INHALTSVERZEICHNIS

0	Zusammenfassung	13
1	Einführung	14
1.1	Forschungsüberblick und Ziel der Studie.....	16
1.2	Die Entwicklung der modernen Zivilluftfahrt.....	18
1.3	Europäische Regularien zur Flugsicherheit: Die Joint Aviation Requirements der Joint Aviation Authorities (JAA).....	22
1.3.1	Gesetzliche Regelungen zur Lizenzierung: Joint Aviation Requirements – Flight Crew Licensing (JAR-FCL).....	23
1.3.1.1	<i>Die flugmedizinische Tauglichkeitsuntersuchung (JAR-FCL 3)</i>	23
1.3.1.2	<i>Gültigkeit der Lizenz für Verkehrspiloten</i>	24
1.4	Gesetzliche Regelung der Flugdienst- und Ruhezeiten durch die 2. DVO LuftBO	26
1.4.1	Arbeitszeit	26
1.4.2	Blockzeit (Flugzeit).....	27
1.4.3	Flugdienstzeit.....	27
1.4.4	Beförderungszeit (Dead-Head-Zeit).....	28
1.4.5	Bereitschaftszeit	29
1.4.6	Ruhezeiten der Besatzungsmitglieder	29
1.4.7	Führung von Aufzeichnungen	30
1.4.8	Flight Log	30
1.4.8.1	Flight Log - Eintragungen während der Studie in das PDA	31
1.5	Human Factors: Hauptursache für Flugzwischen- und Flugunfälle	31
1.6	Human Factors: Kommunikation und Ermüdung	32
2	Theoretischer Teil	38
2.1	Theoretische Aspekte von Stress	38
2.2	Stressdefinition	38
2.3	Drei unterschiedliche stresstheoretische Modellvorstellungen	40
2.3.1	Der reaktionsorientierte Ansatz.....	40
2.3.2	Der reizzentrierte Ansatz	43
2.3.3	Der transaktionale Ansatz.....	44
2.4	Arbeits- und organisationspsychologische Stressmodelle	48
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	66
2.8	Konzeptionelle Unterscheidung der Müdigkeit von der Schläfrigkeit	67
2.8.1	Psychische Ermüdung aus arbeitspsychologischer Sicht.....	69
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
3	Studiendesign.....	77
3.1	Untersuchungsplanung	77
3.2	Anforderungskriterien des Studiendesigns	80
3.3	Stichprobenbeschreibung	80
3.4	Vorbereitung zur Versuchsdurchführung	81
3.5	Versuchsdurchführung.....	82
4	Methodik.....	84
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</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
5	Fragestellung der Studie	124
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 mediierender Variablen.....	128
6	Statistische Verfahren	130
7	Demographische und flugspezifische Beschreibung der Pilotenstichprobe	135
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.....	137
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-, Layover- tagen und der ‚Sonstigen Dienste‘	145
7.10	Die Häufigkeitsverteilung der Block- und Flugdienstzeit.....	147
7.11	Die Häufigkeitsverteilung der Leganzahl und Dienstkettlänge..	148
7.12	Die Häufigkeitsverteilung der Beförderungsflüge (Dead-Head-Flüge).....	149
7.13	Die Verteilung der Blockstunden, Flugdienstzeit und Leganzahl über den gesamten Studienverlauf	150
7.13.1	Die Verteilung der Blockstunden über den gesamten Studienverlauf	150
7.13.2	Die Verteilung der Flugdienstzeit über den gesamten Studienverlauf	151
7.13.3	Die Verteilung der Leganzahl/Tag über den gesamten Studienverlauf	152
7.14	Flugdienst- und Offzeiten getrennt nach Studienabschnitt und Rang	153
7.14.1	Flugdienst- und Offzeiten während der gesamten Studienzeit	153
