

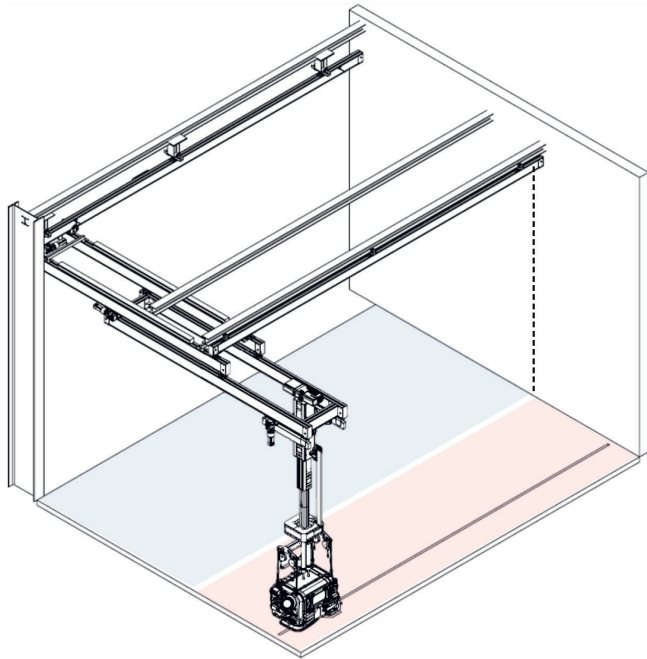
Forschungsberichte Montagetechnik und -organisation

Herausgeber: Prof. Dr.-Ing. Rainer Müller

Mathias Matheis

Band 7

Handhabungs- und Montagekonzept für schwere Lasten in der Nutzfahrzeugproduktion



Handhabungs- und Montagekonzept für schwere Lasten in der Nutzfahrzeugproduktion

Dissertation
zur Erlangung des Grades
des Doktors der Ingenieurwissenschaften
der Naturwissenschaftlich-Technischen Fakultät
der Universität des Saarlandes

von
Mathias Matheis

Saarbrücken

2023

Tag des Kolloquiums: 03.03.2023
Dekanin/Dekan: Univ.-Prof. Dr. Ludger Santen
Berichterstatter: Prof. Dr.-Ing. Rainer Müller
Prof. Dr.-Ing. Michael Vielhaber
Vorsitzender: Prof. Dr.-Ing. Dirk Bähre
Akademischer Mitarbeiter: Dr.-Ing. Christian Bur

Forschungsberichte Montagetechnik und -organisation

Band 7

Mathias Matheis

**Handhabungs- und Montagekonzept für schwere
Lasten in der Nutzfahrzeugproduktion**

Shaker Verlag
Düren 2023

Bibliografische Information der Deutschen Nationalbibliothek

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

Zugl.: Saarbrücken, Univ., Diss., 2023

Copyright Shaker Verlag 2023

Alle Rechte, auch das des auszugsweisen Nachdruckes, der auszugsweisen oder vollständigen Wiedergabe, der Speicherung in Datenverarbeitungsanlagen und der Übersetzung, vorbehalten.

Printed in Germany.

ISBN 978-3-8440-9158-8

ISSN 2512-6369

Shaker Verlag GmbH • Am Langen Graben 15a • 52353 Düren

Telefon: 02421 / 99 0 11 - 0 • Telefax: 02421 / 99 0 11 - 9

Internet: www.shaker.de • E-Mail: info@shaker.de

Kurzzusammenfassung

Die Nutzfahrzeugproduktion ist durch eine hohe Variantenvielfalt gekennzeichnet. Im Bereich der Montage müssen eine Vielzahl sperriger und schwerer Lasten bei engen Toleranzen gehandhabt werden. Die Tätigkeiten sind geprägt von einem hohen Anteil manueller Prozesse. Betriebsmittel wie Krane und Hebezeuge unterstützen die Mitarbeiter dabei meist nur beim Heben der Last.

Die Entwicklung eines intelligenten, teilautomatisierbaren Unterstützungssystems soll zur Verbesserung der Ergonomie, Akzeptanz, Arbeitssicherheit, Qualität und Prozesszeit der Handhabungsaufgaben beitragen.

Das Augenmerk auf Modularität und Skalierbarkeit sowie die Fokussierung auf den Menschen und damit einhergehend die Themen Ergonomie und Usability ermöglichen eine anforderungsgerechte Umsetzung und stellen eine Übertragbarkeit sicher.

