, Dienstart) dargestellt.

Zugrunde liegen die nach dem Schlaf im Sleep Log des PDA eingetragenen Daten. Betrachtet man den Median, die Streuung, die 10 % langsamsten Reaktionszeiten und die Lapses > 850 ms, dann zeigen die Leistungsparameter mit dem Alter signifikant negative Zusammenhänge. Demnach ist die Leistung in

der PVT bei ‚älteren‘ Piloten morgens besser als bei jüngeren. Allerdings ist der Zusammenhang, aufgrund des homogenen Alters der Stichprobe, nicht über zu bewerten.

Der Chronotyp („> 69 = stark ausgeprägter Morgentyp“ bis „< 31 stark ausgeprägter Abendtyp“) steht in einem signifikant positiven Zusammenhang mit der Streuung ( $r_s = .057$ ,  $p = .01$ ) und den Auslassungen > 850 ms ( $r_s = .093$ ,  $p = .01$ ) als auch in einem signifikant negativen Zusammenhang mit den 10% schnellsten Reaktionszeiten ( $r_s = -.103$ ,  $p = .01$ ). Die Annahme einer besseren morgendlichen Reaktionsleistung bei Morgentypen wird damit nur durch die signifikante negative Korrelation zwischen dem Chronotyp und der 10% schnellsten Reaktionszeiten deutlich (siehe Tabelle 9.3). Der nach dem D-MEQ (Griefahn, 2001) erfasste Morgentyp hat demnach morgens eine schnellere Reaktionsleistung als der Abendtyp.

Auch zwischen der Dienstart (das bedeutet, ob dem Morgen ein Flugdiensttag oder Offtag vorausging) und den Leistungsparametern zeigen sich positive signifikante Zusammenhänge. Die Aufmerksamkeit ist morgens nach vorangegangenen Offtagen geringer als nach vorangegangenen Flugdiensttagen.

Die Erholung steht in einem signifikant negativen Zusammenhang mit den Leistungsparametern (signifikant positiv mit der Messanzahl). Folglich zeigen sich bei den Piloten bessere Leistungen, je erholter sie sich fühlen.

Die Schlafqualität korreliert signifikant positiv mit der Reaktionsgeschwindigkeit ( $r_s = .106$ ,  $p = .01$ ) und der Anzahl der Lapses > 850 ms ( $r_s = .063$ ,  $p = .05$ ) und signifikant negativ mit der Messanzahl ( $r_s = -.059$ ,  $p = .05$ ). Demnach nimmt die Leistungsfähigkeit in den Leistungsparametern ab, je schlechter die Piloten ihre Schlafqualität beurteilen. Zudem korrelieren die Anspannung und Morgenmüdigkeit signifikant positiv mit den Leistungsparametern. Je angespannter oder müder sich die Piloten einschätzen, desto schlechter ist die Leistung.

Mit den globalen Schlafparameter (SPT und Aufwachzeit) korrelieren die Leistungsparameter überwiegend negativ. Frühe Aufstehzeiten und kürzere Gesamtschlafdauern führen demnach zu einer Leistungsverminderung (siehe Tabelle 9.3).

Tabelle 9.3: Rangkorrelationen nach Spearman für die Beziehung zwischen den morgendlichen Leistungsparametern, der Morgenmüdigkeit, den schlafassoziierten Parametern der Anspannung, der globalen Schlafparameter sowie zum Vergleich zwischen Moderator-/Mediatorvariablen.

Rangkorrelationen		Morgendliche Leistungsparameter der PVT					
		Md RT_M	SD RT_M	10% schnell RT_M	10% langsam RT_M	Lapses_M > 850ms	Messanzahl
Alter	r <sub>s</sub>	<b>-.169**</b>	<b>-.201**</b>	<b>-.137**</b>	<b>-.197**</b>	<b>-.183**</b>	<b>.074**</b>
	N	1507	1507	1507	1507	1507	1507
Chronotyp	r <sub>s</sub>	-.014	<b>.057*</b>	<b>-.103**</b>	.010	<b>.093**</b>	.046
	N	1507	1507	1507	1507	1507	1507
Dienstart	r <sub>s</sub>	.041	<b>.054*</b>	-.007	.041	.050	.008
	N	1483	1483	1483	1483	1483	1483
Erholung	r <sub>s</sub>	<b>-.231**</b>	<b>-.121**</b>	<b>-.234**</b>	<b>-.183**</b>	<b>-.105**</b>	<b>.083**</b>
	N	1503	1503	1503	1503	1503	1503
Schlafqualität	r <sub>s</sub>	<b>.106**</b>	.046	<b>.112**</b>	<b>.085**</b>	<b>.063*</b>	<b>-.059*</b>
	N	1503	1503	1503	1503	1503	1503
Anspannung	r <sub>s</sub>	<b>.191**</b>	<b>.139**</b>	<b>.182**</b>	<b>.181**</b>	<b>.110**</b>	<b>-.105**</b>
	N	1503	1503	1503	1503	1503	1503
Morgenmüdigkeit (FAT-Skala)	r <sub>s</sub>	<b>.097**</b>	<b>.081**</b>	<b>.098**</b>	<b>.109**</b>	.034	-.017
	N	1503	1503	1503	1503	1503	1503
Aufwachzeit	r <sub>s</sub>	<b>-.098**</b>	.000	<b>-.134**</b>	<b>-.052*</b>	<b>.049*</b>	.009
	N	1502	1502	1502	1502	1502	1502
SPT	r <sub>s</sub>	<b>-.159**</b>	<b>-.065*</b>	<b>-.175**</b>	<b>-.113**</b>	<b>-.024*</b>	<b>.084**</b>
	N	1503	1503	1503	1503	1503	1503

Anmerkung: SD\_RT\_M = morgendliche Streuung der Reaktionsleistung. Md= morgendlicher Median. 10%schnell RT\_M = 10% morgendliche schnellsten Reaktionszeiten. 10%langsam RT\_M = morgendliche 10% langsamsten Reaktionszeiten. Morgendliche Anspannung (Skalierung von "0 = nicht angespannt" bis „100 = sehr angespannt“). D-MEQ = Deutscher-Morningness-Evening-Questionnaire, Griefahn (2001). „>69=stark ausgeprägter Morgentyp“ bis „< 31 stark ausgeprägter Abendtyp“.

#### 9.4 Morgendliche PVT in Abhängigkeit von der Dienstart und den globalen Schlafparametern

Zur Analyse der Effekte der Dienstart (Flugdienst versus Offtag), der Morgenmüdigkeit (morgendliche FAT-Skala) und der globalen Schlafparameter (Aufwachzeit, Gesamtschlafdauer (SPT)) auf die Leistungsparameter der PVT wird, unter Berücksichtigung der Kovariaten ‚Alter‘ und ‚Chronotyp‘, eine multivariate, dreifaktorielle Kovarianzanalyse durchgeführt. Als abhängige Variablen werden Lage- und Verlaufparameter (Median, Lapses (= Auslassungen) > 850 ms) der PVT verwendet.

Die Voraussetzungen für eine Kovarianzanalyse wurden überprüft. Der Kolmogorov-Smirnov-Test weist keine Normalverteilung der abhängigen Variablen auf. Die Kovarianzmatrizen der abhängigen Variablen sind nicht gleich (signifikanter Box-Test). Entsprechend dem signifikanten Levene-Tests auf Gleichheit der Fehlervarianzen der abhängigen Variablen kann auf keine Fehlervarianzhomogenität geschlossen werden, sodass das Signifikanzniveau von  $p = .05$  auf  $p = .01$  angehoben wird.

Die Signifikanz des Kovarianzmodells ist für die als Kovariaten eingesetzten Moderatoren ‚Alter‘ und ‚Chronotyp‘ bei kleiner Effektstärke gegeben (siehe Tabelle 9.4). Die Dienstart (das heißt, ob der morgendlichen PVT ein Flugdiensttag oder ein Offtag vorausgeht) hat keinen signifikanten Einfluss auf die morgendliche Leistung in der PVT. Signifikante Haupteffekte zeigen die ‚Morgenmüdigkeit‘ ( $p(F = 3.572; df = 6) = .002$ ), die ‚Aufwachzeit‘ ( $p(F = 2.716; df = 8) = .006$ ) sowie die ‚Gesamtschlafdauer‘ (SPT) ( $p(F = 6.477; df = 6) = .000$ ) auf die Leistungsparameter. Eine Interaktion auf die Leistungsparameter besteht zwischen der Gesamtschlafdauer (SPT) und der Morgenmüdigkeit.

Die Tests der Zwischensubjekteffekte weisen signifikante Haupteffekte der globalen Schlafparameter (Aufwachzeit, SPT) auf die Lapses > 850 ms ( $p$  Lapses/Aufwachzeit ( $F = 4.774; df = 4$ ) = .001 und  $p$  Lapses/SPT ( $F = 5.589; df = 3$ ) = .001) auf (siehe Tabelle 9.4). Der Faktor ‚Morgenmüdigkeit‘ weist auf beiden abhängigen Variablen (Median und Lapses > 850 ms) bei jeweils kleiner Effektstärke signifikante Haupteffekte auf. Für die Lapses > 850 ms zeigt sich die Interaktion Aufwachzeit x Morgenmüdigkeit (FAT\_M) sowie Gesamtschlafdauer (SPT) x Morgenmüdigkeit (FAT\_M) signifikant.

Tabelle 9.4: Kovarianzanalyse für die morgendlichen Leistungsparameter Median und Lapses > 850 ms (AVn) mit den ‚festen‘ Faktoren Dienstart (Flugdienst versus Offtag), Morgenmüdigkeit, Aufwachzeit und SPT sowie der Kovariaten ‚Alter‘ und ‚Chronotyp‘.

Quelle der Varianz	df	Prüfgröße F	Signif.	Partielles Eta-Quadrat
<b>Multivariate Tests:</b>				
<b>Intercept</b>	2	690.140	.000	.519
<b>Kovariablen:</b>				
Alter	2	33.984***	.000	.050
Chronotyp	2	66.918***	.000	.095
<b>Faktoren:</b>				
Dienstart	2	1.537	.215	.002
Aufwachzeit	8	2.716**	.006	.008
SPT	6	6.477***	.000	.015
FAT_M	6	3.572**	.002	.008
Aufwachzeit * SPT	24	1.442	.076	.013
Aufwachzeit * FAT_M	24	1.286	.159	.012
SPT * FAT_M	18	2.669***	.000	.018
Aufwachzeit * SPT * FAT_M	36	1.455	.039	.020
<b>Zwischensubjekteffekte:</b>				
<b>Korrigiertes Modell:</b>				
Median_M	94	2.508***	.000	.168
Lapses > 850ms	94	4.654***	.000	.272
<b>Aufwachzeit:</b>				
Median_M	4	1.353	.248	.004
Lapses > 850ms	4	4.774**	.001	.015
<b>SPT:</b>				
Median_M	3	3.394	.017	.008
Lapses > 850ms	3	5.589**	.001	.013
<b>FAT_M:</b>				
Median_M	3	4.785**	.003	.011
Lapses > 850ms	3	4.949**	.002	.011
<b>Aufwachzeit * FAT_M:</b>				
Median_M	12	.471	.932	.004
Lapses > 850ms	12	1.883	.032	.017
<b>SPT * FAT_M:</b>				
Median_M	9	.716	.695	.005
Lapses > 850ms	9	3.418***	.000	.023
<b>Fehler:</b>				
Median_M	942	(1572.575)		
Lapses > 850ms	942	(8.278)		

Anmerkung: \*\*\*  $p < .001$ . \*\*  $p \leq .01$ . SPT = Gesamtschlafdauer. FAT\_M = morgendliche FAT-Skala. Werte in Klammern repräsentieren die mittleren Quadratfehler.

In den Abbildungen 9.4 a und 9.4 b werden die Maße der PVT dargestellt, die sich signifikant von den Müdigkeitskategorien der FAT-Skala unterscheiden. Entsprechend den Abbildungen ist bei Zunahme der Morgenmüdigkeit deutlich eine Verschlechterung in der Reaktionszeit (Median) sowie ein Anstieg der Anzahl der Auslassungen (Lapses > 850 ms) zu verzeichnen.

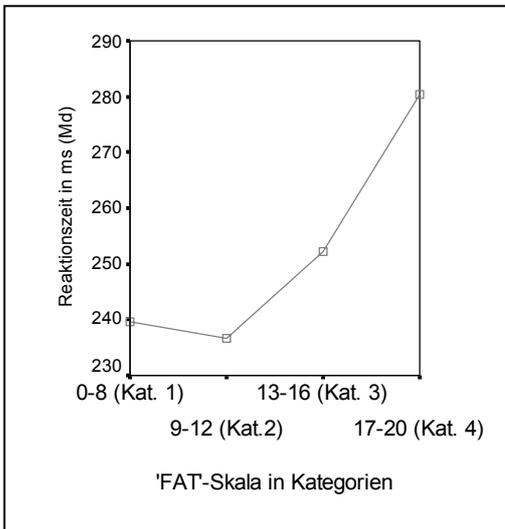


Abbildung 9.4 a: Reaktionszeiten der PVT (Median) in Abhängigkeit von der Morgenmüdigkeit (FAT-Skala).

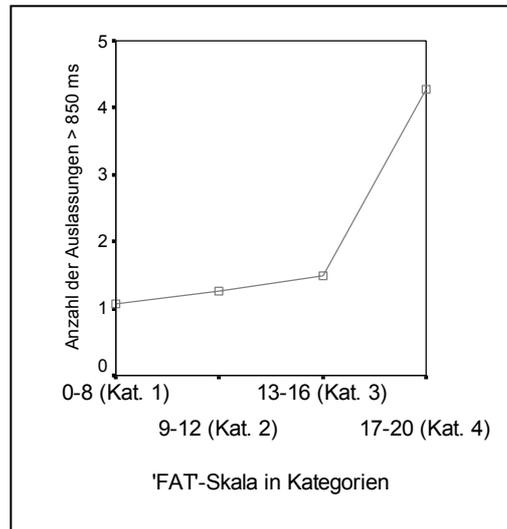


Abbildung 9.4 b: Lapses der PVT (> 850 ms) in Abhängigkeit von der Morgenmüdigkeit (FAT-Skala).

## 9.5 Morgenwerte der PVT: Wiederholungsmessung mit Blockbildung

Untersucht wird eine kumulative Leistungsminderung über den Zeitraum von 8 Wochen. Über das Mischdesign, das im intraindividuellen Vergleich den Zeiteffekt berücksichtigt und im interindividuellen Vergleich, der in Abhängigkeit von der Anzahl der Flugdiensttage mittels Mediansplit zwischen 2 Gruppen unterscheidet, wird die kumulative Leistungsverminderung in der Reaktionszeit über den Studienzeitraum untersucht.

Im Rahmen des „within-between-groups“ Designs werden drei Zeitblöcke gebildet (nach dem ersten Flugdienstblock zu Studienbeginn (4 Flugdiensttage), ein Flugdienstblock von 4 Tagen nach 4 Wochen und ein Flugdienstblock von 4 Tagen am Studienende) und auf Unterschiede in den Belastungs- und Tagesmüdigkeitsbeurteilungen zwischen den Blöcken untersucht (siehe Abbildung 3.1 unter Punkt 3.1).

Im interindividuellen Vergleich werden die Probanden getrennt nach ihrer Anzahl an Flugdiensttagen in zwei Gruppen eingeteilt:

- Gruppe 1: Vpn mit  $\leq 28$  Flugdiensttagen (N = 5 Vpn)
- Gruppe 2: Vpn mit  $> 28$  Flugdiensttagen (N = 9 Vpn)

Die Lagemaße sowie die Maße der zentralen Tendenz der Morgenwerte zur PVT über die 3 Messzeitpunkte zeigt Tabelle 9.5. Aufgrund der signifikanten Ergebnisse des KS-Tests zur Überprüfung auf Normalverteilung der Daten zu den 3 Messzeitpunkten muss von einer unzureichenden Normalverteilung ausgegangen werden.

Tabelle 9.5: Deskriptive Kennwerte (Zentrale Tendenz, Abweichungsmaße, Verteilungskennwerte) des morgendlichen Medians der PVT zu 3 Messzeitblöcken.

		<b>Block 1</b>	<b>Block 2</b>	<b>Block 3</b>
		Median_1	Median_2	Median_3
N	Gültig	53	65	58
Median		210.00	228.00	236.00
Modus		217	182	236
Standardabweichung		25.986	44.273	48.235
Schiefe		.706	1.031	.859
Standardfehler der Schiefe		.327	.297	.314
Kurtosis		.606	1.486	.731
Standardfehler der Kurtosis		.644	.586	.618
Spannweite		127	211	212
Minimum		168	168	168
Maximum		295	379	380
Perzentile	25	199.00	199.50	203.75
	50	210.00	228.00	236.00
	75	230.00	257.50	270.00

### 9.5.1 Morgendliche PVT in Abhängigkeit vom zeitlichen Verlauf und von der Anzahl der Flugdiensttage

Über eine univariate Varianzanalyse wird der Zeiteffekt und der Gruppeneffekt auf die Reaktionsleistung der PVT ermittelt. Als abhängige Variable wird der morgendliche Median in ms gewählt, da dieser wenig Ausreißer enthält. Durch den Levene-Test ist die Varianzhomogenität der abhängigen Variablen nachgewiesen.

Die Gleichheit der Fehlervarianzen wird durch den Box-Test nicht belegt. Der Mauchly-Test auf Sphärizität ist signifikant, weshalb eine Korrektur der Freiheitsgrade nach Greenhouse-Geisser vorgenommen wird.

Die Ergebnisse der Zwischensubjekteffekte liefern keinen signifikanten Unterschied zwischen den beiden Gruppen (siehe Tabelle 9.5.1). Die Tests der Innersubjekteffekte zeigen einen signifikanten Zeiteffekt der Reaktionsleistung am Morgen (Median  $p$  ( $F = 7.406$ ,  $df = 1.636$ ) = .002) bei großer Effektstärke ( $\eta^2 = .139$ ). Die Interaktion ist insignifikant. Auf die morgendliche Reaktionsleistung kann ein signifikanter Zeiteffekt aber kein Gruppeneffekt nachgewiesen werden.

Tabelle 9.5.1: Univariate Varianzanalyse mit Messwiederholung über 3 Messzeitblöcke für die Reaktionszeit am Morgen (Median in ms) als abhängige Variable und der Anzahl der Flugdiensttage und der Zeitblöcke als unabhängige Variablen.

Quelle der Varianz	df	F	Signifikanz	Partielles Eta-Quadrat
<u>Tests der Zwischensubjekteffekte</u>				
Anzahl der FDT	1	.075	.785	.002
Fehler	46	(3513.625)		
<u>Tests der Innersubjekteffekte</u>				
Median	1.636	7.406**	.002	.139
Median * Anzahl der FDT	1.636	.009	.981	.000
Fehler(Median)	46	(1850.436)		

Anmerkung: \*\*  $p \leq .01$ . AV: Median. UVn: Anzahl der FDT: Gruppe 1 entspricht  $\leq 28$  Flugdiensttage. Gruppe 2 entspricht  $> 28$  Flugdiensttage. Werte in Klammern repräsentieren die mittleren Quadratfehler.

Der Abbildung 9.5.1 ist der zeitliche Verlauf der morgendlichen Reaktionsleistung (Median in ms) zu entnehmen. Die Reaktionsleistung nimmt für beide Gruppen über die Zeit bis Block 3 ab. Unterschiede in der morgendlichen Reaktionsleistung zwischen den Gruppen sind statistisch nicht bedeutsam.

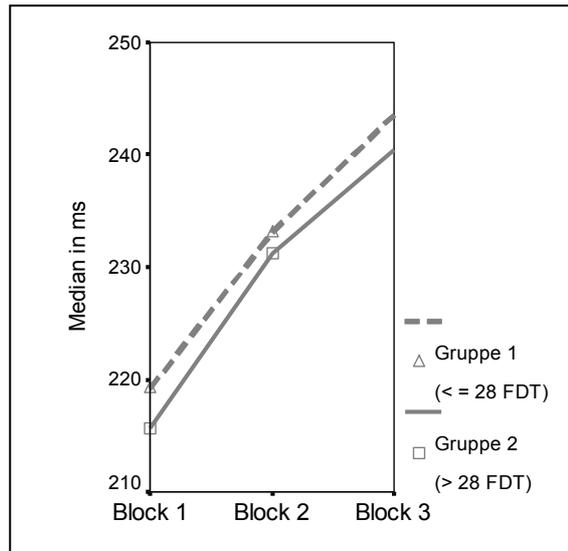


Abbildung 9.5.1: Morgenwerte des Medians in ms über 3 Messzeitblöcke getrennt nach zwei Gruppen mit unterschiedlicher Anzahl an Flugdiensttagen. Gruppe 1 entspricht  $\leq 28$  Flugdiensttage. Gruppe 2 entspricht  $> 28$  Flugdiensttage.

## 9.6 Korrelationsanalysen der abendlichen Leistungsparameter der PVT

Im Rahmen der Wirkung der Gesamtbelastung, der Tagesmüdigkeit, der Dienstart und der Dienstdauer werden die Zusammenhänge der abendlichen Leistungsparameter mit der Moderatorvariable ‚Alter‘ überprüft. Als Leistungsmaße der abendlichen PVT wurde die Reaktionsgeschwindigkeit, die Variabilität, die Auslassungen (Lapses  $> 850$  ms) und die Messanzahl verwendet. Berechnet werden die Korrelationen zwischen den Parametern, deren Messwerte alle vor dem Zubettgehen in das Sleep Log eingetragen wurden. In Tabelle 9.6.4 werden die Ergebnisse der Korrelationsanalyse nach Spearman (2-seitige Testung) dargestellt.

### 9.6.1 Korrelation zwischen den abendlichen Leistungsparametern und der Moderatorvariable ‚Alter‘

Die Moderatorvariable Alter zeigt statistisch signifikant negative Korrelationen mit den Leistungsparametern (Tabelle 9.6.4). Die Zusammenhänge zeigen ein besseres Leistungsvermögen der PVT bezüglich aller Leistungsparameter im höheren Alter. Zu beachten ist allerdings, dass es sich um eine beinahe homogene Altersgruppe handelt und die Zusammenhänge nicht überbewertet werden dürfen.

### 9.6.2 Korrelation zwischen den abendlichen Leistungsparametern und der Dienstart

Die Dienstart (Flugdienst- versus Offtage) zeigt für zwei Leistungsparameter (Lapses > 850 ms; Messanzahl) statistisch signifikante Zusammenhänge (Tabelle 9.6.4). Die Anzahl der Lapses > 850 ms und die Messanzahl steigt an Flugdiensttagen, im Gegensatz zu Offtagen. Bei der Dienstdauer an Flugdiensttagen sind die Korrelationen mit allen Leistungsparametern der PVT statistisch bedeutsam. Bei länger werdender Flugdienstzeit verschlechtert sich demnach die Leistung in der PVT.

### 9.6.3 Korrelation zwischen den abendlichen Leistungsparametern und der Gesamtbelastung des Tages

Die Gesamtbelastung zeigt mit den abendlichen Leistungsparametern wie Reaktionsgeschwindigkeit ( $r_s = .240$ ,  $p < .01$ ), Variabilität ( $r_s = .2435$ ,  $p < .01$ ), 10 % schnellsten Reaktionszeit ( $r_s = .184$ ,  $p < .01$ ), 10 % langsamsten Reaktionszeit ( $r_s = .253$ ,  $p < .01$ ), Auslassungen (Lapses >850 ms) ( $r_s = .207$ ,  $p < .01$ ) einen signifikant positiven Zusammenhang und eine signifikant negative Korrelation mit der Messanzahl ( $r_s = -.143$ ,  $p < .01$ ) (Tabelle 9.6.4). Demnach ist bei steigender subjektiver Gesamtbelastung die Leistung in der PVT schlechter (verlangsamte Reaktionszeit, steigende Variabilität und Auslassungen, Sinken der Messanzahl).

### 9.6.4 Korrelation zwischen den abendlichen Leistungsparametern und der Tagesmüdigkeit, Wachheit, Anspannung

Sowohl die Tagesmüdigkeit als auch die Anspannung korrelieren signifikant positiv mit den abendlichen Leistungsparametern wie der Reaktionsgeschwindigkeit, der Variabilität sowie den Auslassungen (Lapses >850 ms) und signifikant negativ mit der Messanzahl (Tabelle 9.6.4). Die Wachheit zeigt signifikant negative Korrelationen mit den Leistungsparametern zur Schnelligkeit (Md ( $r_s = -.146$ ,  $p < .01$ ), 10% schnellsten Reaktionszeiten ( $r_s = -.045$ ,  $p < .05$ ), 10% langsamsten Reaktionszeiten ( $r_s = -.178$ ,  $p < .01$ )), den Lapses > 850 ms ( $r_s = -.199$ ,  $p < .01$ ), dem Variabilitätsmaß (SD ( $r_s = -.167$ ,  $p < .01$ )) sowie eine signifikant positive Korrelation mit der Messanzahl ( $r_s = .128$ ,  $p < .01$ ). Demnach zeigen die Probanden bessere Leistungen in der PVT wenn sie sich weniger müde, wacher und auch angespannter fühlen.

Tabelle 9.6.4: Rangkorrelationen nach Spearman für die Beziehung zwischen den abendlichen Leistungsparametern, der Tagesmüdigkeit sowie Gesamtbelastung und zum Vergleich zwischen der Moderatorvariable ‚Alter‘.

		Abendliche Leistungsparameter der PVT					
		Md RT abends	SD RT abends	10% schnellste RT abends	10% langsamste RT abends	Lapses > 850ms abends	Messanzahl abends
Alter	$r_s$	<b>-.236**</b>	<b>-.225</b>	<b>-.202**</b>	<b>-.245**</b>	<b>-.107**</b>	.050
	N	1446	1446	1446	1446	1446	1446
Dienstart	$r_s$	-.007	-.001	-.018	-.001	<b>-.070**</b>	<b>.060*</b>
	N	1446	1446	1446	1446	1446	1446
<sup>a</sup> Dienstdauer	$r_s$	<b>.093*</b>	<b>.097*</b>	.027	<b>.101*</b>	<b>.080*</b>	<b>-.107*</b>
	N	756	756	756	756	756	756
Gesamtbelastung	$r_s$	<b>.240**</b>	<b>.235**</b>	<b>.184**</b>	<b>.253**</b>	<b>.207**</b>	<b>-.143**</b>
	N	1438	1438	1438	1438	1438	1438
Tagesmüdigkeit (FAT-Skala)	$r_s$	<b>.304**</b>	<b>.308**</b>	<b>.160**</b>	<b>.340**</b>	<b>.326**</b>	<b>-.203**</b>
	N	1445	1445	1445	1445	1445	1445
Anspannung abends	$r_s$	<b>.219**</b>	<b>.158**</b>	<b>.205**</b>	<b>.213**</b>	<b>.130**</b>	<b>-.070**</b>
	N	1445	1445	1445	1445	1445	1445
Wachheit abends	$r_s$	<b>-.146**</b>	<b>-.167**</b>	<b>-.045*</b>	<b>-.178**</b>	<b>-.199**</b>	<b>.128**</b>
	N	1445	1445	1445	1445	1445	1445

Anmerkung: N=1446. <sup>a</sup> Dienstdauer N=767. \*\* bedeutet sehr signifikant ( $p < .01$ ). \* bedeutet signifikant ( $p < .05$ ). VAS=Visuelle Analogskala. A=abends. Dienstart=Off vs. Flugdienst.

## 9.7 Abendliche PVT in Abhängigkeit von der Dienstart und dem zeitlichen Verlauf

Zur statistischen Absicherung der Hypothese eines signifikant positiven linearen Zusammenhangs der abhängigen Variable (Reaktionszeit) zu den festen Faktoren Zeit (56 Tage) und Dienstart (Flugdienstag versus Offtag), wird ein linear gemischtes Modell („mixed model“) mit wiederholter Messung herangezogen, um zufällige Effekte und feste Effekte in die Analyse mit einzubeziehen. Die Plausibilität der Annahme eines linearen Trends konnte über die deskriptive Statistik gefestigt werden. Zudem wurde die Linearität der Daten über die Kurvenanpassung durch die Hinzunahme eines quadratischen Terms bestätigt.

Als abhängige Variable (AV) wurde der Median gewählt, der die Voraussetzung eines quantitativen Skalenniveaus der AV erfüllt. Die abhängige Variable entstammt aus keiner Normalverteilung. Das wirkt sich, aufgrund der Robustheit der gemischten Modelle gegenüber Voraussetzungsverletzungen bei großen Stichproben nicht aus, zudem der Median weniger Ausreißer enthält. Als feste Effekte wird die Dienstart ( $p = 2$ ), und die Zeit ( $p = 56$  Tage), als zufälliger Effekt die Versuchspersonen ( $N = 28$ ) herangezogen. Der Moderator ‚Alter‘ wird als Kovariable in das Modell aufgenommen. Als Typ der wiederholten Kovarianz (Kovarianzstruktur für die Residuen) wird die Option ‚Autoregression erster Ordnung‘ (AR(1)) gewählt. Damit wird von einem auf korrelierten Messzeitpunkten basierenden Modell ausgegangen. Die Messwiederholungen analysieren die Kovarianzstruktur der Residuen.

Es ergibt sich ein höchst signifikanter Dienstarteffekt ( $F$  ( $df = 1, 1207.346$ ) = 17.426,  $p = .000$ ) und Zeiteffekt ( $F$  ( $df = 1, 720.338$ ) = 4.931,  $p = .000$ ) ( $p = .000$ ) (Tabelle 9.7.1). Die Interaktion der festen Faktoren ist insignifikant. Die Ergebnisse präsentieren somit eine signifikante Zunahme der Reaktionszeit während des Messverlaufs und einen signifikanten Reaktionszeitunterschied zwischen Flugdiensttagen und Offtagen. Die Wald-Z Statistik erweist sich für den Autokorrelationskoeffizient (AR1, Rho) des Parameters ‚Messwiederholungen‘ als höchst signifikant (Rho = .225,  $p = .000$ ) (Tabelle 9.7.2). Die Annahme eines auf korrelierten Messzeitpunkten basierenden Modells ist damit bestätigt.

Ebenso ist die Kovarianzmatrix der Residuen des zufälligen Effekts höchst signifikant. Der Varianzanteil, der sich aufgrund der Versuchspersonen ergibt, beträgt nach Berechnung der Varianzkomponenten 65.00%.

Tabelle 9.7.1: Analyse mit wiederholten Messungen mit der Methode der linearen gemischten Modelle. Abhängige Variable ist die abendliche Reaktionsleistung (MD\_RT\_A). Feste Effekte sind die Dienstart (Flugdienst-versus Offstage) und die Zeit (56 Tage). Kovariable ist das ‚Alter‘.

Quelle der Varianz	Zähler-Freiheitsgrade	Nenner-Freiheitsgrade	Prüfgröße F	Signif.
<b>Tests auf feste Effekte:</b>				
<b>Kovariable:</b>				
Alter	1	26.000	1.812	.190
<b>Feste Effekte:</b>				
Konstanter Term	1	26.007	79.047	.000
Dienstart	1	1207.346	17.426***	.000
Zeit	55	720.338	4.931***	.000
Dienstart * Zeit	55	1109.467	1.127	.247

Anmerkung: \*\*\*)  $p < .001$ .

Tabelle 9.7.2: Schätzungen der Kovarianzparameter. Abhängige Variable ist die abendliche Reaktionsleistung (MD\_RT\_A). Zufälliger Effekt = Probanden (N=28). Messwiederholungsparameter = 56 Tage.

	Parameter			
	Messwiederholungen (N = 56 Tage)		Probanden (N = 28)	
	AR1, diagonal	AR1, Rho	Varianz	
Schätzung	732.111	.225	1642.627	
Std.-Fehler	30.495	.029	461.810	
Wald Z	24.007***	7.707***	3.557***	
Sig.	.000	.000	.000	
Konfidenzintervall 95%	Untergrenze	674.715	.168	946.740
	Obergrenze	794.389	.282	2850.017

Kovarianztyp = AR 1 (= Autoregressive Struktur erster Ordnung mit homogenen Varianzen).

Zur Demonstration des Verlaufs der abendlichen Reaktionsgeschwindigkeit (Median in ms) über alle Messzeitpunkte hinweg und getrennt nach Piloten an Flugdienst- und Offtagen ist in Abbildung 9.7 dargestellt. Es zeigt sich eine lineare Verschlechterung in der abendlichen Reaktionszeit sowohl an Flugdienst- als auch an Offtagen. Zu Beginn der Datenaufzeichnung ist die Reaktionszeit an Offtagen schlechter als an Flugdienstagen. Der Verlauf der Kurven invertiert ab dem 20. Messtag, wobei die Reaktionsleistung an Flugdienstagen über den gesamten Messverlauf linear schlechter bleibt als an Offtagen.

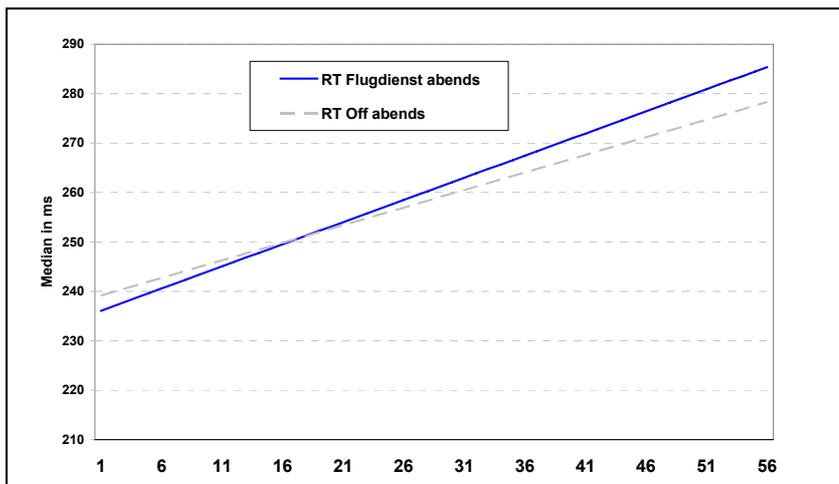


Abbildung 9.7: Verlauf der abendlichen Reaktionszeit (Median in ms) an Flugdienstagen und Offtagen.

### 9.7.1 Hierarchische Regressionsanalyse: Einflüsse auf die abendliche Reaktionsleistung nach Flugdienstagen

Die auf die abendliche Reaktionsleistung Einfluss nehmenden Faktoren an Flugdienstagen werden mit Hilfe der hierarchischen Regressionsanalyse ermittelt. Als abhängige Variable wird der Median verwendet, der wenige Ausreißer enthält. Die Faktoren Zeit (56 Tage), Tagesmüdigkeit (FAT-Skala), Alter, Anzahl der Flugdienstage ( $\leq 28$  Flugdienstage versus  $> 28$  Flugdienstage), Aufwachzeit und Gesamtbelastung, werden schrittweise zugeführt und auf Moderation eines Effekts auf die abhängige Variable im Modell überprüft. Die Durbin-Watson-Statistik mit dem Wert von .776 spricht gegen eine Kollinearität der Unabhängigen Variablen. In der Tabelle 9.7.1 ist das Ergebnis der hierarchischen Regressionsanalyse in 2 Schritten dargestellt. Auf dem Faktor ‚Zeit‘ zeigt die

Tagesmüdigkeit einen signifikanten Effekt. In Schritt 2 erweisen sich auch das Alter, die Anzahl der Flugdiensttage und die Aufwachzeit als signifikante Faktoren zur erklärten Varianz auf die abendliche Reaktionsgeschwindigkeit. Die Gesamtbelastung ist insignifikant.

Tabelle 9.7.1: Ergebnisse der hierarchischen Regressionsanalyse zur Vorhersage der abendlichen Reaktionsgeschwindigkeit (Median in ms) an Flugdienstagen mit dem Median als Kriterium und der Zeit, der Tagesmüdigkeit, dem Alter, der Anzahl der Flugdiensttage, der Aufwachzeit und der Gesamtbelastung als Prädiktoren.

Variable	B	SE B	$\beta$
<b>1. Schritt</b>			
Zeit (56 Tage)	0.882	0.101	0.288***
Tagesmüdigkeit (FAT_A)	5.930	0.592	0.331***
<b>2. Schritt</b>			
Zeit (56 Tage)	0.866	0.091	0.283***
Tagesmüdigkeit (FAT_A)	4.810	0.599	0.269***
Alter	-1.117	0.192	-.174***
Anzahl der Flugdiensttage	-34.600	3.040	-.343***
Aufwachzeit	1.726	0.645	.081**
Gesamtbelastung	0.105	0.083	0.042

Anmerkungen.  $R^2 = .19$  für Schritt 1;  $R^2 = .35$  für Schritt 2. \*\*\*)  $p < .001$ ; \*\*)  $p < .01$ . \*)  $p < .05$ . FAT\_A = abendliche FAT - Skala.

Der signifikante Effekt der Tagesmüdigkeit auf die abendliche Reaktionszeit über den gesamten Messverlauf wird durch den im Regressionsmodell vorhergesagten Varianzanteil der subjektiven Müdigkeit in Kategorien (Kategorie 1: Skalenstufe 0-12 („hellwach; keine Mühe wach zu bleiben“; Kategorie 2: Skalenstufe 13-16 „müde“; Kategorie 3: Skalenstufe 17-20 „todmüde“) in Abbildung 9.7 dargestellt. Die subjektive Tagesmüdigkeit (FAT-Skala) in Kategorie 3 führt zur höchsten Leistungsverminderung in der Reaktionszeit, gefolgt von der Kategorie 2 der FAT-Skala und schließlich der Kategorie 1 in der Einschätzung der subjektiven Müdigkeit. Über den zeitlichen Verlauf gesehen zeigen alle drei Kategorien eine signifikante Verschlechterung im Reaktionsvermögen.

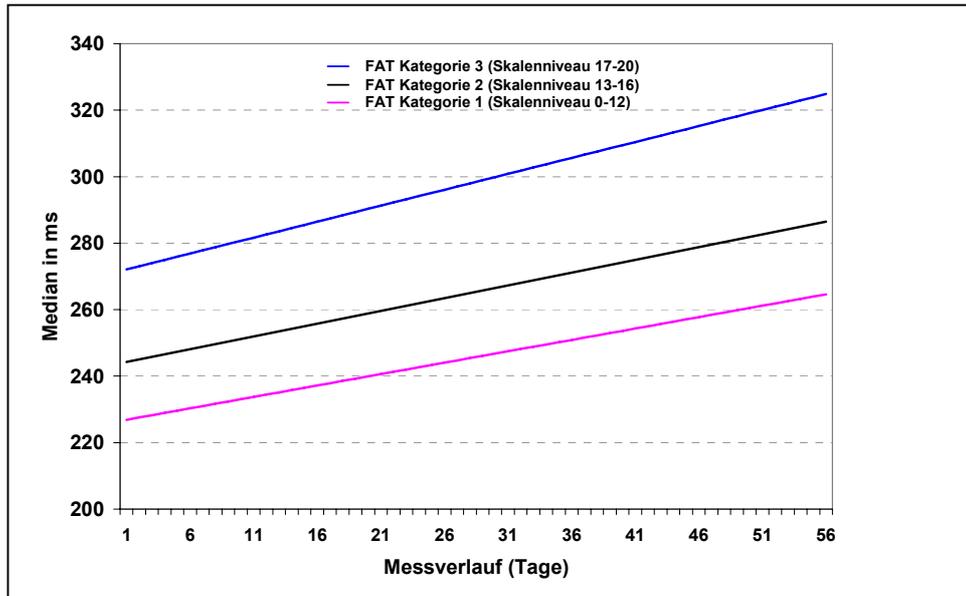


Abbildung 9.7: Abendliche Reaktionsleistung (Median in ms) der PVT über den gesamten Messverlauf an Flugdiensttagen in Abhängigkeit von der subjektiven Tagesmüdigkeit getrennt nach dem Ermüdungsgrad nach Samn und Perelli (1982). Kategorie 1 = „Keine/milde Ermüdung. Keine bis kaum Leistungsbeeinträchtigung“. Kategorie 2 = „Moderate bis erhebliche Ermüdung. Leistungseinbußen wahrscheinlich. Flugdienst nicht empfohlen“. Kategorie 3 = „Erhebliche Ermüdung. Leistungsfähigkeit beeinträchtigt. Flugdienst keinesfalls zu empfehlen.“

## 9.8 Abendliche PVT in Abhängigkeit von der Flugdienstdauer und der globalen Schlafparameter

Mittels einer multivariaten, einfaktoriellen Kovarianzanalyse wird die Frage nach dem Einfluss der Aufwachzeit an Flugdiensttagen auf die Leistungsfähigkeit über die PVT überprüft. Als Kovariaten werden die quantitativen Variablen ‚Alter‘, ‚Aufwachzeit‘, ‚SPT‘ und die ‚Tagesmüdigkeit‘ verwendet, die mit den abhängigen Variablen in Beziehung stehen.

Als abhängige Variablen der Leistungsparameter werden quantitative Parameter der Reaktionsschnelligkeit, der Streuung, der Lage und der Auslassungen verwendet (Median, 10 % langsamsten Reaktionszeiten (RT), Standardabweichung, Lapses > 850 ms).

Beim multivariaten Ansatz werden die Messungen für ein Subjekt als Stichprobe aus einer multivariaten Normalverteilung angesehen, die für diese Daten nicht angenommen werden kann (K-S-Test). Die Varianzhomogenität ist (ausschließlich der SD) für die abhängigen Variablen nicht gegeben (Levene-Test). Die Varianz-

Kovarianz-Matrizen sind für alle durch die Zwischensubjektfaktoren gebildeten Zellen nicht gleich (Box-M-Test). Das Signifikanzniveau wird von .05 auf .01 gesetzt.

Die Ergebnisse der multivariaten Analyse zeigt die Tabelle 9.8. Die Gesamt-Signifikanz des Modells ist für alle als Kovariate eingesetzten Moderatoren gegeben. Die Effektstärke für die Tagesmüdigkeit (FAT\_A) zeigt sich als klein ( $\eta^2 = .112$ ). Die Signifikanz des Faktors ‚Flugdienstdauer‘ bleibt bei kleiner Effektstärke ( $\eta^2 = .014$ ) bestehen. Die Tests der Zwischensubjekteffekte zeigt eine höchst signifikante Wirkung des Faktors ‚Flugdienstdauer‘ auf die Lapses > 850 ms. Einen beinahe signifikanten Haupteffekt auf die ‚Flugdienstdauer‘ hat die Standardabweichung (SD\_RT\_A) als Maß der Variabilität ( $F = 2.309$ ,  $df = 4$ ;  $p = .057$ ). Die Effekt des Faktors ‚Flugdienstdauer‘ auf die Reaktionsgeschwindigkeit (Median, 10 % langsamste Reaktionszeit) ist insignifikant. Aus den Ergebnissen kann gefolgert werden, dass die Piloten auch unter der Kontrolle aller Kovariablen bei zunehmender Flugdienstzeit in ihrer Reaktionsgeschwindigkeit nicht signifikant verlangsamt sind, sich aber die Aufmerksamkeit signifikant verschlechtert (Anzahl der Lapses > 850 ms erhöht sich).

Tabelle 9.8: Multivariate Kovarianzanalyse für die abendlichen Leistungsparameter an Flugdiensttagen als abhängige Variablen mit der Flugdienstzeit als unabhängige Variable und den Moderatoren/Mediatoren Alter, Tagesmüdigkeit, Aufwachzeit sowie Gesamtschlafdauer (SPT).