7.14.2	Flugdienst- und Offzeiten während des ersten Studienabschnitts.....	154
7.14.3	Flugdienst- und Offzeiten während des zweiten Studienabschnitts.....	154
7.15	Subjektive Bewertung zu flugspezifischen Fragestellungen aus dem ‚Allgemeinen Fragebogen‘	157
7.15.1	Subjektive Bewertung der Flugdienstzeiten durch den ‚Allgemeinen Fragebogen‘	157
7.15.2	Subjektive Bewertung von Flugdienstüberschreitungen	158
7.15.3	Subjektive Bewertungen zu ‚Fit for duty‘	160
7.15.4	Subjektive Bewertungen von Belastungsfaktoren während Flugdiensttagen.....	163
8	Ergebnisse des Sleep Logs	165
8.1	Chronotyp	165
8.2	Deskriptive Analysen zu den globalen Schlafparametern.....	166
8.2.1	Schlafzeiten an Flugdienst- und Offtagen.....	167
8.2.2	Schlafzeiten an Flugdiensttagen.....	167
8.2.3	Schlafzeiten an Offtagen	168

8.3	Sleep Log und Aktimetrie.....	169
8.3.1	Zusammenhang zwischen subjektiver Einschätzung und objektiver Erfassung der globalen Schlafparameter.....	169
8.3.2	Lineare Regressionsanalyse der subjektiven Einschätzung und der objektiven Erfassung der Gesamtschlafdauer.....	170
8.4	Analyse der globalen Schlafparameter in Abhängigkeit von der Dienstart und dem Dienort	171
8.4.1	Globale Schlafparameter in Abhängigkeit von der Dienstart	172
8.4.2	Globale Schlafparameter in Abhängigkeit von dem Flugdienort	176
8.5	Zusammenhang zwischen der subjektiven Einschätzung der Müdigkeit und Schläfrigkeit.....	179
8.5.1	Deskriptive Statistik der FAT-Skala und KSS-Skala	179
8.5.2	Korrelationsanalyse zwischen der FAT-Skala und der KSS-Skala.....	181
8.6	Analyse der subjektiven Morgen- und Tagesmüdigkeit	183
8.6.1	Deskriptive Statistik der Morgen- und Tagesmüdigkeit über den zeitlichen Verlauf der Messtage	184
8.6.2	Vergleich zwischen der subjektiven Morgen- und Tagesmüdigkeit	187
8.6.3	Analyse der subjektiven Morgen- und Tagesmüdigkeit in Abhängigkeit von der Dienstart.....	187
8.6.4	Analyse der Morgenmüdigkeit in Abhängigkeit von den globalen Schlafparametern	189
8.7	Analyse der schlafassoziierten Parameter in Abhängigkeit von den globalen Schlafparametern	192
8.7.1	Deskriptive Statistik der schlafassoziierten Parameter über den gesamten Messzeitraum	192
8.7.2	Korrelationsanalysen der schlafassoziierten Parameter, der Morgenmüdigkeit/-schläfrigkeit, der Anspannung, der Wachheit und der globalen Schlafparameter	195
8.7.2.1	<i>Zusammenhänge zwischen den schlafassoziierten Parametern und der Morgenmüdigkeit/-schläfrigkeit, Wachheit und Anspannung ...</i>	195
8.7.2.2	<i>Zusammenhänge zwischen den schlafassoziierten Parametern und globalen Schlafparametern.....</i>	197
8.7.2.3	<i>Zusammenhänge zwischen den schlafassoziierten Parametern und den Moderatorvariablen Alter und Chronotyp</i>	197

8.7.3	Schlafassoziierte Parameter in Abhängigkeit von den globalen Schlafparametern, der Dienstart und dem Rang	198
8.8	Morgenmüdigkeit: Wiederholungsmessung mit Blockbildung	203
8.8.1	Veränderungen der Morgenmüdigkeit über den zeitlichen Verlauf	204
8.8.2	Morgenmüdigkeit in Abhängigkeit vom zeitlichen Verlauf und von der Anzahl der Flugdiensttage	206
8.9	„Gesamtbelastung des Tages“ und Tagesmüdigkeit an Flugdienst- versus Offtagen	208