Charakteristisch für das Konzept ist die Unterteilung in eine servomotorisch unterstützte Positionierkinematik und eine passiv ausgeführte Orientierkinematik. Die Positionierkinematik übernimmt dabei das Zuführen der Last und die Orientierkinematik ist für die feinen Rotationsbewegungen am Montageort und für die Lastaufnahme zuständig.

Das Konzept wurde als Demonstrator aufgebaut und validiert. Im Vordergrund stand dabei die Auslegung der Bedienung durch direkte Manipulation an der Last. Darüber hinaus wurden die Teilautomatisierbarkeit im Rahmen der Mensch-Roboter-Kollaboration untersucht sowie Ergonomieeinflüsse und Usability bewertet.

Abstract

The commercial vehicle production is characterized by a high variance. In the area of assembly, a large number of bulky and heavy loads need to be handled with close tolerances. The tasks often include a high proportion of manual processes. Manufacturing equipment including cranes and hoists usually only support the employees when they lift the loads.

The development of an intelligent, partially automatable assist device should contribute to the improvement of ergonomics, worker acceptance, occupational safety, quality and process time of the handling tasks.

The attention on modularity and scalability as well as the focus on the human worker and the associated topics of ergonomics and usability enable the requirements-based realization and ensure the transferability.

A distinctive feature of the concept is the segmentation into a servo-driven positioning-kinematics and a passive orientation-kinematics. The positioning-kinematics executes the load motion part "supply/feeding" and the orientation-kinematics is responsible for the load motion part "fine rotary movements" at the assembly point and for the load attachment.

The concept was set up and validated as a demonstrator. In the foreground thereby was the operator control design through direct manipulation at the load. In addition, an examination of a semi-automation functionality in the context of human-robot collaboration was conducted and ergonomic influences and usability were evaluated.

Danksagung

Die vorliegende Arbeit entstand während meiner Tätigkeit als angestellter Doktorand im Bereich Technologiemanagement Trucks der Daimler AG in Stuttgart. An dieser Stelle möchte ich allen beteiligten Personen danken, die mich bei der Anfertigung meiner Doktorarbeit unterstützt haben.

- Herrn Prof. Dr.-Ing. Rainer Müller, als Leiter des Lehrstuhls Montagesysteme an der Universität des Saarlandes und dem Forschungsbereich am ZeMA danke ich sehr für die Betreuung der Arbeit, für das mir entgegengebrachte Vertrauen, die konstruktiven Gespräche und die daraus entstandenen Ideen und wissenschaftlichen Anregungen und für die allzeit freundliche Unterstützung.
- Herrn Prof. Dr.-Ing. Michael Vielhaber, Leiter des Lehrstuhls Konstruktionstechnik an der Universität des Saarlandes für die Übernahme des Koreferats sowie für das Interesse und die konstruktiven Hinweise bei der Durchsicht dieser Arbeit.
- Meinen Vorgesetzten bei der Daimler AG Dr. Martin Rohleder, Dr. Anne-Katrin Tomys-Brummerloh, Torsten Grüniger, Torsten Koellner, Dr. Ekkehard Brümmer und Hans-Peter Dörflinger, die mir die Bearbeitung des Themas ermöglicht und mich bei meiner Arbeit begleitet, unterstützt und motiviert haben.
- Herrn Paul Dick und dem Team der EEPOS GmbH für die freundliche und hilfsbereite Unterstützung beim Aufbau des Demonstrators, der Durchführung der Validierungsversuche sowie für die partnerschaftliche Bearbeitung der Forschungs- und Entwicklungsaufgabe.
- Den wissenschaftlichen Mitarbeitern des ZeMAs Ortwin Mailahn, Andreas Ginschel und Tobias Masiak für die kreativen Workshops und ihr Engagement bei begleitenden Projektarbeiten sowie dem gesamten ZeMA Team für die stets offene und freundliche Zusammenarbeit.
- Den Bachelor- und Masterarbeitern Denis Hessel, Isabell Mencher, Sören Roman Marko und Christian Riemer für den Einsatz und das Engagement bei ihren Abschlussarbeiten, die bedeutsame Beiträge zu dieser Arbeit hervorgebracht haben.
- Meinem Kollegen Dr.-Ing. Urs Eisele für die wissenschaftlichen Diskussionen, die fachliche und methodische Unterstützung und die freundschaftlich geprägte Zeit.
- Meinen Eltern Liane und Hans Matheis sowie meinem Bruder Sebastian Matheis für die immer uneingeschränkte Unterstützung und großartige Motivation, die mir die Anfertigung dieser Arbeit ermöglicht haben. Vielen Dank!