Quelle der Varianz	df	Prüfgröße F	Signif.	Partielles Eta-Quadrat
<b>Multivariate Tests:</b>				
<b>Kovariaten:</b>				
Alter	4	10.765***	.000	.055
FAT abends	4	23.095***	.000	.112
Aufwachzeit	4	8.012***	.000	.042
Gesamtschlafdauer	4	4.610**	.001	.024
<b>Faktor:</b>				
Flugdienstdauer	16	2.652***	.000	.014
<b>Zwischensubjekteffekte:</b>				
<b>Korrigiertes Modell:</b>				
Abendlicher Median der RT	8	17.825	.000	.162
10% langsamsten RT abends	8	21.625	.000	.190
SD_RT abends	8	20.182	.000	.180
Lapses > 850 ms abends	8	14.703	.000	.137
<b>Faktor Flugdienstdauer:</b>				
Abendlicher Median der RT	4	1.199	.310	.006
10% langsamsten RT abends	4	1.903	.108	.010
SD_RT_A	4	2.309	.057	.012
Lapses > 850 ms abends	4	5.382***	.000	.028
<b>Fehler:</b>				
Abendlicher Median der RT	738	(2136.04)		
10% langsamsten RT abends	738	(253.18)		
SD_RT abends	738	(4714.97)		
Lapses > 850 ms abends	738	(46.83)		

Anmerkungen: \*\*\* bedeutet  $p < .001$ . \*\* bedeutet  $p \leq .01$ . RT=Reaction Time.  
Md RT=Median der Reaktionszeit. Mdl10%RT=langsamsten 10% der Reaktionszeit.  
SD RT=Standardabweichung der Reaktionszeit. Lapses > 850 ms=Auslassungen > 850ms.  
Werte in Klammern repräsentieren die mittleren Quadratfehler.

Die Abbildung 9.8 zeigt die ansteigende Anzahl der Lapses > 850 ms in Abhängigkeit von der Flugdienstdauer. Ab einer Flugdienstzeit von > 12 Stunden erhöht sich die Anzahl der Auslassungen beträchtlich.

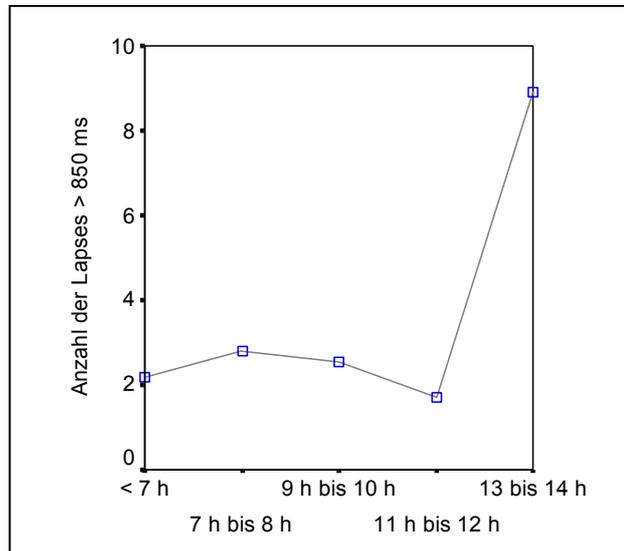


Abbildung 9.8: Abendwerte der Lapses > 850 ms in Abhängigkeit von der Flugdienstdauer.

### 9.9 Abendliche PVT in Abhängigkeit von der Aufwachzeit an Flugdiensttagen

Die Frage nach der Wirkung der Aufwachzeit an Flugdiensttagen auf die Leistungsparameter wird über eine multivariate Kovarianzanalyse überprüft. Entsprechend den signifikanten Mediatoreffekten ‚Aufwachzeit‘ und ‚Tagesmüdigkeit‘ unter Punkt 8.6.4 werden die Kovariaten als Faktoren eingesetzt. Kovariablen wie das Alter, die Einschlafzeit und die Gesamtschlafdauer werden als Einflussfaktoren im multivariaten, zweifaktoriellen Modell kontrolliert. Die abhängigen Variablen sind nicht normalverteilt. Die Gleichheit der Varianz-Kovarianz-Matrizen wird nicht belegt (Box-M-Test). Die Varianzhomogenität ist für alle abhängigen Variablen nicht gegeben (Levene-Test), so dass das Signifikanzniveau von  $p = .05$  auf  $p = .01$  angehoben wird.

Wie der Tabelle 9.9 zu entnehmen ist, sind sowohl die Kovariablen als auch die Faktoren im multivariaten Modell sehr bis höchst signifikant. Die Tests der Zwischensubjekteffekte ergeben signifikante Haupteffekte für den Faktor Tagesmüdigkeit. Die Wirkung der Aufwachzeit auf die Leistungsparameter kann für die Lapses > 850 ms signifikant bestätigt werden. Die Interaktion Aufwachzeit x FAT\_A ist insignifikant.

Tabelle 9.9: Multivariate Kovarianzanalyse für die abendlichen Leistungsparameter (Median, langsamsten 10% der Reaktionszeit, Standardabweichung der Reaktionszeit, Lapses > 850 ms) nach Flugdiensttagen als abhängige Variablen und der Aufwachzeit sowie der subjektiven Tagesmüdigkeit (FAT\_A) als unabhängige Variablen mit dem Alter als Moderator und der Einschlafzeit sowie Gesamtschlafdauer (SPT) als Mediatoren.

Quelle der Varianz	df	Prüfgröße F	Signif.	Partielles Eta-Quadrat
<b>Multivariate Tests:</b>				
<b>Moderator/Mediatoren:</b>				
Alter	4	9.651***	.000	.051
Einschlafzeit	4	7.779***	.000	.041
SPT	4	4.449**	.001	.024
<b>Faktoren:</b>				
Aufwachzeit		2.042**	.004	.014
FAT abends	8	6.265***	.000	.033
Aufwachzeit * FAT abends	40	1.110	.023	.015
<b>Zwischensubjekteffekte:</b>				
<b>Korrigiertes Modell:</b>				
MD_RT abends	20	8.006	.000	.180
10% langsamsten abends	20	8.496	.000	.189
SD_RT abends	20	7.738	.000	.175
Lapses > 850ms abends	20	6.002	.000	.142
<b>Faktor Aufwachzeit:</b>				
MD_RT abends	5	.383	.861	.003
10% langsamsten abends	5	1.406	.220	.010
SD_RT abends	5	2.249	.048	.015
Lapses > 850ms abends	5	3.972**	.001	.027
<b>Faktor FAT_A:</b>				
MD_RT abends	2	15.729***	.000	.041
10% langsamsten abends	2	17.323***	.000	.045
SD_RT abends	2	14.398***	.000	.038
Lapses > 850ms abends	2	9.593***	.000	.026
<b>Aufwachzeit* FAT_A</b>				
MD_RT abends	10	1.289	.232	.017
10% langsamsten abends	10	1.068	.385	.014
SD_RT abends	10	1.285	.234	.017
Lapses > 850ms abends	10	.558	.849	.008
<b>Fehler:</b>				
MD_RT abends	728	(2118.63)		
10% langsamsten abends	728	(4789.38)		
SD_RT abends	728	(258.17)		
Lapses > 850ms abends	728	(47.27)		

Anmerkungen: \*\*\* bedeutet  $p < .001$ . \*\* bedeutet  $p \leq .01$ . RT = Reaction Time. Md RT = Median (ms) der Reaktionszeit. Mdl10%RT = langsamsten 10% der Reaktionszeit. SD RT = Standardabweichung der Reaktionszeit. Lapses > 850 ms = Auslassungen > 850 ms. Werte in Klammern repräsentieren die mittleren Quadratfehler.

Den Abbildungen 9.9 a und 9.9 b sind die Wirkungen des insignifikanten Faktors Aufwachzeit auf die Lapses > 850 ms und des signifikanten Faktor Tagesmüdigkeit (abendliche FAT-Skala) und auf die Reaktionsgeschwindigkeit (Median in ms) zu sehen. Je eher die Piloten an Flugdiensttagen morgens erwachen, desto mehr Lapses sind in der abendlichen PVT zu verzeichnen. Zudem zeigt sich bei steigender subjektiver Müdigkeit am Abend eine signifikante Verschlechterung in der Reaktionsgeschwindigkeit.

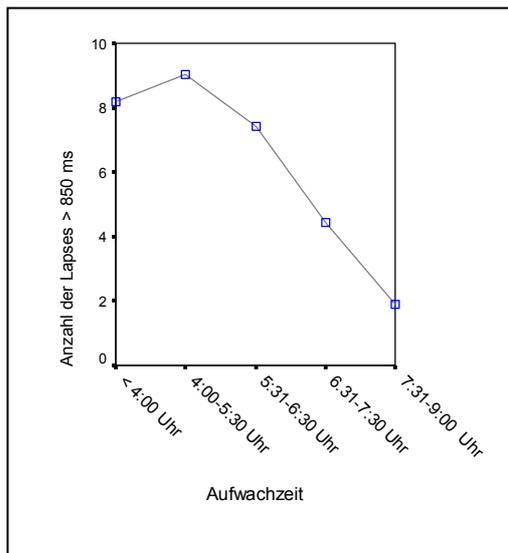


Abbildung 9.9 a:  
Anzahl der Lapses > 850 ms der abendlichen PVT in Abhängigkeit von der Aufwachzeit nach Flugdiensttagen.

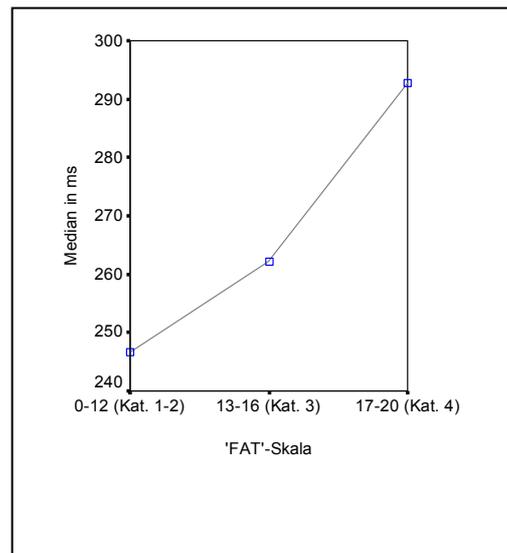


Abbildung 9.9 b:  
Median der abendlichen PVT in Abhängigkeit von der Tagesmüdigkeit nach Flugdiensttagen.

## 10 Ergebnisse des Flight Logs

Zur Ergebnisdarstellung werden die Daten aus den täglichen Eintragungen in das Flight Log über den PDA ausgewertet. Von Interesse sind die subjektiven Einschätzungen der Müdigkeit, der Erholung und der Arbeitsbeanspruchung zu Dienstbeginn, während Flugeinsätzen und zu Dienstende. Im Mittelpunkt stehen die kumulativen Veränderungen während des Flugdienstes vor allem in Abhängigkeit von der Anzahl der geflogenen Legs und der Flugdienstdauer.

### 10.1 Subjektive Müdigkeit in Abhängigkeit von der Leganzahl

Die FAT-Daten entstammen aus dem Flight Log zu Dienstbeginn, vor, während und nach dem Flugdienst sowie zu Dienstende. Die deskriptive Statistik der subjektiven Einschätzung der Müdigkeit über die verschiedenen Messzeitpunkte ist der Tabelle 10.1.1 zu entnehmen.

Tabelle 10.1.1: Kennwerte der zentralen Tendenz und der Streuung der subjektiven Müdigkeitsbeurteilung (FAT- Werte) während des Flugdienstes.

	N	MW	SD	Spannweite	Min.	Max.
FAT Dienstbeginn	820	7.07	3.028	20	0	20
FAT Vor dem 1. Leg	795	6.90	2.807	19	1	20
FAT Nach dem 1. Leg	806	7.40	3.013	19	1	20
FAT Vor dem 2. Leg	755	7.50	2.904	19	1	20
FAT Nach dem 2. Leg	754	8.44	3.102	20	0	20
FAT Vor dem 3. Leg	615	8.67	3.127	19	1	20
FAT Nach dem 3. Leg	619	9.70	3.305	18	2	20
FAT Vor dem 4. Leg	360	9.59	3.277	18	2	20
FAT Nach dem 4. Leg	362	11.09	3.411	18	2	20
FAT Vor dem 5. Leg	88	11.30	3.025	14	3	17
FAT Nach dem 1. Leg	87	12.47	3.430	19	1	20
FAT Diensende	786	11.20	3.562	18	2	20

Anmerkung: FAT = FAT-Skala. MW = Mittelwert. SD = Standardabweichung. SW = Spannweite. Min = Minimum. Max = Maximum.

Zur Untersuchung des Effekts der Leganzahl (= Anzahl der Flugabschnitte) auf die Müdigkeit wird, unter Berücksichtigung der ‚Erholung‘ als Kovariate, eine Kovarianzanalyse mit Messwiederholung gerechnet. Neben der Leganzahl wird der Rang sowie der ‚Flying-Status‘ (‚Pilot flying‘ (PF) versus ‚Pilot non flying‘ (PNF)) als weitere feste Faktoren eingesetzt. Abhängige Variablen sind die eingeschätzte Müdigkeit (FAT-Skala) jeweils vor einem jeden Flugabschnitt (Leg) und nach jedem Flugabschnitt (Leg). Die Kontrastberechnung gibt Aufschluss welches Leg im Vergleich zu Leg 1 als Referenzwert signifikante Unterschiede in der Müdigkeit aufweist.

Die abhängigen Variablen liegen nicht normalverteilt. Der Levene-Test als auch der Box-Test sind signifikant (keine Varianzhomogenität; keine Homogenität der Kovarianzmatrix). Das Signifikanzniveau wird auf  $p = .01$  angehoben. Der Mauchly-Test zeigt sich insignifikant und die Sphärizität kann angenommen werden. Auf eine Greenhouse-Geisser-Korrektur wird daher verzichtet.

Der Mediator ‚Erholung‘ zeigt sich im Test der Zwischensubjekteffekte höchst signifikant bei mittlerer Effektstärke ( $p$  ( $F = 1260.459$ ;  $df = 1$ ) =  $.000$ ) ( $\eta^2 = .332$ ) (siehe Tabelle 10.1.2). Die Faktoren ‚Leganzahl‘ ( $p$  ( $F = 58.448$ ;  $df = 4$ ) =  $.000$ ) und ‚Flying-Status‘ (PF vs. PNF) ( $p$  ( $F = 6.242$ ;  $df = 1$ ) =  $.01$ ) haben auf die Müdigkeit einen signifikanten Einfluss bei kleiner bis mittlerer Effektstärke. Der Faktor Rang ist bei kleiner Effektstärke signifikant. Eine signifikante Interaktion ergibt sich bei Leg x Rang.

Das höchst signifikante Ergebnis der Interaktion FAT x Leg der Tests der Innersubjekteffekte bestätigen bei kleiner Effektstärke ( $\eta^2 = .022$ ) die zunehmende Müdigkeit bei steigender Leganzahl (siehe Tabelle 10.1).

Tabelle 10.1.2: Multivariate Kovarianzanalyse mit Messwiederholung für die Müdigkeit als abhängige Variable während Flugeinsätzen und dem ‚Flying-Status‘, Rang und der Leganzahl (1-5 Legs) als abhängige Variablen sowie der ‚Erholung‘ als Kovariate.

Quelle der Varianz	df	F	Signif.	Partielles Eta-Quadrat
<b>Tests der Zwischensubjekteffekte</b>				
<b>Kovariate:</b>				
Erholung	1	1260.459***	.000	.332
<b>Faktor:</b>				
Leg	4	58.448***	.000	.084
Rang	1	6.242*	.010	.002
Flying	1	12.609***	.000	.005
Leg * Flying	4	1.806	.125	.003
Leg * Rang	4	3.375**	.009	.005
Flying * Rang	1	.180	.672	.000
Leg * Flying * Rang	4	.338	.853	.001
Fehler	2534	(10.751)		
<b>Tests der Innersubjekteffekte</b>				
FAT	1	121.839***	.000	.046
FAT * Leg	4	14.497***	.000	.022
FAT * Flying	1	.856	.355	.000
FAT * Rang	1	8.702**	.003	.003
FAT * Leg * Flying	4	1.757	.135	.003
FAT * Leg * Rang	4	3.745**	.005	.006
FAT * Flying * Rang	1	.008	.931	.000
Fehler (FATVF_NF)	2534	(2.528)		

Anmerkung: \*\*\*  $p < .001$ . \*\*  $p \leq .01$ . Flying = ‚Flying-Status‘ (PF vs. PNF). Leg = Leganzahl bzw. Anzahl der Flugabschnitte. FAT = Müdigkeitseinschätzung gemittelt über 2 Messzeitpunkte; vor jedem Flugabschnitt (Leg) und nach jedem Flugabschnitt (Leg). Werte in Klammern repräsentieren die mittleren Quadratfehler.

Das Ergebnis aus dem Kovarianzmodell ist in Abbildung 10.1 a und 10.1 b graphisch dargestellt. Diese zeigen im Verlauf eine signifikant subjektive Müdigkeitszunahme von Leg zu Leg, sowohl bei den Kapitänen als auch bei den Ersten Offizieren. Grundsätzlich ist bei den ‚pilots flying‘ ein stärkerer Müdigkeitsanstieg über die Legs zu verzeichnen als bei den ‚pilots not flying‘, wobei es sich in diesem Fall um einen statistisch insignifikanten Trend handelt. Ab Leg 2 steigt die subjektive Müdigkeit bei den Kapitänen stärker an als bei den Ersten Offizieren. Anzumerken ist hier, dass nicht nach der Müdigkeitsbeurteilung ‚vor jedem Flug‘ und ‚nach jedem Flug‘ getrennt wird.

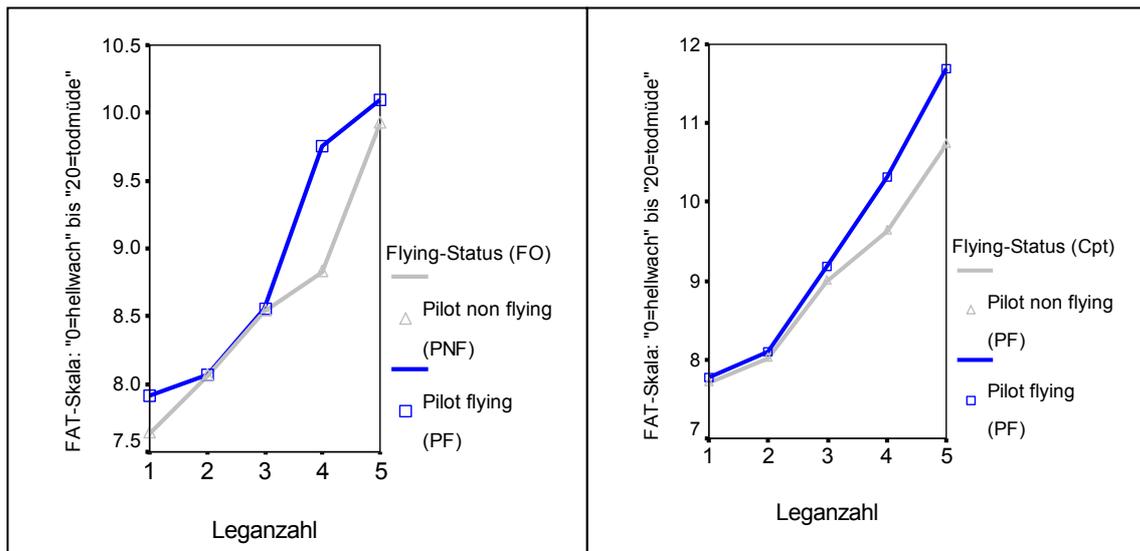


Abbildung 10.1 a: Darstellung der Einschätzung der Müdigkeit im Verlauf der Leganzahl getrennt nach PF vs. PNF für den Ersten Offizier (FO).

Abbildung 10.1 b: Darstellung der Einschätzung der Müdigkeit im Verlauf der Leganzahl getrennt nach PF vs. PNF für den Kapitän (Cpt).

Die Ergebnisse der Kontrastberechnung der Müdigkeitsbeurteilung für Leg 1 als Referenzwert zwischen dem Innersubjektfaktor ‚Leganzahl‘ (unabhängig vom Faktor ‚Rang‘) zeigt sich für den Legvergleich mit Leg 1 als Referenz signifikant (Tabelle 10.1.3). Die Müdigkeit steigt demnach signifikant. Auch hier ist zu bemerken, dass nicht nach der Müdigkeitseinschätzung ‚vor jedem Flug‘ und ‚nach jedem Flug‘ getrennt wird.

Wie der Abbildung 10.1 c aus dem Ergebnis des Kovarianzmodells mit der signifikanten Wechselwirkung der Innersubjekte FAT x Leg zu entnehmen ist ( $p(F = 14.497; df = 4) = .000$ ), ist eine stärkere Müdigkeitszunahme jeweils nach jedem Flugabschnitt (Leg) zu verzeichnen. Bei Leg 5 ‚nach dem Flug‘ wird die kritische Grenze nach Samn und Perelli (1982) von 12 Punkten überschritten. Eine differenzierte Analyse der Müdigkeit vor und nach eines jeden Legs wird im Folgenden vorgenommen.

Tabelle 10.1.3: Kontrastberechnung zwischen dem Innersubjektfaktor ‚Leg‘ mit der Müdigkeitseinschätzung von Leg 1 als Referenz.

Müdigkeit von Leg 1 als Referenz	Leg	Kontrastschätzer Differenz (Schätzung-Hypothesen)	Sign.	95% Konfidenzintervall für die Differenz	
				Untergrenze	Obergrenze
Leg 1	2	.304 *	.012	.067	.541
	3	1.058***	.000	.804	1.313
	4	1.873***	.000	1.569	2.177
	5	2.849***	.000	2.276	3.422

Anmerkung: \* Differenz ist signifikant. \*\*\*Differenz ist höchst signifikant.

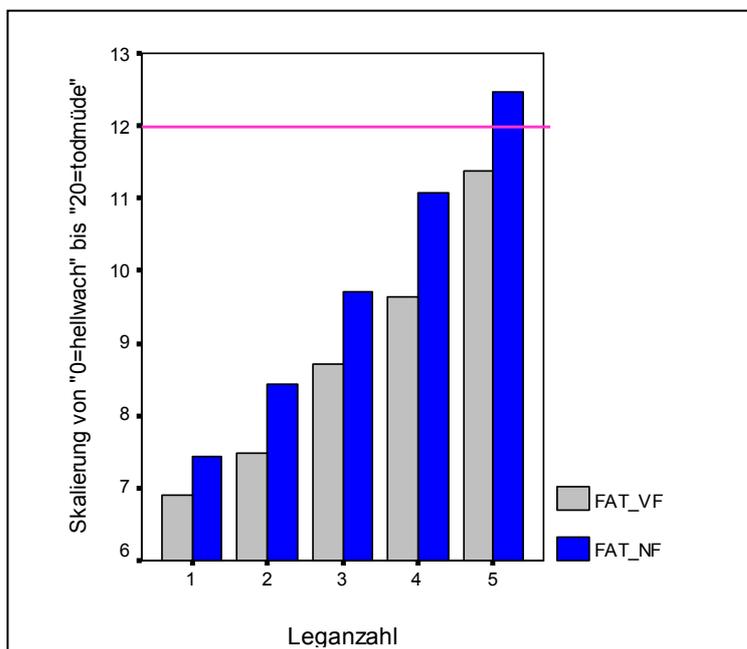


Abbildung 10.1 c: Müdigkeitseinschätzung ‚vor jedem Flug‘ und ‚nach jedem Flug‘. FAT\_VF bedeutet FAT-Skala vor dem Flug. FAT\_NF bedeutet FAT-Skala nach dem Flug. Oberhalb des roten Balkens beginnt der kritische Bereich nach Samn und Perelli (1982) (Werte > 12).

### 10.1.1 Subjektive Müdigkeit in Abhängigkeit von der Leganzahl mit dem Dienstbeginn als Baseline

Zur Bewertung der unterschiedlichen Müdigkeitsbeurteilung zwischen den Flugabschnitten (Legs) wird ein Wilcoxon-Test für verbundene Stichproben, aufgrund der nicht normalverteilten Daten, gerechnet (signifikanter KS-Test). Als Referenzwert wird der Dienstbeginn gewählt. Der Tabelle 10.1.1 sind die

Ergebnisse zu entnehmen. Bereits nach dem Flug von Leg 1 (NF Leg 1) nimmt im Vergleich zum Dienstbeginn (DB) die Müdigkeit signifikant zu.

Tabelle 10.1.1: Ergebnisse des Wilcoxon-Tests für den Vergleich der subketiven Müdigkeit (FAT-Skala) zu unterschiedlichen Flugabschnitten und am Dienstende. Als Referenz wird die Müdigkeitsbeurteilung am Dienstbeginn gewählt.

Wilcoxon-Test	Prüfgröße Z	Asymptot. Signifik. (2-seitig)
Dienstbeginn < vor Leg 1	-.309	.757
Dienstbeginn < nach Leg 1	-3.957***	.000
Dienstbeginn < vor Leg 2	-4.579***	.000
Dienstbeginn < nach Leg 2	-10.216***	.000
Dienstbeginn < vor Leg 3	-9.032***	.000
Dienstbeginn < nach Leg 3	-13.096***	.000
Dienstbeginn < vor Leg 4	-8.217***	.000
Dienstbeginn < nach Leg 4	-11.686***	.000
Dienstbeginn < vor Leg 5	-3.583***	.000
Dienstbeginn < nach Leg 5	-4.861***	.000
Dienstbeginn < Dienstende	-20.656***	.000

Anmerkung: Nach Bonfferoni-Korrektur  $\alpha/11 = .005$ . \*\*\* bedeutet  $p < .001$ .

Der Abbildung 10.1.1 ist der kontinuierlich ansteigende Verlauf der eingeschätzten Müdigkeit in Abhängigkeit von der Leganzahl zu entnehmen. Nach dem Flug von Leg 5 überschreitet der FAT-Score den kritischen Bereich mit  $> 12$  Punkte nach Samn & Perelli (1982).

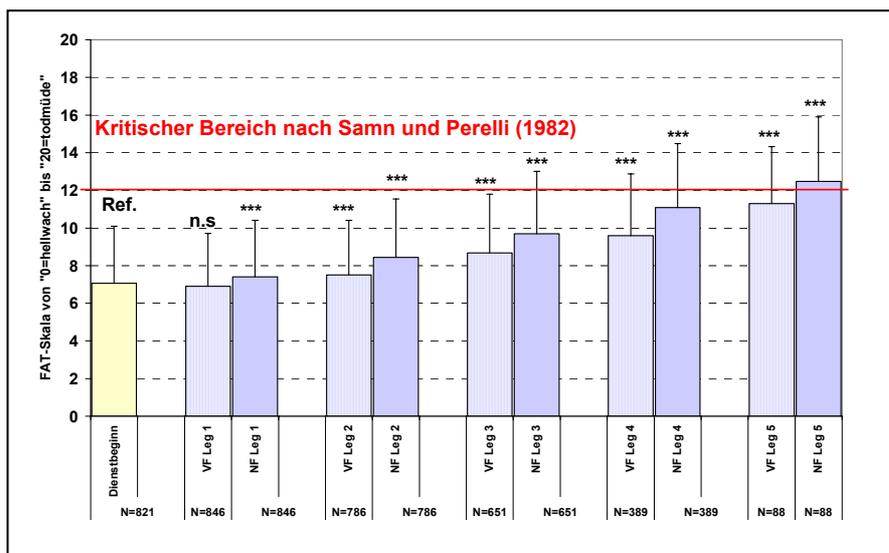


Abbildung 10.1.1: Subjektive Ermüdung (FAT-Skala) im Vergleich zwischen Dienstbeginn und Leg 1 bis Leg 5 mit Dienstbeginn als Referenzwert. \*\*\* bedeutet höchst signifikante Unterschiede in der Müdigkeit zwischen dem Dienstbeginn und der Leganzahl.

## 10.2 Subjektive Erholung in Abhängigkeit von der Leganzahl

Die Erholung wurde von den Piloten jeweils vor dem Flug eines jeden Legs auf einer siebenstufigen Skalierung von „1 = sehr erholt“ bis „7 = gar nicht erholt“ subjektiv beurteilt. Die Skala wurde zur besseren Vergleichbarkeit mit der Einschätzung der Erholung nach dem Schlaf im Sleep Log invertiert („1 = gar nicht erholt“ bis „7 = sehr erholt“). Der Effekt der Leganzahl, des Rangs und dem Flying-Status („Pilot flying“ (PF) versus „pilot non flying“ (PNF)) auf die Erholung wird über eine univariate dreifaktorielle Varianzanalyse überprüft.

Die Tabelle 10.2 zeigt die Ergebnisse des varianzanalytischen Modells. Der Effekt der Leganzahl ist höchst signifikant bei kleiner Effektstärke. Die Wirkung des Rangs auf die Erholung ist bei kleiner Effektstärke signifikant. Die Interaktionen sind insignifikant.

Tabelle 10.2: Univariate, dreifaktorielle Varianzanalyse für die Skala ‚Erholung‘ (AV) mit der Leganzahl, dem Flying-Status und dem Rang (UVn).

Quelle der Varianz	df	PrüfgrößeF	Signifikanz	Partielles Eta-Quadrat
Korrigiertes Modell	19	13.415	.000	.091
Intercept	1	16143.301	.000	.864
Leg	4	57.471***	<b>.000</b>	.083
Flying	1	.786	.375	.000
Rang	1	6.956**	<b>.008</b>	.003
Leg * Flying	4	.302	.877	.000
Leg * Rang	4	.321	.864	.001
Flying * Rang	1	.083	.773	.000
Leg * Flying * Rang	4	.405	.805	.001
Fehler	2539	(1.248)		

Anmerkung: \*\*\* bedeutet  $p < .001$ . \*\* bedeutet  $p \leq .01$ . Werte in Klammern repräsentieren die mittleren Quadratfehler. Flying = ‚Flying-Status‘ (PF vs. PNF).

Der kumulierende Einfluss der Leganzahl auf die subjektive Einschätzung der Erholung veranschaulicht Abbildung 10.2. Die Erholung nimmt in Abhängigkeit von der Leganzahl stetig ab.

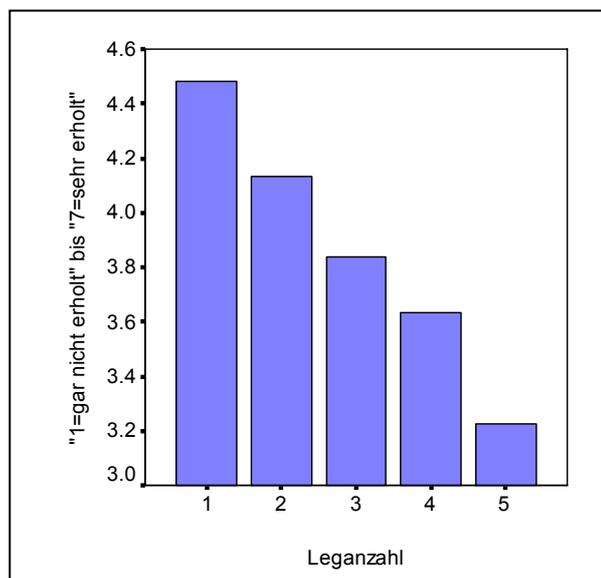


Abbildung 10.2: Subjektive Einschätzung der Erholung vor jedem Leg (Flugabschnitt) - von Leg 1 bis Leg 5.

### 10.3 Arbeitsbeanspruchung durch die fliegerische Tätigkeit (NASA TLX) in Abhängigkeit von der Leganzahl

Wie die Einschätzung der Müdigkeit, wurde von den Piloten auch der NASA-TLX zur Erfassung der subjektiven Arbeitsbeanspruchung über das Flight Log im PDA bearbeitet. Die Analyse der NASA-TLX-Daten erfolgt aus den Einschätzungen vor, während und nach eines jeden Flugabschnitts (Leg) sowie zu Dienstende. Die deskriptive Statistik des NASA-TLX ist der Tabelle 10.3.1 zu entnehmen.

Tabelle 10.3.1: Kennwerte der zentralen Tendenz und der Streuung der NASA-TLX-Scores zu unterschiedlichen Messzeitpunkten (Vor und nach dem jeweiligen Flugabschnitt (=Leg) sowie zum Dienstende).

	N	MW	SD	Spannweite	Min.	Max.
NASA-TLX Vor dem 1. Leg	794	127.42	43.006	267	1	268
NASA-TLX Nach dem 1. Leg	806	127.80	44.432	285	0	285
NASA-TLX Vor dem 2. Leg	754	129.52	44.827	279	0	279
NASA-TLX Nach dem 2. Leg	754	137.56	41.482	300	0	300
NASA-TLX Vor dem 3. Leg	615	132.31	45.042	297	0	297
NASA-TLX Nach dem 3. Leg	619	138.42	41.881	285	0	285
NASA-TLX Vor dem 4. Leg	360	130.54	48.881	284	0	284
NASA-TLX Nach dem 4. Leg	362	134.68	48.477	283	0	283
NASA-TLX Vor dem 5. Leg	88	123.19	53.372	225	10	235
NASA-TLX Nach dem 1. Leg	87	118.75	56.716	237	7	244
NASA-TLX Dienstende	786	134.76	46.455	281	0	281

Anmerkung: NASA-TLX = NASA-TLX Score . MW = Mittelwert. SD = Standardabweichung. SW = Spannweite. Min. = Minimum. Max. =Maximum.

Zur Untersuchung des Effekts der Leganzahl (= Anzahl der Flugabschnitte) auf die fliegerische Arbeitsbeanspruchung wird eine univariate dreifaktorielle Varianzanalyse mit Messwiederholung gerechnet. Neben der Leganzahl wird der Rang sowie der ‚Flying-Status‘ (Pilot flying (PF) versus Pilot non flying (PNF)) als weitere feste Faktoren eingesetzt. Abhängige Variable ist die eingeschätzte

Arbeitsbeanspruchung (NASA-TLX-Score) jeweils vor eines jeden Flugabschnittes (Leg) und nach eines jeden Flugabschnittes (Leg).

Die abhängige Variable liegt nicht normalverteilt vor. Der Levene-Test als auch der Box-Test sind signifikant (keine Varianzhomogenität; keine Homogenität der Kovarianzmatrix). Das Signifikanzniveau wird somit von  $p = .05$  auf  $p = .01$  gesetzt. Der Mauchly-Test zeigt sich insignifikant, so dass Sphärizität angenommen werden kann. Auf eine Greenhouse-Geisser-Korrektur wird daher verzichtet.

Die Tabelle 10.3.2 gibt die Ergebnisse der univariaten Varianzanalyse wieder. Die Testung zwischen den Faktoren zeigt signifikante Unterschiede in der Beurteilung der Arbeitsbeanspruchung für den Faktor ‚Leg‘, ‚Rang‘ und den Flugstatus (PF versus PNF). Mit ansteigender Leganzahl ‚vor jedem Flug‘ und ‚nach jedem Flug‘ unterscheidet sich die Beurteilung der Arbeitsbeanspruchung signifikant ( $F = 20.149$ ,  $df = 1$ ,  $p = .000$ ). Auch die Interaktion mit dem TLX x Rang und TLX x Flugstatus (‚PF versus PNF‘) ist bei kleiner Effektstärke signifikant.

Tabelle 10.3.2: Univariate, dreifaktorielle Varianzanalyse mit Messwiederholung mit dem NASA-TLX Score als abhängige Variable und den Faktoren Leg (p=5), Rang und Flying Status als unabhängige Variablen.

Quelle	der	Prüfgröße	Signif.	Partielles
Varianz	df	F		Eta-Quadrat
<b>Tests der Zwischensubjekteffekte</b>				
<b>Faktor:</b>				
Leg	4	3.578**	<b>.006</b>	.006
Rang	1	115.033***	<b>.000</b>	.043
Flying	1	21.100***	<b>.000</b>	.008
Leg * Flying	4	1.732	.140	.003
Leg * Rang	4	1.115	.347	.002
Flying * Rang	1	.029	.864	.000
Leg * Flying *				
Rang	4	2.449	.046	.004
Fehler	2535	(1560.187)		
<b>Tests der Innersubjekteffekte</b>				
TLX	1	20.149***	<b>.000</b>	.008
TLX * Leg	4	4.819**	<b>.001</b>	.008
TLX * Flying	1	42.984***	<b>.000</b>	.017
TLX * Rang	1	1.662	.197	.001
TLX * Leg *				
Flying	4	1.559	.183	.002
TLX * Leg *				
Rang	4	.344	.849	.001
TLX * Flying *				
Rang	1	.136	.713	.000
Fehler (TLX)	2535	(531.573)		

Anmerkung: \*\*\* bedeutet  $p < .001$ . \*\* bedeutet  $p \leq .01$ . TLX = NASA -TLX Score pro Flugabschnitt (Leg) gemittelt über 2 Messzeitpunkte; vor jedem Flugabschnitt (Leg) und nach jedem Flugabschnitt (Leg). Rang = Kapitän versus Erster Offizier. Flying = ‚Flying Status‘ (= pilot flying versus pilot non flying). Wert in Klammern repräsentiert den mittleren Quadratfehler.

### 10.3.1 NASA TLX in Abhängigkeit von der Leganzahl mit dem Dienstbeginn als Baseline

Die Einzelvergleiche der unterschiedlichen Messzeitpunkte innerhalb eines Flugdiensttages erfolgt, aufgrund der unzureichenden Normalverteilung der Daten, mit dem Wilcoxon-Test. ‚Vor dem Flug‘ von Leg 1 (TLX vor Leg 1) wird als Referenzwert bestimmt (siehe Tabelle 10.3.1). Tendenziell steigt die Arbeitsbeanspruchung über die Messzeitpunkte hinweg ab dem Referenzwert von Leg 1 vor dem Flug.

Tabelle 10.3.1: Ergebnisse des Wilcoxon Tests für paarweise Vergleiche zwischen dem NASA-TLX vor dem ersten Leg als Referenz und vor als auch nach jedem weiterem Leg.

Wilcoxon-Test	Prüfgröße Z	Asymptot. Signif. (2- seitig)
TLX vor Leg 1 < TLX nach Leg 1	-.498	.619
TLX vor Leg 1 < TLX vor Leg 2	-.134	.893
TLX vor Leg 1 < TLX nach Leg 2	-4.347***	.000
TLX vor Leg 1 < TLX vor Leg 3	-.506	.613
TLX vor Leg 1 < TLX nach Leg 3	-3.002**	.003
TLX vor Leg 1 < TLX vor Leg 4	-.407	.684
TLX vor Leg 1 < TLX nach Leg 4	-2.005	.045
TLX vor Leg 1 < TLX vor Leg 5	-4.028***	.000
TLX vor Leg 1 > TLX nach Leg 5	-4.609***	.000

Anmerkung: Bonferroni-Korrektur  $\alpha/9 = .005$ . \*\*\* bedeutet  $p < .001$ . \*\* bedeutet  $p \leq .005$ . TLX = NASA -TLX Score.

Die Abbildung 10.3.1 zeigt den Verlauf der subjektiven Arbeitsbeanspruchung zu den unterschiedlichen Messzeitpunkten. Ab > 4 Legs nimmt die Arbeitsbeanspruchung wieder zum Referenzwert (Vor dem von Flug von Leg 1 = VF Leg 1) signifikant ab, da das 5. Leg (Vor und nach dem Flug von Leg 5) eher selten vorkommt (N = 84) und größtenteils ein ‚DH‘-Flug ist. Somit wird keine Arbeitstätigkeit im Sinne einer fliegerischen Tätigkeit vollzogen. Die insignifikanten Unterschiede sind mit n.s. angegeben, die signifikanten mit \*\* ( $p \leq .005$ ) und die höchst signifikanten Unterschiede mit \*\*\* ( $p < .001$ ).

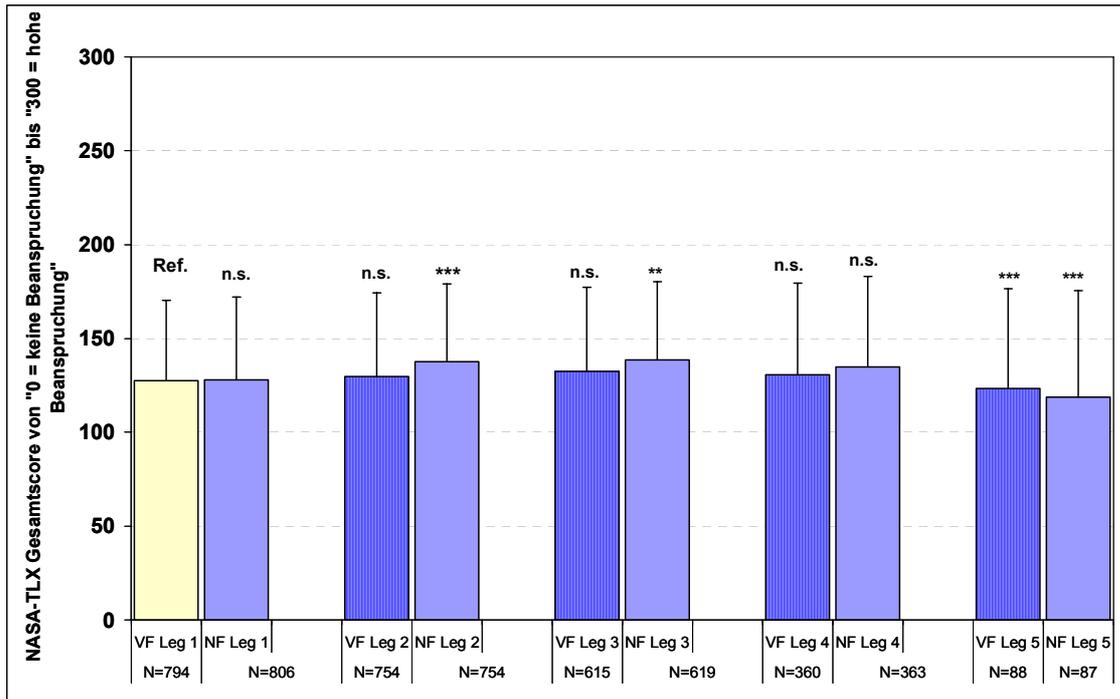


Abbildung 10.3.1: NASA-TLX Gesamtscore 'Vor dem Flug von Leg 1' als Referenzwert (Ref.) im Vergleich mit dem NASA TLX Score der im Verlauf ansteigenden Leganzahl bis 'Leg 5 nach dem Flug'. n.s. = bedeutet insignifikant. \*\*\* höchst signifikant. \*\* sehr signifikant. VF=Vor dem Flug. NF=nach dem Flug.

#### 10.4 NASA-TLX und subjektive Müdigkeit im Vergleich zwischen Dienstbeginn und Dienstende

Im Folgenden wird die subjektive Müdigkeit, die über die FAT-Skala und die subjektive Arbeitsbeanspruchung, die über den NASA-TLX beurteilt wurde, vergleichend gegenübergestellt und ausgewertet.

Zur Auswertung wurden die Daten des FAT-Skalen („0 = hellwach“ bis „20 = todmüde“) und der ‚weighted overall scores‘ des NASA-TLX („0 = keine Beanspruchung“ bis „300 = hohe Beanspruchung“) vor jedem ersten Flugabschnitt (Leg), während des Flugdienstes und nach einem täglichen Flugeinsatz entnommen. Die Kennwerte der zentralen Tendenz und der Streuung der beiden Skalen sind der Tabelle 10.4.1 zu entnehmen.

Tabelle 10.4.1: Kennwerte der zentralen Tendenz und der Streuung der subjektiven Müdigkeit (FAT-Skala) und der fliegerischen Beanspruchung (NASA-TLX) vor jedem ersten Leg, während der Flüge und zum Dienstende.

	N	MW	SD	Minimum	Maximum
FAT vor Leg 1	1601	7.15	2.922	1	20
TLX vor Leg 1	1600	127.61	43.717	0	285
FAT während des Flugdienstes	4460	8.74	3.387	0	20
TLX während des Flugdienstes	4459	132.50	45.181	0	300
FAT Flugdienstende	786	11.20	3.562	2	20
TLX Flugdienstende	786	134.76	46.455	0	281

Anmerkung: FAT = Einschätzung der Müdigkeit über die FAT-Skala. TLX = Einschätzung der fliegerischen Beanspruchung (NASA-TLX-Score).

