

I Inhaltsverzeichnis

Vorwort	iii
Liste der vorveröffentlichten Teilergebnisse	v
Zusammenfassung	xi
Abstract	xiii
I Inhaltsverzeichnis	xv
1 Einleitung	1
1.1 Ausgangssituation und Problemstellung	1
1.2 Zielsetzung und Lösungsansätze	11
1.3 Leitfragen und Gliederung	17
2 Taxonomien und arbeitswissenschaftliche Grundlagen	22
2.1 Mensch-Roboter-Interaktion	23
2.2 System Roboter	31
2.3 Ergonomische Gestaltungsprinzipien	33
2.4 Belastungs-Beanspruchungs-Konzept	46
2.5 Anatomie und Physiologie des Menschen	49
3 Studienübergreifende Methodik	65
3.1 Versuchsanordnung	67
3.2 Pre- und Posttests	73
3.3 Datenerfassung und -analyse	77
3.3.1 Methoden zur Erfassung subjektiver Daten	78
3.3.2 Motion-Capture als Methode zur Erfassung der physischen Belastung	80
3.3.3 Oberflächen-Elektromyographie zur Erfassung der physischen Beanspruchung	85
3.3.4 Statistische Analyse der empirischen Versuche	99

4 Belastung und Beanspruchung bei Kopfbewegungen und -gesten bei Tetraplegikern	102
4.1 Stand der Forschung und Technik	102
4.2 Forschungsbedarf und abgeleitete Forschungsfragen.....	103
4.3 Abgeleitete Forschungshypothesen.....	104
4.4 Versuchsreihe A1: Evaluierung der physischen Beanspruchung bei Kopfbewegungen und -gesten	106
4.4.1 Ziel und Methodik	106
4.4.2 Prä- und Posttests	111
4.4.3 Datenerfassung und -analyse der Hauptversuche	112
4.4.4 Ergebnisse der Pre- und Posttests.....	112
4.4.5 Ergebnisse des Hauptversuches.....	112
4.4.6 Limitationen, Diskussion der Ergebnisse und Zwischenfazit.....	147
5 Belastung und Beanspruchung bei Kopfbewegungen und -gesten bei Arbeitspersonen	150
5.1 Stand der Forschung und Technik	150
5.2 Forschungsbedarf und abgeleitete Forschungsfragen.....	151
5.3 Abgeleitete Forschungshypothesen.....	152
5.4 Versuchsreihe B1: Evaluierung der physischen Beanspruchung bei Kopfbewegungen und -gesten	154
5.4.1 Ziel und Methodik	154
5.4.2 Prä- und Posttests	160
5.4.3 Datenerfassung und -analyse der Hauptversuche	160
5.4.4 Ergebnisse der Pre- und Posttests.....	161
5.4.5 Ergebnisse des Hauptversuches.....	161
5.4.6 Limitationen, Diskussion der Ergebnisse und Zwischenfazit.....	229
6 Beanspruchung bei Kopfhaltungen bei Arbeitspersonen	238
6.1 Stand der Forschung und Technik.....	238

I Inhaltsverzeichnis

6.2	Forschungsbedarf und abgeleitete Forschungsfragen.....	238
6.3	Abgeleitete Forschungshypothesen	240
6.4	Versuchsreihe C1: Evaluierung der physischen Beanspruchung bei Kopfhaltungen	241
6.4.1	Ziel und Methodik	241
6.4.2	Prä- und Posttests	250
6.4.3	Datenerfassung und -analyse der Hauptversuche	250
6.4.4	Ergebnisse der Pre- und Posttests	259
6.4.5	Ergebnisse des Hauptversuches	261
6.4.6	Limitationen, Diskussion der Ergebnisse und Zwischenfazit.....	294
7	MRK-Büro-Arbeitsplatz-Demonstrator für Tetraplegiker	301
7.1	Stand der Forschung und Technik	302
7.1.1	Steuerungsparadigma für UR5 Roboter	309
7.1.2	Konzept 1: Graphische Benutzungsschnittstelle mit Cursor-Steuerung.....	311
7.1.3	Konzept 2: Graphische Benutzungsschnittstelle mit Gesten-Steuerung.....	312
7.2	Forschungsbedarf und abgeleitete Forschungsfragen.....	313
7.3	Abgeleitete Forschungshypothesen	313
7.4	Versuchsreihe A2: Evaluierung des MRK-Büro-Arbeitsplatz-Demonstrators	314
7.4.1	Ziel und Methodik	314
7.4.2	Prä- und Posttests	322
7.4.3	Datenerfassung und -analyse der Hauptversuche	322
7.4.4	Ergebnisse der Pre- und Posttests	322
7.4.5	Ergebnisse des Hauptversuches	324
7.4.6	Limitationen, Diskussion der Ergebnisse und Zwischenfazit.....	325

8	MRK-Büro-Arbeitsplatz-Demonstrator für Arbeitspersonen	328
8.1	Stand der Forschung und Technik	328
8.2	Forschungsbedarf und abgeleitete Forschungsfragen.....	329
8.3	Abgeleitete Forschungshypothesen	330
8.4	Versuchsreihe B2: Evaluierung des MRK-Büro-Arbeitsplatz-Demonstrators.....	331
8.4.1	Ziel und Methodik	331
8.4.2	Prä- und Posttests	340
8.4.3	Datenerfassung und -analyse der Hauptversuche	340
8.4.4	Ergebnisse der Pre- und Posttests	340
8.4.5	Ergebnisse des Hauptversuches	342
8.4.6	Limitationen, Diskussion der Ergebnisse und Zwischenfazit.....	346
9	MRK-Montage-Arbeitsplatz-Demonstrator für Arbeitspersonen.....	350
9.1	Stand der Forschung und Technik	351
9.1.1	Collaborative Workplace for Assembly.....	353
9.2	Forschungsbedarf	357
9.3	Benutzerzentriertes Design	358
9.3.1	Identifikation des Nutzungskontextes	361
9.3.2	Spezifikation der Nutzungsanforderungen	362
9.4	Konzept 3: Graphische Benutzungs- und Gestenschnittstelle mit kombinierter Cursor-Gesten-Steuerung	366
9.4.1	Steuerungsparadigma für kopfbasierte Robotersteuerung	366
9.4.2	Graphische Benutzungs- und Gestenschnittstelle	368
9.4.3	Spezifikation der Roboter- und Greifersteuerung	377
9.4.4	Algorithmus zur Erkennung und Klassifikation von Kopfgesten	382
9.4.5	Genauigkeit der Erkennung und Klassifikation von Kopfgesten	387
9.5	Versuchsreihe C2: Evaluierung des MRK-Montage-Arbeitsplatz-Demonstrators.....	389

I Inhaltsverzeichnis

9.5.1	Ziel und Methodik	389
9.5.2	Ergebnisse des Funktionstests.....	396
9.5.3	Zwischenfazit	396
10	Schlussbemerkungen und Erkenntnisse für die Praxis.....	397
11	Ausblick	408
II	Literaturverzeichnis	419
III	Abbildungsverzeichnis.....	456
IV	Tabellenverzeichnis	470
V	Anhang.....	476