Inhaltsverzeichnis

Content

1	Einleitung	1
1.1	Problemstellung	1
1.2	Zielsetzung, Aufgabenstellung und Vorgehensweise	2
1.3	Aufbau der Arbeit	3
2	Stand der Technik in Forschung und Industrie	6
2.1	Abgrenzung Montage und Handhabung in der Produktion	6
2.1.1	Montage	8
2.1.2	Handhabung	10
2.2	Gliederung von Handhabungs- und Bewegungseinrichtungen	14
2.2.1	Gliederung von Handhabungseinrichtungen	15
2.2.2	Gliederung von Bewegungseinrichtungen	16
2.3	Programmgesteuerte Bewegungsautomaten	17
2.4	Manuell gesteuerte Bewegungseinrichtungen	18
2.4.1	Manipulatoren	18
2.4.2	Teleoperatoren	22
2.4.3	Hebezeuge	23
2.4.4	Steuerungsvarianten von Balancern	26
2.5	Teilautomatisierbare intelligente Unterstützungssysteme (IAD)	28
2.5.1	Einordnung der assistierenden Handhabungstechnik	28
2.5.2	Funktionen intelligenter assistierender Handhabungsgeräte	32
2.5.3	Vorteile intelligenter assistierender Handhabungsgeräte	33
2.5.4	Beispielhafte IAD aus Forschung und Industrie	35
2.6	Fazit zum Stand der Technik in Forschung und Industrie	39
3	Analyse und Anforderungen	41
3.1	Analysebereich Lkw-Montage	41
3.2	Handhabungsgeräte in der Lkw-Montage	45
3.2.1	Handhabungsgeräte im Fahrerhausinnenausbau	45
3.2.2	Handhabungsgeräte in der Aufbaumontage	46
3.3	Analyse der kinematischen Struktur von Handhabungsgeräten	49
3.3.1	Kinematischer Aufbau und Regionalstrukturen	50
3.3.2	Analyse der Regionalstrukturen von Manipulatoren	53
3.4	Prozessanalyse und Ableitungen von Anforderungen	57
3.4.1	Prozessanalyse	57
3.4.2	Exemplarischer Montageprozess ATS-Box	63
3.4.3	Hauptanforderungen an Konzept	72

4	Konzept	76
4.1	Modularer Aufbau des Konzepts	76
4.2	Modul Positionier-Kinematik.....	79
4.3	Modul Sensorik	80
4.3.1	Sensorbox Horizontalbewegungen	80
4.3.2	Elektronischer Vertikalbalancer.....	83
4.4	Modul Orientier-Kinematik und Lastaufnahme	87
4.4.1	Anforderungen an Lastaufnahmeeinrichtung und Low-Cost-Ansatz	87
4.4.2	Methodische Vorgehensweise zum Entwerfen von Lastaufnahmemitteln	91
4.4.3	Funktionsanalyse und Funktionsstruktur für Lastaufnahmemittel...93	
5	Realisierung des modularen IAD-Konzepts	97
5.1	Aufbau des Demonstrators.....	97
5.1.1	Demonstrator – Modul Positionier Kinematik	98
5.1.2	Demonstrator – Modul Sensorik.....	100
5.1.3	Demonstrator – Modul Orientier-Kinematik und Lastaufnahmemittel.....	101
5.1.4	Demonstrator – Vertikalbalancer und Bediengriff.....	102
5.1.5	Demonstrator – Experimentalumgebung.....	103
5.2	Parametrierung und Optimierung der Steuerung	104
5.2.1	Grundlegendes Steuerungs- und Regelungskonzept Sensorbox.....	104
5.2.2	Kalibrierung Sensorbox.....	106
5.2.3	Parametrierung mittels statistischer Versuchsplanung.....	110
5.2.4	Zusatz- und Sicherheitsfunktionen	121
5.3	Validierung der Usability und Ergebnisse.....	125
5.3.1	Ergonomievergleich – Kraftmesshandschuh	125
5.3.2	Teilautomatisierbarkeit des IAD	129
5.3.3	Prototyp LCA-Lastaufnahmemittel	135
5.3.4	Abschließender Vergleich mit Hauptanforderungen.....	138
6	Zusammenfassung und Ausblick.....	141
6.1	Zusammenfassung.....	141
6.2	Fazit und Ausblick	144
7	Literaturverzeichnis.....	147
8	Anhang	156