Die Daten der abhängigen Variablen der FAT-Skala und des NASA-TLX-Scores liegen nicht normalverteilt vor. Zur Überprüfung der unterschiedlichen Müdigkeits- und Beanspruchungseinschätzung zu den 3 Messzeitpunkten im Verlauf eines Einsatztages wird daher der Wilcoxon-Test für verbundene Stichproben gerechnet. Als Referenzwert wird der Zeitpunkt vor dem ersten Flugabschnitt (Leg) des Einsatztages gewählt. Der Test zeigt signifikante Unterschiede zwischen Leg 1 vor dem Flug und der Müdigkeit während des Flugdienstes ( $Z = -6.609$ ,  $p = .000$ ) sowie zwischen Leg 1 vor dem Flug und dem Dienstende ( $Z = -18.096$ ,  $p = .000$ ) (Tabelle 10.4.2). Die Arbeitsbeanspruchung unterscheidet sich vom ersten Leg vor dem Flug und dem Dienstende signifikant ( $Z = -4.204$ ,  $p = .000$ ).

Tabelle 10.4.2: Ergebnisse des Wilcoxon-Tests für paarweise Vergleiche der Müdigkeit (FAT-Skala) und der fliegerischen Beanspruchung (NASA-TLX) vor dem Leg 1 und während der Flüge sowie vor dem Leg 1 und zum Dienstende.

Wilcoxon-Test	FAT-Skala		NASA-TLX-Score	
	Vor Leg 1 < während den Flügen	Vor Leg 1 < Flugdienstende	Vor Leg 1 < während den Flügen	Vor Leg 1 < Flugdienstende
Prüfgröße Z	-6.609***	-18.096***	-1.300	-4.204***
Asym. Sign. (2-seitig)	.000	.000	0.194	.000

Anmerkung: Bonferroni-Korrektur  $\alpha/2 = .025$ . \*\*\* bedeutet  $p < .001$ . Vor Leg 1 = Vor dem Flug von Leg 1. Während den Flügen = alle Flugabschnitte außer ‚vor dem Flug von Leg 1‘ und dem Dienstende.

Die Abbildungen 10.4 a und 10.4 b zeigen den Verlauf der 3 Messzeitpunkte. Die Müdigkeit nimmt signifikant im Vergleich zu *vor dem ersten Flug* als Referenz über den Verlauf zu, die Arbeitsbeanspruchung ist im Vergleich zwischen *vor dem ersten Flug* und dem *Dienstende* signifikant höher. Anzumerken ist hier, dass bei Dienstende alle Daten gemittelt wurden, also unabhängig von der Flugdienstdauer (und Anzahl der Legs) am Ende eines Flugdiensttages.

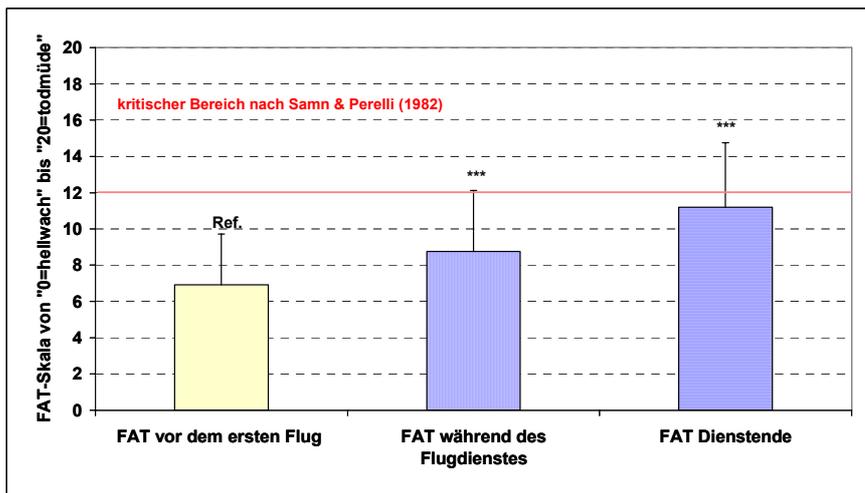


Abbildung 10.4 a: Subjektive Müdigkeit (FAT - Skala) vor dem erstem Flug (als Referenzwert) - während der Flüge - am Flugdienstende. (\*\*\*) bedeutet höchst signifikanter Unterschied ( $p < .001$ ) in der Müdigkeit zwischen dem ersten Flug, während der Flüge und dem Dienstende.

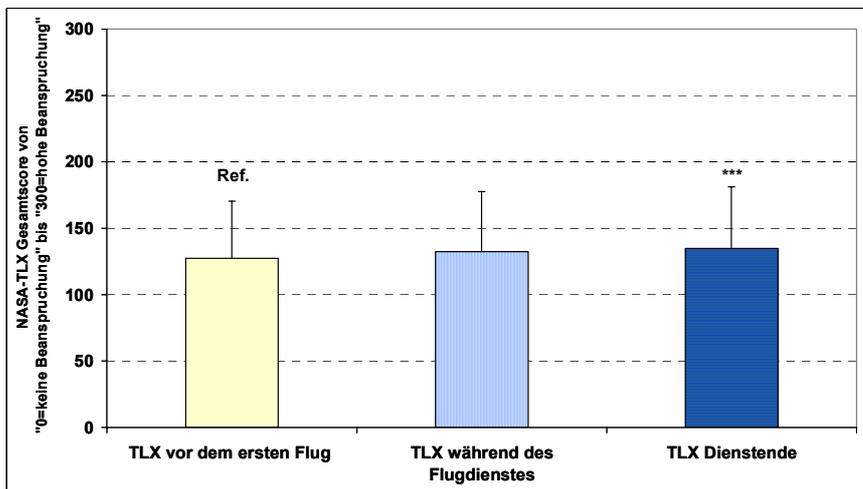


Abbildung 10.4 b: NASA-TLX-Gesamtscore (TLX) vor dem erstem Flug (als Referenzwert) - während der Flüge - am Flugdienstende. (\*\*\*) bedeutet höchst signifikanter Unterschied ( $p < .001$ ) in der Beanspruchung zwischen dem ersten Flug und dem Dienstende.

## 10.5 Vergleich zwischen den Subskalen des NASA-TLX

Die Beurteilung der Subskalen des NASA-TLX werden einerseits einmalig über einen Paarvergleich und andererseits täglich während eines Flugdienstes über das Flight Log im PDA ermittelt. Die Arbeitsbeanspruchung ist mittels sechs Subskalen des NASA-TLX aus dem Flight Log auf einer 20-stufigen Skala zu beurteilen (von „0 = sehr niedrig/wenig; perfekter Erfolg“ bis „20 = sehr hoch/stark; Misserfolg“). In die einzelnen Subskalen geht das Ranking über den Paarvergleich als Gewichtung mit ein, so dass sich eine Skalierung von „0 = sehr niedrig/wenig; perfekter Erfolg“ bis „100 = sehr hoch/stark; Misserfolg“ ergibt.

Im Folgenden werden die Einschätzungen zur Arbeitsbeanspruchung aus den sechs Subskalen über den Paarvergleich sowie aus den Eintragung in das Flight Log während Flugeinsätzen untersucht und vergleichend gegenübergestellt. Die Tabelle 10.5 stellt die deskriptive Statistik (Lage-, Verteilungs- und Streuungsmaße) der sechs Subskalen des NASA-TLX über die Flugphasen während des gesamten Studienverlaufs dar (N = 6039).

Wie aus der deskriptiven Statistik der Tabelle 10.5 hervorgeht, haben die Subskalen ‚zeitliche Anforderung‘ (ZA) und ‚geistige Anforderung‘ (GA) gegenüber den anderen Subskalen den höchsten Mittelwert. Das arithmetische Mittel wurde aus der eingeschätzten Arbeitsbeanspruchung in allen Flugphasen (Vor dem Flug, nach dem Flug, Dienstende) gebildet.

Tabelle 10.5: Kennwerte der zentralen Tendenz, der Verteilungsmaße und der Streuung der NASA-TLX-Subskalen aus dem Flight Log.

SUBSKALEN	Geistige Anforderung (GA)	Körperliche Anforderung (KA)	Zeitliche Anforderung (ZA)	Leistung (L)	Anstrengung (A)	Frustration (F)
N Gültig	6039	6039	6039	6039	6039	6039
MW	37.86	11.47	37.55	12.71	22.88	9.68
MD	40.00	.00	34.00	10.00	18.00	2.00
Modus	0	0	20	0	12	0
SD	21.322	19.419	20.269	11.388	17.361	13.504
Schiefe	-.001	2.297	.563	1.012	1.433	1.416
Standardfehler der Schiefe	.032	.032	.032	.032	.032	.032
Kurtosis	-.475	5.300	-.282	.518	2.766	1.248
Standardfehler der Kurtosis	.063	.063	.063	.063	.063	.063
Spannweite	100	100	100	60	100	80
Min.	0	0	0	0	0	0
Max.	100	100	100	60	100	80
Perzentile 25	24.00	.00	20.00	4.00	11.00	.00
50	40.00	.00	34.00	10.00	18.00	2.00
75	54.00	16.00	50.00	20.00	30.00	15.00

Anmerkung. MW = Mittelwert. MD = Median. SD = Standardabweichung. SW = Spannweite. Min. = Minimum. Max. = Maximum.

Die Abbildungen 10.5 a und 10.5 b verdeutlichen die erhöhte Arbeitsbeanspruchung in der fliegerischen Tätigkeit vor allem durch die geistige und zeitliche Anforderung sowohl im Paarvergleich (Abbildung 10.5 a) als auch während den Flugeinsätzen (Abbildung 10.5 b).

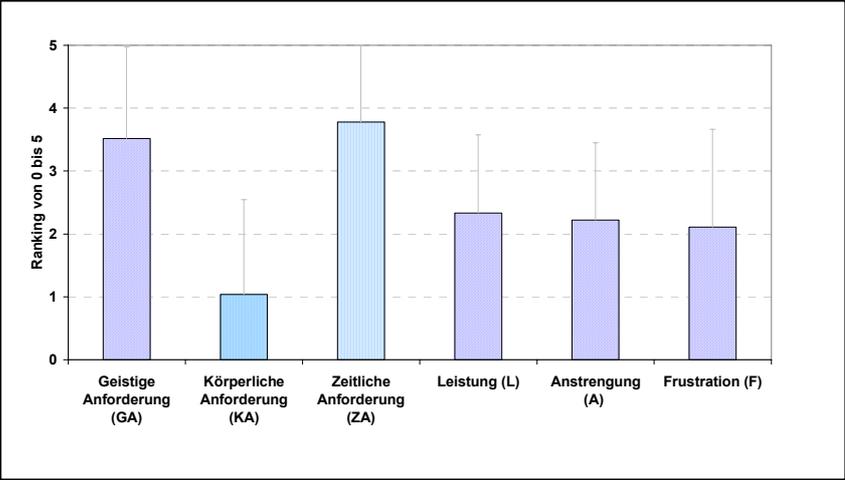


Abbildung 10.5 a: NASA-TLX Subskalen aus dem Ranking im Paarvergleich.

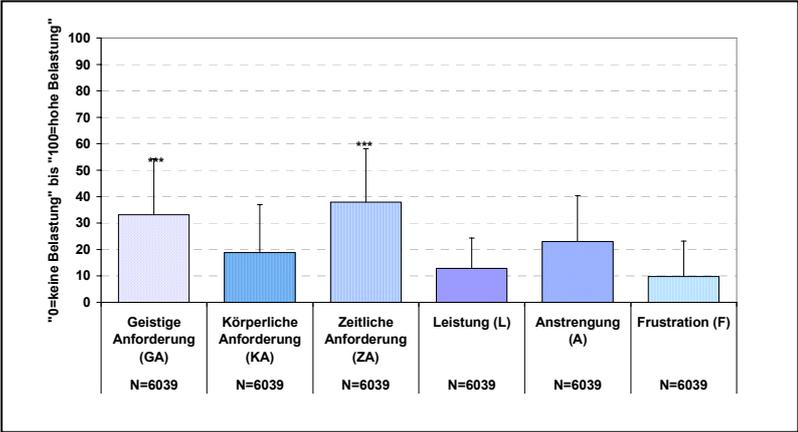


Abbildung 10.5 b: NASA-TLX Subskalen aus den Eintragungen im Flight Log.

## 10.6 NASA-TLX Subskalen im Vergleich zwischen dem Dienstbeginn und dem Dienstende

Die Eintragungen zur Arbeitsbeanspruchung durch die fliegerische Tätigkeit (NASA TLX) in das Flight Log über das PDA erfolgten an einem Flugdiensttag erstmalig vor dem ersten Flugabschnitt (vor Leg 1). Mit Dienstbeginn ist somit der Zeitpunkt vor dem Flug von Leg 1 gemeint (VF\_Leg1). Bei Dienstbeginn fließt demnach die Beurteilung der Arbeitsbeanspruchung nach dem Briefing im Crewraum vor dem ersten Abflug ein.

Die deskriptive Statistik der Subskalen unterteilt in vor dem Flug von Leg 1 (VF\_Leg1) und Dienstende (DE) zeigt Tabelle 10.6.1. Die Daten liegen nicht normalverteilt vor. Unterschiede in der Arbeitsbeanspruchung zwischen ‚Vor dem Flug‘ von Leg 1 und dem Dienstende werden über den Wilcoxon-Test für verbundene Stichproben durchgeführt. Der Tabelle 10.6.2 sind die Ergebnisse zu entnehmen. Signifikant unterscheiden sich die Subskalen ‚zeitliche Anforderung‘ und ‚Anstrengung‘ vom Dienstbeginn (VF\_Leg1) zum Dienstende. Beide Subskalen sind am Dienstende höher als zu Beginn des Flugdienstes (siehe Abbildung 10.6). Tendenziell erhöht sich die Arbeitsbeanspruchung für alle Subskalen am Dienstende.

Tabelle 10.6.1: Kennwerte der zentralen Tendenz und der Streuung der NASA-TLX Subskalen vor dem ersten Flugabschnitt und nach dem Flugdienst.

Subskalen des NASA_TLX	N	MD	MW	SD	Modus	SW	Min	Max
GA_VF_Leg1	794	39.00	36.63	20.564	40	85	0	85
KA_VF_Leg1	794	2.00	11.52	19.173	0	100	0	100
ZA_VF_Leg1	794	32.00	35.74	19.149	20	100	0	100
L_VF_Leg1	794	10.00	13.00	11.202	0	54	0	54
A_VF_Leg1	794	16.00	21.35	15.845	12	100	0	100
F_VF_Leg1	794	1.50	9.17	12.966	0	60	0	60
GA_DE	743	36.00	37.28	21.849	0	100	0	100
KA_DE	743	2.00	12.33	20.384	0	100	0	100
Z_DE	743	35.00	38.03	20.140	20	95	0	90
L_DE	743	10.00	13.25	11.464	0	60	0	60
A_DE	743	18.00	23.51	18.291	12	100	0	100
F_DE	743	3.00	10.36	14.265	0	68	0	64

Anmerkung: VF\_Leg1 = Vor dem ersten Flugabschnitt (Leg). DE = Dienstende. MD = Median. MW = Mittelwert. SD = Standardabweichung. SW = Spannweite. Min = Minimum. Max = Maximum. Subskalen des NASA-TLX: GA = Geistige Anforderung. KA = Körperliche Anforderung. ZA = Zeitliche Anforderung. L = Leistung. A = Anstrengung. F = Frustration.

Tabelle 10.6.2: Ergebnisse der Paarvergleiche mit den NASA-TLX Subskalen jeweils vor dem ersten Flugabschnitt (Leg 1) und dem Dienstende mittels dem Wilcoxon - Test für verbundene Stichproben.

Subskalen des NASA-TLX vor Leg 1 und am Dienstende	Prüfgröße Z	Asymptot. Signif. (2-seitig)
GA vor Leg 1 < GA Dienstende	-1.040	.298
KA vor Leg 1 < KA Dienstende	-1.267	.205
ZA vor Leg 1 < ZA Dienstende	-2.277*	.023
L vor Leg 1 < L Dienstende	-.290	.772
A vor Leg 1 < A Dienstende	-2.245*	.024
F vor Leg 1 < F Dienstende	-1.618	.106

Anmerkung: Bonferroni-Korrektur  $\alpha/2 = .025$ . \* bedeutet  $p < .025$ . Subskalen des NASA-TLX: GA = Geistige Anforderung. KA = Körperliche Anforderung. ZA = Zeitliche Anforderung. L = Leistung. A = Anstrengung. F = Frustration.

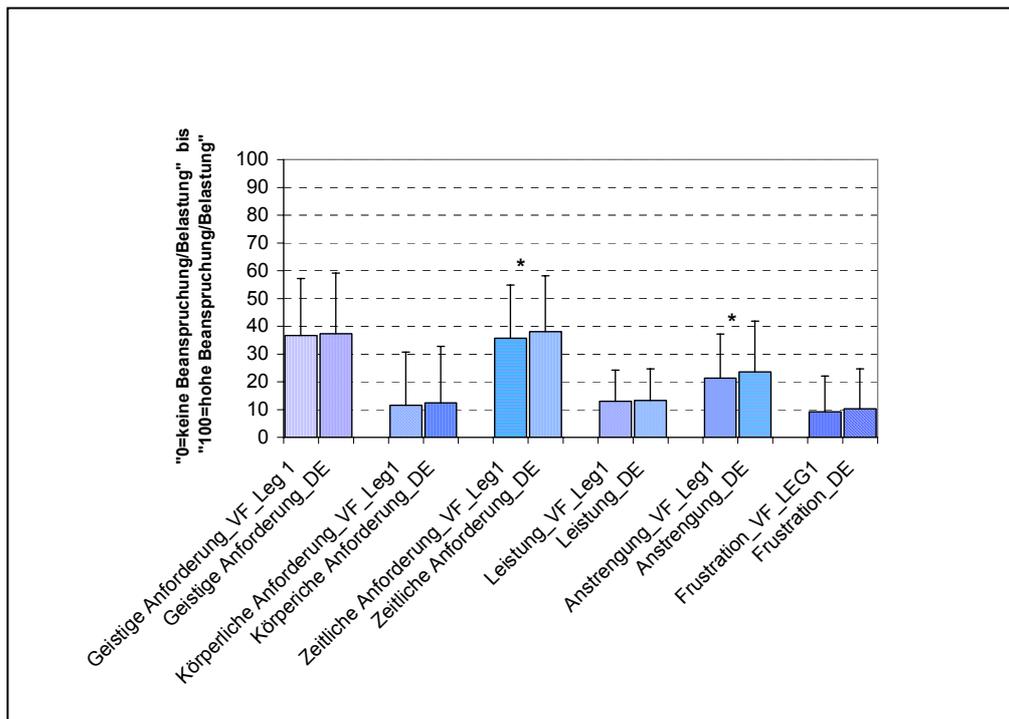


Abbildung 10.6: Vergleich der NASA-TLX Subskalen zwischen dem ersten Flugabschnitt (Leg) und dem Dienstende. \* bedeutet  $p < .025$ .

## 10.7 Stimmung im Vergleich zwischen dem Dienstbeginn und dem Dienstende

Die Befindlichkeit der Piloten wurde jeweils zu Dienstbeginn und Dienstende über das Berliner Alltagssprachliche Stimmungs-Inventar (BASTI) erhoben (ebd.). Die Stimmung wird auf einer siebenstufigen Skalierung von „0 = nein“ bis 6 = maximal“ eingeschätzt. Zur Auswertung werden eine globale Befindensdimension

und 5 Subskalen des BASTI in ihrer Intensität und nicht in ihrer Häufigkeit herangezogen, so dass die Skalierung auf sechs Stufen reduziert wird („1 = sehr schwach“ bis „6 = maximal“). Die Kategorie „0 = nein“ entfällt. Der Tabelle 10.7.1 ist die deskriptive Statistik der BASTI-Subskalen zu Dienstbeginn und zu Dienstende zu entnehmen.

Zur Überprüfung statistisch bedeutsamer Unterschiede in der subjektiven Befindlichkeit zwischen dem Dienstbeginn und dem Dienstende wird aufgrund der nicht normalverteilten Daten der Wilcoxon-Test gerechnet. Signifikant unterscheidet sich die subjektive Befindlichkeit in der globalen Befindensdimension ‚ruhig‘ und in den Subskalen ‚heitere Stimmung‘ (HS), ‚geladene Stimmung‘ (GS) sowie ‚mürrische Stimmung‘ (MS) zwischen Dienstbeginn und Dienstende (Tabelle 10.7.2). Die Piloten empfinden sich demnach zu Dienstbeginn ruhiger, heiterer und in weniger geladener und mürrischer Stimmung als zum Dienstende.

Tabelle 10.7.1: Maße der zentralen Tendenz sowie Streuungsmaße der Subskalen des BASTI zu Dienstbeginn und -ende.

Globale Befindensdimension	N	MW	Median	Modus	SD	SW	Min	Max
Erregt Dienstbeginn	208	2.10	2.00	2	.887	4	1	5
Ruhig Dienstbeginn	795	3.49	4.00	4	1.023	5	1	6
Erregt Dienstende	184	2.34	2.00	2.00	1.001	4	1	5
Ruhig Dienstende	763	3.26	3.00	3.00	1.032	5	1	6
Subskalen	N	MW	Median	Modus	SD	SW	Min	Max
HS Dienstbeginn	770	2.81	3.00	2	1.145	5	1	6
GS Dienstbeginn	216	1.62	1.00	1	.786	3	1	4
MS Dienstbeginn	187	1.39	1.00	1	.633	3	1	4
N Dienstbeginn	287	1.58	1.00	1	.844	3	1	4
ÄNG Dienstbeginn	151	1.55	1.00	1	.746	3	1	4
HS Dienstbeginn	770	2.81	3.00	2	1.145	5	1	6
HS Dienstende	718	2.72	3.00	2	1.121	5	1	6
GS Dienstende	291	1.90	2.00	1	1.013	4	1	5
MS Dienstende	242	1.64	1.00	1	.854	4	1	5
N Dienstende	265	1.51	1.00	1	.866	4	1	5
Äng Dienstende	124	1.52	1.00	1	.738	3	1	4

Anmerkung. MW = Mittelwert. SD = Standardabweichung. SW = Spannweite. MW = Mittelwert. Min. = Minimum. Max. = Maximum. BASTI-Subskalen: HS = ‚heitere Stimmung‘. GS = ‚geladene Stimmung‘. MS = ‚mürrische Stimmung‘. N = ‚Nervosität‘. Äng = ‚Ängstlichkeit‘.

Tabelle 10.7.2: Ergebnisse der Paarvergleiche mit der Globalen Befindensdimension ‚erregt-ruhig‘ und den Subskalen des BASTI jeweils zwischen dem Dienstbeginn und dem Dienstende mittels dem Wilcoxon - Test für verbundene Stichproben.

<b>Globale Befindensdimension des BASTI</b>	Prüfgröße Z	Asymptot. Sign. (2-seitig)
erregt Dienstbeginn < erregt Dienstende	-1.313	.189
ruhig Dienstbeginn > ruhig Dienstende	-5.782***	<b>.000</b>
<b>Subskalen des BASTI</b>	Prüfgröße Z	Asymptot. Sign. (2-seitig)
HS Dienstbeginn > HS Dienstende	-2.543*	<b>.011</b>
GS Dienstbeginn < GS Dienstende	-5.413***	<b>.000</b>
MS Dienstbeginn < MS Dienstende	-2.988**	<b>.003</b>
N Dienstbeginn < N Dienstende	-.735	.462
Äng Dienstbeginn > Äng Dienstende	-.638	.524

Anmerkung: \* bedeutet nach Bonferroni-Korrektur  $\alpha/2 = .025$ . \*\* bedeutet  $p \leq .01$ . \*\*\* bedeutet  $p < .001$ . BASTI Subskalen: HS = Heitere Stimmung. GS = Geladene Stimmung. MS = Mürrische Stimmung. N = Nervosität. Äng = Ängstlichkeit.

Die Abbildung 10.7 veranschaulicht die eingeschätzte Befindlichkeit der globalen Befindensdimensionen und der einzelnen Subskalen zu Dienstbeginn und Dienstende. Signifikante Unterschiede sind mit Sternchen versehen. Insignifikante Unterschiede werden mit n.s. (nicht signifikant) bezeichnet. Tendenziell ändert sich die Befindlichkeit im Vergleich zum Dienstbeginn und Dienstende in allen Subskalen und globalen Befindensdimensionen. Die Einschätzung der globalen Befindensdimension ‚ruhig‘ und der Subskala ‚heitere Stimmung‘ wurden, im Vergleich zu den anderen globalen Befindensdimensionen und Subskalen, auf einem Skalierungsniveau  $> 2$  eingeschätzt (siehe Abbildung 10.7).

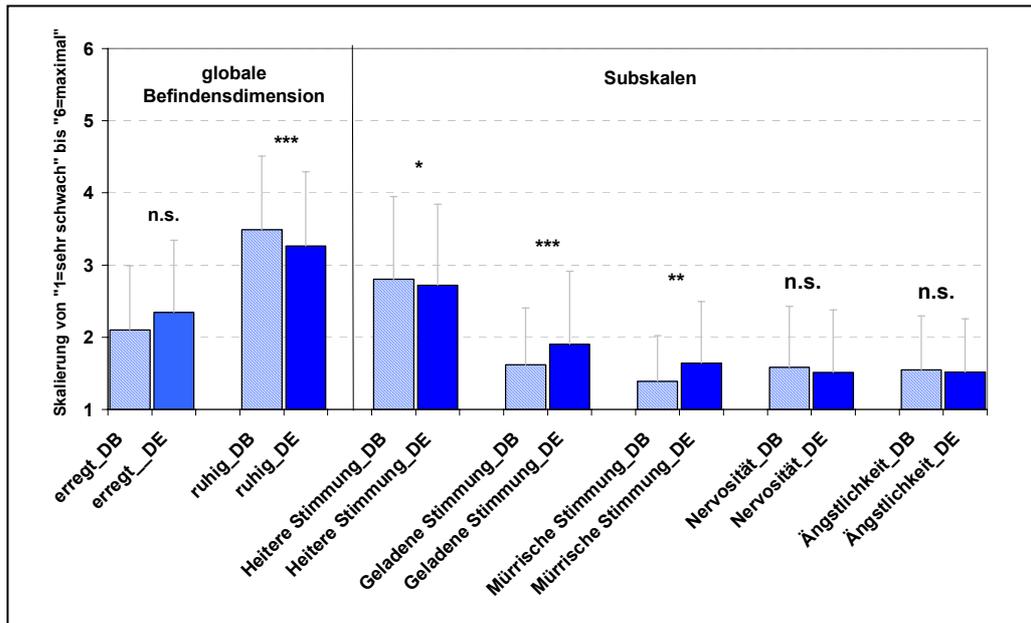


Abbildung 10.7: Globale Befindensdimension und Subskalen des BASTI zum Dienstbeginn (DB) und Dienstende (DE). \* bedeutet  $p < .025$ . \*\* bedeutet  $p < .01$ . \*\*\* bedeutet  $p < .001$ . n.s. bedeutet insignifikant.

### 10.7.1 Zusammenhänge zwischen dem BASTI, der Müdigkeit und der Flugdienstzeiten

Die Zusammenhänge zwischen den Subskalen des BASTI, der Müdigkeit und der Flugdienstzeiten wurden über die Rangkorrelation nach Spearman aufgrund der nichtnormalverteilten Daten errechnet. Der Tabelle 10.7.1 sind die Ergebnisse zu entnehmen.

Die Müdigkeit zeigt erwartungsgemäß mit allen aus dem BASTI stammenden Skalen und globalen Befindensdimensionen (außer ‚ruhig‘) positive signifikante Korrelationen (negativer Zusammenhang mit ‚Heiterer Stimmung‘). Je müder sich die Piloten fühlen, desto mehr sind sie auch in ihrer Befindlichkeit gestört.

Der Dienstbeginn korreliert signifikant negativ mit ‚erregt‘ und ‚heiterer Stimmung‘. Sehr frühe Dienste gehen demnach mit weniger Erregtheit und Heiterkeit einher. Die Dienstdauer weist signifikante Zusammenhänge mit ‚geladener Stimmung‘ auf, die sich bei länger werdender Flugdienstdauer erhöht. Das Dienstende zeigt keine signifikanten Zusammenhänge zwischen den Befindlichkeitsskalen des BASTI und der Müdigkeit.

Tabelle 10.7.1: Rangkorrelationen nach Spearman der BASTI-Skalen mit der Müdigkeit, der Dienstdauer sowie der Flugdienstdauer.

	Zeit zum Dienstbeginn (DB) und Dienstende (DE) h:mm		Flugdienstdauer	Müdigkeit	Globale Befindesdimension des BASTI		Subskalen des BASTI				
	DB	DE			h	FAT	Erregt	Ruhig	HS	GS	MS
DB	-	<b>.363**</b>	<b>-.182**</b>	<b>.099**</b>	<b>-.162*</b>	-.041	<b>-.083*</b>	-.072	-.004	-.020	-.046
N	-	841	842	771	178	748	704	285	236	259	121
DE	<b>.363**</b>	-	<b>.138**</b>	.046	-.133	-.050	-.003	.001	-.017	-.032	-.052
N	841	-	841	771	178	748	704	285	236	259	121
h	<b>-.182**</b>	<b>.138**</b>	-	<b>.406**</b>	.068	-.069	-.051	<b>.183**</b>	.109	.078	.078
N	842	841	-	771	178	748	704	285	236	259	121
FAT	<b>.099**</b>	.046	<b>.406**</b>	-	<b>.307**</b>	-.046	<b>-.142**</b>	<b>.338**</b>	<b>.330**</b>	<b>.244**</b>	<b>.432**</b>
N	771	771	771	-	178	748	704	285	236	259	121
Erregt	<b>-.162*</b>	-.133	.068	<b>.307**</b>	-	<b>-.392**</b>	-.009	<b>.258**</b>	<b>.235*</b>	<b>.567**</b>	<b>.645**</b>
N	178	178	178	178	-	168	169	128	94	133	64
Ruhig	-.041	-.050	-.069	-.046	-	<b>.392**</b>	-	<b>.264**</b>	-.027	-.091	-
N	748	748	748	748	-	168	-	688	270	228	249
HS	<b>-.083*</b>	-.003	-.051	<b>-.142**</b>	-.009	<b>.264**</b>	-	<b>.247**</b>	.121	-.006	.042
N	704	704	704	704	169	688	-	258	206	243	110
GS	-.072	.001	<b>.183**</b>	<b>.338**</b>	<b>.258**</b>	-.027	<b>.247**</b>	-	<b>.640**</b>	<b>.372**</b>	.189
N	285	285	285	285	128	270	258	-	185	168	73
MS	-.004	-.017	.109	<b>.330**</b>	<b>.235*</b>	-.091	.121	<b>.640**</b>	-	<b>.222*</b>	<b>.267*</b>
N	236	236	236	236	94	228	206	185	-	129	67
NER	-.020	-.032	.078	<b>.244**</b>	<b>.567**</b>	<b>-.228**</b>	-.006	<b>.372**</b>	<b>.222*</b>	-	<b>.698**</b>
N	259	259	259	259	133	249	243	168	129	-	105
ÄNG	-.046	-.052	.078	<b>.432**</b>	<b>.645**</b>	-.102	.042	.189	<b>.267*</b>	<b>.698**</b>	-
N	121	121	121	121	64	116	110	73	67	105	-

Anmerkung: \* p < .05. \*\* p < .01. Koeffizienten geben den Korrelationskoeffizient nach Spearman wieder. DB = Dienstbeginn. DE = Dienstende. Subskalen des BASTI: HS = Heitere Stimmung. GS = Geladene Stimmung. N = Nervosität. MS = Mürrische Stimmung. NER = Nervosität. ÄNG = Ängstlichkeit.

## 10.8 Müdigkeit und Gesamtbelastung am Dienstende in Abhängigkeit von dem Dienstbeginn und der Flugdienstdauer

Die Frage nach dem Einfluss der Flugdienstdauer und dem Dienstbeginn auf die Gesamtbelastung und auf die Müdigkeit nach dem Flugdienst wird anhand einer multivariaten, dreifaktoriellen Varianzanalyse überprüft. Als ‚feste Effekte‘ werden, neben der Flugdienstdauer, die in 5 Kategorien eingeteilt ist, der Rang und der Dienstbeginn gewählt. Die abhängigen Variablen (FAT-Skala am Dienstende; Gesamtbelastung am Dienstende) liegen nicht normalverteilt vor. Über den Box-

Test kann die Gleichheit der Kovarianzmatrizen für beide Skalen aufgezeigt werden. Die Gleichheit der Fehlervarianzen wird für die FAT-Skala, nicht für die Skala ‚Gesamtbelastung des Tages‘ belegt. Das Signifikanzniveau wird von  $p = .05$  auf  $p = .01$  angehoben.

In Tabelle 10.8 sind die Ergebnisse der multivariaten Varianzanalyse dargestellt. Die multivariaten Tests zeigen signifikante Einflüsse der Flugdienstdauer sowie des Flugdienstbeginns auf die abhängigen Variablen. Die Interaktionen sind nicht statistisch bedeutsam.

Die Flugdienstdauer zeigt bei der Untersuchung der Zwischensubjekteffekte höchst signifikante Wirkung sowohl auf die Gesamtbelastung ( $p$  ( $F = 16.83$ ,  $df = 4$ ) =  $.000$ ) als auch auf die Müdigkeit ( $p$  ( $F = 19.366$ ,  $df = 4$ ) =  $.000$ ) bei hoher Effektstärke. Der Rang und der Dienstbeginn haben bei kleiner Effektstärke signifikanten Einfluss auf die Müdigkeit, nicht aber auf die Gesamtbelastung. Generell zeigt sich bei länger werdenden Flugdienstzeiten eine signifikante Erhöhung der Müdigkeit und Gesamtbelastung an den Dienstenden unabhängig vom Rang.

Tabelle 10.8: Multivariate, dreifaktorielle Varianzanalyse für die Müdigkeit (FAT-Skala) und die ‚Gesamtbelastung des Tages‘ am Dienstende als abhängige Variable und dem Flugdienstbeginn, der Flugdienstdauer sowie dem Rang als unabhängige Variablen.

Quelle der Varianz	df	Prüfgröße F	Signif.	Partielles Eta- Quadrat
<b>Multivariate Tests für ‚Gesamtbelastung‘ und ‚FAT‘-Skala:</b>				
Rang	2	2.449	.087	.007
Flugdienstbeginn (DB)	10	2.618**	.004	.018
Flugdienstdauer	8	12.485***	.000	.065
DB * Flugdienstdauer	38	.955	.548	.025
DB * Rang	10	1.021	.423	.007
Flugdienstdauer * Rang	8	1.800	.073	.010
Flugdienstdauer * DB* Rang	34	1.213	.187	.028
<b>Zwischensubjekteffekte:</b>				
<b>Korrigiertes Modell:</b>				
Gesamtbelastung	55	5.088***	.000	.281
FAT_DE	55	4.066***	.000	.238
<b>Rang:</b>				
Gesamtbelastung	1	2.815	.094	.004
FAT_DE	1	4.010	.046	.006
<b>Flugdienstbeginn (DB):</b>				
Gesamtbelastung	5	1.500	.187	.010
FAT_DE	5	3.551**	.004	.024
<b>Flugdienstdauer:</b>				
Gesamtbelastung	4	19.366***	.000	.098
FAT_DE	4	16.830***	.000	.086
<b>Fehler:</b>				
Gesamtbelastung	715	(333.201)		
FAT DE	715	(10.204)		

Anmerkung: \*\*) bedeutet  $p \leq .01$ . \*\*\*)  $p < .001$ . Werte in Klammern repräsentieren die mittleren Quadratfehler. FAT\_DE = FAT-Skala zu Dienstende.

## 10.9 Müdigkeit und Gesamtbelastung in Abhängigkeit von unterschiedlichen Flugdienstlängen

Zur Überprüfung der Unterschiede in der Gesamtbelastung und Müdigkeit durch eine zunehmende Flugdienstdauer, werden für die fünf Faktorstufen der Flugdienstdauer sowohl für die Müdigkeit als auch für die Gesamtbelastung Mehrfachvergleiche post hoc über Bonfferoni-Tests durchgeführt. Die Ergebnisse sind in Tabelle 10.9.1 und Tabelle 10.9.2 dargestellt. Nach einer Flugdienstzeit von 11 h bis 12 h unterscheidet sich die Müdigkeit signifikant von der nach kürzeren Flugdienstzeiten (Tabelle 10.9.1).

Die paarweisen Vergleiche der Tabelle 10.9.2 zeigen, dass die Gesamtbelastung am Dienstende bei einer Flugdienstdauer von < 7 Stunden im Vergleich zu Flugdienstzeiten, die länger als 7 Stunden andauern, signifikant geringer ist.

Tabelle 10.9.1: Mehrfachvergleiche nach Bonferroni für die Müdigkeit (FAT-Skala) in Abhängigkeit von der Flugdienstdauer.

Flugdienstdauer I	Flugdienstdauer J	Mittlere Differenz I-J	Signif.	95% Konfidenzintervall für die Differenz	
Faktorstufen	Faktorstufen	„FAT“-Skala		Untergrenze	Obergrenze
< 7 h	7 h bis 8 h	-1.87***	.000	-2.86	-.88
	9 h bis 10 h	-2.69***	.000	-3.67	-1.71
	11 h bis 12 h	-4.20***	.000	-5.24	-3.15
	13 h bis 14 h	-4.52***	.000	-6.84	-2.20
7 h bis 8 h	< 7 h	1.87***	.000	.88	2.86
	9 h bis 10 h	-.82	.063	-1.66	.02
	11 h bis 12 h	-2.33***	.000	-3.25	-1.41
	12 h bis 14 h	-2.65**	.010	-4.91	-.39
9 h bis 10 h	< 7 h	2.69***	.000	1.71	3.67
	7 h bis 8 h	.82	.063	-.02	1.66
	11 h bis 12 h	-1.51***	.000	-2.42	-.59
	13 h bis 14 h	-1.83	.229	-4.09	.43
11 h bis 12 h	< 7 h	4.20***	.000	3.15	5.24
	7 h bis 8 h	2.33***	.000	1.41	3.25
	9 h bis 10 h	1.51***	.000	.59	2.42
	13 h bis 14 h	-.32	1.000	-2.61	1.97
13 h bis 14 h	< 7 h	4.52***	.000	2.20	6.84
	7 h bis 8 h	2.65**	.010	.39	4.91
	9 h bis 10 h	1.83	.229	-.43	4.09
	11 h bis 12 h	.32	1.000	-1.97	2.61

Anmerkung: \*\* bedeutet, die mittlere Differenz ist auf der Stufe  $p \leq .01$  signifikant. \*\*\* bedeutet, die mittlere Differenz ist auf der Stufe  $p < .001$  signifikant.

Tabelle 10.9.2: Mehrfachvergleiche nach Bonferroni für die ‚Gesamtbelastung des Tages‘ in Abhängigkeit von der Flugdienstdauer.

Flugdienstdauer I	Flugdienstdauer J	Mittlere Differenz I-J	Signif.	95% Konfidenzintervall für die Differenz	
Faktorstufen	Faktorstufen	Gesamtbelastung		Untergrenze	Obergrenze
< 7 h	7 h bis 8 h	-17.35***	.000	-23.00	-11.70
	9 h bis 10 h	-22.16***	.000	-27.76	-16.56
	11 h bis 12 h	-26.44***	.000	-32.43	-20.45
	13 h bis 14 h	-27.78***	.000	-41.02	-14.53
7 h bis 8 h	< 7 h	17.35***	.000	11.70	23.00
	9 h bis 10 h	-4.80	.051	-9.63	.02
	11 h bis 12 h	-9.09***	.000	-14.35	-3.82
	12 h bis 14 h	-10.42	.236	-23.36	2.51
9 h bis 10 h	< 7 h	22.16***	.000	16.56	27.76
	7 h bis 8 h	4.80	.051	-.02	9.63
	11 h bis 12 h	-4.28	.210	-9.49	.93
	13 h bis 14 h	-5.62	1.000	-18.53	7.30
11 h bis 12 h	< 7 h	26.44***	.000	20.45	32.43
	7 h bis 8 h	9.09***	.000	3.82	14.35
	9 h bis 10 h	4.28	.210	-.93	9.49
	13 h bis 14 h	-1.34	1.000	-14.42	11.75
13 h bis 14 h	< 7 h	27.78***	.000	14.53	41.02
	7 h bis 8 h	10.42	.236	-2.51	23.36
	9 h bis 10 h	5.62	1.000	-7.30	18.53
	11 h bis 12 h	1.34	1.000	-11.75	14.42

Anmerkung: \*\*\* bedeutet, die mittlere Differenz ist auf der Stufe  $p < .001$  signifikant.

Den Abbildungen 10.9 a und 10.9 b ist der ansteigende Verlauf der Müdigkeit und der Gesamtbelastung bei ansteigender Flugdienstdauer zu entnehmen. Die mittlere Belastung (Wert > 50) ist bereits nach einer Flugdienstzeit ab > 7 Stunden erreicht (Abbildung 10.9 b). Der kritische Wert von > 12 bei der FAT-Skala wird ab einer Flugdienstdauer von  $\geq 11$  Stunden überschritten (Abbildung 10.9 a).

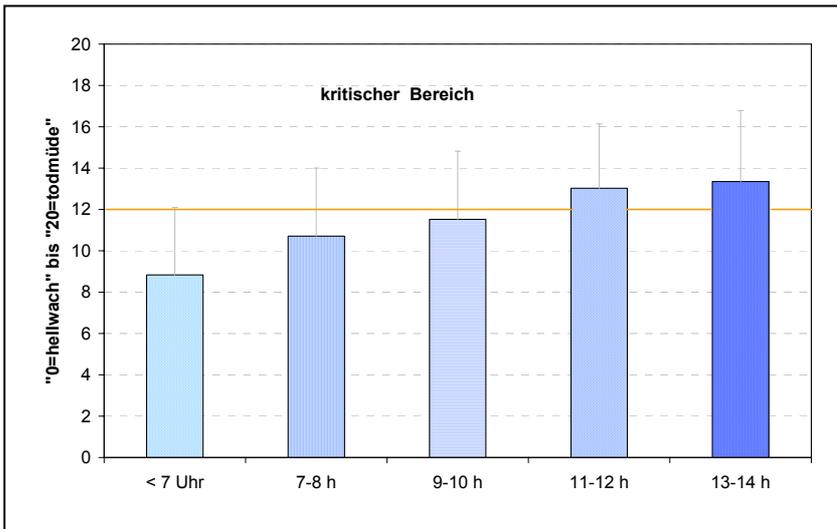


Abbildung 10.9 a: Subjektive Müdigkeit am Dienste in Abhängigkeit von der Flugdienstdauer. Kritischer Bereich nach Samn & Perelli (1982) ab Werte > 12 der FAT-Skala.

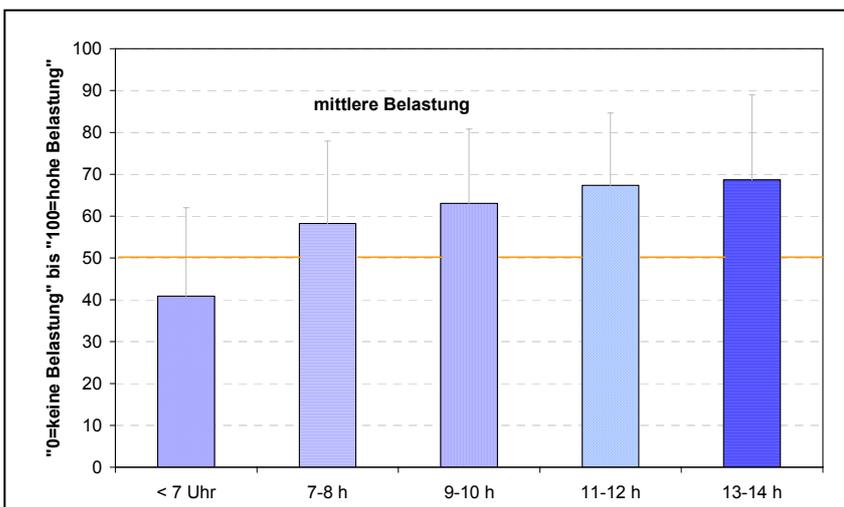


Abbildung 10.9 b: Subjektive ‚Gesamtbelastung des Tages‘ am Dienste in Abhängigkeit von der Flugdienstdauer. Mittlere Belastung entspricht dem Wert = 50. Höhere Belastung entspricht Werte > 50.