8.9.1	Deskriptive Statistik der „Gesamtbelastung des Tages“ über den zeitlichen Verlauf der Messtage	209
8.9.2	Korrelationen zwischen der Gesamtbelastung, Tagesmüdigkeit/-schlÄfrigkeit, Anspannung, Wachheit und der Flugdienstdauer ...	211
8.9.3	Gesamtbelastung des Tages in Abhängigkeit von der Dienstart ..	212
8.9.4	Gesamtbelastung und Tagesmüdigkeit in Abhängigkeit von der Dienstdauer	213
8.9.5	Tagesmüdigkeit in Abhängigkeit von der Dienstdauer.....	215
8.9.5.1	<i>Vergleich der Tagesmüdigkeit und der Flugdienstdauer</i>	216
8.9.6	Gesamtbelastung und Tagesmüdigkeit: Wiederholungsmessung mit Blockbildung	217
8.9.7	Veränderungen der Tagesmüdigkeit und Gesamtbelastung über den zeitlichen Verlauf.....	218
8.9.8	Gesamtbelastung und Tagesmüdigkeit in Abhängigkeit vom zeitlichen Verlauf und von der Anzahl der Flugdiensttage	220
9	Ergebnisse der Leistung	223
9.1	Subjektive Leistungsbeurteilung durch den „Allgemeinen Fragebogen“	223
9.2	Deskriptive Analysen der Leistung in der morgendlichen und abendlichen Psychomotor Vigilance Task (PVT).....	227
9.2.1	Vergleich zwischen der morgendlichen und abendlichen PVT ..	229
9.2.1.1	<i>Analyse der morgendlichen und abendlichen PVT-Parameter an Flugdienst- und Offtagen</i>	230
9.3	Korrelationsanalysen zwischen den Morgenwerten der PVT und den globalen Schlafparametern	231
9.4	Morgendliche PVT in Abhängigkeit von der Dienstart und den globalen Schlafparametern	234

9.5	Morgenwerte der PVT: Wiederholungsmessung mit Blockbildung	236
9.5.1	Morgentliche PVT in Abhängigkeit vom zeitlichen Verlauf und von der Anzahl der Flugdiensttage	237
9.6	Korrelationsanalysen der abendlichen Leistungsparameter der PVT	239
9.6.1	Korrelation zwischen den abendlichen Leistungsparametern und der Moderatorvariable ‚Alter‘	240
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	240
9.6.4	Korrelation zwischen den abendlichen Leistungsparametern und der Tagesmüdigkeit, Wachheit, Anspannung.....	241
9.7	Abendliche PVT in Abhängigkeit von der Dienstart und dem zeitlichen Verlauf	242
9.7.1	Hierarchische Regressionanalyse: Einflüsse auf die abendliche Reaktionsleistung nach Flugdiensttagen.....	244
9.8	Abendliche PVT in Abhängigkeit von der Flugdienstdauer und der globalen Schlafparameter.....	246
9.9	Abendliche PVT in Abhängigkeit von der Aufwachzeit an Flugdiensttagen	249
10	Ergebnisse des Flight Logs.....	252
10.1	Subjektive Müdigkeit in Abhängigkeit von der Leganzahl.....	252
10.1.1	Subjektive Müdigkeit in Abhängigkeit von der Leganzahl mit dem Dienstbeginn als Baseline	257
10.2	Subjektive Erholung in Abhängigkeit von der Leganzahl.....	258
10.3	Arbeitsbeanspruchung durch die fliegerische Tätigkeit (NASA TLX) in Abhängigkeit von der Leganzahl.....	260
10.3.1	NASA TLX in Abhängigkeit von der Leganzahl mit dem Dienstbeginn als Baseline	262
10.4	NASA-TLX und subjektive Müdigkeit im Vergleich zwischen Dienstbeginn und Dienstende.....	264
10.5	Vergleich zwischen den Subskalen des NASA-TLX.....	267
10.6	NASA-TLX Subskalen im Vergleich zwischen dem Dienstbeginn und dem Dienstende.....	269