Abbildungsverzeichnis

List of figures

Bild 1.1:	Aufbau der Arbeit und Hauptkapitel	3
Bild 2.1:	Produktionsarten (Eigene Darstellung nach [EVER89, S. 11])	7
Bild 2.2:	Montageorganisationsprinzipien, vgl. [EVER89, S. 175–177]; [FELD14, S. 668–669]	7
Bild 2.3:	Teilfunktionen der Montage, vgl. [LOTT82, S. 7–10]; [LOTT12, S. 2]; [JONA00, S. 6–7]	9
Bild 2.4:	Der Begriff Handhaben im Deutschen und Englischen Sprachgebrauch [HESS16a, S. 16–17]	10
Bild 2.5:	Handhaben als Teilfunktion der Montage, vgl. [LOTT12, S. 2]; vgl. Bild 2.3	11
Bild 2.6:	Handhaben als Teilfunktion des Materialflusses, vgl. [VDI 2860, S. 2]	11
Bild 2.7:	Koordinatensysteme und Freiheitsgrade eines Handhabungsobjektes, vgl. [VDI 2860, S. 2]; [HESS16a, S. 40]; [HESS16b, S. 446]	12
Bild 2.8:	Teilfunktionen des Handhabens und deren Gliederung [VDI 2860, S. 4]	13
Bild 2.9:	Handhaben als Basisaufgabe der Montage [MÜLL11, S. 1–2]; vgl. [EILE15, S. 6]	14
Bild 2.10:	Gliederung von Handhabungseinrichtungen nach ihrer Hauptfunktion [VDI 2860, S. 14]	15
Bild 2.11:	Gliederung von Bewegungseinrichtungen nach Hauptfunktion [VDI 2860, S. 14]	16
Bild 2.12:	Gliederung von programmgesteuerten Bewegungsautomaten [VDI 2860, S. 14]	17
Bild 2.13:	Manuell gesteuerte Bewegungseinrichtungen vgl. [VDI 2860, S. 15]; [HESS01, S. 5–6]	18
Bild 2.14:	Steuerungsarten für Manipulatoren [HESS98, S. 3]	21
Bild 2.15:	Steuerungsarten für Hebezeuge [HESS98, S. 3]	24
Bild 2.16:	Hebezeuge mit Balancer Steuerung (Eigene Darstellung nach [HESS01, S. 11]; [HESS01, S. 51–59])	25
Bild 2.17:	Balancer Steuerungsvarianten; nach [HESS01, S. 51–52]	26
Bild 2.18:	Einordnung von IAD in die Gliederung der Handhabungstechnik (vgl. [HESS16a, S. 434]; [HESS16b, S. 338–339])	29
Bild 2.19:	Virtuelle Grenzbereiche Admittanz-Prinzip (vgl. [HESS16a, S. 434]; [HESS16b, S. 339])	31
Bild 2.20:	IAD Funktionalitäten (Eigene Darstellung nach [IEEE03, S. 1])	33