## 11 Paper-Pencil-Fragebogen

Durch die zusätzlichen Befragungen mit den Paper-Pencil-Fragebögen werden relevante psychosoziale Randbedingungen wie physische und psychosoziale Aspekte oder situative Merkmale der Piloten (N = 28) erfasst, die bei den täglichen Erhebungen durch den PDA nicht berücksichtigt wurden. Zur Analyse werden aus den Fragebögen spezifische Bereiche ausgewählt und im Folgenden dargestellt, die für diese Untersuchung bedeutsam sind.

### 11.1 Analysen aus dem Fragebogen zur Erfassung des Gesundheitsverhaltens (FEG)

Aus dem Fragebogen des Gesundheitsverhaltens von Dlugosch (1995) wurden Skalen und Items zur Erfassung des ‚Allgemeinen Wohlbefindens‘, der ‚Lebenszufriedenheit‘, der Bewegungsaktivitäten und der Ernährung zur Analyse herangezogen.

#### 11.1.1 Allgemeines Wohlbefinden

Im Folgenden werden die Skalen und Items zum ‚Wohlbefinden‘ und zur ‚Lebenszufriedenheit‘ ausgewertet. Das Antwortformat liegt für die Items ‚Lebenszufriedenheit‘ und ‚augenblickliches Wohlbefinden‘ siebenstufig von „-3 = „äußerst unzufrieden“ bzw. „sehr unwohl“ bis +3 = „äußerst zufrieden“ bzw. „sehr wohl“ vor. Die Skala ‚Wohlbefinden‘, die sich aus sieben Bereichen zusammensetzt, ist auf einer fünfstufigen Skalierung zu beurteilen, die von ‚Bereich trägt zur Zufriedenheit und Wohlbefinden‘ „1 = gar nicht“ bis „5 = sehr“ bei‘ reicht. Ebenso ist die Skala ‚Probleme‘ (acht Bereiche) auf einer fünfstufigen Skalierung von „1 = gar nicht“ bis „5 = sehr“ einzuschätzen, ob es in bestimmten Bereichen Probleme und Schwierigkeiten gibt. Die Antwortalternative im FEG „Bereich trifft für mich nicht zu“ bleibt in der Auswertung unberücksichtigt.

Die Tabelle 11.1.1 zeigt die durch die Pilotenstichprobe eingeschätzte ‚Lebenszufriedenheit‘ und das ‚augenblickliche Wohlbefinden‘. 68% geben an im Allgemeinen mit ihrem Leben „sehr zufrieden“ zu sein. 4% sind „äußerst zufrieden“ und 14% „weder zufrieden noch unzufrieden“ bis „eher unzufrieden“.

Das augenblickliche Wohlbefinden schätzten 47% mit „sehr wohl“ bis „äußerst wohl“ ein. 40% gaben bei der Einschätzung des augenblicklichen Wohlbefindens „weder wohl noch unwohl“ bis „eher wohl“ an. Die restlichen 15% fühlten sich „sehr unwohl“ bis „eher unwohl“.

Tabelle 11.1.1: Beurteilung der Items ‚Lebenszufriedenheit‘ und ‚augenblickliches Wohlbefinden‘ aus dem Fragebogen zur Gesundheitserfassung (FEG) von Dlugosch & Krieger, 1995.

Items	Siebenstufige Skalierung der Items aus dem FEG						
	-3=„äußerst unzufrieden“	-2=„sehr unzufrieden“	-1=„eher unzufrieden“	0= „weder /noch“	1=„eher zufrieden“	2=„sehr zufrieden“	3=„äußerst zufrieden“
Lebens-zufriedenheit	-	-	7%	7%	14%	68%	4%
Augenblickl. Wohlbefinden	-3 = „äußerst unwohl“	-2 = „sehr unwohl“	-2=„eher unwohl“	0= „weder /noch“	1 = „eher wohl“	2 = „sehr wohl“	3 = „äußerst wohl“
Angaben in Prozent	-	4%	11%	4%	36%	43%	4%

Welche Bereiche zur Lebenszufriedenheit und Wohlbefinden beitragen zeigt die Abbildung 11.1.1 a. Die Arbeit/Beruf ist für die Piloten mit 15.4% der wichtigste Bereich, der zur Zufriedenheit und zum Wohlbefinden beiträgt. Auch die Freizeit (15.4%) und die Wohnsituation (15.1%) tragen mit einem ähnlich großen Anteil dazu bei. Die Finanzielle Situation und Freunde/Bekannte leisten nach Einschätzung der Pilotenstichprobe den drittgrößten Beitrag zur Zufriedenheit und zum Wohlbefinden. Die Ehe/Partnerschaft trägt mit einem Anteil von 13.8% und der Bereich Familie/Kinder mit 11.3% zur Zufriedenheit und Wohlbefinden bei.

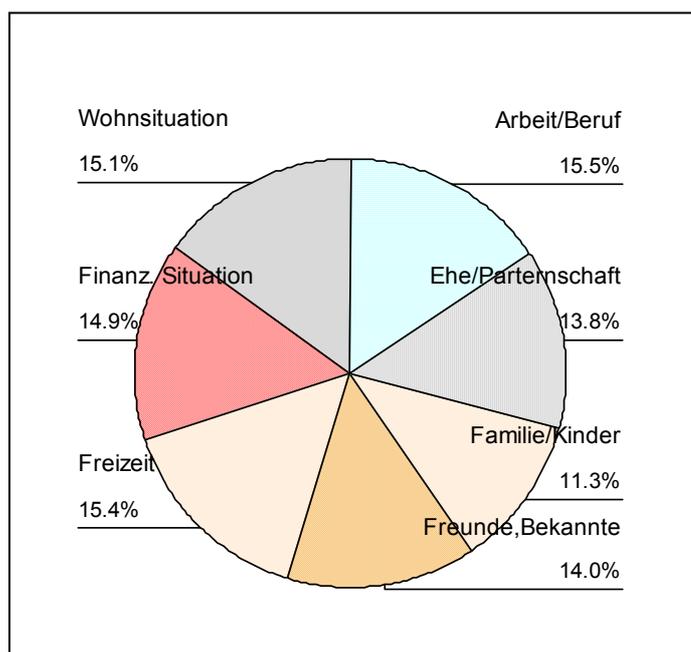


Abbildung 11.1.1 a: Prozentuale Verteilung der Bereiche, die zur Zufriedenheit und Wohlbefinden beitragen.

Die Angaben zu den Lebensbereichen, in denen der Wunsch nach Veränderung besteht, ist der Abbildung 11.1.1 b zu entnehmen. Den größten Anteil, in dem Veränderungen erwünscht werden, trägt der Bereich Freizeit (24.4%). Veränderungswünsche im Bereich Gesundheitszustand tragen mit 14.6% den zweitgrößten Anteil. Veränderungen in der Arbeit/Beruf, der Wohnsituation und bei Freunde/Bekannte sowie in der Ehe/Partnerschaft werden anteilig mit 12.2% gewünscht. Weniger Veränderung wird im Bereich Familie/Kinder, ‚sonstige Umstände‘ (4.9%) und in der finanziellen Situation (2.4%) gewünscht.

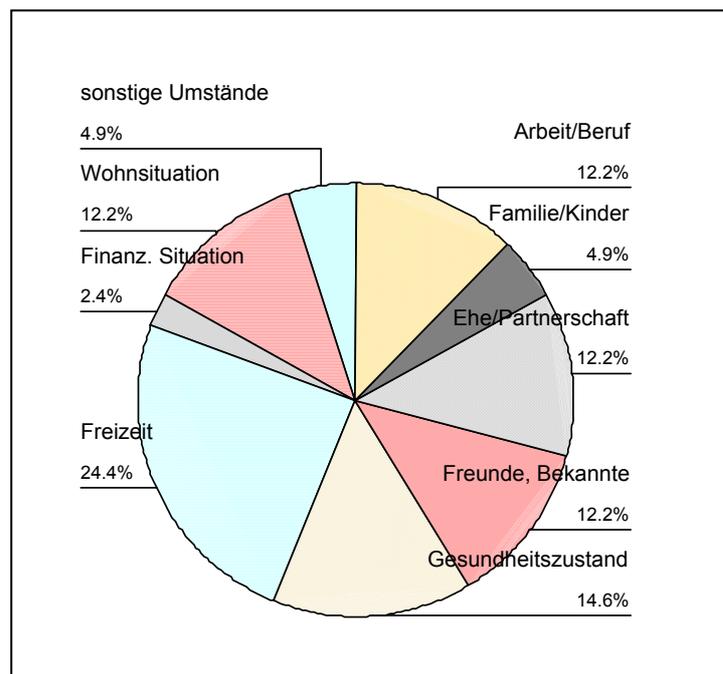


Abbildung 11.1.1 b: Prozentuale Verteilung der Änderungswünsche in verschiedenen Lebensbereichen.

### 11.1.2 Allgemeines Wohlbefinden stratifiziert nach Alter

Die Pilotenstichprobe wurde nach Alter stratifiziert, um einen Vergleich zwischen den Alterskategorien der Pilotenstichprobe als auch mit der Normstichprobe aus dem FEG (N = 367 Männer) zu ermöglichen. Statistisch bedeutsame Einzelvergleiche werden nur mit der Pilotenstichprobe vorgenommen, da keine Daten der Normstichproben vorhanden sind. Eine hinreichende Normalverteilung der abhängigen Variablen ist durch den KS-Test widerlegt. Deshalb erfolgen die Einzelvergleiche zwischen den Alterskategorien der Pilotenstichprobe mit dem

Mann-Whitney U-Test für unabhängige Stichproben. Die Tabelle 11.1.2 fasst die Ergebnisse der Mann-Whitney U-Tests für paarweise Vergleiche der Alterskategorien bezüglich der subjektiven Beurteilung der Items und Skalen aus dem FEG zusammen.

Lediglich das Item ‚Lebenszufriedenheit‘ zeigt nach der Bonferroni-Korrektur einen signifikanten Unterschied zwischen dem Lebensalter von 30-40 Jahren und dem Lebensalter von 41-50 Jahren ( $Z = -2.185$ ;  $p = .019$ ). Die Abbildung 11.1.2 a verdeutlicht den signifikanten Unterschied durch eine höhere Lebenszufriedenheit der Piloten in der Alterskategorie von 41-50 Jahren.

Tabelle 11.1.2: Ergebnisse des Mann-Whitney U-Tests für paarweise Vergleiche der Alterskategorien der Pilotenstichprobe bezüglich der subjektiven Beurteilung der Items ‚Lebenszufriedenheit‘ und ‚Augenblickliches Wohlbefinden‘ und der Skalen ‚Probleme‘ und ‚Wohlbefinden‘ aus dem FEG.

Paarvergleiche zwischen den Alterskategorien	Item Lebenszufriedenheit	Item Augenblickl. Wohlbefinden	Skala Probleme	Skala Wohlbefinden
<b>Mittlerer Rang: Alter &lt; 30 vs. 30-40</b>	13.00	11.96	10.08	11.00
Z-Werte	-1.383	-0.386	-1.241	0
Sign.	.167	.700	.215	1
<b>Mittlerer Rang: Alter &lt; 30 vs. 41-50</b>	8.38	9.54	9.08	8.96
Z-Werte	-1.738	-0.050	-1.081	-1.288
Sign.	.082	.960	.280	.197
<b>Mittlerer Rang: Alter 30-40 vs. 41-50</b>	6.75	8.30	9.00	7.50
Z-Werte	-2.185*	-0.234	0	-1.070
Sign.	<b>.016</b>	.815	1.000	.285

Anmerkung: Nach Bonferroni-Korrektur ist  $\alpha/3 = .017$ . \* bedeutet  $p \leq .017$ .

Zudem zeigt die Abbildung 11.1.2 a die eingeschätzten Mittelwerte der Pilotenstichprobe im Vergleich zur Normstichprobe des FEG. Tendenziell zeichnet sich für die Pilotenstichprobe in allen Alterskategorien im Vergleich zur Normstichprobe höhere Lebenszufriedenheit und ein höheres Wohlbefinden ab.

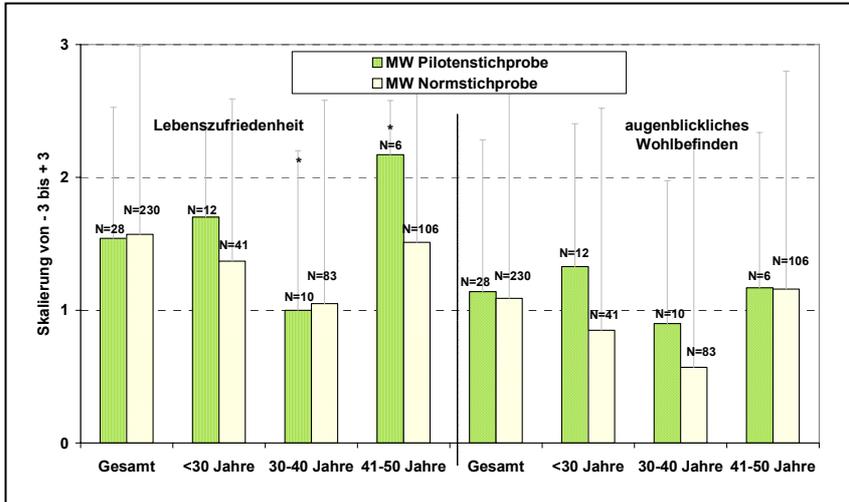


Abbildung 11.1.2 a: Itemvergleich zwischen der Piloten- und der männlichen Normstichprobe des FEG. Skalenmittelwert der Items: - 3 = „äußerst unzufrieden“ bzw. „sehr unwohl“ bis + 3 = „äußerst zufrieden“ bzw. „sehr wohl“. MW = Mittelwert.\* bedeutet  $p < .05$ . Die Kategorie ‚Gesamt‘ beinhaltet alle Alterskategorien einer Stichprobe.

Aus den dargestellten Mittelwerten der Skala ‚Wohlbefinden‘ in Abbildung 11.1.2 b ist ein durchgehend ähnlich hohes Niveau bei beiden Stichproben in allen Alterskategorien zu erkennen (linker Abschnitt). Die Skala ‚Probleme‘ wird von der Pilotenstichprobe in allen Altersgruppen mit „2 = im Bereich gibt es kaum Probleme/Schwierigkeiten“ beurteilt. Die Normstichprobe aus dem FEG beurteilt die Skala ‚Probleme‘ generell höher als die Pilotenstichprobe (siehe Abbildung 11.1.2 b rechter Abschnitt).

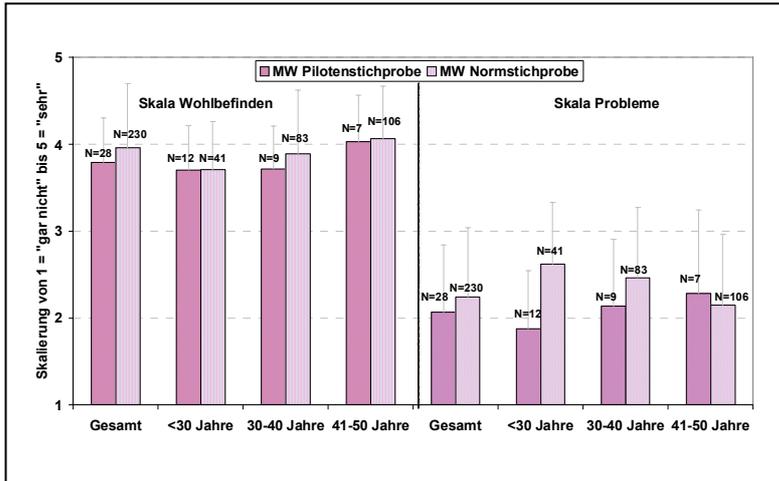


Abbildung 11.1.2 b: Skalenvergleich zwischen der Piloten- und Normstichprobe des FEG. Skalennittelwert der Items: „1= gar nicht“ bis „5 = Bereich trifft sehr zu“. MW = Mittelwert. ‚Gesamt‘ beinhaltet alle Alterskategorien einer Stichprobe.

### 11.1.3 Zufriedenheit mit der Bewegungsaktivität

Auf die Frage nach der Häufigkeit an Bewegung an einem gewöhnlichen Wochentag auf einer fünfstufigen Skalierung von „1 = sehr wenig“ bis „5 = sehr viel“ antworten 29% der Piloten mit „sehr wenig“ bis „wenig“ Bewegung. 42% beurteilen ihre Bewegung als „weder wenig noch viel“. 29% meinen „viel“ bis „sehr viel“ Bewegung an einem Wochentag zu haben (Abbildung 11.1.3 a).

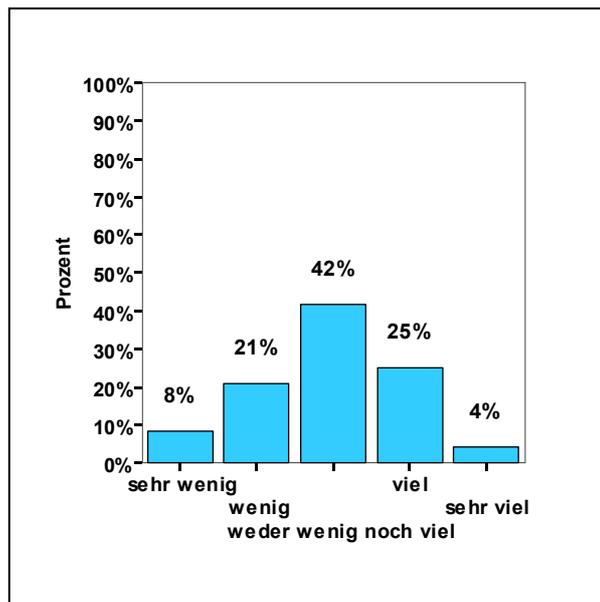


Abbildung 11.1.3 a: Wie viel Bewegung haben Sie an einem gewöhnlichen Wochentag?

Der Wunsch nach mehr Bewegung im Alltag und nach regelmäßigem Sport sollte auf einer fünfstufigen Skalierung von „1 = trifft nicht zu“ bis „5 = trifft genau zu“ eingeschätzt werden. Auf die Frage „Was möchten Sie gerne an Ihrer sportlichen Aktivität verändern?“ geben die Piloten mit durchschnittlicher Skalenbewertung von 3.9 den Wunsch nach mehr Bewegung im Alltag und mit 4.2 nach regelmäßigem Sport an. Der Abbildung 11.1.3 b sind die durchschnittlichen Angaben zur Befragung nach ‚mehr Bewegung im Alltag und nach ‚regelmäßigem Sport‘ zu entnehmen.

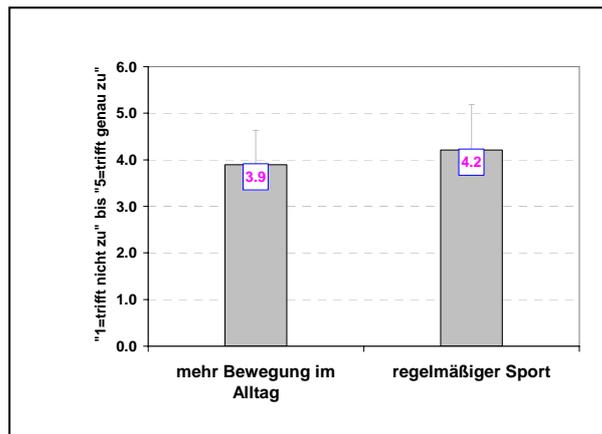


Abbildung 11.1.3 b: Was möchten Sie gerne an Ihrer sportlichen Aktivität verändern?

#### 11.1.4 Zufriedenheit mit der Ernährung

Die Zufriedenheit mit der Ernährung wurde auf einer siebenstufigen Skalierung von „-3 = äußerst unzufrieden“ bis „+3 = äußerst zufrieden“ eingeschätzt. Die Angaben zur Zufriedenheit mit der Ernährung in Prozent sind in der Tabelle 11.1.4 dargestellt. 61% der Piloten sind mit ihrer Ernährung „zufrieden“ bis „eher zufrieden“. 10% geben an, weder zufrieden noch unzufrieden zu sein. 22% sind mit ihrer Ernährung „eher unzufrieden“ bis „unzufrieden“ und 7% „äußerst unzufrieden“. Die Kategorie „äußerst zufrieden“ entfällt.

Tabelle 11.1.4: Angaben zur Zufriedenheit mit der Ernährung.

Items	Siebenstufige Skalierung der Items aus dem FEG						
	-3 = „äußerst unzufrieden“	-2= „eher unzufrieden“	-1= „unzufrieden“	0= „weder/noch“	1= „zufrieden“	2= „eher zufrieden“	3= „äußerst zufrieden“
Angaben in Prozent	7%	4%	18%	10%	32%	29%	-

#### 11.1.4.1 Änderungswünsche in der Ernährung

Änderungswünsche im Bereich Ernährung sollten die Piloten auf einer fünfstufigen Skalierung von „1 = trifft nicht zu“ bis „5 = trifft genau zu“ beurteilen. Die Abbildung 11.1.4.1 gibt die Bereiche in prozentualen Anteilen wieder, in denen eine Änderung gewünscht wird. Regelmäßiges Essen (19.8%) und ‚mehr Zeit nehmen‘ (19.6%) entsprechen dem größten Anteil erwünschter Änderungen. Auch der Wunsch nach ‚gesünder essen‘ ist mit 19.0% anteilig groß. Abnehmen, weniger essen und ‚weniger zwischendurch‘ werden mit einem prozentualen Anteil von 13% bis 14% als Veränderung gewünscht.

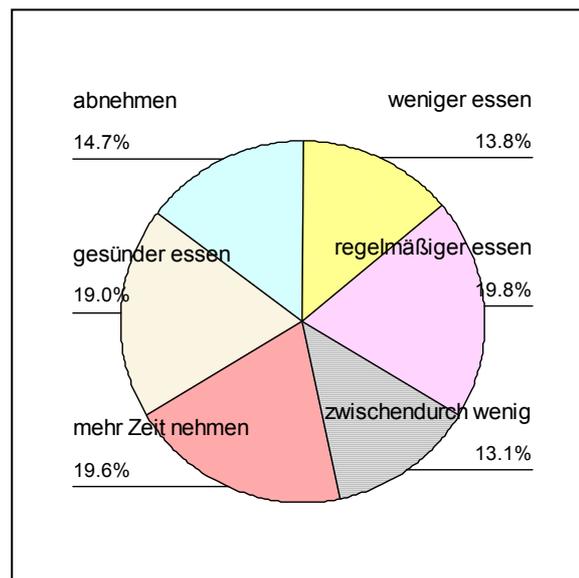


Abbildung 11.1.4.1: Prozentuale Verteilung der Änderungswünsche im Bereich Ernährung.

#### 11.1.4.2 Ausgewogene Ernährung

Die Frage nach der Möglichkeit einer ausgewogenen Ernährung zu Hause, im Dienst und an Layovertagen wurde über den Allgemeinen Fragebogen beantwortet. Die Tabelle 11.1.4.2 a zeigt die prozentuale Häufigkeitsverteilung durch ein dreistufiges Antwortformat „1 = ja“, „2 = teilweise“ und „3 = nein“. Die Möglichkeit, sich zu Hause ausgewogen zu ernähren wird von 86% der Piloten mit „ja“ angegeben. Hingegen sehen 55% der Piloten keine Möglichkeit einer ausgewogenen Ernährung im Dienst. Die Kategorie „ja“ *im Dienst* wurde gar nicht angegeben. Für 45% ist eine ausgewogene Ernährung im Dienst teilweise möglich. Im Layover geben 10% an, dass eine ausgewogene Ernährung möglich sei.

Tabelle 11.1.4.2 a: Prozentuale Verteilung der Beurteilung zur ausgewogenen Ernährung.

Angaben in Prozent	Möglichkeit einer ausgewogenen Ernährung		
	ja	teilweise	nein
Zu Hause	86%	3%	11%
Im Dienst	-	45%	55%
Im Layover	10%	4%	86%

Wie wichtig eine ausgewogene Ernährung zu Hause, im Dienst oder an Layovertagen ist, beurteilten die Piloten über eine 5-stufige Skalierung von „1 = nicht“ bis „5 = sehr wichtig“ (siehe Tabelle 11.1.4.2 b). Eine ausgewogene Ernährung ist für 93% der Piloten zu Hause „ziemlich“ bis „sehr“ wichtig, im Dienst und im Layover für 86% der Piloten. Die Kategorie „mittel“ gaben für ‚zu Hause‘ 7%, für ‚im Dienst‘ 24% und für ‚im Layover‘ 14% der Piloten an. Die Kategorien „nicht“ und „wenig“ wurde zur Beurteilung nicht herangezogen.

Tabelle 11.1.4.2 b: Prozentuale Verteilung der Beurteilung der Wichtigkeit einer ausgewogenen Ernährung für das Wohlbefinden.

Angaben in Prozent	<b>Wichtigkeit einer ausgewogenen Ernährung für das Wohlbefinden</b>				
	1=nicht	2=wenig	3=mittel	4=ziemlich	5=sehr
Zu Hause	-	-	7%	45%	48%
Im Dienst	-	-	24%	31%	45%
Im Layover	-	-	14%	45%	41%

### 11.1.5 Freizeitverhalten und Pflege von Sozialkontakten

Die Beurteilung darüber inwieweit die Piloten ihre gewohnten Freizeitaktivitäten in dienstfreien Zeiten zu Hause und an Layovertagen nachgehen können und wie wichtig die Aufrechterhaltung sozialer Kontakte an dienstfreien Tagen und an Layovertagen ist, wurde mittels einer dreistufigen Skalierung „1 = ja“, „2 = teilweise“ und „3 = nein“ vorgenommen. Die Tabelle 11.1.5 gibt die prozentuale Verteilung des dreistufigen Antwortformats „1 = ja“, „2 = teilweise“ und „3 = nein“ wieder.

Tabelle 11.1.5: Prozentuale Verteilung der Beurteilung der Wichtigkeit von Freizeitaktivitäten und Sozialkontakten zu Hause und im Layover.

Angaben in Prozent	<b>Freizeitaktivitäten</b>		
	1=ja	2=teilweise	3=nein
Zu Hause	24%	72%	4%
Im Layover	3%	75%	21%
Angaben in Prozent	<b>Sozialkontakte</b>		
	1=ja	2=teilweise	3=nein
Zu Hause	31%	69%	-
Im Layover	-	55%	45%

### 11.1.6 Sozialkontakte

Wie wichtig die Pflege von sozialen Kontakten ‚zu Hause‘ oder an Layovertagen ist, wurde von den Piloten im ‚Allgemeinen Fragebogen‘ auf einer 5-stufigen Skalierung von ‚1 = nicht‘ bis ‚5 = sehr wichtig‘ eingeschätzt. Die prozentuale Verteilung der Wichtigkeit von Sozialkontakten zu Hause oder an Layovertagen gibt die Tabelle 11.1.6 wieder. Für 79% der Piloten sind Sozialkontakte zu Hause ‚ziemlich‘ bis ‚sehr wichtig‘ und im Layover für 45%. Die Kategorie ‚mittel‘ gaben 17% für zu Hause und 30% für ‚im Layover‘ an. 3% der Piloten beurteilten die Pflege von Sozialkontakten ‚zu Hause‘ mit der Kategorie ‚nicht‘ und 25% der Piloten mit ‚nicht‘ bis ‚wenig‘. Die Kategorie ‚wenig‘ für ‚zu Hause‘ entfiel.

Tabelle 11.1.6: Prozentuale Verteilung der Beurteilung der Wichtigkeit von Sozialkontakten für die Erholung.

	Wichtigkeit von Sozialkontakten für die Erholung				
	1=nicht	2=wenig	3=mittel	4=ziemlich	5=sehr
Zu Hause	3%	-	17%	41%	38%
Im Layover	6%	19%	30%	30%	15%

### 11.2 Arbeitszufriedenheit aus dem ‚Allgemeinen Fragebogen‘

Die Arbeitszufriedenheit wurde mit einem ‚overall Item‘ ‚Wie gerne arbeiten Sie?‘ aus dem ‚Allgemeinen Fragebogen‘ erfragt. Die Beurteilung erfolgte auf einer 5-stufigen Likert-Skalierung von ‚1 = nicht zufrieden‘ bis ‚5 = sehr zufrieden‘. Generell zeigt sich eine hohe Arbeitszufriedenheit sowohl bei den Kapitänen als auch bei den Ersten Offizieren (siehe Abbildung 11.2 a). Der durchschnittlich geschätzte Wert der Skala liegt bei 4.3.

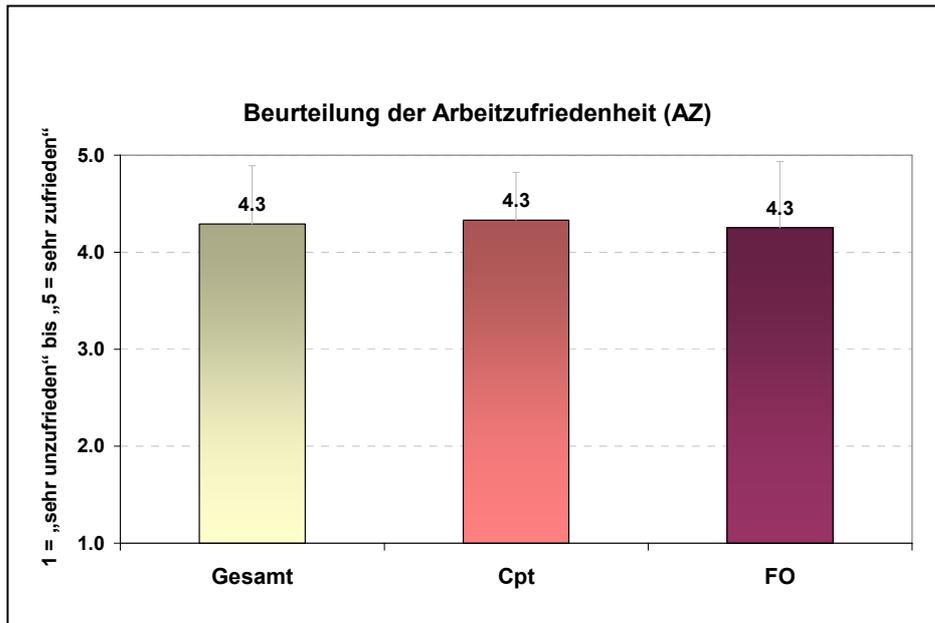


Abbildung 11.2. a: Subjektive Beurteilung der Arbeitszufriedenheit bei einer Skalierung von „1 = sehr unzufrieden“ bis „5 = sehr zufrieden“. Striche über dem Balken entsprechen der Standardabweichung.

Welche Faktoren zur Arbeitszufriedenheit beitragen, war als offene Frage im Allgemeinen Fragebogen zu beantwortet. Die Abbildung 11.2 b zeigt den prozentualen Anteil der geclusterten Faktoren, die für die Arbeitszufriedenheit wichtig sind. Das Arbeitsklima (z.B. Unterstützung; Beziehung zwischen Kollegen und Personal) trägt mit 25.6% als größter Anteil zur Arbeitszufriedenheit bei. Zudem ist die fliegerische Tätigkeit (anspruchsvoller Arbeitsplatz, Fliegen, Reisen, Abwechslung) mit 19.5% als zweitgrößter Teil für die Arbeitszufriedenheit wichtig. Die Kategorie ‚Sonstige‘ ist mit einem Anteil von 14.6 % der drittwichtigste Faktor. Unter ‚Sonstige‘ werden intrinsische Faktoren wie Selbstverwirklichung, Verantwortung, Erfolg, Ansehen, Anerkennung, Unterstützung und Entscheidungsfreiheit verstanden. Die Bezahlung als extrinsischer Faktor trägt mit 12.2 % als viertgrößter Anteil zur Arbeitszufriedenheit bei. Die Dienstplanung (z.B. Dienstplanstabilität, etc.) hat einen Anteil von 9.8 %. Das Umfeld/Arbeitsbedingungen und der Ablauf/Organisation hat mit einem Anteil von 8.5 % Einfluss auf die Arbeitszufriedenheit.

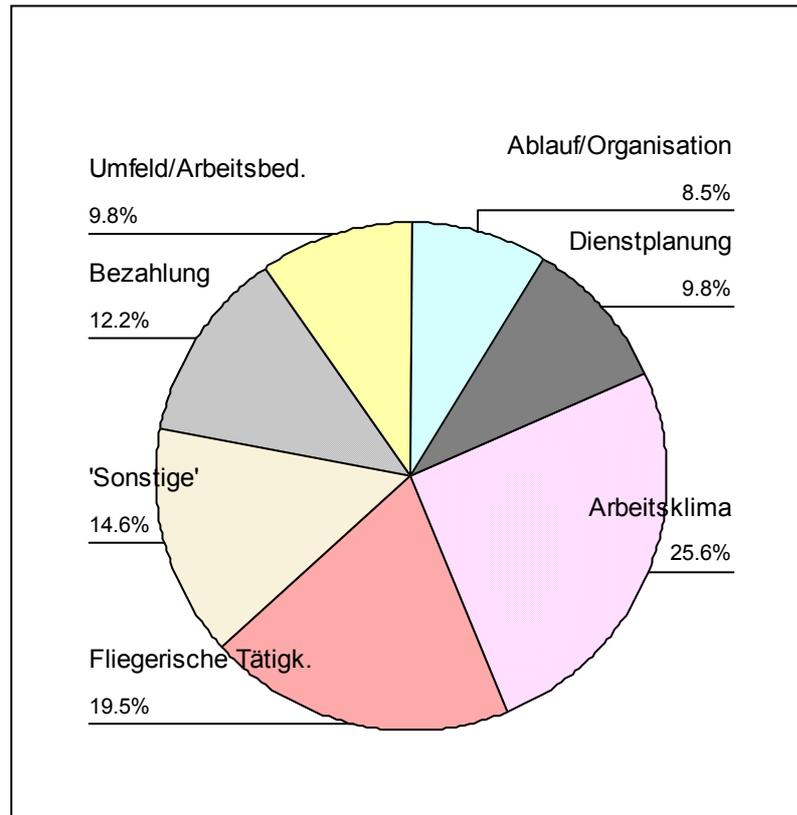


Abbildung 11.2 b: Prozentuale Verteilung der Faktoren, die zur Arbeitszufriedenheit beitragen.

### 11.3 Analysen aus dem Fragebogen des Gesundheitszustandes (SF-12)

Zur Analyse der psychischen und physischen Gesundheit wurde den Piloten der SF-12-Fragebogen von Bullinger und Kirchberger (1998) drei Mal zur Bearbeitung im Abstand von jeweils vier Wochen vorgelegt. Die erste Bearbeitung erfolgte zu Studienbeginn, die zweite nach vier Wochen und die dritte nach weiteren vier Wochen am Studienende.

Untersucht werden Veränderungen in den aus dem SF-12 hervorgehenden ‚Körperlichen‘ und ‚Psychischen Summenskalen‘ über den zeitlichen Verlauf. Beide Summenscores des SF-12 werden durch eine jeweils unterschiedlich gewichtete Transformation der 12 Itemrohwerte des SF-12 gewonnen. Daraus resultiert eine Skalierung von „0“ bis „100“, wobei hohe Werte einem besseren psychischen und körperlichen Wohlbefinden entsprechen. Werte von 50 geben für beide Summenskalen das durchschnittliche Niveau des psychischen und

körperlichen Wohlbefindens wieder. Aufgrund der hinreichenden Normalverteilung der Summenskalen des SF-12 werden zum Paarvergleich T-Tests für gepaarte Stichproben durchgeführt.

Die Tabelle 11.3 gibt die Ergebnisse des Paarvergleichs unter Berücksichtigung der Bonferroni-Korrektur ( $\alpha/3 = .017$ ) wieder. Es zeigen sich weder in der ‚Psychische Summenskala‘ noch in der ‚Körperliche Summenskala‘ signifikante Unterschiede zwischen den drei Messzeitpunkten. Abbildung 11.3 stellt die beiden Summenskalen im Vergleich zwischen der Pilotenstichprobe (N = 28) und der Normstichprobe des SF-12 (N = 2914) und zwischen den 3 Messzeitpunkten dar. Der durchschnittliche Wert beider Skalen verändert sich nicht über die Zeit. Zudem zeigen alle drei Messzeitpunkte bei einem durchschnittlichen Wert von ca. 50 keine bedeutsamen Unterschiede zur Normpopulation aus dem SF-12 (siehe Abbildung 11.3).

Tabelle 11.3: Ergebnisse des t-Tests für den Paarvergleich der Körperlichen und Psychischen Summenskala des SF-12 bezüglich der 3 Messzeitpunkte.

		Gepaarte Differenzen							
		MW	SD	Standard- fehler des Mittelwertes	95% Konfidenzintervall der Differenz		T	df	Sig. (2- seitig)
					Untere	Obere			
Studienbeginn vs. Studienmitte	KSK_1 - KSK_2	-.75	6.709	1.268	-3.35	1.85	-.592	27	.559
Studienbeginn vs. Studienende	KSK_1 - KSK_3	-.79	6.935	1.311	-3.48	1.90	-.599	27	.554
Studienmitte vs. Studienende	KSK_2 - KSK_3	-.04	5.607	1.060	-2.21	2.14	-.034	27	.973
Studienbeginn vs. Studienmitte	PSK_1 - PSK_2	.54	5.897	1.114	-1.75	2.82	.481	27	.635
Studienbeginn vs. Studienende	PSK_1 - PSK_3	.18	6.577	1.243	-2.37	2.73	.144	27	.887
Studienmitte vs. Studienende	PSK_2 - PSK_3	-.36	6.243	1.180	-2.78	2.06	-.303	27	.764

Anmerkung: KSK=Körperliche Summenskala. PSK=Psychische Summenskala. MW=Mittelwert. SD=Standardabweichung. 1= Studienbeginn. 2 = Studienmitte. 3 = Studienende.

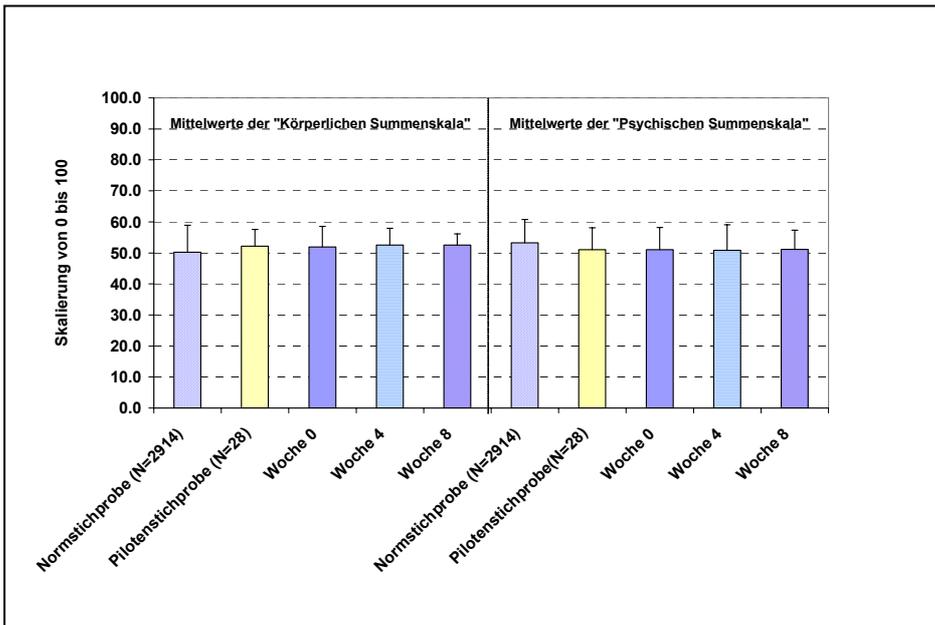


Abbildung 11.3: Körperliche und psychische Summenskala des SF-12 im Vergleich zwischen der Pilotenstichprobe (N = 28) über 3 Messzeitpunkte sowie der Normstichprobe des SF-12 (N = 2914).

#### 11.4 Analysen aus dem Erholungs-Belastungs-Fragebogen (EBF)

Der Erholungs-Belastungs-Fragebogen von Kallus (1995) wurde von den Piloten wöchentlich bearbeitet. Die Items des EBF-24B/3 sind auf einer 7-stufigen Skalierung von „0 = nie“ bis „6 = immerzu“ zu beurteilen. Aus den 24 Items gehen 7 Subskalen zur Belastung und 5 Subskalen zur Erholung hervor, die im Profildiagramm zu 3 Messzeitpunkten (zu Studienbeginn, nach 4 Wochen und nach 8 Wochen) abgebildet sind (siehe Abbildung 11.4). Die ersten 7 Skalen (von oben) im Profildiagramm geben Auskunft über die Belastung, die weiteren 5 Skalen über die Erholung.

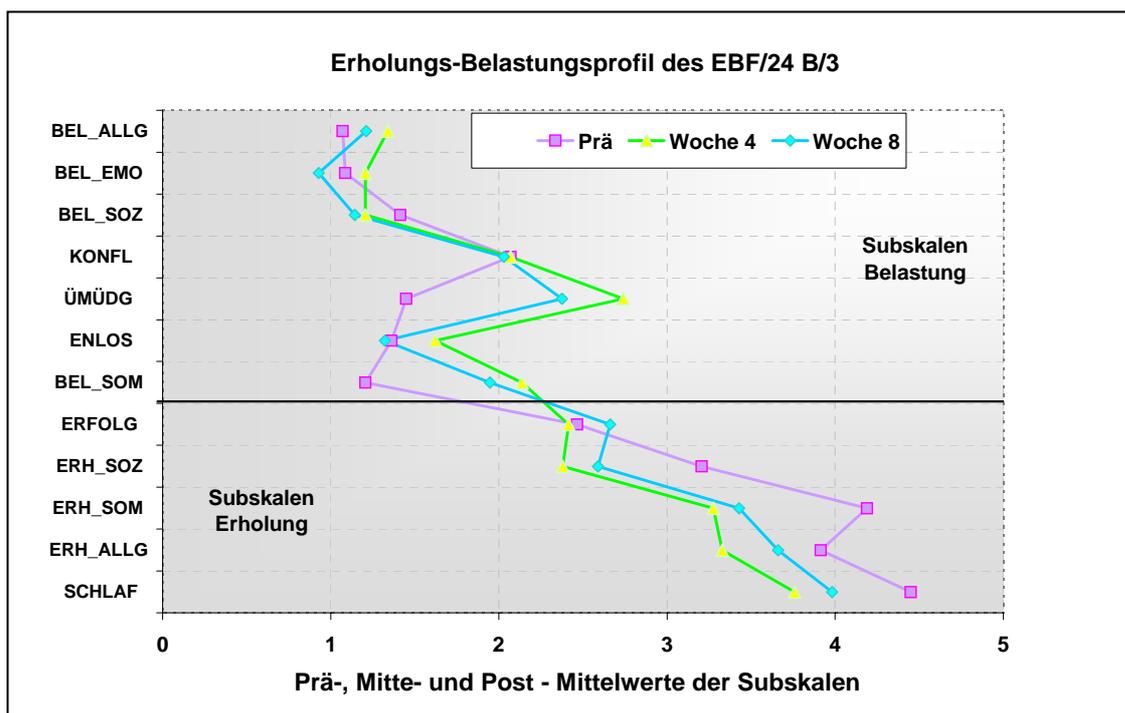


Abbildung 11.4: Mittelwerte der Subskalen des EBF-24/3 zu drei unterschiedlichen Messzeitpunkten (Prä: vor Untersuchungsbeginn, Woche 4: nach 1. Untersuchungsmonat, Woche 8: nach 2. Untersuchungsmonat). Hohe Werte entsprechen mehr Belastung bzw. höheren Erholungsgrad.