10.7	Stimmung im Vergleich zwischen dem Dienstbeginn und dem Dienstende.....	272

10.7.1	Zusammenhänge zwischen dem BASTI, der Müdigkeit und der Flugdienstzeiten	275
10.8	Müdigkeit und Gesamtbelastung am Dienstende in Abhängigkeit von dem Dienstbeginn und der Flugdienstdauer	276
10.9	Müdigkeit und Gesamtbelastung in Abhängigkeit von unterschiedlichen Flugdienstlängen.....	278
11	Paper-Pencil-Fragebogen	282
11.1	Analysen aus dem Fragebogen zur Erfassung des Gesundheitsverhaltens (FEG)	282
11.1.1	Allgemeines Wohlbefinden	282
11.1.2	Allgemeines Wohlbefinden stratifiziert nach Alter	285
11.1.3	Zufriedenheit mit der Bewegungsaktivität	288
11.1.4	Zufriedenheit mit der Ernährung	290
11.1.4.1	<i>Änderungswünsche in der Ernährung</i>	290
11.1.4.2	<i>Ausgewogene Ernährung</i>	292
11.1.5	Freizeitverhalten und Pflege von Sozialkontakten	293
11.1.6	Sozialkontakte	294
11.2	Arbeitszufriedenheit aus dem ‚Allgemeinen Fragebogen‘	294
11.3	Analysen aus dem Fragebogen des Gesundheitszustandes (SF-12).....	296
11.4	Analysen aus dem Erholungs-Belastungs-Fragebogen (EBF)	298
12	Zusammenfassung der Ergebnisse	301
12.1	Überprüfung der Hypothesen der spezifischen Ebene	302
12.1.1	Schlaf-Wach-Verhalten (globale Schlafparameter) und Flugdienststart	302
12.1.2	Globale Schlafparameter und schlafassoziierte Parameter	302
12.1.3	Globale Schlafparameter und Morgen- versus Tagesmüdigkeit... ..	303
12.2	Überprüfung der Hypothesen auf der Makroebene	304
12.2.1	Gesamtverlauf der Morgenmüdigkeit und der Tagesmüdigkeit	304
12.2.2	Zusammenhänge zwischen den schlafassoziierten Parametern sowie deren Betrachtung über den gesamten Studienverlauf.....	304
12.2.3	Gesamtverlauf der Psychomotor Vigilance Task	305
12.2.4	Intraindividuellem und interindividuellem Vergleich durch Messwiederholung und Blockbildung	306
12.3	Überprüfung der Hypothesen auf der Mikroebene	307
12.3.1	Die Gesamtbelastung und Tagesmüdigkeit in Abhängigkeit von der Flugdienstdauer	309

12.3.2	Die Leistung in der PVT in Abhängigkeit von der Flugdienst- dauer	309
12.3.3	Untersuchungen während des Flugeinsatzes (= In-Flight)	310
12.4	Erholung und Belastung unter Berücksichtigung flugspezifischer Daten	312
12.5	Gesundheitsverhalten	313
12.5.1	Wohlbefinden und Lebenszufriedenheit	314
12.6	Psychische und physische Gesundheit	314
12.7	Arbeitszufriedenheit	315
12.8	Überprüfung der Zusammenhangshypothesen moderierender und mediierender Variablen	316
12.9	Überprüfung der Zusammenhangshypothese zwischen der subjektiven Müdigkeit und Schläfrigkeit	317
12.10	Überprüfung der Zusammenhangshypothesen zwischen der psychophysiologischen Aktimetrie und der subjektiven Einschätzung der globalen Schlafparameter	317
13	Diskussion	318
13.1	Bewertung der theoretischen Fundierung	318
13.2	Kritik an der vorliegenden Studie	318
13.3	Die Stichprobe	320
13.4	Bewertung der statistischen Methoden	321
13.5	Empfehlungen zur Optimierung	323
14	Ausblick	328
15	Literaturverzeichnis	330
16	Anhang	353
16.1	Anhang 1: Allgemeiner Fragebogen	353
16.2	Anhang 2: Fragebogen zum Chronotyp (D-MEQ) von Griefahn (2001)	365
16.3	Anhang 3: Tabelle	369
16.4	Anhang 4: TLC	370
17	Glossar	371