Bild 2.21:	Technologische Vorteile von IAD (Eigene Darstellung nach [KAZE02, S. 222]).....	33
Bild 2.22:	IAD Bedienstruktur Varianten (vgl. [BICC08, S. 1342–1343]).....	35
Bild 3.1:	Analysebereich Lkw-Montage – Bsp. Mercedes-Benz Werk Wörth [MATH16a, S. 12/6]; Bildquellen: Daimler Truck	42
Bild 3.2:	Handhabungsgeräte im Bereich Fahrerhausinnenausbau, Bsp. Mercedes-Benz Werk Wörth; Bildquellen: Daimler Truck	46
Bild 3.3:	Konzepte automatisierte Powerpack Montage [WIRT08]; Bildquellen: Daimler Truck.....	47
Bild 3.4:	Pneumatische Manipulatoren in der Aufbaumontage, Bsp. Mercedes-Benz Werk Wörth; Bildquellen: Daimler Truck	48
Bild 3.5:	Elektrische Kettenzug Hebezeuge in der Aufbaumontage, Bsp. Mercedes-Benz Werk Wörth; Bildquellen: Daimler Truck	49
Bild 3.6:	Offene und geschlossene kinematische Ketten (Eigene Darstellung; Bildquelle: [IHS19]).....	51
Bild 3.7:	Bezeichnungsform kinematische Regionalstrukturen; vgl. [SCHO87, S. 27–29].....	52
Bild 3.8:	Praxisvergleich der Regionalstrukturen von Handhabungsgeräten (Eigene Darstellung, Bildquellen: [SCHO87, S. 78]; Unidex; Jäger Handling; Kuka; Strödter)	54
Bild 3.9:	Hettinger-Tabelle (Eigene Darstellung nach [HETT81, S. 39])	58
Bild 3.10:	Vorgehensweise Prozessanalyse	59
Bild 3.11:	Handhabungsprozesse für Bewegungsanalyse; Bildquellen: Daimler Truck	60
Bild 3.12:	ATS-Box Varianten (Eigene Darstellung; Bildquellen: Daimler Truck)	64
Bild 3.13:	Montagerelevante Produktmerkmale MCS- und SCS-ATS-Box; Bildquellen: Daimler Truck.....	65
Bild 3.14:	Layout ATS-Box Montageprozess; Eigene Darstellung; Bildquellen: Daimler Truck	66
Bild 3.15:	Ladungsträger zur Bereitstellung der ATS-Box	66
Bild 3.16:	Teilprozessschritte ATS-Box Montage; Bildquellen: Daimler Truck	67
Bild 3.17:	Montagevorranggraph und Prozessschaubild ATS-Box Montage	68
Bild 3.18:	Prozesszeit für Handhabung während ATS-Box Montage.....	69
Bild 3.19:	Handhabungsgerät ATS-Box Montage; Bildquellen: Daimler Truck ...	69
Bild 3.20:	Lastaufnahmemittel ATS-Box Montage; Bildquellen: Daimler Truck ..	70
Bild 3.21:	Randbedingungen und Herausforderungen ATS-Box Montage	71
Bild 3.22:	Anforderungen an das Handhabungskonzept (vgl. [MATH16b, S. 590–591])	73
Bild 4.1:	Modulare Architektur des Konzepts (vgl. [MATH16a, S. 12/11]; [MATH16b, S. 590–591]; [MATH16c, S. 15/7]).....	77
Bild 4.2:	Positionierkinematik basierend auf Kranbaukasten System mit Hubachse	79

Bild 4.3:	Prinzipielle Funktionsweise Sensorbox Horizontalbewegungen (vgl. [MATH16a, S. 12/14]; [MATH16b, S. 591–593]; [MATH16c, S. 15/8])	82
Bild 4.4:	Aufbau EEPOS Prototyp Sensorbox mit Feder-Dämpfer-System (Eigene Darstellung; Bildquelle: EEPOS)	83
Bild 4.5:	Integrationsmöglichkeiten Kraftsensor Bediengriff BINAR Quicklift (Eigene Darstellung nach [BINA19b]; [BINA20a]; [BINA20b]; Bildquelle: BINAR)	85
Bild 4.6:	Integrationsmöglichkeiten Kraftsensor Bediengriff GORBEL G-Force iQ (Eigene Darstellung nach [GORB20, S. 8]; Bildquelle: GORBEL)	86
Bild 4.7:	Unterschiedliche Arten von Lastaufnahmeeinrichtungen (Eigene Darstellung nach [DIN 15003, S. 1–3])	88
Bild 4.8:	Handhabungsobjekte für IAD Konzept	89
Bild 4.9:	Methodische Vorgehensweise zur Entwicklung eines Lastaufnahmemittels; vgl. [VDI 2221, S. 9]	91
Bild 4.10:	Hierarchische Funktionsstruktur – Funktionsbaum	95
Bild 4.11:	Verknüpfte Funktionsstruktur	95
Bild 5.1:	Aufbau Demonstrator	98
Bild 5.2:	Dimensionen Demonstrator	99
Bild 5.3:	Servomotorisch angetriebener Fahrwerk-Trolley für Kranschienensystem (Eigene Darstellung; Bildquelle: EEPOS)	100
Bild 5.4:	Sensorbox Demonstrator	100
Bild 5.5:	Lastaufnahmemittel Demonstrator	101
Bild 5.6:	Integration Seilbalancer Sensorik und Bedieneinheit	102
Bild 5.7:	Experimentelle Versuchsumgebung	104
Bild 5.8:	Systemschema	104
Bild 5.9:	Schema grundlegendes Regelungskonzept	105
Bild 5.10:	Erläuterung Werte Wegmesssensoren in Sensorbox	107
Bild 5.11:	IAD- und Lastzustände für Nullpunkt Ermittlung (schematische Darstellung)	108
Bild 5.12:	Kalibrierung Sensorbox und Ermittlung des Nullpunkts	109
Bild 5.13:	Faktoren Versuchsplan Parametrierung PI-Regler	111
Bild 5.14:	Messung der mechanischen Losbrechkraft der Sensorbox	112
Bild 5.15:	Bewegungspfad „Zuführen“, (Haltepunkte auf Montagedreieck)	114
Bild 5.16:	Bewegungspfad „Positionieren“, (DinA3-Blatt für Feinbewegungen)	115
Bild 5.17:	Bewertung Bewegungspfad „Positionieren“, (DinA3-Blatt für Feinbewegungen)	116
Bild 5.18:	Zielgrößenoptimierung für Systemzustand „ohne Last“	120
Bild 5.19:	Funktionsweise „Übergangslose Teleskopierfunktion“, (schematisch)	122
Bild 5.20:	Anti-Drift-Funktion – Funktionsdiagramm, (schematisch)	124
Bild 5.21:	Anti-Pendel-Funktion – Erkennung, (schematisch)	125