Zur Überprüfung von signifikanten Unterschieden zwischen den Messzeitpunkten wird der Wilcoxon-Test aufgrund der nicht normalverteilten Daten der Subskalen verwendet. Im Paarvergleich zeigen sich signifikante Unterschiede in der Subskala *Übermüdung/Zeitdruck*, die im Vergleich zu Beginn und Woche 4 als auch Woche 8 zunimmt (siehe Tabelle 11.4). Auch die *‚Körperlichen Beschwerden‘* werden im Verlauf als signifikant höher eingeschätzt. Insignifikant zeigt sich der Unterschied in allen Subskalen zur Belastung zwischen Woche 4 und 8.

Im Bereich Erholung zeigt sowohl die Subskala *‚Erholung im sozialen Bereich‘* als auch die Subskala *‚Körperliche Erholung‘* signifikante Unterschiede zu Beginn mit Woche 4 und Woche 8. Demnach nimmt die Erholung im sozialen Bereich und die körperliche Erholung über den zeitlichen Verlauf ab. Eine signifikante Abnahme des *‚erholsamen Schlafes‘* ist zwischen Beginn und Woche 4, ein Abnahmetrend zwischen Beginn und Woche 8 zu verzeichnen.

Tabelle 11.4: Ergebnisse des Wilcoxon-Tests für den Vergleich der Subskalen des Erholungs-Belastungs-Fragebogens nach Kallus (1995) zwischen den 3 Messzeitpunkten (Beginn-Mitte-Ende der Studie).

<b>Subskalen Belastung</b>	<b>Prüfgröße Z</b>	<b>Studienbeginn vs. Woche 4</b>	<b>Studienbeginn vs. Woche 8</b>	<b>Woche 4 vs. Woche 8</b>
Allgemeine Belastung (BEL_ALLG)	Z Signif.	BEL_ALLG < BEL_ALLG4 -1.436 .151	BEL_ALLG < BEL_ALLG8 -0.842 .400	BEL_ALLG4 > BEL_ALLG8 -0.871 .384
Emotionale Belastung (BEL_EMO)	Z Signif.	BEL_EMO < BEL_EMO4 -1.127 .260	BEL_EMO > BEL_EMO8 -0.535 .593	BEL_EMO4 > BEL_EMO8 -1.807 .071
Soziale Spannungen (BEL_SOZ)	Z Signif.	BEL_SOZ > BEL_SOZ4 -1.032 .302	BEL_SOZ > BEL_SOZ8 -1.396 .163	BEL_SOZ4 > BEL_SOZ8 -0.302 .763
Ungelöste Konflikte (KONFL)	Z Signif.	KONFL = KONFL4 0.000 1.000	KONFL = KONFL8 -0.175 .861	KONFL4 = KONFL8 -0.225 .822
Übermüdung/Zeitdruck (ÜMÜDG)	Z Signif.	ÜMÜDG < ÜMÜDG4 -3.688*** .000	ÜMÜDG < ÜMÜDG8 -3.125** .002	ÜMÜDG4 > ÜMÜDG8 -1.133 .257
Energielosigkeit (ENLOS)	Z Signif.	ENLOS < ENLOS4 -1.231 .218	ENLOS > ENLOS8 -0.645 .519	ENLOS4 > ENLOS8 -1.806 .071
Körperl. Beschwerden (BEL_SOM)	Z Signif.	BEL_SOM < BEL_SOM4 -3.275** .001	BEL_SOM < BEL_SOM8 -3.405** .001	BEL_SOM4 > BEL_SOM8 -0.735 .462
<b>Subskalen Erholung</b>		<b>Studienbeginn vs. Woche 4</b>	<b>Studienbeginn vs. Woche 8</b>	<b>Woche 4 vs. Woche 8</b>
Erfolg/Leistungsfähigkeit (ERFOLG)	Z Signif.	ERFOLG < ERFOLG4 -0.656 .512	ERFOLG < ERFOLG8 -1.496 .135	ERFOLG4 < ERFOLG8 -1.147 .251
Erholung im sozialen Bereich (ERH_SOZ)	Z Signif.	ERH_SOZ > ERH_SOZ4 -2.884** .004	ERH_SOZ > ERH_SOZ8 -2.707** .007	ERH_SOZ4 < ERH_SOZ8 -0.741 .458
Körperliche Erholung (ERH_SOM)	Z Signif.	ERH_SOM > ERH_SOM4 -3.328** .001	ERH_SOM > ERH_SOM8 -3.503*** .000	ERH_SOM4 < ERH_SOM8 -0.688 .491
Allgemeine Erholung (ERH_ALLG)	Z Signif.	ERH_ALLG > ERH_ALLG4 -2.270 .023	ERH_ALLG > ERH_ALLG8 -0.994 .320	ERH_ALLG4 < ERH_ALLG8 -2.114 .035
Erholsamer Schlaf (SCHLAF)	Z Signif.	SCHLAF > SCHLAF4 -3.297** .001	SCHLAF > SCHLAF8 -3.014** .003	SCHLAF4 < SCHLAF8 -0.816 .415

Anmerkung: Bonferroni-Korrektur  $\alpha/3 = .017$ . \*\*\*  $p < .001$ . \*\*  $p \leq .01$ . Bezeichnungen in Klammern entsprechen den Abkürzungen der Subskalen des EBF.

## 12 Zusammenfassung der Ergebnisse

Zur Prüfung der in dieser Dissertation aufgestellten Annahmen wurde eine Vielzahl von unterschiedlichen Methoden zur Erfassung von psychischen und psychophysiologischen Parametern herangezogen. Die Gültigkeit der erzielten Ergebnisse wird im Folgenden betrachtet. Dabei bilden statistisch bedeutsame Ergebnisse und Trends eine Grundlage zur Schaffung einer wissenschaftlichen Datenbasis über die Belastung, Ermüdung und Erholung des fliegenden Personals auf der Kurzstrecke. Zudem wird ein Beitrag zu einer sachgerechten Diskussion bei Problemen mit Einsatz- und Ruhezeiten geleistet.

Die zusammenfassende Beurteilung der Ergebnisse erfolgt im Zusammenhang mit den auf 3 Ebenen formulierten Hypothesen: der spezifischen Ebene, der Makroebene und der Mikroebene. Eingangs werden die Ergebnisse aus den Hypothesen auf der spezifischen Ebene erläutert. Im zweiten Schritt wird auf die Ergebnisse der Hypothesen der Makroebene eingegangen, die zeitliche, kumulative Veränderungen berücksichtigt. Anschließend werden die Ergebnisse der auf der Mikroebene erstellten Hypothesen zusammenfassend dargestellt, die sich auf akute Effekte der aus dem Flight Log bearbeiteten Daten während der Flugeinsätze beziehen. Schließlich erfolgen eine Darstellung und Bewertung der aus den Paper-Pencil-Fragebögen zusätzlich erfassten Befragungen zu ausgewählten Bereichen wie:

- der Erholung und Belastung (Erholungs-Belastungs-Fragebogen von Kallus (1995)) unter Berücksichtigung von flugspezifischen Daten (Flugdienststunden, Blockstunden, Leganzahl),
- dem Gesundheitsverhalten (Bewegung, Ernährung),
- dem Wohlbefinden,
- der Lebenszufriedenheit,
- der psychischen und physischen Gesundheit (SF-12-Fragebogen von Bullinger & Kirchberger, 1998) und
- der Arbeitszufriedenheit.

Darüber hinaus werden die aus den moderierenden und mediierenden Variablen erstellten Zusammenhangshypothesen erläutert.

## 12.4 Überprüfung der Hypothesen der spezifischen Ebene

### 12.1.1 Schlaf-Wach-Verhalten (globale Schlafparameter) und Flugdienststart

Ausreichender und erholsamer Schlaf ist ein wichtiger Faktor für die Cockpitbesatzungsmitglieder. „Ausgeschlafen sein“ ist nach Angaben der Piloten eine der wichtigsten Voraussetzungen um „fit for duty“ zu sein. Der erwartete signifikante Effekt der Dienstart und des Dienstortes auf die globalen Schlafparameter wie die Gesamtschlafdauer (SPT) und die „Licht aus“ - Zeit konnte vor allem für Layovertage belegt werden. Insbesondere führt das Layover zu einer Reduzierung der Gesamtschlafzeit auf unter 6 Stunden (siehe Abbildung 8.4.1 e). Zu beachten ist, dass die Nacht von einem Layover zum nächsten Flugdienst berücksichtigt wurde. Die verkürzte Nacht beruht auf einer sehr frühen Frühschicht am nächsten Tag nach dem Layover. Das Layover stellt demnach eine extreme Wechselschicht von einem abends spät endenden Dienst mit einem anschließend freien Tag und einem darauf folgenden extrem frühen Flugdienstbeginn dar.

Die Ergebnisse zeigen zudem, dass sich die Schlafdauer an Flugdiensttagen nicht wesentlich von der Gesamtschlafdauer an Offtagen unterscheidet (siehe Abbildung 8.4.1 e). Aufenthalte im Hotel nach Flugeinsätzen verkürzen die Gesamtschlafdauer im Vergleich zu *nach Flugdiensten zu Hause* aufgrund der Einsatzplanung um ca. 49 Minuten, denn oftmals folgt auf eine Hotelübernachtung ein Frühdienst (siehe Anhang 3; Tabelle 8.2). Aufgrund der Schlafhygiene der Piloten, unabhängig vom Rang, ist eine gute Adaption an die gegebenen Umstände im Hinblick auf die Dienstbeginnzeiten zu beobachten. So wird beispielsweise vor einer Frühschicht auch versucht, durch frühes Schlafen gehen ausreichend Schlaf zu erhalten.

### 12.1.2 Globale Schlafparameter und schlafassoziierte Parameter

Betrachtet man die Einschätzung der schlafassoziierten Parameter wie das subjektive Schlafbedürfnis, die Schlafqualität und die Erholung in Abhängigkeit von den globalen Schlafparametern und der Dienstart (vorausgehender Flugdienst versus Offtag nach Erwachen), so zeigt sich vor allem ein Effekt auf die Aufwachzeit und die Gesamtschlafdauer und nicht auf der Dienstart, das heißt, ob ein Offtag oder ein Flugdienstag der morgendlichen subjektiven Beurteilung zur

Schlafqualität, dem Schlafbedürfnis und der Erholung vorausgegangen ist<sup>7</sup>. Generell sinkt das Schlafbedürfnis und wächst die Schlafqualität signifikant, je später die Aufwachzeit ist. Tendenziell ist die Schlafqualität nach einem vorausgehenden Flugdiensttag (selbst bei einer Aufwachzeit von < 4 Uhr) besser als nach einem vorausgehenden Offtag. Das Phänomen liegt wohl weniger an einer erfolgreichen Anpassung an die Frühschicht („early starters“) als an dem wachsenden Schlafdruck durch dienstabhängige frühe Aufwachzeiten (Müller, Hoffmann & Becker-Carus, 1997). Der Einfluss der nächtlichen Aufwachfrequenz auf die schlafassoziierten Parameter ist nicht signifikant (siehe Tabelle 8.7.3).

### 12.1.3 Globale Schlafparameter und Morgen- versus Tagesmüdigkeit

Unabhängig vom Rang fühlen sich die Piloten am Abend nach einem Flugdienst müder als an Offtagen (siehe Abbildung 8.6.1 a und 8.6.3 a). Auch die Morgenmüdigkeit wird nach einem Flugdiensttag höher eingeschätzt als nach einem Offtag (siehe Abbildung 8.6.1 a und 8.6.3 b). Betrachtet man die Morgenmüdigkeit in Abhängigkeit von der Gesamtschlafdauer, dann ist die Morgenmüdigkeit bei reduzierter Schlafdauer höher. Dieser Effekt ist morgens nach vorausgegangenen Flugdiensttagen deutlicher als morgens nach vorausgegangenen Offtagen, außer bei einer Gesamtschlafdauer von < 5 Stunden (siehe Abbildung 8.6.4 a). Hier zeigt sich ein umgekehrter Effekt. Der Zeitpunkt des Erwachens hat, neben der Gesamtschlafdauer, auch einen signifikanten Einfluss auf die Morgenmüdigkeit (siehe Tabelle 8.6.4). Unabhängig von der vorausgegangenen Dienstart, sinkt die Morgenmüdigkeit bei später werdender Aufwachzeit (siehe Abbildung 8.6.4 b). Bei sehr früher Aufwachzeit (< 4 Uhr) zeigt sich tendenziell nach einem Offtag eine höhere Morgenmüdigkeit als nach einem Flugdiensttag. Den Effekt bedingt womöglich der Wechsel nach einem Offtag in einen Flugdienst mit frühem Dienstbeginn, der die Angst zu verschlafen sowie Einschlaf- und/oder Durchschlafschwierigkeiten verursacht.

---

<sup>7</sup> Als Ausgangslage morgendlicher Beurteilungen der abhängigen Variablen wurde die Dienstart (Flugdienst- versus Offtag) des Vortages und nicht die des Morgens, an dem die Beurteilung stattfindet, berücksichtigt.

## 12.2 Überprüfung der Hypothesen auf der Makroebene

### 12.2.1 Gesamtverlauf der Morgenmüdigkeit und der Tagesmüdigkeit

Grundsätzlich ist die Morgenmüdigkeit über den gesamten Messwertverlauf geringer als die Tagesmüdigkeit, die abends vor dem Schlafengehen eingeschätzt wurde. Der Verlauf, der entsprechend erwartet wurde, zeigt sich auch für die Wachheit. Für weitere statistische Analysen muss demnach von keiner gegenläufigen oder mitunter sogar ungewöhnlichen Ausgangslage ausgegangen werden (siehe Abbildung 8.6.1 a). Anzumerken ist, dass über den gesamten Messverlauf die Abendwerte der FAT-Skala, insbesondere nach Flugdiensttagen, oberhalb der 12 Punkte liegen und hier, nach der Ermüdungskategorisierung von Samn und Perelli (1982) der ‚kritische Bereich‘ beginnt, dem zufolge die Ausführung der fliegerischen Tätigkeit nicht mehr empfehlenswert ist (siehe Abbildung 8.9.1 b).

### 12.2.2 Zusammenhänge zwischen den schlafassoziierten Parametern sowie deren Betrachtung über den gesamten Studienverlauf

Der Verlauf der Messwerte der schlafassoziierten Parameter (Schlafqualität, Schlafbedürfnis, Erholung) während der gesamten Aufzeichnung zeigt zu Beginn der Untersuchung eine Abnahme der Schlafqualität und komplementär dazu eine Abnahme der Erholung und eine Erhöhung des Schlafbedürfnisses. Diesen Zusammenhang zwischen den schlafassoziierten Parametern bestätigen auch die signifikanten Zusammenhangsmaße. Während des weiteren Messverlaufs pendeln sich die Werte im Durchschnitt auf einen ‚normalen‘ Bereich ein (siehe Abbildung 8.7.1 a, b).

Die Unterschiede zu Beginn können aus der Adaption an einen aus dem Urlaub beginnenden Flugdienst resultieren. Über den gesamten Untersuchungszeitraum konnten für diese Untersuchung keine kritischen Werte in den schlafassoziierten Parametern (Schlafqualität, Schlafbedürfnis, Erholung) gefunden werden, die auf ein kumulatives Schlafdefizit hinweisen.

Aus arbeitspsychologischer Sicht tritt Erholung nicht nur durch Schlaf ein, sondern stellt zudem ein allgemeingültiges biologisches Phänomen dar, in dem im Anschluss an die Beanspruchung aus einer durchzuführenden Arbeitstätigkeit die

physischen als auch die psychischen Funktionen in den Ausgangszustand zurückkehren (Schönpflug, 1987). Der nichtlineare Trend der Erholung über den gesamten Messverlauf in der deskriptiven Darstellung stützt diese Definition der Erholung und zeigt auf, dass weitere Einflüsse auf die Erholung berücksichtigt werden müssen wie beispielsweise die Anzahl der Flugdienst- und Offtage, die Flugdienstdauer während Flugeinsätzen etc. Ähnliches gilt für die Schlafqualität und das Schlafbedürfnis. Hier sei darauf hingewiesen, dass eine unterschiedliche Betrachtung der schlafassoziierten Parameter zwischen Flugdiensttagen und freien Tagen (Offtagen) über den gesamten Messverlauf (56 Tage) in dieser Arbeit nicht erfolgt ist und eine Analyse hierzu noch aussteht.

### 12.2.3 Gesamtverlauf der Psychomotor Vigilance Task

Die Reaktionsgeschwindigkeit der PVT ist am Abend, sowohl an Flugdiensttagen als auch an Offtagen, langsamer als am Morgen. Der Verlauf der Reaktionsleistung ist in Anbetracht des time-of-day Effekts plausibel, da dieser von einer durch die zirkadiane Rhythmik gesteuerten Leistungskurve ausgeht (Rutenfranz et al., 1988). Über den gesamten Messverlauf betrachtet, hat sich die Annahme einer signifikanten Leistungsverschlechterung über die Zeit bestätigt. Hier könnte man von einem motivationalen Aspekt in der Durchführung der PVT ausgehen, der zur Leistungsverschlechterung geführt hat. Betrachtet man die Anforderungskriterien des Studiendesigns über den langen Zeitraum, dann wäre ein Einbruch in der Motivation denkbar. Allerdings zeigt sich der Trend weniger an Offtagen als an Flugdiensttagen, was das Argument einer sinkenden Motivation entkräftigt (siehe Abbildung 9.2.1.1). Hier bedarf es einer weiteren Überprüfung der Gründe für diese Resultate, wenn der motivationale Aspekt nicht alleine für die Leistungsverschlechterung verantwortlich zu sein scheint (z.B. intraindividuelle Leistungsunterschiede; zufällige Effekte). Der Einfluss der Stichprobe auf die Reaktionsgeschwindigkeit hat sich mit einem Varianzanteil von 65 % bestätigt. Allerdings wirkt sich der Einfluss nicht notwendiger Weise auf den linearen Trend aus.

Die Analyse der Reaktionszeit der abendlichen PVT über den gesamten Verlauf und insbesondere nach Flugdiensttagen hat dahingehend einen hohen Stellenwert, da sie die aus dem Tag resultierende Belastung/Beanspruchung und psychische Ermüdung widerspiegelt (time-on-task Effekt), unabhängig vom time-of-day Effekt (z. B. zirkadiane Rhythmik).

Bemühungen, die Faktoren herauszuheben, die zu diesem kumulativen Effekt der Reaktionszeitzunahme an Flugdiensttagen beitragen, haben gezeigt, dass vor allem die subjektive Müdigkeit eine große Wirkung auf die Leistungsfähigkeit in der PVT hat. Je müder sich die Piloten einschätzen, desto schlechter ist die Reaktionsleistung und das besonders bei einer Müdigkeitseinschätzung von  $> 16$  auf der Müdigkeitsskala von Samn & Perelli (1982) (siehe Abbildung 9.7). Auch das Alter, das hier eher den Rang impliziert, da die Pilotenstichprobe relativ jung ist und den Piloten im ‚höheren‘ Alter entsprechend der Rang eines Kapitäns zugewiesen werden kann, die Anzahl der Flugdiensttage ( $\leq 28$  Flugdiensttage versus  $> 28$  Flugdiensttage) sowie die Aufwachtzeit haben Einfluss auf die abendliche Reaktionsleistung (time-since-sleep Effekt). Zu berücksichtigen ist zudem ein time-on-task Effekt, der eine Leistungsverschlechterung durch die Dauer des Flugdienstes nach sich zieht. Der time-on-task Effekt wird unter den Hypothesen auf der Mikroebene (Punkt 12.3) erläutert.

#### 12.2.4 Intraindividuelle und interindividuelle Vergleich durch Messwiederholung und Blockbildung

Betrachtet man die Morgenmüdigkeit über drei Messzeitpunkte (Studienbeginn, -mitte, -ende), zeigt sich, im Vergleich zum Beginn der Studie, in der Mitte des Untersuchungszeitraumes eine Erhöhung der Morgenmüdigkeit die am Ende wieder abnimmt aber höher als zu Beginn bleibt (siehe Abbildung 8.8.1). Der gleiche Effekt zeigt sich bei der Pilotengruppe mit  $> 28$  Flugdiensttagen, nicht aber bei der Gruppe mit  $\leq 28$  Flugdiensttagen. Hier nimmt die Morgenmüdigkeit sogar eher ab (siehe Abbildung 8.8.2).

Über die drei Messzeitpunkte hinweg nimmt, im Vergleich zum ersten Flugeinsatzblock, tendenziell (nicht signifikant) auch die Tagesmüdigkeit und Gesamtbelastung zu (siehe Abbildung 8.9.7 a, b), wobei sich die beiden Gruppen (Pilotengruppe mit mehr als 28 Flugdiensttagen versus Gruppe mit  $\leq 28$  Flugdiensttagen) nicht signifikant voneinander unterscheiden. Im Trend fühlen sich die Piloten mit mehr als 28 Flugdiensttagen zwar müder (außer im mittleren Abschnitt), aber weniger belastet als die Gruppe mit  $\leq 28$  Flugdiensttagen (siehe Abbildung 8.9.8 a, b). Hier liegt der Schluss nahe, dass beim Gruppensplitting nicht nur die Anzahl der Flugdiensttage, sondern auch die Flugdienstdauer, die Leganzahl und die Blockstunden Einfluss auf die Gesamtbelastung und Tagesmüdigkeit über die Zeit ausüben und berücksichtigt werden müssen. Setzt

man den Fokus auf die Ausgangslage nach dem ersten Flugdienstblock, zeigen sich bereits hier zwischen den beiden Gruppen Unterschiede in der Müdigkeits- und Belastungsbeurteilung (siehe Abbildung 8.9.8 a, b). Der Grund liegt womöglich daran, dass es der Crewplanung nicht möglich war, zum interindividuellen Vergleich die Dienstblöcke für die Piloten exakt gleich (betreffend dem Flugdienstbeginn und -ende, der Flugdienstdauer und Blockstunden) zu gestalten. Zudem führt derselbe Umlauf, aufgrund von unterschiedlichen operationellen Voraussetzungen (z.B. Verspätungen; schlechtes Wetter), nicht unbedingt zur selben Belastung und/oder Ermüdung.

Ungeachtet der Gruppenunterscheidung fühlen sich die Piloten insgesamt im Vergleich zum Studienbeginn nur im mittleren Abschnitt der Studie (nach vier Wochen) signifikant abends müder (siehe Tabelle 8.9.6), was sich durch die Anzahl der Block- und Flugstunden sowie der Leganzahl erklären lässt, die im 1. Abschnitt (ersten vier Wochen) durchschnittlich höher lag als im 2. Studienabschnitt (Woche 5 bis Woche 8) (siehe Abbildung 7.6.1 und Abbildung 7.7).

Die morgendliche Reaktionsleistung der Piloten in der PVT weist, unabhängig von der Anzahl der Flugdiensttage (Pilotengruppe mit mehr als 28 Flugdiensttagen versus Gruppe mit  $\leq 28$  Flugdiensttagen), eine signifikante Leistungsverschlechterung über die 3 Messzeitpunkte hinweg auf (siehe Abbildung 9.5.1).

### 12.3 Überprüfung der Hypothesen auf der Mikroebene

Bei der Frage, welche Faktoren denn besonders zur Belastung während eines Flugdienstes beitragen, gaben 9.5 % frühes Aufstehen und 12.2 % lange Flugdienstzeiten und/oder kurze Ruhezeiten als besonders belastend an. Die Angabe zu der Belastung durch Frühdienste deckt sich zudem mit der Beurteilung der Probanden, welches Schichtsystem ihrer Meinung nach am meisten die Leistungsfähigkeit beeinflusst. Dabei empfanden alle Piloten den Frühdienst als am leistungsbeeinträchtigsten. 68 % der Piloten beurteilen die Frühschicht als ‚ziemlich‘ bis ‚sehr stark‘ leistungsbeeinflussend, gefolgt von der Wechselschicht, die 57 % der Piloten ‚ziemlich‘ bis ‚sehr stark‘ leistungsbeeinflussend empfanden und der Nachtschicht (54% ‚ziemlich‘ bis ‚sehr stark‘ leistungsbeeinflussend). Nachtschichten kamen allerdings in dieser Untersuchung so gut wie gar nicht vor

(mit Ausnahme von Postflügen, die sich aber nicht über die gesamte Nacht erstrecken). Daher können hierzu in dieser Studie keine detaillierten Aussagen gemacht werden. Die Spätschicht hätte, nach den Angaben der Piloten, den geringsten Einfluss auf die Leistungsfähigkeit und wurde zu 25% als „ziemlich“ leistungsbeeinflussend eingeschätzt (die Kategorie „sehr stark“ leistungsbeeinflussend entfiel).

Zudem gaben 50 % der befragten Piloten Flugdienstüberschreitungen als „ziemlich“ bis „sehr“ belastend an. Die Frage, wie lange denn eine normale Flugdienstzeit dauern sollte, wurde mit durchschnittlich 9 h beantwortet (die optimale Flugdienstzeit mit durchschnittlich 8 h) (siehe Punkt 7.15.1). Die maximale Flugdienstzeit sollte hingegen durchschnittlich nicht mehr als 11 h dauern. Berücksichtigt man, dass nach der 2. DVO LuftBO eine normale Flugdienstzeit von 10 Stunden und eine maximale Flugdienstzeit von 14 Stunden zulässig sind, sind die Differenzen von 1 Stunde zwischen der eingeschätzten normalen Flugdienstzeit und der Flugdienstzeit der 2. DVO LuftBO (und die Differenz von 3 Stunden bei der maximalen Flugdienstzeit) sehr hoch. Der Unterschied zeigt, dass die Vorstellungen zur Flugdienstzeit in Bezug auf den Bereich des Möglichen stark auseinanderklaffen.

Außerdem sollten, nach den Angaben der Piloten, täglich nicht mehr als 4 Legs geflogen werden. Dabei sollten die Umläufe aus einer Dienstkette von maximal fünf Tagen bestehen. Betrachtet man das Streckennetz der Boeing 737 Flotte der Deutschen Lufthansa, dann müsste genau genommen zusätzlich die Länge eines Legs miteinbezogen werden. Denn ein Flug beispielsweise von München nach Hamburg ist kürzer als ein Flug von München nach Madrid. Gerade die Frequenz der Legs pro Tag kann durch den ständigen Wechsel der Passagiere, teilweise auch der Besatzung und/oder Flugzeuge (Crew- und/oder Aircraftchanges), sowie der Planung der zu fliegenden neuen Route (Informationen über das Wetter einholen; Operations; Bodenabfertigung; etc.) zur Belastung werden.

Die Fragestellungen zur Flugdienstzeit berücksichtigen die tatsächlich geflogenen Flugdienststunden und Flugabschnitte (= Legs) und gehen von einem kumulativen Anstieg der Belastung und Ermüdung durch die zunehmende Flugdienstdauer und Leganzahl sowie einer Abnahme der Erholung und der Leistungsfähigkeit aus. Die aus den Hypothesen generierten Ergebnisse zeigen einen statistisch signifikanten time-on-task Effekt. Unter Berücksichtigung der Kategorisierung der Müdigkeit

nach Samn & Perelli (1982), wird nach > 12 Stunden Flugdienstzeit der kritische Bereich erreicht (Kategorie 3), der von einer „*moderaten bis erheblichen Ermüdung ausgeht, durch die Leistungseinbußen wahrscheinlich sind und ein Flugdienst zwar zuverlässig, aber nicht mehr empfehlenswert ist*“ (siehe Abbildungen 10.1 c; 10.1.1; 10.10 a).

### 12.3.1 Die Gesamtbelastung und Tagesmüdigkeit in Abhängigkeit von der Flugdienstdauer

Die Gesamtbelastung ist nach einem Flugdiensttag höher als nach einem Offtag. Der signifikante Einfluss der Tagesmüdigkeit als Beanspruchungsfolge auf die Gesamtbelastung im Zusammenhang mit der Flugdienstlänge konnte zudem nachgewiesen werden (Abbildung 8.9.4). Demnach nimmt die Müdigkeit bei steigender Belastung und zunehmender Flugdienstdauer zu. Die Hypothese, dass die Flugdienstdauer einen Effekt auf die Müdigkeit hat, wird von dem Anstieg auf der abendlichen FAT-Skala von Samn & Perelli (1982) bis auf > 16 Punkte nach einer Flugdienstzeit von > 12 Stunden unterstützt (siehe Abbildung 8.9.5.1).

### 12.3.2 Die Leistung in der PVT in Abhängigkeit von der Flugdienstdauer

Auch die abendliche Leistungsfähigkeit nach Flugdiensttagen nimmt in Abhängigkeit von der Flugdienstlänge und der Aufwachzeit ab. Besonders sensitiv zeigen sich hier die Lapses von 850 ms (Auslassungen), die bei längerer Beanspruchung Indikatoren kurzzeitiger Einbrüche in der Aufmerksamkeit sind und das kompensatorische Bemühen des Organismus widerspiegeln, trotz erhöhter Schläfrigkeit den Wachheitsgrad aufrechtzuerhalten (Liendl, 2004). Der Kompensationsversuch, die Aufmerksamkeit weiter auf die Reaktionsaufgabe zu lenken, ist ab einer Flugdienstdauer von > 12 Stunden nicht mehr aufrecht zu erhalten. Die Anzahl der Lapses von > 850 ms nimmt nach einer Flugdienstdauer von > 12 Stunden (siehe Abbildung 9.8) und nach einer Aufwachzeit von < 4 Uhr (siehe Abbildung 9.9 a) signifikant zu. Zu kritisieren ist hier, dass durch objektive Indikatoren wie Leistungsverschlechterungen eher die Konsequenzen als die Ursache für die subjektive Ermüdung gemessen werden. Der objektive Leistungsabfall dürfte demnach deutlich später und durch Kompensationstendenzen des Individuums abgemildert eintreten, als die subjektive Müdigkeit selbst. Betrachtet man die subjektive Müdigkeitseinschätzung für sich, dann zeigt sich bereits ab einer Flugdienstzeit

von 9 h bis 10 h eine signifikante Müdigkeitszunahme, durch die ein Flugdienst nicht mehr empfehlenswert ist (siehe Tabelle 8.9.5.1).

Die morgendliche Leistungsfähigkeit wird, unter Berücksichtigung der Moderatorvariablen Chronotyp und Alter, sowohl von der Gesamtschlafdauer (SPT) als auch von der Aufwachzeit und der subjektiven Morgenmüdigkeit signifikant beeinflusst, nicht aber von der Dienstart (Flugdienst versus Offtag), welcher dem Morgen vorausging (siehe Tabelle 9.4). Die Zusammenhangsmaße zwischen den morgendlichen Leistungsparametern und den schlafassoziierten Parametern zeigen zudem signifikante Zusammenhänge mit der morgendlichen Erholung und Schlafqualität und der Streuung der Reaktionszeit in der PVT. Bei sinkender Erholung und Schlafqualität nimmt die Leistungsfähigkeit ab (siehe Tabelle 9.3).

### 12.3.3 Untersuchungen während des Flugeinsatzes (= In-Flight)

Die Hypothesen zur mentalen Beanspruchung, psychischen Ermüdung und Stimmung während des Flugbetriebes wurden mittels den Daten aus dem Flight Log des PDA überprüft. Dabei wurden Veränderungen in den psychologischen Stressindikatoren einerseits durch die Leganzahl und andererseits durch die Flugdienstdauer erwartet. Entsprechend den Annahmen hat sich gezeigt, dass mit steigender Leganzahl als auch mit zunehmender Flugdienstdauer die Müdigkeit und die Gesamtbelastung zunehmen. Dabei erreicht die subjektive Müdigkeit den nach Samn & Perelli (1982) kritischen Wert von  $> 12$  nach fünf geflogenen Legs und nach  $> 10$  Stunden Flugdienstzeit (siehe Abbildungen 10.1 c; 10.1.1; 10.10 a). Die mittlere Belastung bei einem Wert von  $> 50$  auf einer Skala von 0 bis 100 wird bereits nach einer Flugdienstzeit von  $> 7$  Stunden erreicht. Die Leganzahl verhält sich zur Flugdienstzeit nicht zwingend direkt proportional. Es gibt Flugeinsätze bei denen aus einer langen Flugdienstzeit nur wenige Legs hervorgehen (beispielsweise bei technischen Problemen, Split-Duty, usw.). Daher ist eine differenzierte Betrachtung notwendig.

Vergleiche zwischen Dienstbeginn und Dienstende zeigen Veränderungen in der Müdigkeit, in der Erholung, in der mentalen Beanspruchung und in der Stimmung (gemessen über das Berliner Alltagssprachliche Stimmungsinventar (BASTI)) über den gesamten Arbeitszyklus. Die Annahme eines Anstiegs in der Müdigkeit sowie in der Beanspruchung und eine Verschlechterung in der Stimmung konnte

bestätigt werden. Im Vergleich zum Dienstbeginn mit dem Dienstende steigt die Müdigkeit kontinuierlich bis zum Dienstende an (siehe Abbildung 10.4 a), wogegen die Erholung entsprechend abnimmt (siehe Abbildung 10.2). Das gleiche Bild zeigt sich bei der mentalen Beanspruchung (gemessen über den NASA-TLX Gesamtscore), die signifikant zunimmt (siehe Abbildung 10.4 b). Bei der Stimmung findet sich ein signifikanter Unterschied zwischen dem Dienstbeginn und dem Dienstende in der globalen Befindensdimension *Ruhe*, die zum Dienstende abnimmt, sowie eine Stimmungsverschlechterung in den Subskalen *heitere Stimmung*, *geladene Stimmung* und *mürrische Stimmung* am Dienstende (siehe Abbildung 10.8).

Vergleicht man die sechs Subskalen des NASA-TLX mit dem Beginn und dem Ende des Flugdienstes, dann zeigt sich eine signifikante Zunahme der *zeitlichen Anforderung* und der *Anstrengung* (siehe Abbildung 10.7). Betrachtet man den Tagesablauf eines Piloten im Flugbetrieb, dann sind die Gründe für den zunehmenden Zeitdruck unter dem die Crews stehen, beispielsweise die Einhaltung von Slots, die bei Verzögerungen wieder wegfallen, kurze Transitzeiten zwischen den Flügen und Verspätungen, die ein dem Schedule „hinterherfliegen“ zur Folge haben (siehe Abbildung 7.15.4). Unter *Anstrengung* sind sowohl die körperlichen als auch die geistigen Anstrengungen gemeint. Diese können durch weitere Belastungsfaktoren, wie beispielsweise schlechte Wetterbedingungen, technische und/oder medizinische Probleme an Bord, Probleme im Ablauf als auch durch mehrfache Aircraft- und/oder Crewchanges steigen (siehe Abbildung 7.15.4).

Im Folgenden werden, neben den flugspezifischen Daten (Flugdienststunden, Blockstunden, Leganzahl), Aspekte aus den zusätzlich bearbeiteten Paper-Pencil Fragebögen erläutert wie:

- Die Erholung und Belastung (Erholungs-Belastungs-Fragebogen von Kallus (1995)) unter der Berücksichtigung von flugspezifischen Daten (Flugdienststunden, Blockstunden, Leganzahl);
- das Gesundheitsverhalten (Bewegung, Ernährung);
- das Wohlbefinden, die Lebenszufriedenheit;
- psychische und physische Gesundheit (SF-12-Fragebogen von Bullinger & Kirchberger, 1998);
- die Arbeitszufriedenheit.

## 12.4 Erholung und Belastung unter Berücksichtigung flugspezifischer Daten

Während der zweiten Studienphase (Woche 5 bis 8) wurden, bei mehr Flugdiensttagen und weniger Offtagen, mehr Legs sowie Block- und Gesamtflugstunden geflogen als im ersten Studienabschnitt (Woche 1 bis 4). Entsprechend war, über die drei Messzeitpunkte gemessen, die Gesamtbelastung im 2. Abschnitt höher als im ersten Studienabschnitt, weshalb kein linearer Trend vorausgesetzt werden kann. Die nichtlineare Zunahme der Gesamtbelastung deckt sich mit der Beurteilung der Subskala ‚Übermüdung/Zeitdruck‘ aus dem Erholungs-Belastungs-Fragebogen von Kallus (1995) zu den 3 Messzeitpunkten (Studienbeginn-Mitte-Ende), die einen ähnlichen Verlauf nimmt. Zudem ist im Vergleich zu Studienbeginn ein signifikanter Anstieg der Subskala ‚körperliche Beschwerden‘ des Erholungs-Belastungsfragebogens bei abnehmendem ‚erholsamen Schlaf‘, und verringerter ‚Körperlicher‘ und ‚Sozialer‘ Erholung zu verzeichnen (siehe Abbildung 11.4).

Zu berücksichtigen ist hier, dass die Einschätzungen der Skalen des EBF nicht auf tägliche Beurteilungen wie im Sleep Log, sondern auf retrospektive Beurteilungen von 7 Tagen basieren. Grundsätzlich sieht Kallus (1995) die Erholung als ein Prozess in der Zeit, der an eine Verringerung von Belastung, einen Belastungswechsel oder eine Pause gebunden ist, wobei die Art und Dauer der Beanspruchung von Bedeutung ist. Demzufolge können die Flugdienstdauer als auch die Einsatztage den Erholungsprozess beeinträchtigen, was dem Datenverlauf des EBF-Profiles über die 3 Messzeitpunkte (Studienbeginn-Mitte-Ende) zu entnehmen ist und auf eine kumulativ fehlende Erholung schließen lässt, zumal die Erholung mit dem Erreichen eines psycho-physischen Zustands wiederhergestellter Leistungsfähigkeit und homöostatischer Ausgeglichenheit enden sollte (Kallus, 1995), die Leistung in der PVT aber stetig abnimmt (siehe Abbildung 9.2.1.1).

Anzumerken ist, dass für diese Studie die Untersuchung von Belastungs- und Erholungsvorgängen auch zwischen den einzelnen Flugdiensttagen mit vorausgehenden und/oder darauf folgenden Offtagen betrachtet werden sollte, um eine auf fehlende Erholung basierende Annahme zu rechtfertigen. Analysen diesbezüglich stehen allerdings, aufgrund des vorgegebenen Themas dieser Arbeit, noch aus.

Während der Studie kamen ‚kritische‘ Flugdienstzeiten von > 12 Stunden sowie Legs > 4 eher selten vor, sodass zwar Aussagen über deren akute, nicht aber über deren längerfristige Auswirkungen auf die Belastung und Müdigkeit getroffen werden können (siehe Abbildungen 7.10.2; 7.13.2 und Abbildungen 7.11.1; 7.13.3). Hierzu ist dringend anzuführen, dass dieser Zusammenhang im Hinblick auf die Einsatzgestaltung als status quo gesehen und nicht als Fehlbeanspruchung (Hacker, 1998; Hacker & Richter, 1976; Hacker & Richter, 1998) im Sinne einer Unterforderung interpretiert werden soll. Betrachtet man die Reglementierungen der 2. DVO LuftBO, so sind maximale Flugdienstzeiten von 14 Stunden erlaubt. Solche Reglementierungen sollten aber von den Fluggesellschaften eher als Ausnahme denn als Regel betrachtet werden.

## 12.5 Gesundheitsverhalten

Im Hinblick auf die Bereiche Ernährung und Bewegung aus dem Fragebogen zum Gesundheitsverhalten von Dlugosch & Krieger (1995) zeigt sich die Intention der Piloten, sich ausgewogen zu ernähren und ausreichend zu bewegen an Einsatztagen als kaum bis gar nicht umsetzbar. Vor allem beklagen sich die Piloten über eine unausgewogene Ernährung während Flugdiensten, bei denen ein regelmäßiges und gesundes Essen nicht möglich ist (siehe Abbildung 11.1.4.1; Tabelle 11.1.5). Bei den Angaben, „welche Lebensbereiche gerne verändert werden würden“, gab der größte Teil der Piloten die Freizeit und den Gesundheitszustand an (siehe Abbildung 11.1.1 b). Hierdurch entsteht ein circulus vitiosus, da die Veränderungsintentionen gesundheitsrelevanter Verhaltensweisen, aufgrund äußerer Rahmenbedingungen, die gegen eine aktive Umsetzung eines gesundheitsförderlichen Lebenskonzepts wirken, schlecht oder gar nicht durchführbar sind.

### 12.5.1 Wohlbefinden und Lebenszufriedenheit

Das augenblickliche Wohlbefinden und die Lebenszufriedenheit wurden im Vergleich zur Normstichprobe von den Piloten generell besser eingeschätzt. Stratifiziert nach Alter, weisen die Piloten zwischen dem 41. -50. Lebensjahr eine signifikant höhere Lebenszufriedenheit auf als die 30-40 jährigen Piloten, die auch gegenüber den Piloten < 30 lebensunzufriedener sind (siehe Abbildung 11.1.2 a). Ein ähnlicher Verlauf zeigt sich für das augenblickliche Wohlbefinden. Die Beantwortung der Frage, warum sich die Pilotengruppe weniger lebenszufrieden

fühlt, kann an den Bereichen Arbeit/Beruf, Wohnsituation und finanzielle Situation liegen, die, nach Angaben der Piloten, größtenteils zur Lebenszufriedenheit beitragen (siehe Abbildung 11.1.1 a). Beispielsweise sind die beruflichen Aufstiegsmöglichkeiten (z.B. ‚up-grading‘ zum Kapitän) strengen Reglementierungen unterworfen. Das ‚up-grading‘ als Ziel, bedeutet eine lange Wartezeit, aufgrund der vorgeschriebenen Mindestflugstunden und des Senioritätsprinzips<sup>8</sup> innerhalb des Lufthansa Konzerns.

## 12.6 Psychische und physische Gesundheit

Im deskriptiven Vergleich der psychischen und physischen Gesundheit mit der Normstichprobe des SF-12 und den Piloten zeigen sich keine Unterschiede in den beiden Summenscores. Auch zwischen den 3 Messzeitpunkten (Beginn-Mitte-Ende der Studie) der körperlichen und psychischen Summenskala des SF-12 haben sich bei den Piloten keine statistisch bedeutsamen Unterschiede ergeben. Unterschiede zwischen der psychischen und physischen Gesundheit wurden, aufgrund des ‚healthy worker‘ Effekts, auch nicht erwartet (siehe Abbildung 11.3).

## 12.7 Arbeitszufriedenheit

Zur Arbeitszufriedenheit liegen unterschiedliche theoretische Konzeptionen vor (Judge & Hulin, 1993; Schuler, 1995; Spieß, 2000), die auch die Ergebnisse dieser Untersuchung stützen. Motivationstheoretische Ansätze gehen davon aus, dass die Lebensqualität und Wohlbefinden aus der Befriedigung von Bedürfnissen resultieren (Weinert, 1998). Bedürfnistheorien stellen Grundbedürfnisse, wie das Anschlussmotiv oder die Selbstverwirklichung, in den Vordergrund. Das Konzept von Herzberg zur Arbeitszufriedenheit (1967) legt nahe, dass Hygienefaktoren (wie Bezahlung, Belastung, Arbeitsdauer, Arbeitsbedingungen etc.) im Falle ihrer Befriedigung noch nicht zu echter Zufriedenheit führen. Hierzu tragen erst die intrinsischen motivierenden Satisfaktoren wie Arbeitsinhalte und Sinn, Verantwortung und Handlungsspielraum bei (zit. nach Schuler, 1995).

Emotionale Bindungen (z.B. Kollegenbeziehungen) werden in den Konzeptionen eher zu wenig berücksichtigt, stellen aber in dieser Untersuchung einen wichtigen

---

<sup>8</sup> Das streng hierarchische Senioritätsprinzip richtet sich nach dem Eintrittsdatum eines Piloten in den Lufthansa Konzern, so dass kein senioritätsjüngerer Pilot vor einem senioritätsälteren zum ‚upgrading‘ zugelassen wird.

Faktor dar, zumal Piloten im täglichen Flugbetrieb kollegiale Beziehungen auf engstem Raum zu pflegen haben und ein Ausweichen vor Auseinandersetzungen kaum möglich und im Hinblick auf das Crew Resource Management (CRM) auch nicht wünschenswert ist.

Auf die Frage hin, welche Faktoren zur Arbeitszufriedenheit beitragen, gaben die Piloten unter anderem das Arbeitsklima (Beziehung zwischen Kollegen, Personal, Vorgesetzten), die fliegerische Tätigkeit und intrinsische Faktoren wie Verantwortung tragen, Erfolg, Ansehen, Anerkennung, Entscheidungsfreiheit (,Sonstige') als wichtige Faktoren an. Die Bezahlung als extrinsischer Faktor wurde als viertwichtigster Faktor angeführt (siehe Abbildung 10.2 a).

Demgegenüber sind es auch die arbeitsspezifischen Faktoren die zur Arbeitszufriedenheit beitragen, wie eine Dienstplanstabilität, die ein soziales Leben erleichtert, oder auch der Ablauf und die Organisation während des Flugbetriebs (Catering und/oder Cleaner zu spät an Bord; Unterlagen fehlen, usw.). Außerdem leisten das Arbeitsumfeld und die Arbeitsbedingungen (z.B. Lärmpegel im Cockpit; etc.) einen wichtigen Beitrag zur Arbeitszufriedenheit im Cockpit. Im Allgemeinen hat sich gezeigt, dass die Piloten, unabhängig vom Rang, ihre Arbeitszufriedenheit über das ,overall' Item („Wie zufrieden sind Sie mit Ihrer Arbeit?“) sehr hoch einschätzen, was der Annahme, ältere Piloten bzw. Kapitäne wären zufriedener als jüngere Piloten bzw. Erste Offiziere, nicht entspricht (siehe Abbildung 10.4 a).

## 12.8 Überprüfung der Zusammenhangshypothesen moderierender und mediierender Variablen

Die postulierte moderierende Wirkung des Chronotyps auf die mittleren Bettgehzeiten (,Licht'-aus Zeit) und den schlafassoziierten Parametern, ist in den Ergebnissen des signifikant negativen Zusammenhangs zwischen dem Chronotyp und der ,Licht'-aus Zeit und dem Schlafbedürfnis zu finden. Entsprechend verschiebt sich die mittlere Bettgehzeit beim Abendtyp nach hinten, wogegen der Morgentyp eher zu Bett geht. Auch die signifikante positive Korrelation der morgendlichen Leistungsparameter mit dem Chronotyp bestätigt die Annahme, dass der Morgentyp morgens schneller leistungsaktiv ist und der Abendtyp nach dem Aufstehen sein volles Aktivitätsniveau noch nicht erreicht hat (BGAG, 2001). Allerdings wurden in dieser Untersuchung wenig stark ausgeprägte Typen als

mehr indifferente Chronotypen gefunden (siehe Abbildung 8.1 a). Eine Polarisierung der Gruppen (nur Extremtypen) könnte den Effekt noch besser zur Geltung bringen.

Die Hypothese über unidirektionale Zusammenhänge zwischen den globalen Schlafparametern ‚Aufwachzeit‘ und ‚Gesamtschlafdauer‘, den schlafassoziierten Parametern, der Morgenmüdigkeit sowie der Leistungsparameter in der PVT konnten bestätigt werden. Je früher die Aufwachzeit und je kürzer die Gesamtschlafdauer, desto weniger erholt fühlen sich die Piloten und desto uneffizienter ist ihr Schlaf. Zudem zeigt sich bei immer früher werdender Aufwachzeit eine stetige Leistungsverminderung (siehe Tabelle 9.3).

#### 12.9 Überprüfung der Zusammenhangshypothese zwischen der subjektiven Müdigkeit und Schläfrigkeit

Der Nachweis eines signifikant positiven Zusammenhangs zwischen den als in der Literatur bezeichneten psychologisch unterschiedlichen Zuständen ‚Müdigkeit und Schläfrigkeit‘ konnte mit einem Rangkorrelationskoeffizienten von  $r_s = .83$  bestätigt werden. Je müder sich die Piloten fühlen, desto schläfriger beurteilen sie sich auch (siehe Tabelle 8.5.2; Abbildungen 8.5.2 a, b). Dieser sehr hohe Zusammenhang zwischen biometrischen Daten ist eher selten zu beobachten und hat dementsprechend eine höhere Aussagekraft, auch wenn keine Kausalität aufgrund des korrelativen Verfahrens angenommen werden darf. Selbst wenn bei der Müdigkeit und Schläfrigkeit von unterschiedlichen Zuständen ausgegangen wird, so bedingen sie einander und schließen sich nicht aus.

#### 12.10 Überprüfung der Zusammenhangshypothesen zwischen der psychophysiologischen Aktimetrie und der subjektiven Einschätzung der globalen Schlafparameter

Die Annahme eines hohen positiven Zusammenhangs zwischen den Daten der psychophysiologischen Aktimetrie und der subjektiven Einschätzung der globalen Schlafparameter konnte bestätigt werden. Geht man davon aus, dass die Einschlafdauer bei normalen Schläfern meist überschätzt, die Schlafdauer hingegen unterschätzt wird (Baekeland & Hoy, 1971; Becker-Carus, C., 2004) und zudem Artefakte des Aktometers eine geringere Korrelation zwischen den Einschlafzeiten bedingen, da das Aktometer die mit wenig Bewegung

einhergehende Einschlafphase als Schlafzeit registriert, sind die erhaltenen Korrelationen und die mittels der einfachen Regressionsanalyse hervorgehende Regressionsgleichung zur Vorhersagbarkeit der Gesamtschlafdauer des objektiven Aktometers aus der subjektiven Einschätzung der Gesamtschlafdauer als sehr zufrieden stellend anzusehen (siehe Tabelle 8.3.1; Abbildung 8.3.2).

## 13 Diskussion

### 13.1 Bewertung der theoretischen Fundierung

Die Beanspruchung und Ermüdung von Piloten wurden zwar mehrfach (hauptsächlich auf der Langstrecke) untersucht, eine einheitliche Theorie über den Zusammenhang von Belastungsfaktoren sowie der Beanspruchung steht aber bisher noch aus. Die Ursachen hierfür sind wahrscheinlich auf die Komplexität des Arbeitsumfelds eines Piloten zurückzuführen. Neben der Komplexität der Belastungsfaktoren, erschweren auch ständige Veränderungen in der zivilen Luftfahrt die Generierung einer Theorie, die mindestens so komplex sein muss, wie die Phänomene, die sie erklären soll. So wächst beispielsweise das Verkehrsaufkommen ständig. Strategien und Strukturen der Fluggesellschaften unterscheiden sich und werden innerhalb der Luftfahrtunternehmen zudem kontinuierlich erneuert.

Als theoretische Grundlage der vorliegenden Studie diente das kybernetische Modell von Cooper & Sloan (1986) in das integrativ stresstheoretische Ansätze und das Belastungs-/Beanspruchungskonzept eingebunden wurden. Bei den stresstheoretischen Ansätzen wird zwischen dem reizorientierten Ansatz, der sich auf die unabhängigen Variablen konzentriert, dem reaktionsorientierten Ansatz, der die abhängigen Variablen betrachtet und dem transaktionalen Modell, das die Interaktion zwischen dem Mensch und seiner Umwelt hervorhebt, unterschieden. Durch die Einbindung der unterschiedlichen Modelle konnte der Komplexität des zu untersuchenden Gegenstandes Rechnung getragen werden.

### 13.2 Kritik an der vorliegenden Studie

Im Rahmen dieser Studie wurde, zur Untersuchung kumulativer und akuter Effekte sowie deren Auswirkungen auf psychische und psychophysiologische Parameter der Cockpitbesatzungsmitglieder auf der Kurzstrecke, ein Längsschnittdesign von acht Wochen unter Feldbedingungen herangezogen.

Im Feld-Experiment wird zwar durch den Feldcharakter der Untersuchung die Reliabilität und die interne Validität vermindert, die Generalisierbarkeit der Pilotenstichprobe aber durch die Feldstudie bedingte hohe externe Validität ermöglicht. Zudem kann die natürliche Arbeitsumgebung der

Cockpitbesatzungsmitglieder auf der Kurzstrecke realitätsnah abgebildet werden. Des Weiteren bewirken die im Feld wirksamen Bedingungsinteraktionen und Kovariationen hohe ökologische Validität (Bortz, 1993).

Neben der Überprüfung zeitbezogener Hypothesen ermöglicht die wiederholte Messung der Variablen zu mehreren Zeitpunkten zudem Trendschätzungen durch die Entwicklung von Aggregatdaten der einzelnen Stichproben (Mittelwerte, Prozentwerte, usw.), die einem nomothetischen Ansatz entgegenkommen.

Der Nachteil wiederholter Messungen im Längsschnittdesign ist, dass diese ein zu messendes Merkmal durch Carry-over Effekte<sup>9</sup> verzerren können. Beispielsweise können Lern- oder Trainingseffekte das zu untersuchende Merkmal in seiner Veränderung beeinflussen. Der Versuch, Trainingseffekte in der PVT zu kontrollieren, wurde durch zehn dreiminütige Übungsdurchläufe realisiert. Allerdings können auch testunabhängige Einflussfaktoren die Leistung in der PVT beeinflussen, wie beispielsweise die Motivation, das Alter, Kompensationsanstrengungen und Verfälschungstendenzen (Popp & Geisler, 2004; Popp, 2004). Neben den Lern- oder Trainingseffekten können aber auch Widerstände gegen Wiederholungsfragen und Reaktivität<sup>10</sup> (beispielsweise Änderung des Schlaf-Wach-Verhaltens) auftreten, die eine Kontrollierbarkeit erschweren.

Durch die Anwendung von überwiegend psychometrischen Verfahren können auch soziale Erwünschtheit, absichtliche Verstellung und Antworttendenzen (z.B. Tendenz zur Mitte; Akquieszenz) die subjektiven Einschätzungen der Untersuchungsparameter beeinflussen („faking good“ oder „faking bad“). Dagegen kann bei der Leistung in der PVT als objektives Maß, aufgrund von Deckeneffekten von keinem „faking good“ ausgegangen werden (Amelang & Bartusek, 1995). Zudem liefern die in sich schlüssigen und kongruenten Ergebnisse der Studie Hinweise, die die Plausibilität der Gegenargumente abschwächen. Da nicht ausschließlich kumulative und akute Effekte auf den

---

<sup>9</sup> Carry-over Effekt oder Sequenzeffekt (Serielleffekt): eine experimentelle Bedingung beeinflusst eine andere experimentelle Bedingung inhaltlich (an späterer Position in der Reihenfolge).

<sup>10</sup> Reaktivität: Mögliche Verhaltensänderung von Probanden durch das Wissen, an einer Untersuchung teilzunehmen.

abhängigen Variablen betrachtet, sondern auch Gruppen durch die Blockbildung gebildet wurden, wurde in das Längsschnittdesign ein „Misch-Design“ impliziert, in dem sowohl intraindividuelle („within-groups-designs“<sup>11</sup>) als auch interindividuelle („between-groups-designs“<sup>12</sup>) Unterschiede Berücksichtigung finden (Sarris, 1992). Der Vorteil ist, dass dabei Unterschiede in den AVn sowohl innerhalb als auch zwischen diesen Gruppen verglichen werden können (Sarris, 1992).

### 13.3 Die Stichprobe

In der vorliegenden Arbeit wurden die Rahmenbedingungen der Studie weitestgehend erfüllt (Anzahl, Alter, Blockstunden, Dienstalalter etc.). Insgesamt nahmen N = 29 Probanden an der Untersuchung teil, was dem geforderten Kriterium von  $\geq 30$  Probanden nahe kommt. Aufgrund einer Erhöhung der Flugeinsätze im Studienverlauf, waren weniger Piloten an einer Studienteilnahme bereit, wodurch die Datenaufzeichnung ein Jahr länger gedauert hatte als ursprünglich geplant. Trotz den hohen Anforderungen an die Versuchsteilnehmer, die die Gefahr von drop-outs erhöhen, haben beinahe alle Probanden lückenlose Daten geliefert.

Um eine Konfundierung durch geschlechtsspezifische Effekte zu vermeiden, wurden ausschließlich männliche Piloten untersucht (Lorenz & Manzey, 2001). Der gesundheitliche Zustand der Piloten wurde nicht vorher untersucht, da, aufgrund der jährlichen flugmedizinischen Tauglichkeitsuntersuchung (JAR- FCL 3), zu der alle Cockpitbesatzungsmitglieder verpflichtet sind, von physischer und psychischer Gesundheit ausgegangen werden konnte. Wegen der jungen Stichprobe bei einer Spannweite von 24-47 Jahren wurde kein Kohorteneffekt erwartet. Allerdings konnten deshalb auch keine Alterseffekte untersucht werden.

Die Trennung nach Rang gibt für diese Studie mehr Auskunft über mögliche Unterschiede in den zu untersuchenden Parametern, zumal der Kapitän anderen

---

<sup>11</sup> „Within-groups-designs“ (repeated-measurements designs): Eine Versuchsteilnehmergruppe wird zu verschiedenen Zeitpunkten des Gesamtversuchs unter allen Bedingungen getestet. Dabei werden die erhaltenen Werte entlang der AV innerhalb dieser Gruppe miteinander verglichen (Sarris, 1992).

<sup>12</sup> „Between-groups-designs“: Mittelwertsvergleiche finden zwischen jeweils mehreren experimentell unterschiedlich behandelten Gruppen statt (Sarris, 1992).

Anforderungen ausgesetzt ist als der Erste Offizier (z.B. Entscheidungen treffen; Verantwortlichkeit für die Crew, Passagiere und den gesamten flugbetrieblichen Ablauf; höhere Gesamtflugstundenanzahl und damit mehr Routine mit dem Fluggerät).

Die Frage, ob ein Schluss auf die Grundgesamtheit der Zielpopulation zulässig ist, ist aufgrund der homogenen Pilotenstichprobe gerechtfertigt. Hier ist aber anzumerken, dass, aufgrund von Auswahlverfahren, eine Selektion bereits vor der Ausbildung zum Verkehrsflugzeugführer stattfindet, die Stichprobenhomogenität bewirkt (Hörmann, 1998). Zudem sind Piloten, wegen kontinuierlicher Gesundheitskontrollen („Medicals“) generell „gesünder“ als die Normalbevölkerung („healthy worker effect“) (Langer, Blettner & Gundestrup, 2004).

#### 13.4 Bewertung der statistischen Methoden

Aufgrund der Felduntersuchung waren kleine Effektgrößen zu erwarten, da Störeffekte die Effekte der unabhängigen Variablen überlagern können. Deshalb wurden Bonferroni-Korrekturen durchgeführt, um eine konservativere Testung der Hypothesen zu ermöglichen. Es wurden Lineare Modelle eingesetzt, da bei den zu untersuchenden Variablen aufgrund von theoretisch-deduktiven und empirisch-induktiven Erkenntnissen von Linearität der Müdigkeits- und Belastungsparameter über einen zeitlichen Verlauf ausgegangen werden konnte.

Zur Testung von Globalhypothesen, beispielsweise, ob die Reaktionsleistung am Morgen oder am Abend besser ist, oder bei Veränderungen in den abhängigen Variablen zwischen unterschiedlichen Messzeitpunkten zu einem Referenzwert (z.B. Flugdienstbeginn als Baseline), wurde der Paarvergleich einem varianzanalytischen Verfahren der Vorzug gegeben, da die Fragestellungen hinreichend beantwortet werden konnten.

Zur Anwendung der Varianzanalyse müssen bestimmte Voraussetzungen erfüllt sein, wie die Normalverteilung und die Varianzhomogenität der Daten der abhängigen Variablen. Die Verletzung dieser Voraussetzungen führt zu progressiven Entscheidungen, das heißt der  $\alpha$ -Fehler (Fehler 1. Art) nimmt zu und die Teststärke verringert sich (Finch, 2005; Bortz, 1993). Trotz Voraussetzungsverletzungen wurde auf den Einsatz der Varianzanalyse nicht

verzichtet, da die Beurteilung von statistisch und praktisch bedeutsamen Ergebnissen im Rahmen der abgeleiteten stresstheoretischen Konzepte auf mehrdimensionaler Ebene über unterschiedliche Gruppen hinweg wichtig erschien, um diese inhaltlich zu begründen.

Außerdem wird in der Literatur auf mögliche Korrekturen bei Voraussetzungsverletzungen einer Varianzanalyse verwiesen (Bortz, 1993). So wurde bei Varianzhomogenität das Signifikanzniveau auf  $p = .01$  angehoben, obwohl, wie Simulationsstudien gezeigt haben, die Varianzanalyse äußerst robust gegenüber dieser Voraussetzungsverletzung ist. Bei einer Varianzanalyse mit Wiederholungsmessung wurde die Greenhouse-Geisser-Korrektur vorgenommen.

Auch die Voraussetzung der Normalverteilung der Daten konnte eher selten erfüllt werden. Jedoch weisen insbesondere müdigkeitsbezogene Daten, je nach Tageszeit, eine nicht normalverteilte aber dennoch homogene schmalgipflige, schiefe Verteilung auf, die die Teststärke der Varianzanalyse marginal beeinflusst (Morgenmüdigkeit eher rechtsschiefe Verteilung; Müdigkeit am Abend eher linksschiefe Verteilung). Zudem enthalten die Daten wenige Extremwerte. Die wichtigste Voraussetzung, das Intervallskalenniveau der abhängigen Variablen, wurde aufgrund der normierten psychometrischen Verfahren durchweg eingehalten.

Die Ergebnisse der Korrelationsanalysen liefern keinen Nachweis über eine direkte Kausalität von Ursache- Wirkungsbeziehungen und dürfen damit nicht kausal interpretiert werden. Die Überprüfung von Zusammenhängen dient lediglich dazu, die aus den theoretischen Modellen abgeleiteten Ursache-Wirkungsbeziehungen zu sichern und wird zusätzlich zur explorativen Datenanalyse angewendet.

## 13.5 Empfehlungen zur Optimierung

Nach Hacker & Richter (Hacker & Richter, 1980; Hacker & Richter, 1998) entsteht Fehlbeanspruchung durch eine inadaptive Beanspruchung in der Ausführbarkeit, Erträglichkeit und Zumutbarkeit einer Arbeitstätigkeit.

Die aus einer Fehlbeanspruchung resultierenden Beanspruchungsfolgen wie Ermüdungserscheinungen sind auf verschiedenen Ebenen der Tätigkeitsregulation zu finden:

- *Bei der Zielsetzung* (Verlagerung der Ziele: „Laufen lassen“, „Dienst nach Vorschrift“); Senkung des Anspruchsniveaus bezüglich des Zieles und der Ausführungsweise; affektive Entgleisungen verbunden mit Beeinträchtigungen der Kommunikation und Kooperation),
- *Im Entscheiden* (mehr Zeitbedarf für Entscheidungen; vermehrte Risikoübernahme, Verschiebung von Entscheidungskriterien zur Aufwandsminimierung),
- *Beim Orientieren* (einstellungsabhängige Fehlinterpretationen bei mehrdeutigen Objekten; geometrisch-optische Täuschungen möglich; etc.)
- *Im Gedächtnis* (Verlängerung der Reaktionszeiten; quantitative Verschlechterung der Informationsverarbeitung; etc.),
- *Beim Entwerfen* (Störungen des Denkablaufes beim Problemlösen; größere Zusammenhänge werden nicht mehr überschaut; Fehlleistungen werden bewusst verzögert; starres Haften an Einzelheiten),
- *Beim Ausführen* (Koordinationsstörungen nehmen zu, räumliche und zeitliche Abstimmung verschiedener Bewegungen misslingt häufiger, z.B. Auge-Hand-Koordination; Handschrift wird größer und Schreibdruck nimmt zu).

Die Ermüdungsfolgen bewerteten Hacker und Richter (1998) nach ihrer Zumutbarkeit bzw. nach ihrer Beeinträchtigung je Ermüdungsgrad (siehe Tabelle 13.5).

Tabelle 13.5: Bewertung der Ermüdungsfolgen nach der Zumutbarkeit je Ermüdungsgrad in Anlehnung an Richter und Hacker (1998).

<b>Ermüdungsgrad</b>	<b>Bewertung</b>
<b>Ermüdungsgrad 1 - volle Kompensation</b> (Störungen in den psychophysiologischen Funktionsbereichen, die durch die Tätigkeit besonders beansprucht werden (i. d. R. der Wahrnehmung und Bewegungsausführung), ohne dass dies dem Beschäftigten bewusst wird)	beeinträchtigungslos/zumutbar
<b>Ermüdungsgrad 2 - labile Kompensation</b> (Störungen in den psychophysiologischen Funktionsbereichen werden dem Beschäftigten bewusst. Zunahme der Leistungsstreuung und der Fehlleistungen)	bedingt beeinträchtigungslos/zumutbar (sofern nur geringe Freizeitbeeinträchtigung), arbeitsgestalterische Verbesserungen (Kurzpausensystem) erwägen.
<b>Ermüdungsgrad 3 - anhaltend verminderte Effektivität</b> (Eindeutig fallende Tendenz der Leistungen; Beeinträchtigung primär nicht beanspruchter Organsysteme; Allgemein- oder Willensermüdung)	zeitweilig bedingt zumutbare Beeinträchtigungen (sofern vollständige Erholung bis zum nächsten Arbeitstag), alsbaldige arbeitsgestalterische Maßnahmen erforderlich.
<b>Ermüdungsgrad 4 - funktionelle Störungen</b> (Störungen des Gesamtorganismus; Erschöpfungszustände (ähnlich psychopathologischen Erscheinungsbildern oder Bewusstseinsstörungen durch Narkotika) → Arbeitsverweigerung durch den Beschäftigten)	unzumutbar beeinträchtigend (da Dauerschäden nicht mit Sicherheit auszuschließen und starke Produktivitätsbehinderung vorhanden sind).

Fehlerhäufigkeiten und Leistungsstreuungen, Befindensbeeinträchtigungen sowie Störungen der Tätigkeitsregulation nehmen mit steigenden Ermüdungsgrad zu, wobei das Leistungsniveau abnimmt (Richter et al., 2000).

Im Rahmen der zu diskutierenden Flugdienst- und Ruhezeitenregelung auf europäischer Ebene, stehen in dieser Arbeit Empfehlungen zur Optimierung im Vordergrund, die die Ausführbarkeit und Beeinträchtigungslosigkeit der Pilotentätigkeit berücksichtigen.

Aus den zusätzlichen Befragungen lässt sich ableiten, dass zur täglichen Belastung im Flugbetrieb im Wesentlichen die Organisation am Boden (Abfertigung; Papiere; etc.), die oftmals zu kurze Transitzeit zwischen zwei Flügen und das frühe Aufstehen beitragen. Zudem gaben die Piloten überproportional häufig an, dass eine ausgewogene und regelmäßige Ernährung während der

Flugeinsätze, vor allem mit langer Flugdienstdauer, nicht möglich ist. Daher könnte die Verpflegung bzw. das Ernährungsangebot an Bord verbessert werden. Auch der Hoteltransfer und die Hotelgüte wären nach Angaben der Piloten zu verbessern. Betrachtet man die durchschnittliche Anzahl an Overnights (ca. 10.4 im ersten Studienabschnitt) ist die Notwendigkeit, sich dem Anliegen zu widmen, nicht zu unterschätzen, zumal Hotels weniger auf Details achten, die eine erholsame Nachtruhe gewährleisten (Zimmer am Aufzug; laute Klimaanlage; etc.).

Außerdem stellen häufige Übernachtungen andernorts, ähnlich wie bei Schichtarbeit (Costa, 1997), eine Belastung für die familiären und sozialen Kontakte dar. Natürlich stellt die Pilotentätigkeit Anforderungen an die Flexibilität, der man sich vor Ergreifung der Berufswahl bewusst sein sollte, aber wo beginnt und wo hört Flexibilität auf. Eine Operationalisierung dieses Gegenstandes würde viele Interpretationen vorwegnehmen. Dem Problem könnte unter anderem eine Dienstplanstabilität entgegenwirken, zumal diese von den Piloten als sehr wichtig beurteilt wird. An freien Tagen zu Hause nach Overnights, sagen viele der Piloten, bliebe durch die familiären Verpflichtungen wenig Zeit für sich selbst. Zudem sei man bemüht, den normalen Schlafrythmus wieder zu finden. Hier könnten eher permanente Schichtsysteme wirkungsvoller sein, als unregelmäßige Schichtsysteme, vor allem dann, wenn der letzte Flugdienstag einer vorausgegangenen Flugdienstkette mit Frühschichten („early starters“) als Spätdienst mit später Ankunftszeit an der Homebase geplant wird.

Insgesamt lag nach Studienende die Anzahl der Blockstunden im „normalen“ Bereich und nur wenige Piloten hatten  $\geq 80$  Blockstunden. Unter den untersuchten Bedingungen konnte bei der Leistungsfähigkeit eine kumulative Verlangsamung der Reaktionszeit über 56 Tage beobachtet werden. Der Effekt zeigt sich abends stärker als morgens und ist auch über die Flugdienstage linear steigend. Insgesamt wurden im Mittel aber keine kritischen längerfristigen Effekte gefunden.

Allerdings haben sich akute Effekte ab einer Flugdienstzeit von  $> 10$  Stunden (tagsüber) angedeutet. Zudem erscheinen Früheinsätze besonders belastend (Zunahme der Ermüdung, Abnahme der Leistungsfähigkeit). Eventuell kann die Einsatzstrategie dahingehend optimiert werden, indem die Flugdienstdauer eines Flugdiensttages reduziert und dafür ein Einsatztag hinzugenommen wird, sofern die Mindestzahl an Offtagen pro Monat nicht unterschritten wird. Eine Aussage über die Belastung von Nachtflügen ist hier nicht möglich, da Nachtflüge sehr

selten vorkamen und nicht die Nacht hindurch geflogen wurde. Analysen zu Aussagen bezüglich der Wirkung von Belastungs- und Ermüdungserscheinungen durch die Dienstkettenlänge stehen noch aus.

Nach der ICAO (2006) wird Aircrew Fatigue beschrieben als *„a physiological state of reduced mental or physical performance capability resulting from sleep loss or extended wakefulness and/or physical activity that can impair a crew member's alertness and ability to safely operate an aircraft or perform safety related duties“*. Eine gute Schlafhygiene, die zu einem erholsamen Schlaf führt ist demnach eine wichtige Voraussetzung für Flugbesatzungsmitglieder, um aufmerksam und wach ihren Flugdienst anzutreten. Schlafstrategien sind aber nur dann nützlich, wenn sie nicht aus „vorschlafen“ bestehen. Aufgrund der guten Schlafhygiene der Piloten ist eine Empfehlung, das Schlafverhalten ebenso beizubehalten (Vorsorge treffen für ausreichenden Schlaf, richtige Schlafstrategien). Besonders im Layover, der eine extreme Wechselschicht darstellt, sollte genügend Ruhezeit für ausreichenden Schlaf eingeplant werden.

Zusammenfassend kann gesagt werden, dass die Flüge zum Zeitpunkt der Untersuchung nicht nach den Regeln der 2. DVO LuftBO, sondern unter den Regeln des geltenden Tarifvertrages der Deutschen Lufthansa durchgeführt wurden und so ein „Fliegen an den gesetzlichen Limits“ begrenzt war. Die akuten Effekte (wie extreme Ermüdungserscheinungen ab einer Flugdienstzeit von  $\geq 10$  Stunden) geben jedoch Hinweise, dass, im Rahmen der Diskussion zur Regelung der Flugdienst- und Ruhezeiten auf europäischer Ebene (JAA), die von der 2. DVO LuftBO bereits vorgegebenen Flugdienstzeiten nicht noch höher festgelegt werden sollten. Zudem sollten die Reglementierungen der 2. DVO LuftBO überarbeitet und nicht in die gesetzlichen Richtlinien auf europäischer Ebene einfach übernommen werden. Bekanntermaßen gibt es in Deutschland durchaus Flugbetriebe, die nach der 2. DVO LuftBO operieren und die gesetzlichen Bestimmungen der 2. DVO LuftBO eher im Sinne einer Regel denn als Ausnahme (z.B. Flugdienstzeiten von 14 Stunden) interpretieren.

## 14 Ausblick

In der vorangegangenen Diskussion konnten, aufgrund der Komplexität des Gegenstandes, nicht alle offenen Probleme und Fragen beantwortet werden. Zudem treten neue Aspekte auf, die Forschungsbedarf haben und zum Zeitpunkt der Untersuchung nicht vorlagen. So werden sich die Arbeitsbedingungen in der kommerziellen Luftfahrt durch den Wettbewerbsdruck in der Zukunft nachhaltig verändern und neue Problemstellungen hervorbringen (beispielsweise durch Einführung von Split-duty; Änderung der Mindestflugbesatzung; Verlängerung von Flugdienst- und Verkürzung von Ruhezeiten). Dabei werden Untersuchungen zu den Flight Time Limitations (FTL) im Hinblick auf die Flugsicherheit der zivilen Luftfahrt weiterhin eine zentrale Rolle einnehmen.

Durch Vergleichsstudien mit anderen Kooperationspartnern könnten wesentliche Unterschiede herausgearbeitet werden, die eine Optimierung der Flugdienst- und Ruhezeitenregelung flächendeckend für alle Fluggesellschaften bewirken.

Außerdem fehlen weiterführende Untersuchungen zu kumulativen und/oder akuten psychischen und psychophysiologischen Effekten bei Flugbegleiter(inne)n auf der Kurzstrecke, zumal die Unterschiede zu den Cockpitbesatzungsmitgliedern in unterschiedlichen Bereichen liegen:

- andere physische Belastungen
- unterschiedliche psychische Anforderungen
- Sicherheit im Kabinenbereich (Passagierverhalten).

Zur Reduzierung von operationellen Risiken werden für die kommerzielle Luftfahrt von der ICAO bis 2008/9 sogenannte Safety Management Systeme (SMS) gefordert, die definiert werden als *„the systematic management of the operational risks associated with flight, engineering and ground activities in order to achieve as high a level of safety performance as is reasonably practicable.“*

Fatigue-Risk-Management Systeme (FRMS) werden als Tool zur Identifikation von FTL und zur Minimierung von Crewfatigue entwickelt. Allerdings basieren FRMS auf wenigen validierten, empirischen Daten, die eine Ableitung auf etwaige theoretische Konzepte zulassen würden. Daher sind weitere Feldstudien im Hinblick auf die Implementierung solcher FRMS-Softwaresysteme von besonderer Wichtigkeit.

Die Entscheidung über den akuten Ermüdungsgrad eines Flugbesatzungsmitgliedes während des Flugdienstes kann durch diese Systeme nicht getroffen werden. Hierzu kann diese Studie einen Anstoß einer möglichen Optimierung zwischen Human Factors und den Arbeitssystemen im Cockpit mit folgendem Grundsatz liefern:

*„Fatigue cannot be prevented by personality, intelligence, education, training, skill, motivation, size, strength or professionalism”* (Civil Aerospace Medical Institute & FAA, 2001).

## 15 Literaturverzeichnis

- Acebo, C. & Sadeh, A. (2002). The role of actigraphy in sleep medicine. Sleep Medicine Reviewers, 6 (2), 113-124.
- Akerstedt, T. (1991): Sleepiness at work: effects of irregular work hours. In T. Monk (Hrsg.), Sleep, sleepiness and performance (S. 130-152). Chichester: Wiley.
- Akerstedt, T. & Gillberg, M. (1990): Subjective and objective sleepiness in the active individual. Intern. J. Neuroscience, 52, UK: Science Publishers, Inc., 29-37.
- Akerstedt, T. & Gillberg, M. (1994): Relations between performance and subjective ratings of sleepiness during a night awake. Sleep, 17(3), 236-241.
- Akerstedt, T. Hume, K. Minors, D. Waterhouse, J. (1994): The meaning of good sleep: a longitudinal study of polysomnography and subjective sleep quality. Journal of Sleep Research, 3 (3), 152- 158.
- Alluisi, E. & Morgan, B. (1982a). Stress and Stressors, Commonplace and Otherwise. In E.A. Fleishman (Hrsg.), Human Performance and Productivity: Stress and Performance Effectiveness (Band 3, 1-10). Hillsdale, New Jersey: Lawrence Erlbaum Associations.
- Alluisi, E. & Morgan, B. (1982b). Temporal Factors in Human Performance and Productivity. In E.A. Fleishman (Hrsg.), Human Performance and Productivity: Stress and Performance Effectiveness (Band 3, 184-234). Hillsdale, New Jersey: Lawrence Erlbaum Associations.
- Amelang & Bartusek (1997): Differenzielle Psychologie und Persönlichkeitsforschung. Berlin: Kohlhuber-Verlag.
- Ancoli – Israel, S. & Cole, R. & Alessi, C. (2003). The Role of Actigraphy in the Study of Seep and Circadian Rhythms. Sleep, 26 (3), 342-392.

- Antoni, C. & Bungard, W. (1989): Organisationspsychologie. In E. Roth (Hrsg.), Enzyklopädie der Psychologie (S.431-458). Göttingen: Hogrefe Verlag für Psychologie.
- Aschoff, J. (1965). Circadian rhythms in man. Science, 1427-1432.
- Badura, B. & Litsch, M. & Vetter, C. (1999). Fehlzeiten-Report 1999. Psychische Belastung am Arbeitsplatz (S. 45-57, S. 185-193). Heidelberg: Springer-Verlag.
- Bamberg, E. & Busch, C. (1996). Betriebliche Gesundheitsförderung durch Stressmanagementtraining: Eine Metaanalyse (quasi-)experimenteller Studien. Zeitschrift für Arbeits- und Organisationspsychologie, 40. Jg. (N.F.14) 2, 127-137.
- Becker, P. (1988). Skalen für Verlaufsstudien der emotionalen Befindlichkeit. Zeitschrift für Experimentelle und Angewandte Psychologie, 35, 345-369.
- Becker-Carus, C. & Hoffmann, M. R. & Müller, T. H. & Paterok, B. (1997). Auswirkungen chronischer Schlafrestriktion auf Leistungsfähigkeit, Stimmung und Müdigkeit. Somnologie, 2, 65-73.
- Becker-Carus, C. (2004). Subjektive versus objektive Einschätzung der Schlafqualität. In H. Schulz (Hrsg.), Deutsche Gesellschaft für Schlafforschung und Schlafmedizin – Kompendium für Schlafmedizin. II-1.1, 1-3.
- Belenky, G. & Wesensten, N. & Thorne, D. (2002). Patterns of performance degradation and restoration during sleep restriction and subsequent recovery: a sleep dose-response study. Division of Neuropsychiatry, Walter Reed Army Institute of Research, Silver Spring, MD, USA.
- Beermann, B. (1996). Leifaden zur Einführung und Gestaltung von Nacht- und Schichtarbeit. Bremerhaven: Wirtschaftsverlag.
- Bonnet, M. (1982): Performance during sleep. In B. Wilse (Hrsg.), Biological rhythms, Sleep and Performance (S. 205 - 231). Chichester: Wiley.

- Bonnet, M. (1985): Effect of sleep disruption on sleep, performance, and mood. Sleep, 8 (11), 11-19.
- Bonnet, M. (1996): Schlaf-Fragmentation als Ursache von Tagesmüdigkeit und LeistungseinbuÙe. Wiener Medizinische Wochenschrift. Leistung und Schlaf. Heft 13/14, 332-334.
- Bortz, J. (1993). Statistik für Sozialwissenschaftler. Berlin: Springer – Verlag.
- Bortz, J. & Döring, N. (1995). Forschungsmethoden und Evaluation für Sozialwissenschaftler. Berlin: Springer – Verlag.
- Bourgeois-Bougrine, S. & Cabon, P. & Gounelle, C. & Mollard, R. & Coblenz, A. (2003). Perceived Fatigue for Short- and Long-Haul Flights: A Survey of 739 Airline Pilots. Aviation, Space, and Environmental Medicine, 74 (10), 1072-1077.
- Bourgeois-Bougrine, S. & Cabon, P. & Coblenz, A. & Mollard, R. & Speyer, J.J. (2003). Fatigue in aircrew from short haul flights in civil aviation: the effects of work schedules. Human Factors and Aerospace Safety 3 (2), 177-187.
- Bullinger, M. & Kircherberger, I. (1998). SF-12. Fragebogen zum Gesundheitszustand. Handanweisung. Göttingen: Hogrefe.
- Bundesanstalt für Flugsicherung (1987). 2<sup>nd</sup> DVO LuftBO. Zweite Durchführungsverordnung zur Betriebsordnung für Luftfahrtgerät [Second Implementation Order to the Aircraft Operations Order]. Frankfurt: Bundesanstalt für Flugsicherung.
- Buysse, D. & Monk, T. (2005). Circadian patterns of sleep, sleepiness, and performance in older and younger adults. Sleep, 28 (11), 1365-1376.
- Büssing, A. & Glaser, J. (1996). Widersprüchliche Anforderungen in der Arbeitstätigkeit, Zusatzaufwand und psychischer Stress. Konzepte und Überprüfung eines Vermittlungsmodells. Zeitschrift für Arbeits- und Organisationspsychologie, 40.

- Büssing, A. & Glaser, J. (1998). Arbeitsbelastungen als Bedingungen von Emotionaler Erschöpfung und Depersonalisation im Burnoutprozeß. Zeitschrift für Arbeits- und Organisationspsychologie, 42.
- Byers, J.C. & Bittner, A.C. & Hill, S.G. (1989). Traditional and raw task index (TLX) correlations: are paired comparisons necessary? In A. Mital (Hrsg.), Advances in industrial ergonomics and safety I (481-485). London: Taylor & Francis.
- Caldwell, J. & Caldwell, L. (2003): Fatigue in Aviation: A Guide to Staying Awake at the Stick. Aldershot: Ashgate.
- Caldwell, J. & Glenn, W. & Cetinguc, M. (1994). Psychophysiological Assessment Methods. AGARD-AR-324.
- Campbell, R.D. & Bagshaw, M. (1999). Human Performance and Limitations in Aviation (S. 1-6, S. 59-83, S. 97-150). Oxford: Blackwell Science Ltd.
- Caro, P. (1988). Flight Training and Simulation. In E. L. Wiener & D. Nagel (Hrsg.), Human factors in aviation (S. 229-260). USA: Academic Press, INC.
- Carskadon, M. A. & Roth, T: (1991). Sleep restriction. In T. Monk (Hrsg.), Sleep, sleepiness and performance (S. 155-168). Chichester: Wiley.
- Cohen, S. & Evans, G. W. & Stokols, D. & Krantz, D. S. (1986). Behavior, Health, and Environmental Stress. New York: Plenum.
- Cohen, S. & Kessler, R. C. & Gordon, L. U. (1995). Measuring Stress (S. 3-26, S.102-120, S121-147, S.148-171). New York: Oxford University Press.
- Colquhoun, P. (1982): Biological Rhythms and Performance. In B. Wilse (Hrsg.), Biological rhythms, Sleep and Performance (S. 59-83). Chichester: Wiley.
- Cooper, C.L. (1983). Stress Research (S. 1–79; 121-142). Chichester: Wiley.

- Cooper, C.L. & Dewe, P.J. & Payne, R. (1983). Current Concerns in Occupational Stress (S. 22-41). Chichester: Wiley.
- Cooper, C.L. & Sloan, S. J. (1986). Pilots under stress. London & New York: Routledge & Kegan Paul.
- Cooper, C.L. & Sloan, S.J. (1986). The Measurement of Self-Reported Pilot Performance (S. 466-471). Aviation, Space, and Environmental Medicine, 57.
- Cooper, C.L. & Payne, R. (1988). Causes, coping and consequences of stress (S. 3-39, S.209-404). Chichester: Wiley.
- Cooper, C. L. & Dewe, P. & O'Driscoll, M. P. (2001). Organizational stress: a review and critique of theory, research, and applications. Thousand oaks: Foundations for organizational science.
- Costa, G. (1997). The Problem: shiftwork (S. 89-98). Chronobiology Int., 14.
- Cruz, C. & Detwiler C. & Nesthus, T & Boquet, A. (2003a). Clockwise and counterclockwise rotation shifts: effects on sleep duration, timing, and quality (S. 597-605). Aviation, Space, and Environmental Medicine, 74 (6).
- Cruz, C. & Detwiler C. & Nesthus, T & Boquet, A. (2003b). Clockwise and counterclockwise rotation shifts: effects on vigilance and performance (S. 606-614). Aviation, Space, and Environmental Medicine, 74 (6).
- Debus, G. & Erdmann, G. & Kallus, K.W. (1995). Biopsychologie von Stress und emotionalen Reaktionen. Göttingen: Hogrefe.
- De Vries-Griever, A.H. & Meijman, T.F. (1987). The impact of abnormal hours of work on various modes of information processing: a process model on human costs of performance (S. 1287-1299). Ergonomics, 30 (9).
- Deitz, S. R. (1991). Pilots, Personality and Performance (S. 1-25, 65-71, 87-123, 124-183). New York: Quorum Books.

- Deutsche Gesellschaft für Psychologie (1997). Richtlinien zur Manuskriptgestaltung (2. überarb. und erw. Aufl.). Göttingen: Hogrefe.
- Diehl, J. & Staufenbiel, T. (2001). Statistik mit SPSS Version 10.0. (1. Auflage). Eschborn: Verlag Dietmar Klotz.
- Dinges, D. F. (1991): Performing while sleepy: effects of experimentally-induced sleepiness. In T. H. Monk (Hrsg.), Sleep, sleepiness and performance (S. 97 – 128). Chichester: Wiley.
- Dinges, D. F. & Graeber, C. & Samel, A. & Rosekind, M. R. (1996). Principles and Guidelines for Duty and Rest Scheduling in Commercial Aviation. NASA. Ames Research Center. Moffett Field, California 94035-1000.
- Dinges, D. F. & Powell, J. W. (1985). Microcomputer analysis of performance on a portable, simple visual RT task during sustained operations. Behavior Research Methods, Instruments & Computers, 17 (6), 652 – 655.
- Dinges, D. F. & Pack, F. & Williams, K.; Gillen, K. A. & Powell, J. W. & Ott, G. E. & Aptowicz, C. & Pack, A. I. (1997). Cumulative sleepiness, mood disturbance, and psychomotor vigilance performance decrements during a week of sleep restricted to 4-5 hours per night. Sleep, 30 (4), 267-277.
- Dijkhuizen, N. I. (1980). From stressors to strain (S. 1-39). Kanters B.V.: Albasserdam.
- Dlugosch, G. E. & Krieger, W. (1995): Fragebogen zur Erfassung des Gesundheitsverhaltens (FEG). Handanweisung. Swet Test Services, Frankfurt.
- Driskell, J. E. & Salas, E. (1996): Stress and human performance. Verlag: Lawrence Erlbaum Associates, Inc.
- Dunckel, H. (1986). Psychischer Stress am Arbeitsplatz. Köln: Bund – Verlag.
- Dupuis, H. & Hammer, W. (1973): Pulsfrequenz und Arbeitsuntersuchungen (Band 28). Beuth-Vertrieb GmbH: Berlin-Köln, Frankfurt/Main.

Edwards, D. C. (1990). Pilot: Mental and Physical Performance (S. 83-121, 133-158, 169-210). Iowa: State University Press.

Edwards, E. (1988). Introductory Overview. In E. L. Wiener & D. Nagel (Hrsg.), Human factors in aviation (S. 17-21). USA: Academic Press, INC.

Eysenck, M. (1983). Incentives. In R. Hockey (Hrsg.). Stress and Fatigue in Human Performance (S. 169 - 201). Chichester: Wiley.

Feggetter, A.J. (1982). A method for investigating human factor aspects of aircraft accidents and incidents. Ergonomics, 25 (11), 1065-1075.

Filser, H. (2002). Fehler im System. Süddeutsche Zeitung, S. 33.

Finch, H. (2005). Comparison of the Performance of Nonparametric and Parametric MANOVA Test Statistics when Assumptions are violated. Methodology, 1 (1), 27-38.

Folkard, S. & Monk, T. (1979). Shiftwork and performance. Human Factors, 21, 483-492.

Folkman, S. & Lazarus, R.S. (1988a). Coping as a mediator of emotion. Soc.Sci.Med., 54, 446-475.

Folkman, S. & Lazarus, R.S. (1988b). The relationship between coping and emotion: implications for theory and research. Soc.Sci.Med., 26, 309-317.

Foushee, C. & Helmreich, R. (1988). Group Interaction and Flight Crew Performance. In E. L. Wiener & D. Nagel (Hrsg.), Human factors in aviation (S. 189-225). USA: Academic Press, INC.

French, J. R. & Caplan, R.D. & Van-larrison, R. (1982). The mechanisms of job stress and strain. Chichester: Wiley.

Frey, D. & Schulz-Hardt, S. (1997): Eine Theorie der gelernten Sorglosigkeit.

- In H. Mandl (Hrsg.), Bericht über den 40. Kongress der Deutschen (S. 604-611). Gesellschaft für Psychologie. Göttingen: Hogrefe-Verlag.
- Frieling, E. & Sonntag, K. (1999). Arbeitspsychologie. Ein Lehrbuch. (2. überarb. Aufl) (S. 195-215). Göttingen: Huber-Verlag.
- Gaillard, A.W. (1993). Comparing the concepts of mental load and stress. Ergonomics, 36 (9), 991-1005.
- Gander, P. & Graeber, C. (1987). Sleep in pilots flying short-haul commercial Schedules. Ergonomics, 30 (9), 1365-1377.
- Gander, P. & De Nguyen, B. & Rosekind, M. & Connell, M. (1993). Age, Circadian Rhythms, and Sleep Loss in Flight Crews. Aviation, Space and Environmental Medicine, 64, 189-195.
- Gander, P. & Signal, L. & Gale, J. (2005): Sleep measurement in Flight Crew: Comparing actigraphic and subjective estimates to polysomnography. Aviation, Space and Environmental Medicine, 76, 1058-1063.
- Graeber, C. (1986). Crew Factors in Flight Operations: IV. Sleep and Wakefulness in International Aircrews. National Aeronautics and Space Administration. Ames Research Center. Moffett Field, California 94035.
- Gebert, D. & von Rosenstiel, L. (1992). Organisationspsychologie (3. erw. Aufl.) (S. 104-121). Stuttgart: Kohlhammer.
- Gillberg, M. (1998). Subjective alertness and sleep quality in connection with permanent 12-hour day and night shifts. Scand J Work Environ Health, 24. suppl., 76-80.
- Glynn, D. C. & Kirby, R. (1982). Organismic Factors and Individual Differences in Human Performance and Productivity. In E.A. Fleishman (Hrsg.), Human Performance and Productivity: Stress and Performance Effectiveness (Band 3, S. 91-129). Hillsdale: Lawrence Erlbaum Associations.
- Goldberger, L. & Breznitz, S. (1982). Handbook of Stress-Theoretical and Clinical Aspects. USA: The Free Press.

- Grabowski, J. & Baker, S. & Li, G. (2005). Ground Crew injuries and Fatalities in U.S. Commercial Aviation, 1983-2004. Aviation, Space and Environmental Medicine, 76, 1007-1011.
- Graeber, C. (1988). Aircrew Fatigue and Circadian Rhythmicity. In E. L. Wiener & D. Nagel (Hrsg.), Human factors in aviation (S. 305-341). USA: Academic Press, INC.
- Greif, S. & Bamberg, E. & Semmer, N. (1991). Psychischer Stress am Arbeitsplatz (S. 1-27; 46-56). Göttingen: Hofgrefe – Verlag.
- Griefahn, B. (2002). Chronotypen - Beurteilung der Schichtarbeitstoleranz. In Konietzko & Dupuis (Hrsg.), Handbuch der Arbeitsmedizin, 29, III-1.6.1.5.
- Griefahn, B. & Bröde, P. & Mehnert, P. (2001). Zur Validität der deutschen Übersetzung des Morningness-Eveningness-Questionnaires von Horne und Östberg. Somnologie, 5, 71-80.
- Hacker, W. & Richter, P. (1976). Psychische Regulation von Arbeitstätigkeiten. Berlin: Deutscher Verlag der Wissenschaften.
- Hacker, W. (1998). Allgemeine Arbeitspsychologie: Psychische Regulation von Arbeitstätigkeiten (Band 3, S. 721-762). Göttingen: Verlag Hans Huber.
- Hacker, W. & Richter, P. (1998). Belastung und Beanspruchung. Stress, Ermüdung und Burnout im Arbeitsleben. Heidelberg: Asanger Verlag.
- Haisch, J. & Zeitler, H. (1991). Gesundheitspsychologie. Heidelberg: Roland Asanger Verlag.
- Hänecke, K. & Tiedemann, S. & Nachreiner, F. & Grech-Sukola, H. (1998): Accident risk as a function of hour at work and time of day as determined from accident data and exposure models for the German working population. Scandinavian Journal of Work, Environment and Health, 2443-48.

- Hart, S.G. & Hauser, J.R. (1987): In-flight application of three pilot workload measurement techniques. Aviation, Space and Environmental Medicine, 58, 402-410.
- Hartung, J. & Elpelt, B. (1995): Multivariate Statistik. Lehr- und Handbuch der angewandten Statistik. München: Oldenbourg Verlag.
- Haugli, L. & Skogstad, A. (1994). Health, sleep, and mood perceptions reported by airline crews flying short and long hauls (S.). Aviation, Space and Environmental Medicine, 65, 27-34.
- Häcker, H. & Stapf, K. (1998). Dorsch Psychologisches Wörterbuch. Göttingen: Hans Huber-Verlag.
- Helmreich, R.(1997). Kommunikationstraining gegen menschliches Versagen im Cockpit. Spektrum der Wissenschaft, 66-71.
- Helmreich, R.L., Klinec, J.R., Merritt, A.C. (1999a). The evolution of Crew Resource Management training in commercial aviation. International Journal of Aviation Psychology, 9 (1), 19-32.
- Helmreich, R.L., Klinec, J.R., Merritt, A.C. (1999b). Threat and error management: Data from line operations safety audits. In Proceedings of the Tenth International Symposium on Aviation Psychology (S. 683-688). Columbus, OH: Ohio State University.
- Helmreich, R.L. & Merritt, A.C. (2000). Safety and error management: The role of Crew Resource Management. In B.J. Hayward & A.R. Lowe (Hrsg.), Aviation Resource Management (S. 107-119). Aldershot, UK: Ashgate.
- Helmreich, R.L. & Klinec, J.R. & Merritt, A.C. (2001). Culture, error and Crew Resource Management. In E. Salas, C.A. Bowers, & E. Edens (Hrsg.), Improving Teamwork in Organisations. Hillsdale, NJ: Erlbaum. Aviation, Space, and Environmental Medicine, 7 (9.11), 133-139.

- Helmreich, R.L., Sexton, J.B., Thomas, E. (1999a). Analyzing cockpit-communication: The links between language, performance, error and workload. University of Texas, Human Factors Research Project: USA.
- Helmreich, R.L., Sexton, J.B., Thomas, E. (1999b). Building Safety on the Cultures of Aviation (S. 39-43). In Proceedings of the IATA Human Factors Seminar Bangkok, Thailand, August 12, 1998.
- Helmreich, R.L. (2000). Culture and error in Space: Implications from analog Environments (S. 133-139). Aviation, Space, and Environmental Medicine, 7 (9.11).
- Helmreich, R.L., Sexton, J.B., Thomas, E. (2000a). Error, stress and teamwork in medicine and aviation: cross sectional surveys. University of Texas, Human Factors Research Project: USA.
- Helmreich, R.L., Sexton, J.B., Thomas, E. (2000b). On error management: lessons from aviation. University of Texas, Human Factors Research Project: USA.
- Hill, S. G. & Lavecchia, H. P. (1992). Comparison of four subjective workload rating Scales. Human factors, 34, 429-439.
- Hockey, R. & Hamilton, P. (1983). The Cognitive Patterning of Stress States. In R. Hockey (Hrsg.), Stress and Fatigue in Human Performance (S. 331 - 362). Chichester: Wiley.
- Hoffmann, R.M. (2004). Schlaf und Psychometrie. In H. Schulz (Hrsg.), Deutsche Gesellschaft für Schlafforschung und Schlafmedizin - Kompendium Schlafmedizin. II-2, 1-4.
- Hogan, R. (1982). Subjective Correlates of Stress and Human Performance. In E.A. Fleishman (Hrsg.), Human Performance and Productivity: Stress and Performance Effectiveness (Band 3, S. 141-159). Hillsdale, New Jersey: Lawrence Erlbaum Associations.
- Holding, D. (1983). Fatigue. In R. Hockey (Hrsg.), Stress and Fatigue in Human Performance (S. 145 - 167). Chichester: Wiley.

- Holley, D. C. & Price, W. (1990). Shiftwork and safety in aviation. Occupational medicine, 5 (2). Philadelphia: Hanley and Belfus, Inc., 343 – 377.
- Horne, J. A. (1991). Dimensions to sleepiness. In T. H. Monk (Hrsg.), Sleep, sleepiness and performance (S. 169-196). Chichester: Wiley.
- Horne, J. A. & Östberg, O. (1976). A self-assessment questionnaire to determine morningness-eveningness in human circadian rhythms. International Journal of Chronobiology, 4, 97-110.
- Hörmann, H. J. (1998). Selection of civil aviation pilots. In K. M. Goeters (Hrsg.), Aviation Psychology: a science and a profession (S. 55-62). Aldershot: Ashgate.
- Hoyos, C. G. & Rosenstiel, L. (1980). Grundbegriffe der Wirtschaftspsychologie. München: Kösel-Verlag GmbH & Co.
- Hoyos, C. G. & Brüggemann, N. (1982). Belastung und Beanspruchung bei Überwachungs- und Steuertätigkeiten: Untersuchungen über die Veränderungen informationsverarbeitender Prozesse. Deutsche Forschungsgemeinschaft (Nr. Ho 182/9). Berichte aus dem Institut für Psychologie und Erziehungswissenschaft der TU München.
- Hoyos, C. G. & Stadler, P. & Strobel, G. (1999). Psychische Belastung von Mitarbeitern – die Rolle des Führungsverhaltens. Verband Deutscher Betriebs- und Werksärzte e.V. Ergo/Med 3/2000.
- International Civil Aviation Organisation (ICAO) (2006). 2006 International Civil Aviation Day focuses on aviation safety and security to preserve growing benefits of air transport. 2006 - "Safety and security – first and always the top priority". News Release, PIO 15/2006.
- Johnson, L. C. (1982): Sleep Deprivation and Performance. In Biological rhythms, Sleep and Performance (S. 111 - 138). Chichester: Wiley.

- Judge, T.A. & Hulin, C.L. (1993). Job satisfaction as reflection of disposition: a multiple source causal analysis. *Organizational Behavior and Human Decision processes*, 56, 388-421.
- Kahneman, D. (1973). Attentions and Effort. Englewood Cliffs, USA: Prentice-Hall.
- Kallus, K.W.(1995). Erholungs-Belastungs-Fragebogen (EBF). Hand-anweisung. Swet Test Services, Frankfurt.
- Kannheiser, W. (1992). Arbeit und Emotion: eine integrierende Betrachtung. München: Quintessenz.
- Kantowitz, B. & Casper, P. (1988). Human Workload in Aviation. In E. L. Wiener & D. Nagel (Hrsg.), Human factors in aviation (S. 157-18). USA: Academic Press, INC.
- Kast, F. E. & Rosenzweig, J. E. (1979). Organization and management: A systems and contingency approach. New York, Düsseldorf: McGraw-Hill.
- Kleinbeck, U. & Rutenfranz, J. (1987): Arbeitspsychologie. In Enzyklopädie der Psychologie (S. 130-172). Göttingen: Hogrefe Verlag für Psychologie.
- Krohne, H. W. (1990). Stress und Stressbewältigung. In R. Schwarzer (Hrsg.), Gesundheitspsychologie (S. 263-277). Ein Lehrbuch. Göttingen: Hofgreffe Verlag für Psychologie.
- Lamond, N. & Dawson, D. & Roach, G. (2005). Fatigue assessment in the field: Validation of a hand-held electronic psychomotor vigilance task. Aviation, Space, and Environmental Medicine, 76 (5), 486-489.
- Langer, I. & Blettner, M. & Gundestrup, H. & Storm, H. & Aspholm, R. (2004). Cosmic radiation and cancer mortality among airline pilots: results from a European cohort study (ESCAPE). Radiat Environ Biophys, 42, 247-256.

- Lazarus, R. S. & DeLongis, A. & Folkman, S. & Gruen, R. (1985). Stress and adaptational outcomes. The problem of confounded measures. American Psychologist, 40, 770-785.
- Lazarus, R. S. & Folkman, S. (1991). Stress, Appraisal, and Coping. New York: Springer Publishing Company.
- Lazarus, R. S. & Kanner, A. D. & Folkman, S. (1987). Emotions: A Cognitive-Phenomenological Analysis. In R. Plutchik & H. Kellermann (Hrsg.), Emotion. Theory, Research, and Experience. Boston: Academic Press, Inc.
- Lazarus R. S. & Launier, R. (1978). Stress-Related Transactions between Person and Environment. In L. A. Pervin & M. Lewis (Hrsg.), Perspectives in Interactional Psychology (S. 287-328). New York: Plenum Press.
- Lazarus R. S. & Launier, R. (1981). Stressbezogene Transaktionen zwischen Person und Umwelt. In J. R. Nitsch (Hrsg.), Stress. Theorien, Untersuchungen, Maßnahmen (S. 213-260). Bern: Verlag Hans Huber.
- Lee, Y.-H., L. & Bor-Shong, L. (2003): In-Flight Workload Assessment: Comparison of Subjective and Physiological Measurements. Aviation, Space, and Environmental Medicine, 10 (74), 1078-1084.
- Levi, L. (1981): Psychosoziale Reize, psychophysiologische Reaktionen und Krankheit. In J. R. Nitsch (Hrsg.), Stress. Theorien, Untersuchungen, Modelle (S.88-212). Bern: Verlag Hans Huber.
- Liendl, S. (2004). Abend- und Morgenprotokolle. In H. Schulz (Hrsg.), Deutsche Gesellschaft für Schlafforschung und Schlafmedizin - Kompendium Schlafmedizin. III-2, 1-7.
- Lorenz, B. & Manzey, D. (2001). Geschlechtsunterschiede bei Wahlreaktionsleistungen im eignungsdiagnostischen Kontext. Zeitschrift für Diagnostische Psychologie, 22 (3), 173-184.
- Manzey, D. (2000). Psychological Aspects of Human Spaceflight: Effects on Human Cognitive, Psychomotor, and Attentional Performance. DLR Hamburg. FB 2000-02.

- Manzey, D. (1998). Psychophysiologie mentaler Beanspruchung. In F. Rösler (Hrsg.), Ergebnisse und Anwendungen der Psychophysiologie (S. 799-864). Göttingen: Hogrefe Verlag für Psychologie.
- Medialdea, J. & Tejada, F. (2005). Phobic fear of flying in aircrews: Epidemiological aspects and comorbidity. Aviation, Space and Environmental Medicine, *76*, 566-568.
- Mohr, G. (1997). Arbeit und Gesundheit. In R. Schwarzer (Hrsg.), Gesundheitspsychologie. Ein Lehrbuch (S. 229-244). Göttingen: Hogrefe Verlag für Psychologie.
- Mongrain, V. & Carrier, J. & Dumont, M. (2005). Chronotype and sex effects on sleep architecture and quantitative sleep EEG in healthy young adults. Sleep, *28*, *7*, 819-827.
- Monk, T. & Folkard, S. (1983). Circadian Rhythms and Shiftwork. In R. Hockey (Hrsg.), Stress and Fatigue in Human Performance (S. 97 -121). Chichester: Wiley.
- Moosbrugger, H. & Klutky, N. (1987). Regressions- und Varianzanalysen auf der Basis des Allgemeinen Linearen Modells. Bern: Verlag Hans Huber.
- Moosbrugger, H. & Zistler, R. (1994). Lineare Modelle: Regressions- und Varianzanalysen. (Band 14). Bern: Verlag Hans Huber.
- Moray, N. (1982). Subjective mental workload. Human factors, *24*, 25-40.
- Müller-Limmroth, W. (1989). Arbeit und Stress. München: Bayrisches Staatsministerium für Arbeit und Sozialordnung:
- Müller, T. H. & Paterok, B. & Hoffmann, M.R. & Becker-Carus, C. (1997). Auswirkungen chronischer Schlafrestriktion auf die Leistungsfähigkeit, Stimmung und Müdigkeit. Somnologie, *2*, 65-73.

- Nachreiner, F. (2002). Über einige aktuelle Probleme der Erfassung, Messung und Beurteilung der psychischen Belastung und Beanspruchung. Zeitschrift für Arbeitswissenschaft, 56, 10-21.
- Nagel, D. (1988). Human Error in Aviation Operations. In E. L. Wiener & D. Nagel (Hrsg.), Human factors in aviation. USA: Academic Press, INC., 263-301.
- Nally, B. (2000). Executive stress-an outcome of strategic chance processes. International Journal of Organisational Behaviour, 2 (1), 13-29.
- Neri, D. & Oyung, R. & Colletti, L. & Mallis, M. & Tam, P. & Dinges, F. (2002): Controlled Breaks as a Fatigue Countermeasure on Flight Deck. Aviation, Space, and Environmental Medicine, 7 (73), 654-664.
- Niederl, T. & Samel, A. & Vejvoda, M. & Elmenhorst, D. (2005): Untersuchungen zu kumulativen psychophysiologischen Effekten beim fliegenden Personal auf der Kurzstrecke. 7. Kongress Medizin und Mobilität, Köln-Porz, Abstract: DGLRM Programm & Abstracts, S.34.
- Nitsch, J. R. (1981): Aspekte der Stressforschung. In: Stress. Theorien, Untersuchungen, Maßnahmen (S. 52-160). Bern: Verlag Hans Huber.
- National Transportation Safety Board (NTSB) (1997): Aircraft Accident Report. Controlled Flight into terrain. Washington: NTSB/AAR-00/01.
- Paine, W. S. (1982). Job Stress and Burnout. London: Sage Publications.
- Pearlman, C. A. (1982): Sleep Structure Variation and Performance. In B. Wilse (Hrsg.), Biological rhythms, Sleep and Performance (S. 143-166). Chichester: Wiley.
- Penzel, T. & Hajak, G. & Hoffmann, R. & Lund, R. & Podszus, T. & Pollmächer, T. & Schäfer, T. & Schulz, H. & Sonnenschein, W. & Spieweg, I. (1993). Empfehlungen zur Durchführung und Auswertung polygraphischer Ableitungen im diagnostischen Schlaflabor. Zeitschrift für Elektroenzephalographie, Elektromyographie und verwandte Gebiete, 24, 65-70.

Pfendler, C. (1990). Zur Messung der mentalen Beanspruchung mit dem NASA-Task Load Index. Zeitschrift für Arbeitswissenschaft, 44, 158-163.

Pfendler, C. & Grandt, M. (2000). Vergleichende empirische Bewertung der Beanspruchungsmessmethoden NASA-TLX, ZEIS und NASA-TLX-ZEIS bei einer Flugführungsaufgabe. FKIE-Bericht Nr.22. Forschungsinstitut für Kommunikation, Informationsverarbeitung und Ergonomie. FAGAN.

Pfendler, C. & Pitrella, F.D. & Wiegand, D. (1994). Workload measurement in human engineering testing and evaluation. Wachtberg: Forschungsinstitut für Anthropotechnik. Bericht Nr. 109.

Pfendler, C. & Schütte, M. (2002). Untersuchung der Sensitivität des NASA-TLX und NASA-TLX-ZEIS bei einer Flugführungsaufgabe. (56)/ 1-2 Z..Arb.Wiss., 46-54.

Pfendler, C. & Widdel, H. (1988). Gedächtnisleistung und Beanspruchung beim Wiedererkennen von farbigen und schwarzen Reizmustern auf elektronischen Anzeigen. (FAT Bericht Nr. 81). Wachtberg: Forschungsinstitut für Anthropotechnik.

Popp, R. & Geisler, P. (2004). Vigilanz- und Daueraufmerksamkeitstests. In H. Schulz (Hrsg.), Deutsche Gesellschaft für Schlafforschung und Schlafmedizin – Kompendium für Schlafmedizin. III-3.2.6.3, 1-3.

Popp, R. (2004). Psychomotor Vigilance Task (PVT). In H. Schulz (Hrsg.), Deutsche Gesellschaft für Schlafforschung und Schlafmedizin – Kompendium für Schlafmedizin. III-3.2.6, 1-4.

Powell, N. & Riley, R. V. & Schechtman, K. & Blumen, M. & Dinges, D. & Guilleminault, C. (1999). A Comparative Model: Reaction Time Performance in Sleep-Disordered Breathing versus Alcohol-Impaired Controls. Laryngoscope; 109, 1648-1654.

Reason, J. (2005). Safety in the operation theatre - part 2: Human error and organisational failure. Qual Saf Health Care, 6, 121–126.

- Richter, G. (2000): Psychische Belastung und Beanspruchung. Stress, psychische Ermüdung, Monotonie, psychische Sättigung. Dortmund/Berlin: Verlag für neue Wissenschaft.
- Richter, P. & Hacker, W. (1998). Belastung und Beanspruchung: Streß, Ermüdung und Burnout im Arbeitsleben. Heidelberg: Asanger.
- Richter, S. & Marsalek, C. & Glatz, C. & Gundel, A. (2005). Task-dependent differences in subjective fatigue scores. J. Sleep Res., 14, 393-400.
- Ritchie, M. (1988). General Aviation. In E. L. Wiener & D. Nagel (Hrsg.), Human factors in aviation. USA: Academic Press, INC., 561-588.
- Rosekind, M. & Gander, P. (1994). Fatigue in Operational Settings: Examples from the Aviation Environment. Human Factors, 36(2), p. 327-338.
- Rosenstiel, L. (2003): Grundlagen der Organisationspsychologie. 5., überarb. Aufl. Stuttgart: Schäffer-Poeschel.
- Rutenfranz, j. & Plett, R. & Knauth, P. & Condon, R. & De Vol, D. & Flechter, N. & Eickhoff, S. & Schmidt, K.-H. & Donis, R. & Colquhoun, W.P. (1988): Work at sea: a study of sleep, and of circadian rhythms in physiological and psychological functions, in watchkeepers on merchant vessels. II. Sleep duration, and subjective ratings of sleep quality. International Archives of Occupational Environmental Health, 60, 331-339.
- Samn, S.W. & Perelli, L.P. (1982): Estimating aircrew fatigue: a technique with application to airlift operations. Brooks AFB, TX: USAF School of Aerospace Medicine, Technical Report SAM-TR-82-21.
- Samel, A. & Diedrich, J. & Drescher, J. & Lorenz, B. & Plath, G. & Vejvoda, M. & Wenzel, J. (1997): Langzeitmonitoring psychophysiologischer Größen in der Flugphysiologie. Internist, 38, 755-769.
- Samel, A., Wegmann H.M. & Vejvoda, M. (1997a). Two-crew operations: Stress and fatigue during long-haul night operations. Aviat. Space Environ. Med. 68, 679-687.

- Samel, A., & Wegmann H. M. & Vejvoda, M. (1997b). Aircrew fatigue in long-haul operations. Accid. Anal. And Prev. 29 (4), 439-452.
- Samel, A. & Vejvoda, M. & Maass, H. (2004). Sleep deficit and stress hormones in helicopter pilots on 7-day duty for emergency medical services. Aviat. Space Environ. Med. 75 (11), 935-940.
- Samel, A. & Wegmann, H. M. & Vejvoda, M. Gundel, A. (1986). Sleep, Sleepiness, and Circadian Rhythmicity in Aircrews Operating on Transatlantic Routes. In: Crew Factors in Flight Operations: IV. Sleep and Wakefulness in International Aircrews. NASA Technical Memorandum 88231, 83-96.
- Samel, A. (2006). Schlaf und Leistungsfähigkeit: Sensumotorik-Koordination. In H. Schulz (Hrsg.), DGSL Kompendium Schlafmedizin : Sensumotorik XV – 1.2.1.2, 1-3.
- Sarris, V. (1992): Die Zukunft der experimentellen Psychologie. Verlag: Lawrence Erlbaum Association, Inc.
- Schimmack, U. (1997). Das Berliner-Alltagssprachliche-Stimmungs-Inventar (BASTI): Ein Vorschlag zur kontentvaliden Erfassung von Stimmungen. Diagnostica, 2.
- Schnell, R. & Hill, P. & Esser, E. (1999). Methoden der empirischen Sozialforschung (6. Auflage) (S. 297-433). München: Oldenbourg-Verlag.
- Schönpflug, W. (1983). Coping efficiency and situational demands. In G.R. Hockey (Hrsg.), Stress and fatigue in human performance (S. 299-305). Chichester: Wiley.
- Schönpflug, W. (1987). Beanspruchung und Belastung bei der Arbeit. In U. Kleinbeck & J. Rutenfranz (Hrsg.), Arbeitspsychologie (Themenbereich D, Serie 3, Band 1., S. 130-184). Enzyklopädie der Psychologie. Göttingen: Hogrefe Verlag für Psychologie.
- Schuler, H. (1995). Organisationspsychologie: Ein Lehrbuch. (2. Auflage) (S. 146-165). Göttingen: Verlag Hans Huber.

- Schwarzer, R. (1993). Stress, Angst und Handlungsregulation (S. 11-21). Stuttgart: Kohlhammer.
- Schwarzer, R. (1996). Psychologie des Gesundheitsverhaltens. Göttingen: Hogrefe Verlag für Psychologie.
- Selye, H.. Grundkonzepte (1981). In J. R. Nitsch (Hrsg.), Stress. Theorien, Untersuchungen, Maßnahmen. Bern: Verlag Hans Huber.
- Selye, H. (1956): The stress of life. McGraw-Hill, New York.
- Selye, H. (1974): Stress without distress. Lippincott, Philadelphia.
- Selye, H. (1991): Stress beherrscht unser Leben: das Standardwerk des Pioniers der Stressforschung. Heyne, München.
- Semmer, N. (1984). Stressbezogene Tätigkeitsanalyse (S.15-76). Weinheim: Beltz.
- Shapiro, C.M. (1998). Fatigue: how many types and how common? Journal of psychomatic research, 45, Elsevier: New York, 1-3.
- Singer, J. & Willett, J. (2003): Applied Longitudinal Data Analysis: Modeling Change and Event Occurrence. Oxford. New York: University Press.
- Spieß, E. (2000). Berufliche Werte, Formen der Kooperation und Arbeitszufriedenheit. Gruppendynamik und Organisationsberatung, 31, 185-196.
- Statistical Summary of Commercial Jet Aircraft Accidents. Worldwide Operations 1956-2000. (Hrsg.), Boeing Commercial Airplane Group. Seattle, Washington: Airplane Safety 2000.
- Staveland, L.E. & Hart S.G. (1988). Development of NASA-TLX (Task Load Index): Results of Empirical and Theoretical Research. Aerospace Human Factors Research Division; NASA-Ames Research Center; Moffett Field; California, 139-182.

Steinberg, R. (2000). Schlafmedizin - Grundlagen und Praxis. Bremen: UNI-MED Verlag.

Stelzl, I. (2005). Fehler und Fallen der Statistik. Bern: Verlag Hans Huber.

Stephan, K. (2004). Schlaf und Persönlichkeit. In H. Schulz (Hrsg.), Deutsche Gesellschaft für Schlafforschung und Schlafmedizin - Kompendium Schlafmedizin, II-1.

Stroebe, W. & M. (1995): Lehrbuch der Gesundheitspsychologie (S. 190-214). Verlag Diemar Klotz GmbH.

Stokes, A. & Kite, K. (1997): Flight Stress: Fatigue, and Performance in Aviation. Great Britain: University Press, Cambridge.

Stone, R. & Babcock, G. (1988). Airline Pilots' Perspective. In E. L. Wiener & D. Nagel (Hrsg.), Human factors in aviation (S. 529-559). USA: Academic Press, INC.

Taillard, J. & Philip, P. & Bioulac, B. (1999). Morningness/eveningness and the need for sleep. J. Sleep Res., 8, 291-295.

Taillard, J. & Philip, P. & Coste, O. (2003). The circadian and homeostatic modulation of sleep pressure during wakefulness differs between morning and evening chronotypes. J. Sleep Res., 12, 275-282.

Tepas, D. I. (1982): Work/Sleep Time Schedules and Performance. In B. Wiles (Hrsg.), Biological rhythms, Sleep and Performance. Chichester: Wiley, 1-24.

Thomas, M. (1989). Managing pilot stress. New York: Mac Millian Publishing Company.

Thomas, J. W. & Petrelli, R. M. (2006). Crew familiarity: operational experience, nontechnical performance, and error management. Aviat. Space Environ. Med. 77 (1), 41-45.

- Tobler, I. (2002). Möglichkeiten und Grenzen ambulanter Aktigraphie. In H. Schulz (Hrsg.) (2004), Deutsche Gesellschaft für Schlafforschung und Schlafmedizin – Kompendium für Schlafmedizin. II-1.1, 1-3.
- Tryon, W. (2004). Issues of validity in actigraphic sleep assessment. Sleep, 27, 158-165.
- Vejvoda, M. Samel, A. et al. (2000). Untersuchungen zur Beanspruchung des Kabinenpersonals auf transmeridianen Strecken. Köln-Porz, DLR-Institut für Luft- und Raumfahrtmedizin, FB 2000-32.
- Webb, W. B. (1982): Sleep, Biological rhythms, Performance Research in Biological rhythms, Sleep and Performance (S.1-24). Chichester: Wiley.
- Weinert, A. (1998). Organisationspsychologie: Ein Lehrbuch (4. Aufl.) (S. 201-254). Weinheim: Psychologie Verlags Union.
- Weeß, H.G. & Gresele, C. & Böhning, W. & Sauter, C. (1998). Vigilanz, Einschlafneigung, Daueraufmerksamkeit, Müdigkeit, Schläfrigkeit - Die Messung müdigkeitsbezogener Prozesse bei Hypersomnien -Theoretische Grundlagen. Somnologie 2 (1), 32-41.
- Wever, R. A. (1979). The circadian system of man: Results of experiments under temporal isolation. Berlin: Springer-Verlag.
- Wickens, C. & Flach, J. (1988). Information Processing. In E. L. Wiener & D. Nagel (Hrsg.), Human factors in aviation (S. 111-149). USA: Academic Press, INC.
- Wilkinson, R.T. (1972). Sleep Deprivation - Eight Questions. In W. P. Colquhoun (Hrsg.), Aspects of human efficiency, diurnal rhythm and loss of sleep (S. 25-30). London. English Univ. Pr.
- Wieland – Eckelmann, R. (1992): Kognition, Emotion und psychische Beanspruchung. Göttingen: Hogrefe Verlag für Psychologie.

Wieland – Eckelmann, R. & Baggen, R. (1994): Beanspruchung und Erholung im Arbeits-Erholungs-Zyklus. In R. Wieland – Eckelmann & H. Häcker (Hrsg.), Erholungsforschung (Band 3, Heft 3 und 4) . Weinheim: Beltz, Psychologie Verlags Union.

Wiener, E. (1988). Cockpit Automation. In E. L. Wiener & D.Nagel (Hrsg.), Human factors in aviation (S. 433-459). USA: Academic Press, INC.

Wiggins, M. W. (1999). Aviation Social Science: Research Methods in Practice (S. 7-67, 82-158). Aldershot: Ashgate Publishing Company.

Zulley, J. (2004). Schichtarbeit. In H. Schulz (Hrsg.), Deutsche Gesellschaft für Schlafforschung und Schlafmedizin - Kompendium Schlafmedizin. IV-4.2, 1-2.

<http://www.lufthansa-pilot.de>.

<http://www.hh.dlr.de/cockpit.htm>.

<http://www.boeing.de>

## 16 Anhang

### 16.1 Anhang 1: Allgemeiner Fragebogen

#### ALLGEMEINER FRAGEBOGEN



Deutsches Zentrum für  
Luft- und Raumfahrt e.V.

Flugphysiologie Institut für Luft- und Raumfahrtmedizin

18.09.03



#### Allgemeine Hinweise zum Fragebogen

Der vorliegende Fragebogen dient dazu, wichtige Informationen über Ihre Lebens- und Schlafgewohnheiten, sowie Ihr berufliches und privates Umfeld zu erfahren. Die Beantwortung dieser Fragen ist freiwillig, d.h. Sie können auch Fragen überspringen, wenn Sie diese nicht beantworten wollen.

#### Bitte ...

füllen Sie den Fragebogen in Ruhe zu Hause aus.

#### Bitte ...

beantworten Sie die Fragen möglichst vollständig und zügig. Sollten Sie bei einigen Fragen Schwierigkeiten haben, sich fest zu legen, wählen Sie bitte die Antwort, die Ihrer Situation am ehesten entspricht.

#### Bitte ...

kreuzen Sie immer nur eine Alternative an. Abweichungen hiervon sind ausdrücklich vermerkt.

#### Bitte ...

haben Sie Verständnis dafür, dass wir im Interesse eines optimalen Untersuchungsergebnisses auch einige sehr private Fragen stellen müssen.

#### Bitte ...

beschriften Sie den Fragebogen nur mit Ihrem Code (nicht mit Ihrem Namen), um die Anonymität Ihrer Daten zu gewährleisten.

**Falls ...**

Sie Zweifel haben sollten, ob Ihre Daten genügend geschützt sind, können wir Sie beruhigen, denn grundsätzlich unterliegen alle Ihre Angaben in diesem Fragebogen der ärztlichen Schweigepflicht und werden streng vertraulich behandelt. Darüber hinaus sind Ihre Angaben anonymisiert. Das bedeutet, dass Ihr Fragebogen nicht mehr mit Ihrem Namen versehen ist, sondern nur noch mit einer Kennziffer, die keinerlei direkten Rückschluss auf Ihre Person zulässt.

Für Rückfragen stehen wir Ihnen unter der

Telefon-Nummer	02203-601-3191 oder -3667
Fax-Nummer	02203-68323
E-Mail-Adresse	humanfaktoren-koeln@dlr.de

gerne zur Verfügung.

DATUM: \_\_\_\_\_

CODE: \_\_\_\_\_

POSITION: Cpt.  FO  SFO

Durchschnittliche Anzahl der Flugstunden pro Monat: \_\_\_\_\_ Flugstunden

Flugerfahrung: \_\_\_\_\_ Flugstunden

Dienstjahre: \_\_\_\_\_ Jahre

ALLGEMEIN

1. Wie häufig treten bei Ihnen folgende Symptome auf?

	* **	Zeitabschnitt mit Dienst Zeitabschnitt ohne Dienst	Umlauf *					FREIZEIT **				
			nie	selten	gelegentlich	oft	sehr oft	nie	selten	gelegentlich	oft	sehr oft
1.1		Erschöpfungszustände	<input type="checkbox"/> 1	<input type="checkbox"/> 2	<input type="checkbox"/> 3	<input type="checkbox"/> 4	<input type="checkbox"/> 5	<input type="checkbox"/> 1	<input type="checkbox"/> 2	<input type="checkbox"/> 3	<input type="checkbox"/> 4	<input type="checkbox"/> 5
1.2		Depressionen	<input type="checkbox"/> 1	<input type="checkbox"/> 2	<input type="checkbox"/> 3	<input type="checkbox"/> 4	<input type="checkbox"/> 5	<input type="checkbox"/> 1	<input type="checkbox"/> 2	<input type="checkbox"/> 3	<input type="checkbox"/> 4	<input type="checkbox"/> 5
1.3		Nervosität	<input type="checkbox"/> 1	<input type="checkbox"/> 2	<input type="checkbox"/> 3	<input type="checkbox"/> 4	<input type="checkbox"/> 5	<input type="checkbox"/> 1	<input type="checkbox"/> 2	<input type="checkbox"/> 3	<input type="checkbox"/> 4	<input type="checkbox"/> 5
1.4		Körperliches Unwohlsein	<input type="checkbox"/> 1	<input type="checkbox"/> 2	<input type="checkbox"/> 3	<input type="checkbox"/> 4	<input type="checkbox"/> 5	<input type="checkbox"/> 1	<input type="checkbox"/> 2	<input type="checkbox"/> 3	<input type="checkbox"/> 4	<input type="checkbox"/> 5
1.5		Kreislaufbeschwerden	<input type="checkbox"/> 1	<input type="checkbox"/> 2	<input type="checkbox"/> 3	<input type="checkbox"/> 4	<input type="checkbox"/> 5	<input type="checkbox"/> 1	<input type="checkbox"/> 2	<input type="checkbox"/> 3	<input type="checkbox"/> 4	<input type="checkbox"/> 5
1.6		Verspannungen	<input type="checkbox"/> 1	<input type="checkbox"/> 2	<input type="checkbox"/> 3	<input type="checkbox"/> 4	<input type="checkbox"/> 5	<input type="checkbox"/> 1	<input type="checkbox"/> 2	<input type="checkbox"/> 3	<input type="checkbox"/> 4	<input type="checkbox"/> 5
1.7		Kopfschmerzen	<input type="checkbox"/> 1	<input type="checkbox"/> 2	<input type="checkbox"/> 3	<input type="checkbox"/> 4	<input type="checkbox"/> 5	<input type="checkbox"/> 1	<input type="checkbox"/> 2	<input type="checkbox"/> 3	<input type="checkbox"/> 4	<input type="checkbox"/> 5
1.8		Übelkeit	<input type="checkbox"/> 1	<input type="checkbox"/> 2	<input type="checkbox"/> 3	<input type="checkbox"/> 4	<input type="checkbox"/> 5	<input type="checkbox"/> 1	<input type="checkbox"/> 2	<input type="checkbox"/> 3	<input type="checkbox"/> 4	<input type="checkbox"/> 5
1.9		„dicke Beine“	<input type="checkbox"/> 1	<input type="checkbox"/> 2	<input type="checkbox"/> 3	<input type="checkbox"/> 4	<input type="checkbox"/> 5	<input type="checkbox"/> 1	<input type="checkbox"/> 2	<input type="checkbox"/> 3	<input type="checkbox"/> 4	<input type="checkbox"/> 5
1.10		Rückenschmerzen	<input type="checkbox"/> 1	<input type="checkbox"/> 2	<input type="checkbox"/> 3	<input type="checkbox"/> 4	<input type="checkbox"/> 5	<input type="checkbox"/> 1	<input type="checkbox"/> 2	<input type="checkbox"/> 3	<input type="checkbox"/> 4	<input type="checkbox"/> 5
1.11		Magenschmerzen	<input type="checkbox"/> 1	<input type="checkbox"/> 2	<input type="checkbox"/> 3	<input type="checkbox"/> 4	<input type="checkbox"/> 5	<input type="checkbox"/> 1	<input type="checkbox"/> 2	<input type="checkbox"/> 3	<input type="checkbox"/> 4	<input type="checkbox"/> 5
1.12		Verdauungsstörungen	<input type="checkbox"/> 1	<input type="checkbox"/> 2	<input type="checkbox"/> 3	<input type="checkbox"/> 4	<input type="checkbox"/> 5	<input type="checkbox"/> 1	<input type="checkbox"/> 2	<input type="checkbox"/> 3	<input type="checkbox"/> 4	<input type="checkbox"/> 5
1.13		Augenreizungen	<input type="checkbox"/> 1	<input type="checkbox"/> 2	<input type="checkbox"/> 3	<input type="checkbox"/> 4	<input type="checkbox"/> 5	<input type="checkbox"/> 1	<input type="checkbox"/> 2	<input type="checkbox"/> 3	<input type="checkbox"/> 4	<input type="checkbox"/> 5
1.14		trockene Haut	<input type="checkbox"/> 1	<input type="checkbox"/> 2	<input type="checkbox"/> 3	<input type="checkbox"/> 4	<input type="checkbox"/> 5	<input type="checkbox"/> 1	<input type="checkbox"/> 2	<input type="checkbox"/> 3	<input type="checkbox"/> 4	<input type="checkbox"/> 5
1.15		Migräne	<input type="checkbox"/> 1	<input type="checkbox"/> 2	<input type="checkbox"/> 3	<input type="checkbox"/> 4	<input type="checkbox"/> 5	<input type="checkbox"/> 1	<input type="checkbox"/> 2	<input type="checkbox"/> 3	<input type="checkbox"/> 4	<input type="checkbox"/> 5
1.16		Treten bei Ihnen <b>Symptome</b> auf, die oben <b>nicht benannt</b> sind?  Wenn ja, welche? _____ _____						nein <input type="checkbox"/> 1		ja <input type="checkbox"/> 2		

2.	Haben Sie <b>chronische Erkrankungen</b> ?	nein <input type="checkbox"/> 1	ja <input type="checkbox"/> 2			
	Wenn ja, welche? _____					
3.	Haben Sie <b>akute Erkrankungen</b> ?	nein <input type="checkbox"/> 1	ja <input type="checkbox"/> 2			
	Wenn ja, welche? _____					
4.	Wie <b>stark</b> leiden Sie unter <b>Allergien</b> ?	nicht <input type="checkbox"/> 1	wenig <input type="checkbox"/> 2	mittel <input type="checkbox"/> 3	ziemlich <input type="checkbox"/> 4	sehr <input type="checkbox"/> 5
	Wenn Sie unter Allergien leiden, unter welchen leiden Sie besonders? (Pollen, Hausstaub, Pflaster, Medikamente, etc ...)					
	_____					

### SCHLAF

## 5. Schlafgewohnheiten

5.1	<b>Wie viel Schlaf</b> bekommen Sie nachts normalerweise?	viel zu wenig <input type="checkbox"/> 1	etwas zu wenig <input type="checkbox"/> 2	gerade richtig <input type="checkbox"/> 3	etwas zu viel <input type="checkbox"/> 4	viel zu viel <input type="checkbox"/> 5
5.2	Für wie <b>gut</b> halten Sie Ihren <b>Schlaf</b> insgesamt normalerweise?	nicht <input type="checkbox"/> 1	wenig <input type="checkbox"/> 2	mittel <input type="checkbox"/> 3	ziemlich <input type="checkbox"/> 4	sehr <input type="checkbox"/> 5
5.3	<b>Schnarchen</b> Sie oder behaupten das andere von Ihnen?	nie <input type="checkbox"/> 1	selten <input type="checkbox"/> 2	gelegentlich <input type="checkbox"/> 3	oft <input type="checkbox"/> 4	sehr oft <input type="checkbox"/> 5
5.4	Benutzen Sie <b>Einschlafhilfen <u>zu Hause "nicht im Dienst"</u></b> ? (z.B. Ohrstopfen, Radio, TV, Alkohol, Tabletten, etc...)	nein <input type="checkbox"/> 1	ja <input type="checkbox"/> 2			
	Wenn ja, welche? _____					
5.5	Benutzen Sie <b>Einschlafhilfen <u>zu Hause "im Dienst"</u></b> ? (z.B. Ohrstopfen, Radio, TV, Alkohol, Tabletten, etc...)	nein <input type="checkbox"/> 1	ja <input type="checkbox"/> 2			
	Wenn ja, welche? _____					
5.6	Benutzen Sie <b>Einschlafhilfen <u>während Sie dienstlich unterwegs sind</u></b> ? (z.B. Ohrstopfen, Radio, TV, Alkohol, Tabletten, etc...)	nein <input type="checkbox"/> 1	ja <input type="checkbox"/> 2			
	Wenn ja, welche? _____					

**6. Schlaf-Wach-Rhythmus**

	* Zeitabschnitt mit Dienst ** Zeitabschnitt ohne Dienst	Umlauf *					FREIZEIT **				
		nie	selten	gelegentlich	oft	sehr oft	nie	selten	gelegentlich	oft	sehr oft
6.1	Sind Sie tagsüber <b>schläfrig</b> ?	<input type="checkbox"/> 1	<input type="checkbox"/> 2	<input type="checkbox"/> 3	<input type="checkbox"/> 4	<input type="checkbox"/> 5	<input type="checkbox"/> 1	<input type="checkbox"/> 2	<input type="checkbox"/> 3	<input type="checkbox"/> 4	<input type="checkbox"/> 5
6.2	Fühlen Sie sich in der <b>Leistungsfähigkeit eingeschränkt</b> ?	<input type="checkbox"/> 1	<input type="checkbox"/> 2	<input type="checkbox"/> 3	<input type="checkbox"/> 4	<input type="checkbox"/> 5	<input type="checkbox"/> 1	<input type="checkbox"/> 2	<input type="checkbox"/> 3	<input type="checkbox"/> 4	<input type="checkbox"/> 5
6.3	Fühlen Sie sich <b>morgens schlapp und müde</b> ?	<input type="checkbox"/> 1	<input type="checkbox"/> 2	<input type="checkbox"/> 3	<input type="checkbox"/> 4	<input type="checkbox"/> 5	<input type="checkbox"/> 1	<input type="checkbox"/> 2	<input type="checkbox"/> 3	<input type="checkbox"/> 4	<input type="checkbox"/> 5
6.4	<b>Schlafen</b> Sie abends <b>schlecht ein</b> ?	<input type="checkbox"/> 1	<input type="checkbox"/> 2	<input type="checkbox"/> 3	<input type="checkbox"/> 4	<input type="checkbox"/> 5	<input type="checkbox"/> 1	<input type="checkbox"/> 2	<input type="checkbox"/> 3	<input type="checkbox"/> 4	<input type="checkbox"/> 5
6.5	Kommt es vor, dass Sie <b>nachts aufwachen</b> ?	<input type="checkbox"/> 1	<input type="checkbox"/> 2	<input type="checkbox"/> 3	<input type="checkbox"/> 4	<input type="checkbox"/> 5	<input type="checkbox"/> 1	<input type="checkbox"/> 2	<input type="checkbox"/> 3	<input type="checkbox"/> 4	<input type="checkbox"/> 5
6.6	Wachen Sie früher als gewöhnlich auf, ohne wieder einzuschlafen, oder ist die <b>Wiedereinschlafzeit</b> verlängert?	<input type="checkbox"/> 1	<input type="checkbox"/> 2	<input type="checkbox"/> 3	<input type="checkbox"/> 4	<input type="checkbox"/> 5	<input type="checkbox"/> 1	<input type="checkbox"/> 2	<input type="checkbox"/> 3	<input type="checkbox"/> 4	<input type="checkbox"/> 5
6.7	<b>Schlafen</b> Sie <b>unruhig</b> oder behaupten das andere von Ihnen?	<input type="checkbox"/> 1	<input type="checkbox"/> 2	<input type="checkbox"/> 3	<input type="checkbox"/> 4	<input type="checkbox"/> 5	<input type="checkbox"/> 1	<input type="checkbox"/> 2	<input type="checkbox"/> 3	<input type="checkbox"/> 4	<input type="checkbox"/> 5
6.8	<b>Haben</b> Sie <b>Durchschlafprobleme</b> ?	<input type="checkbox"/> 1	<input type="checkbox"/> 2	<input type="checkbox"/> 3	<input type="checkbox"/> 4	<input type="checkbox"/> 5	<input type="checkbox"/> 1	<input type="checkbox"/> 2	<input type="checkbox"/> 3	<input type="checkbox"/> 4	<input type="checkbox"/> 5

**7. Steuerung des Schlafverhaltens für bestimmte Dienste**

7.1	Treffen Sie <b>Vorbereitungen</b> bzgl. Ihres <b>Schlafverhaltens</b> für einen bevorstehenden Dienst? (z.B. früher ins Bett gehen)	nein <input type="checkbox"/> 1	ja <input type="checkbox"/> 2
	Wenn ja, welche? _____		
7.2	Haben Sie bestimmte <b>Schlafstrategien</b> ? (z.B. allabendliche Einschlafrituale)?	nein <input type="checkbox"/> 1	ja <input type="checkbox"/> 2
	Wenn ja, welche? _____		

## BELASTUNG

8. Gibt es über das Jahr verteilt Zeiten erhöhter Belastung?  
(z.B. im Sommer) nein ja  
 1  2

Wenn ja, welche? \_\_\_\_\_

Falls mehrere, welche empfinden Sie als belastender und weshalb?

\_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_

9. Gibt es Faktoren, die bei Ihnen besonders zur **Belastung und Beanspruchung** beitragen?

Bitte geben Sie einen oder mehrere Faktoren an und schätzen Sie die unter a – d angegebenen Faktoren ein: sehr schwach (1) – schwach (2) – mittel (3) – stark (4) – sehr stark (5)

FAKTOREN		sehr schwach	schwach	mittel	stark	sehr stark
9.1 <b>allgemein im privaten Umfeld</b>	a) _____	<input type="checkbox"/> 1	<input type="checkbox"/> 2	<input type="checkbox"/> 3	<input type="checkbox"/> 4	<input type="checkbox"/> 5
	b) _____	<input type="checkbox"/> 1	<input type="checkbox"/> 2	<input type="checkbox"/> 3	<input type="checkbox"/> 4	<input type="checkbox"/> 5
	c) _____	<input type="checkbox"/> 1	<input type="checkbox"/> 2	<input type="checkbox"/> 3	<input type="checkbox"/> 4	<input type="checkbox"/> 5
	d) _____	<input type="checkbox"/> 1	<input type="checkbox"/> 2	<input type="checkbox"/> 3	<input type="checkbox"/> 4	<input type="checkbox"/> 5
9.2 <b>zu Hause vor den Flügen</b>	a) _____	<input type="checkbox"/> 1	<input type="checkbox"/> 2	<input type="checkbox"/> 3	<input type="checkbox"/> 4	<input type="checkbox"/> 5
	b) _____	<input type="checkbox"/> 1	<input type="checkbox"/> 2	<input type="checkbox"/> 3	<input type="checkbox"/> 4	<input type="checkbox"/> 5
	c) _____	<input type="checkbox"/> 1	<input type="checkbox"/> 2	<input type="checkbox"/> 3	<input type="checkbox"/> 4	<input type="checkbox"/> 5
	d) _____	<input type="checkbox"/> 1	<input type="checkbox"/> 2	<input type="checkbox"/> 3	<input type="checkbox"/> 4	<input type="checkbox"/> 5
9.3 <b>während der Flüge</b>	a) _____	<input type="checkbox"/> 1	<input type="checkbox"/> 2	<input type="checkbox"/> 3	<input type="checkbox"/> 4	<input type="checkbox"/> 5
	b) _____	<input type="checkbox"/> 1	<input type="checkbox"/> 2	<input type="checkbox"/> 3	<input type="checkbox"/> 4	<input type="checkbox"/> 5
	c) _____	<input type="checkbox"/> 1	<input type="checkbox"/> 2	<input type="checkbox"/> 3	<input type="checkbox"/> 4	<input type="checkbox"/> 5
	d) _____	<input type="checkbox"/> 1	<input type="checkbox"/> 2	<input type="checkbox"/> 3	<input type="checkbox"/> 4	<input type="checkbox"/> 5
9.4 <b>während eines möglichen Layovers</b>	a) _____	<input type="checkbox"/> 1	<input type="checkbox"/> 2	<input type="checkbox"/> 3	<input type="checkbox"/> 4	<input type="checkbox"/> 5
	b) _____	<input type="checkbox"/> 1	<input type="checkbox"/> 2	<input type="checkbox"/> 3	<input type="checkbox"/> 4	<input type="checkbox"/> 5
	c) _____	<input type="checkbox"/> 1	<input type="checkbox"/> 2	<input type="checkbox"/> 3	<input type="checkbox"/> 4	<input type="checkbox"/> 5
	d) _____	<input type="checkbox"/> 1	<input type="checkbox"/> 2	<input type="checkbox"/> 3	<input type="checkbox"/> 4	<input type="checkbox"/> 5
9.5 <b>zu Hause nach den Flügen</b>	a) _____	<input type="checkbox"/> 1	<input type="checkbox"/> 2	<input type="checkbox"/> 3	<input type="checkbox"/> 4	<input type="checkbox"/> 5
	b) _____	<input type="checkbox"/> 1	<input type="checkbox"/> 2	<input type="checkbox"/> 3	<input type="checkbox"/> 4	<input type="checkbox"/> 5
	c) _____	<input type="checkbox"/> 1	<input type="checkbox"/> 2	<input type="checkbox"/> 3	<input type="checkbox"/> 4	<input type="checkbox"/> 5
	d) _____	<input type="checkbox"/> 1	<input type="checkbox"/> 2	<input type="checkbox"/> 3	<input type="checkbox"/> 4	<input type="checkbox"/> 5

10. wenn zutreffend: Welches Ihrer **Layover** trägt am meisten zur **Belastung** bei?

\_\_\_\_\_

Warum? \_\_\_\_\_

## 11. Flugdienstzeiten

11.1 Wie **häufig** werden Ihrer Meinung nach die Flugdienstzeiten **überschritten**?

nie  1      selten  2      gelegentlich  3      oft  4      sehr oft  5

11.2 Wie **stark** wirken sich diese **Flugdienstzeitüberschreitungen auf die Belastung** aus?

nicht  1      wenig  2      mittel  3      ziemlich  4      sehr  5

## 12. „Fit for Duty“

12.1 Wie **leicht** fällt es Ihnen „fit for duty“ zu sein?

nicht  1      wenig  2      mittel  3      ziemlich  4      sehr  5

12.2 Wie **häufig** fühlen Sie sich „fit for duty“?

nie  1      selten  2      gelegentlich  3      oft  4      sehr oft  5

12.3 Wie häufig **sind** Sie **nicht** „fit for duty“?

nie  1      selten  2      gelegentlich  3      oft  4      sehr oft  5

12.4 Welche sind die **wichtigsten Faktoren**, um „fit for duty“ zu sein?  
(z.B. ausreichend Schlaf, nette Kollegen, etc..)

---

---

12.5 Welche sind die **wichtigsten Faktoren**, um **nicht** „fit for duty“ zu sein?  
(ohne Erkrankung)

---

---

### 13. Leistungsfähigkeit

13.1 Wenn Sie morgens **sehr früh** zum Dienst **aufstehen**, wie **stark** beeinflusst das Ihre **Leistungsfähigkeit**?

nicht                      wenig                      mittel                      ziemlich                      sehr  
 1                       2                       3                       4                       5

13.2 Wenn sich Ihr Dienst **bis weit in die Abendstunden** erstreckt, wie **stark** beeinflusst das Ihre **Leistungsfähigkeit**?

nicht                      wenig                      mittel                      ziemlich                      sehr  
 1                       2                       3                       4                       5

13.3 Wenn die überwiegende Zeit Ihres **Dienstes** in die **Nacht** fällt, wie **stark** beeinflusst das Ihre **Leistungsfähigkeit**?

nicht                      wenig                      mittel                      ziemlich                      sehr  
 1                       2                       3                       4                       5

13.4 Wie **stark** wirken sich **häufig wechselnde Dienstzeiten** auf Ihre **Leistungsfähigkeit** aus?

nicht                      wenig                      mittel                      ziemlich                      sehr  
 1                       2                       3                       4                       5

### 14. Belastende Flüge

14.1 Welcher Ihrer **Flüge trägt am meisten** zu Ihrer **Belastung** bei? \_\_\_\_\_

Warum? \_\_\_\_\_

14.2 Kennen Sie andere **Flüge**, die **belastender** sind? \_\_\_\_\_

Warum? \_\_\_\_\_

**ERHOLUNG**

15. Gibt es **zeitliche Erholungsschwerpunkte** während eines Jahres?    nein                    ja  
 (z.B. Sommer / Urlaub)                     1                     2

Wenn ja, welche? \_\_\_\_\_

16.1 **Wann** war Ihr **letzter Urlaub**?                    vor \_\_\_\_\_ Tagen

16.2 **Wie lange** war Ihr **letzter Urlaub**?                    \_\_\_\_\_ Tage

17. Gibt es Faktoren, die bei Ihnen besonders zur **Erholung und Entspannung** (z.B.: Sport, lesen, einkaufen, Kultur...etc.) beitragen?

Bitte geben Sie einen oder mehrere Faktoren an und schätzen Sie die unter a – d angegebenen Faktoren ein: sehr schwach (1) – schwach (2) – mittel (3) – stark (4) – sehr stark (5)

FAKTOREN			sehr schwach	schwach	mittel	stark	sehr stark
17.1 <b>allgemein im privaten Umfeld</b>	a)	_____	<input type="checkbox"/> 1	<input type="checkbox"/> 2	<input type="checkbox"/> 3	<input type="checkbox"/> 4	<input type="checkbox"/> 5
	b)	_____	<input type="checkbox"/> 1	<input type="checkbox"/> 2	<input type="checkbox"/> 3	<input type="checkbox"/> 4	<input type="checkbox"/> 5
	c)	_____	<input type="checkbox"/> 1	<input type="checkbox"/> 2	<input type="checkbox"/> 3	<input type="checkbox"/> 4	<input type="checkbox"/> 5
	d)	_____	<input type="checkbox"/> 1	<input type="checkbox"/> 2	<input type="checkbox"/> 3	<input type="checkbox"/> 4	<input type="checkbox"/> 5
17.2 <b>zu Hause vor den Flügen</b>	a)	_____	<input type="checkbox"/> 1	<input type="checkbox"/> 2	<input type="checkbox"/> 3	<input type="checkbox"/> 4	<input type="checkbox"/> 5
	b)	_____	<input type="checkbox"/> 1	<input type="checkbox"/> 2	<input type="checkbox"/> 3	<input type="checkbox"/> 4	<input type="checkbox"/> 5
	c)	_____	<input type="checkbox"/> 1	<input type="checkbox"/> 2	<input type="checkbox"/> 3	<input type="checkbox"/> 4	<input type="checkbox"/> 5
	d)	_____	<input type="checkbox"/> 1	<input type="checkbox"/> 2	<input type="checkbox"/> 3	<input type="checkbox"/> 4	<input type="checkbox"/> 5
17.3 <b>während der Flüge</b>	a)	_____	<input type="checkbox"/> 1	<input type="checkbox"/> 2	<input type="checkbox"/> 3	<input type="checkbox"/> 4	<input type="checkbox"/> 5
	b)	_____	<input type="checkbox"/> 1	<input type="checkbox"/> 2	<input type="checkbox"/> 3	<input type="checkbox"/> 4	<input type="checkbox"/> 5
	c)	_____	<input type="checkbox"/> 1	<input type="checkbox"/> 2	<input type="checkbox"/> 3	<input type="checkbox"/> 4	<input type="checkbox"/> 5
	d)	_____	<input type="checkbox"/> 1	<input type="checkbox"/> 2	<input type="checkbox"/> 3	<input type="checkbox"/> 4	<input type="checkbox"/> 5
17.4 <b>während eines möglichen Layovers</b>	a)	_____	<input type="checkbox"/> 1	<input type="checkbox"/> 2	<input type="checkbox"/> 3	<input type="checkbox"/> 4	<input type="checkbox"/> 5
	b)	_____	<input type="checkbox"/> 1	<input type="checkbox"/> 2	<input type="checkbox"/> 3	<input type="checkbox"/> 4	<input type="checkbox"/> 5
	c)	_____	<input type="checkbox"/> 1	<input type="checkbox"/> 2	<input type="checkbox"/> 3	<input type="checkbox"/> 4	<input type="checkbox"/> 5
	d)	_____	<input type="checkbox"/> 1	<input type="checkbox"/> 2	<input type="checkbox"/> 3	<input type="checkbox"/> 4	<input type="checkbox"/> 5
17.5 <b>zu Hause nach den Flügen</b>	a)	_____	<input type="checkbox"/> 1	<input type="checkbox"/> 2	<input type="checkbox"/> 3	<input type="checkbox"/> 4	<input type="checkbox"/> 5
	b)	_____	<input type="checkbox"/> 1	<input type="checkbox"/> 2	<input type="checkbox"/> 3	<input type="checkbox"/> 4	<input type="checkbox"/> 5
	c)	_____	<input type="checkbox"/> 1	<input type="checkbox"/> 2	<input type="checkbox"/> 3	<input type="checkbox"/> 4	<input type="checkbox"/> 5
	d)	_____	<input type="checkbox"/> 1	<input type="checkbox"/> 2	<input type="checkbox"/> 3	<input type="checkbox"/> 4	<input type="checkbox"/> 5

**18. Ruhemöglichkeiten**

18.1 Können Sie **Pausen während der Flugdienstzeit** zu Ihrer Erholung nutzen?      nein      ja  
 1       2

Falls nein, warum nicht ? \_\_\_\_\_

---

18.2 Sind entsprechende **Ruhemöglichkeiten vorhanden?**      nein      ja  
 1       2

Wenn ja, welche? \_\_\_\_\_

Wenn nein, was wäre wünschenswert ? \_\_\_\_\_

**ARBEITSZUFRIEDENHEIT**

19. **Arbeiten Sie gerne?**

nicht      wenig      mittel      ziemlich      sehr  
 1       2       3       4       5

20. Welche **Faktoren** tragen zu Ihrer **Arbeitszufriedenheit** bei?

Bitte geben Sie einen oder mehrere Faktoren an und schätzen Sie die unter a - d angegebenen Faktoren ein: sehr schwach (1) – schwach (2) – mittel (3) – stark (4) – sehr stark (5)

FAKTOREN	sehr schwach	schwach	mittel	stark	sehr stark
a) _____	<input type="checkbox"/> 1	<input type="checkbox"/> 2	<input type="checkbox"/> 3	<input type="checkbox"/> 4	<input type="checkbox"/> 5
b) _____	<input type="checkbox"/> 1	<input type="checkbox"/> 2	<input type="checkbox"/> 3	<input type="checkbox"/> 4	<input type="checkbox"/> 5
c) _____	<input type="checkbox"/> 1	<input type="checkbox"/> 2	<input type="checkbox"/> 3	<input type="checkbox"/> 4	<input type="checkbox"/> 5
d) _____	<input type="checkbox"/> 1	<input type="checkbox"/> 2	<input type="checkbox"/> 3	<input type="checkbox"/> 4	<input type="checkbox"/> 5

20. Welche **Faktoren wirken sich** bei Ihnen **störend** auf die **Arbeit aus?**

Bitte geben Sie einen oder mehrere Faktoren an und schätzen Sie die unter a - d angegebenen Faktoren ein: sehr schwach (1) – schwach (2) – mittel (3) – stark (4) – sehr stark (5)

FAKTOREN	sehr schwach	schwach	mittel	stark	sehr stark
a) _____	<input type="checkbox"/> 1	<input type="checkbox"/> 2	<input type="checkbox"/> 3	<input type="checkbox"/> 4	<input type="checkbox"/> 5
b) _____	<input type="checkbox"/> 1	<input type="checkbox"/> 2	<input type="checkbox"/> 3	<input type="checkbox"/> 4	<input type="checkbox"/> 5
c) _____	<input type="checkbox"/> 1	<input type="checkbox"/> 2	<input type="checkbox"/> 3	<input type="checkbox"/> 4	<input type="checkbox"/> 5
d) _____	<input type="checkbox"/> 1	<input type="checkbox"/> 2	<input type="checkbox"/> 3	<input type="checkbox"/> 4	<input type="checkbox"/> 5

**21. Arbeits- und Erholungszeiten**

21.1	Wie <b>lange</b> sollte die <b>normale</b> Flugdienstzeit dauern?	_____	Std.
21.2	Wie <b>lange</b> sollte die <b>optimale</b> Flugdienstzeit dauern?	_____	Std.
21.3	Wie <b>lange</b> sollte die <b>maximale</b> Flugdienstzeit dauern?	_____	Std.
21.4	Wie <b>viele Legs</b> sollten Ihrer Meinung nach <b>pro Tag</b> maximal <b>erlaubt</b> sein?	_____	Stck
21.5	<b>Wie viele Tage Dienst (hintereinander)</b> sollten Ihrer Meinung nach maximal erlaubt sein?	_____	Tage
21.6	Wie <b>lange</b> sollte die <b>Erholungszeit</b> nach einem „normalen Flugdienst“ dauern?	_____	Std.

21.7 Wie sieht Ihrer Meinung nach die „**optimale**“ **Arbeitszeit** aus?

(z.B.: in kurzer Zeit möglichst viel Flugdienstzeit bzw. Flugzeit ansammeln, dafür aber kurze Layoverzeiten und/oder unangenehme Destinations ODER längere, angenehmere Layoverzeiten ...)

**FREIZEIT**

22.1 Können Sie in Ihrer dienstfreien Zeit Ihren gewohnten **Freizeitaktivitäten** nachgehen?

zu Hause                      ja                      nein                      teilweise  
 1                       2                       3

**Welche** sind das und **wie wichtig** sind diese für Ihre **Erholung/Wohlbefinden**?

	nicht	wenig	mittel	ziemlich	sehr
a) _____	<input type="checkbox"/> 1	<input type="checkbox"/> 2	<input type="checkbox"/> 3	<input type="checkbox"/> 4	<input type="checkbox"/> 5
b) _____	<input type="checkbox"/> 1	<input type="checkbox"/> 2	<input type="checkbox"/> 3	<input type="checkbox"/> 4	<input type="checkbox"/> 5
c) _____	<input type="checkbox"/> 1	<input type="checkbox"/> 2	<input type="checkbox"/> 3	<input type="checkbox"/> 4	<input type="checkbox"/> 5
d) _____	<input type="checkbox"/> 1	<input type="checkbox"/> 2	<input type="checkbox"/> 3	<input type="checkbox"/> 4	<input type="checkbox"/> 5

22.2 Können Sie in Ihrer dienstfreien Zeit Ihren gewohnten **Freizeitaktivitäten** nachgehen?

während eines möglichen Layovers                      ja                      nein                      teilweise  
 1                       2                       3

**Welche** sind das und **wie wichtig** sind diese für Ihre **Erholung/Wohlbefinden**?

	nicht	wenig	mittel	ziemlich	sehr
a) _____	<input type="checkbox"/> 1	<input type="checkbox"/> 2	<input type="checkbox"/> 3	<input type="checkbox"/> 4	<input type="checkbox"/> 5
b) _____	<input type="checkbox"/> 1	<input type="checkbox"/> 2	<input type="checkbox"/> 3	<input type="checkbox"/> 4	<input type="checkbox"/> 5
c) _____	<input type="checkbox"/> 1	<input type="checkbox"/> 2	<input type="checkbox"/> 3	<input type="checkbox"/> 4	<input type="checkbox"/> 5
d) _____	<input type="checkbox"/> 1	<input type="checkbox"/> 2	<input type="checkbox"/> 3	<input type="checkbox"/> 4	<input type="checkbox"/> 5

23.1 Gibt es in Ihrer dienstfreien Zeit noch weitere wichtige **Erholungsfaktoren**?

zu Hause ja            nein  
 1             2

Welche sind das und **wie wichtig** sind diese für Ihre **Erholung/Wohlbefinden**?

	nicht	wenig	mittel	ziemlich	sehr
a) _____	<input type="checkbox"/> 1	<input type="checkbox"/> 2	<input type="checkbox"/> 3	<input type="checkbox"/> 4	<input type="checkbox"/> 5
b) _____	<input type="checkbox"/> 1	<input type="checkbox"/> 2	<input type="checkbox"/> 3	<input type="checkbox"/> 4	<input type="checkbox"/> 5
c) _____	<input type="checkbox"/> 1	<input type="checkbox"/> 2	<input type="checkbox"/> 3	<input type="checkbox"/> 4	<input type="checkbox"/> 5
d) _____	<input type="checkbox"/> 1	<input type="checkbox"/> 2	<input type="checkbox"/> 3	<input type="checkbox"/> 4	<input type="checkbox"/> 5

23.2 Gibt es in Ihrer dienstfreien Zeit noch weitere wichtige **Erholungsfaktoren**?

während eines möglichen Layovers ja            nein  
 1             2

Welche sind das und **wie wichtig** sind diese für Ihre **Erholung/Wohlbefinden**?

	nicht	wenig	mittel	ziemlich	sehr
a) _____	<input type="checkbox"/> 1	<input type="checkbox"/> 2	<input type="checkbox"/> 3	<input type="checkbox"/> 4	<input type="checkbox"/> 5
b) _____	<input type="checkbox"/> 1	<input type="checkbox"/> 2	<input type="checkbox"/> 3	<input type="checkbox"/> 4	<input type="checkbox"/> 5
c) _____	<input type="checkbox"/> 1	<input type="checkbox"/> 2	<input type="checkbox"/> 3	<input type="checkbox"/> 4	<input type="checkbox"/> 5
d) _____	<input type="checkbox"/> 1	<input type="checkbox"/> 2	<input type="checkbox"/> 3	<input type="checkbox"/> 4	<input type="checkbox"/> 5

24.1 Können Sie in Ihrer dienstfreien Zeit Ihre **Sozialkontakte** pflegen?

zu Hause ja            nein            teilweise  
 1             2             3

Wie **wichtig** sind diese für Ihre Erholung / Wohlbefinden?

	nicht	wenig	mittel	ziemlich	sehr
	<input type="checkbox"/> 1	<input type="checkbox"/> 2	<input type="checkbox"/> 3	<input type="checkbox"/> 4	<input type="checkbox"/> 5

24.2 Können Sie in Ihrer dienstfreien Zeit Ihre **Sozialkontakte** pflegen?

während eines möglichen Layovers ja            nein            teilweise  
 1             2             3

Wie **wichtig** sind diese für Ihre Erholung / Wohlbefinden?

	nicht	wenig	mittel	ziemlich	sehr
	<input type="checkbox"/> 1	<input type="checkbox"/> 2	<input type="checkbox"/> 3	<input type="checkbox"/> 4	<input type="checkbox"/> 5

25.1 Können Sie in Ihrer dienstfreien Zeit Ihren **partnerschaftlichen** und/oder **familiären Verpflichtungen** nachgehen?

zu Hause

ja                      nein                      teilweise  
 1                       2                       3

Wie **wichtig** sind diese für Ihre Erholung / Wohlbefinden?

nicht                      wenig                      mittel                      ziemlich                      sehr  
1                      2                      3                      4                      5

25.2 Können Sie in Ihrer dienstfreien Zeit Ihren **partnerschaftlichen** und/oder **familiären Verpflichtungen** nachgehen?

während eines möglichen Layovers

ja                      nein                      teilweise  
 1                       2                       3

Wie **wichtig** sind diese für Ihre Erholung / Wohlbefinden?

nicht                      wenig                      mittel                      ziemlich                      sehr  
1                      2                      3                      4                      5

26. Haben Sie die Möglichkeit, sich **ausgewogen** und **gesund zu ernähren**?

zu Hause

ja                      nein                      teilweise  
 1                       2                       3

im Dienst

ja                      nein                      teilweise  
 1                       2                       3

während eines möglichen Layovers

ja                      nein                      teilweise  
 1                       2                       3

Wie **wichtig** ist dies für Ihr **Wohlbefinden**?

zu Hause

nicht                      wenig                      mittel                      ziemlich                      sehr  
1                      2                      3                      4                      5

im Dienst

1                      2                      3                      4                      5

während eines möglichen Layovers

1                      2                      3                      4                      5

Was könnte man Ihrer Meinung nach noch verbessern ? (ev. Rückseite benutzen)

---

**VIELEN DANK FÜR IHRE MITARBEIT !**

Haben Sie schon den NASA-TLX Gewichtungsbogen ausgefüllt? Sonst fragen Sie bitte Ihren Untersucher.

16.2 Anhang 2: Fragebogen zum Chronotyp (D-MEQ) von Griefahn (2001)



**Fragebogen zum Chronotyp (D-MEQ)** Datum:

**Name/Vorname:** ..... **Pb. Nr.:**

**Strasse:** .....

**Wohnort:** .....

**Fon:**.....

**e-mail:**.....

1. Bitte lesen Sie jede Frage sorgfältig durch, bevor Sie antworten.
2. Beantworten Sie bitte alle Fragen, auch dann wenn Sie sich bei einer Frage unsicher sind.
3. Beantworten Sie die Fragen in der vorgegebenen Reihenfolge.
4. Beantworten Sie die Fragen so schnell wie möglich. Es sind die ersten Reaktionen auf die Fragen, die uns mehr interessieren als eine lange überlegte Antwort.
5. Beantworten Sie jede Frage ehrlich. Es gibt keine richtige oder falsche Antwort.

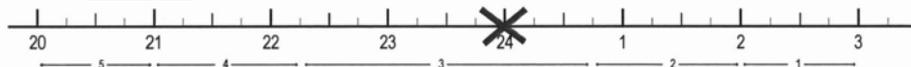
---

**Beantwortungsbeispiele**

---

a) Um wieviel Uhr werden Sie abends müde und haben das Bedürfnis, schlafen zu gehen ?

Hier sind **Zeitpunkte** gefragt. Kreuzen Sie bitte die für Sie zutreffende Zeit an. z.B.,



b) Wenn Sie um 23 Uhr zu Bett gehen sollten, wie müde wären Sie dann ?

Kreuzen Sie bitte jeweils nur eine Antwortmöglichkeit an.

- |                      |                                       |
|----------------------|---------------------------------------|
| Überhaupt nicht müde | <input type="checkbox"/> 0            |
| Etwas müde           | <input type="checkbox"/> 2            |
| Ziemlich müde        | <input checked="" type="checkbox"/> 3 |
| Sehr müde            | <input type="checkbox"/> 5            |

---

Griefahn B, Künemund C, Bröde P, Mehnert P, 2001: Zur Validität der deutschen Übersetzung des Morningness-Eveningness-Questionnaires von Horne und Östberg. Somnologie 5: 71-80

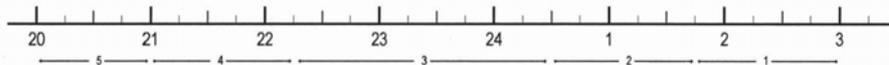
---

bitte wenden ➡

1. Wenn es nur nach Ihrem eigenen Wohlbefinden ginge und Sie Ihren Tag völlig frei einteilen könnten, wann würden Sie dann aufstehen ?



2. Wenn es nur nach Ihrem eigenen Wohlbefinden ginge und Sie Ihren Abend völlig frei gestalten könnten, wann würden Sie dann zu Bett gehen ?



3. Wie sehr sind Sie von Ihrem Wecker abhängig, wenn Sie morgens zu einer bestimmten Zeit aufstehen müssen ?

- Überhaupt nicht abhängig  4  
 Etwas abhängig  3  
 Ziemlich abhängig  2  
 Sehr abhängig  1

4. Wie leicht fällt es Ihnen üblicherweise morgens aufzustehen ?

- Überhaupt nicht leicht  1  
 Nicht sehr leicht  2  
 Ziemlich leicht  3  
 Sehr leicht  4

5. Wie wach fühlen Sie sich morgens in der ersten halben Stunde nach dem Aufwachen ?

- Überhaupt nicht wach  1  
 Ein bisschen wach  2  
 Ziemlich wach  3  
 Sehr wach  4

6. Wie ist Ihr Appetit in der ersten halben Stunde nach dem Aufwachen ?

- Sehr gering  1  
 Ziemlich gering  2  
 Ziemlich gut  3  
 Sehr gut  4

7. Wie müde fühlen Sie sich morgens in der ersten halben Stunde nach dem Aufwachen ?

- Sehr müde  1  
 Ziemlich müde  2  
 Ziemlich frisch  3  
 Sehr frisch  4

8. Wenn Sie am folgenden Tag keinerlei Verpflichtungen haben, wann gehen Sie dann – verglichen mit Ihrer üblichen Schlafenszeit – zu Bett ?

Selten oder nie später  4  
 Weniger als eine Stunde später  3  
 1 – 2 Stunden später  2  
 Mehr als 2 Stunden später  1

9. Sie haben beschlossen, sich körperlich zu betätigen. Ein Freund rät Ihnen, zweimal wöchentlich eine Stunde zu trainieren; für ihn sei die beste Zeit zwischen 7 und 8 Uhr. Ausgehend von Ihrem eigenen Wohlbefinden, wie schätzen Sie Ihre Leistungsfähigkeit zu dieser Zeit ein ?

Ich wäre gut in Form  4  
 Ich wäre ziemlich in Form  3  
 Es wäre ziemlich schwierig für mich  2  
 Es wäre sehr schwierig für mich  1

10. Um wieviel Uhr werden Sie abends müde und haben das Bedürfnis, schlafen zu gehen ?



11. Sie möchten für einen zweistündigen Test, von dem Sie wissen, dass er mental sehr beansprucht, in Bestform sein. Wenn es nur nach Ihrem eigenen Wohlbefinden ginge und wenn Sie Ihren Tag völlig frei einteilen könnten, welchen der vier Test-Zeiträume würden Sie wählen ?

8 – 10 Uhr  6  
 11 – 13 Uhr  4  
 15 – 17 Uhr  2  
 19 – 21 Uhr  0

12. Wenn Sie um 23 Uhr zu Bett gehen sollten, wie müde wären Sie dann?

Überhaupt nicht müde  0  
 Etwas müde  2  
 Ziemlich müde  3  
 Sehr müde  5

13. Aus irgendeinem Grund sind Sie einige Stunden später als gewöhnlich zu Bett gegangen. Es besteht jedoch keine Notwendigkeit, am nächsten Morgen zu einer bestimmten Zeit aufzustehen. Welcher der folgenden Fälle wird bei Ihnen am ehesten eintreten ?

Ich werde zur üblichen Zeit wach und schlafe nicht wieder ein  4  
 Ich werde zur üblichen Zeit wach und döse danach noch ein wenig  3  
 Ich werde zur üblichen Zeit wach, schlafe dann aber wieder ein  2  
 Ich wache erst später als üblich auf  1



**IfADo**

Griefahn et al. 2001

bitte wenden ➔



16.3 Anhang 3: Tabelle

Tabelle 8.2: Deskriptive Statistik der globalen Schlafparameter.

<b>KAPITÄN (Cpt) und ERSTER OFFIZIER (FO)</b>	<b>Licht aus</b>	<b>Einschlafzeit</b>	<b>Aufwachzeit</b>	<b>Aufstehzeit</b>	<b>Sleep period time (SPT)</b>	<b>Time in bed (TIB)</b>	<b><sup>b</sup> d Δ TIB/SPT</b>
<b><sup>a</sup> Gesamt (N=1509)</b>	23.73 h (sd= +/-1.74 h)	24.00 h (sd= +/-1.70 h)	7.46 h (sd= +/-2.18 h)	7.76 h (sd= +/-2.30 h)	7.46 h (sd= +/-1.61 h)	8.03 h (sd= +/-1.63 h)	0.17 h
Flugdienst (N=758)	23.69 h (sd= +/-2.02 h)	23.90 h (sd= +/-1.96 h)	7.40 h (sd= +/-2.42 h)	7.63 h (sd= +/-2.56 h)	7.50 h (sd= +/-1.48 h)	7.94 h (sd= +/-1.53 h)	0.44 h
Flugdienst zu Hause (N=224)	24.00 h (sd= +/-1.66 h)	24.20 h (sd= +/-1.64 h)	8.30 h (sd= +/-1.76 h)	8.67 h (sd= +/-1.82 h)	8.10 h (sd= +/-1.71 h)	8.67 h (sd= +/-1.67 h)	0.57 h
Flugdienst Overnight (N=534)	23.57 h (sd= +/-2.13 h)	23.80 h (sd= +/-2.06 h)	7.07 h (sd= +/-2.53 h)	7.64 h (sd= +/-2.67 h)	7.27 h (sd= +/-1.33 h)	7.67 h (sd= +/-1.40 h)	0.40 h
Off (N=735)	23.80 h (sd= +/-1.42h)	24.09 h (sd= +/-1.40 h)	7.70 h (sd= +/-1.92 h)	7.85 h (sd= +/-2.00 h)	7.47 h (sd= +/-1.69 h)	8.05 h (sd= +/-1.67 h)	0.18 h
Layover (N=16)	22.36 h (sd= +/-0.82 h)	22.43 h (sd= +/-0.95 h)	4.19 h (sd= +/-1.07 h)	5.03 h (sd= +/-1.09 h)	5.76 h (sd= +/-1.69 h)	6.67 h (sd= +/-1.63 h)	0.91 h
<b>KAPITÄN (Cpt)</b>							
<b><sup>a</sup> Gesamt Cpt (N=625)</b>	23.67 h (sd= +/-1.74 h)	23.88 h (sd= +/-1.70 h)	7.20 h (sd= +/-2.01 h)	7.45 h (sd= +/-2.11 h)	7.32 h (sd= +/-1.43 h)	7.78 h (sd= +/-1.49 h)	0.46 h
Flugdienst Cpt (N=327)	23.83 h (sd= +/-2.07 h)	24.02 h (sd= +/-2.03 h)	7.43 h (sd= +/-2.29 h)	7.69 h (sd= +/-2.42 h)	7.41 h (sd= +/-1.35 h)	7.86 h (sd= +/-1.41 h)	0.45 h
Flugdienst zuhause Cpt (N=109)	23.85 h (sd= +/-1.58 h)	24.05 h (sd= +/-1.53 h)	7.64 h (sd= +/-1.27 h)	8.07 h (sd= +/-1.35 h)	7.62 h (sd= +/-1.41 h)	8.22 h (sd= +/-1.46 h)	0.60 h
Flugdienst Overnight Cpt (N=218)	23.81 h (sd= +/-2.23 h)	24.01 h (sd= +/-2.19 h)	7.33 h (sd= +/-2.58 h)	7.51 h (sd= +/-2.70 h)	7.32 h (sd= +/-1.30 h)	7.70 h (sd= +/-1.37 h)	(sd= +/-) 0.38 h
Off Cpt (N=290)	23.55 h (sd= +/-1.33 h)	23.76 h (sd= +/-1.29 h)	7.00 h (sd= +/-1.64 h)	7.27 h (sd= +/-1.70 h)	7.24 h (sd= +/-1.50 h)	7.72 h (sd= +/-1.60 h)	0.48 h
Layover Cpt (N=8)	22.66 h (sd= +/-1.24 h)	23.27 h (sd= +/-1.22 h)	4.86 h (sd= +/-1.88 h)	4.89 h (sd= +/-2.00 h)	5.59 h (sd= +/-1.45 h)	6.23 h (sd= +/-1.33 h)	0.24 h
<b>ERSTER OFFIZIER (FO)</b>							
<b><sup>a</sup> Gesamt FO (N=884)</b>	23.78 h (sd= +/-1.74 h)	24.00 h (sd= +/-1.69 h)	7.59 h (sd= +/-2.28 h)	8.04 h (sd= +/-2.40 h)	7.59 h (sd= +/-1.71 h)	8.26 h (sd= +/-1.76 h)	0.27 h
Flugdienst FO (N=449)	23.58 h (sd= +/-1.97 h)	23.83 h (sd= +/-1.90 h)	7.44 h (sd= +/-2.50 h)	7.71 h (sd= +/-2.66 h)	7.59 h (sd= +/-1.59 h)	8.13 h (sd= +/-1.71 h)	0.14 h
Flugdienst zuhause FO (N=134)	24.13 h (sd= +/-1.71 h)	24.34 h (sd= +/-1.70 h)	8.88 h (sd= +/-1.91 h)	9.35 h (sd= +/-1.96 h)	8.54 h (sd= +/-1.63 h)	9.22 h (sd= +/-1.67 h)	0.28 h
Flugdienst Overnight FO (N=315)	23.38 h (sd= +/-2.02 h)	23.64 h (sd= +/-1.94 h)	6.84 h (sd= +/-2.49 h)	7.06 h (sd= +/-2.64 h)	7.20 h (sd= +/-1.40 h)	7.68 h (sd= +/-1.50 h)	0.48 h
Off FO (N=427)	24.04 h (sd= +/-1.43 h)	24.36 h (sd= +/-1.41 h)	7.99 h (sd= +/-1.96 h)	8.46 h (sd= +/-2.00 h)	7.63 h (sd= +/-1.80 h)	8.42 h (sd= +/-1.79 h)	0.79 h
Layover FO (N=8)	21.74 h (sd= +/-1.10 h)	22.79 h (sd= +/-1.43 h)	4.27 h (sd= +/-1.19 h)	4.56 h (sd= +/-1.01 h)	5.48 h (sd= +/-1.60 h)	6.51 h (sd= +/-1.13 h)	1.03 h

Anmerkung: <sup>a</sup> Gesamt=Flugdienst+Off+Layover; <sup>b</sup> d Δ = Differenz zwischen TIB und SPT; h in dezimal.

## 16.4 Anhang 4: TLC

Layoverdestinationen während des Studienverlaufs:

BHX = Birmingham

DUB = Dublin

EDI = Edingburgh

GVA = Genf

TRN = Turin

OTP = Bukarest

LHR = London Heathrow

NCE = Nizza

HEL = Helsinki

OSL = Oslo

KPB = Kiev

---

## 17 Glossar

---

ANCOVA	Kovarianzanalyse
ANOVA	Varianzanalyse
AR	autoregressive Modell AR(1) erster Ordnung
AV	Abhängige Variable
Box-Test	Test zur Prüfung der Gleichheit der Kovarianzmatrizen
Box-M-Test	Test zur Überprüfung der Sphärizität im multivariaten Ansatz
Cpt	Kapitän (captain)
CRM	Crew Resource Management
Dead-Head (= Proceeding)	Beförderung zum Dienstort an Dienstbeginn oder zur Homebase nach dem Flugdienst als inaktives Flugbesatzungsmitglied
DLR	Deutsches Zentrum für Luft- und Raumfahrt
BASTI	Berliner Alltagsprachliche Stimmungs-Inventar (Schimmack, 1997)
EBF	Erholungs-Belastungs-Fragebogen (Kallus, 1995)
EKG	Elektrokardiogram
EEG	Electroencephalogram
EMG	Electromyogram
EOG	Electrooculogram
FAT	Müdigkeitsskala (Fatigue Checklist) nach Samn und Perelli (1982)
FDT	Flugdiensttag
FDZ	Flugdienstzeit
FEG	Fragebogen zur Erfassung des Gesundheitsverhaltens (Dlugosch & Krieger, 1995)
Flight Log	Flugtagebuch
Flugbesatzungsmitglied	Cockpit- und Kabinenpersonal
FO	Erster Offizier (First Officer)
ICAO	International Civil Aviation Organization
JAA	Joint Aviation Authorities
KSS	Schläfrigkeitsskala (Karolinska Sleepiness Scale)
Kolmogorov-Smirnov-Test (KS-Test)	Test zur Überprüfung auf Normalverteilung der AV
Lapses	Anzahl der Auslassungen in der PVT (> 850ms oder > 500ms)
Layover	Dienstabhängiger, flugdienstfreier Tag andernorts
LBA	Luftfahrtbundesamt
Leg	Flugabschnitt

---

## 17 Glossar

---

Levene-Test	Test zur Überprüfung auf Varianzhomogenität der AV
MANOVA	multivariate Varianzanalyse
Mauchly-Test	Test zur Überprüfung der Sphärizität der Varianz-Kovarianz-Matrix der AVn beim univariaten Ansatz
Max	Maximum
MD	Median
Min	Minimum
MW	Mittelwert
N	Anzahl der Messungen/Teilnehmer
NASA TLX	National Aeronautics and Space Administration Task Load Index
n.s.	insignifikant
NTSB	National Transportation Safety Board
Off	dienstfreier Tag
Overnight	Flugdienst mit Hotelübernachtung
p	Anzahl der Faktorstufen
PF	Pilot flying
PNF	Pilot non flying
Pillai-Spur Kriterium	Prüfgröße für das Gesamtmodell multivariater Tests
PVT	Psychomotor Vigilance Task
Ref.	Referenzwert
RT	Reaction time in ms
RZ	Reaktionszeit in ms
s.	signifikant
SD	Standardabweichung
SF-12	Fragebogen zum Gesundheitszustand (Bullinger & Kirchberger, 1998)
Sleep Log	Schlafstagebuch
SPT	Gesamtschlafdauer (sleep period time)
SRT	Single Reaction Task
TIB	Zeit im Bett (time in bed)
UNIANOVA	Univariate Varianzanalyse
UV	unabhängige Variable
VAS	Visual analogue scale

---