Bild 5.22:	Kraftmesshandschuh Equipment.....	126
Bild 5.23:	Ergonomie-Messreihen Kraftmesshandschuh – Vorgehensweise....	127
Bild 5.24:	Messreihenergebnisse Kraftmesshandschuh	128
Bild 5.25:	Wechsel zwischen Betriebsarten Manipulator und Roboter.....	130
Bild 5.26:	Teilautomatisierungs- und Sicherheitskonzept für IAD auf Basis Sensorbox	131
Bild 5.27:	Kraftmessung möglicher Kontakt-/Kollisionsfall	132
Bild 5.28:	Auswertung der Kraftmessung für möglichen Kontakt-/Kollisionsfall	133
Bild 5.29:	Beispiele aus Entwurfsphase Lastaufnahmemittel Konzept „sphärisches Gelenk“	136
Bild 5.30:	Prototyp Lastaufnahmemittel – Orientierkinematik	137
Bild 8.1:	Zielgrößenoptimierung für Systemzustand „pendelnde Last“	166
Bild 8.2:	Zielgrößenoptimierung für Systemzustand „starre Last“	166
Bild 8.3:	Teillösungen für Funktion „Orientierung ändern“	168
Bild 8.4:	Teillösungen für Funktion „Bedienkraft unterstützen“	169
Bild 8.5:	Teillösungen für Funktion „Orientierung begrenzen“	170
Bild 8.6:	Teillösungen für Funktion „Orientierung fixieren“	171

Tabellenverzeichnis

List of tables

Tabelle 2.1: Übersicht IAD Beispiele	36
Tabelle 3.1: Bewegungsanalyse Handhabungsobjekte in der Endmontage.....	61
Tabelle 3.2: Konzeptanforderungen und Erläuterungen (vgl. [MATH16a, S. 12/10]; [MATH16b, S. 590–591]; [MATH16c, S. 15/6]).....	73
Tabelle 5.1: Notenskala und Kriterien für Bedienerbewertung	115
Tabelle 5.2: Faktorstufen des Wirkungsflächenversuchsplans.....	118
Tabelle 5.3: Sollwerte und Obergrenzen für Zielgrößenoptimierung (Minimieren) 119	
Tabelle 5.4: Übersicht optimierte Reglerparameter für spezifische Lastart	120
Tabelle 8.1: Variationen dreiachsiger Regionalstrukturen [SCHO87, S. 36]	156
Tabelle 8.2: Kalibrierung Sensorbox – Messreihe „Einteleskopiert, ohne Last“ ...	157
Tabelle 8.3: Kalibrierung Sensorbox – Messreihe „Austeleskopiert, ohne Last“ ..	158
Tabelle 8.4: Kalibrierung Sensorbox – Messreihe „Einteleskopiert, Pendelnde Last“.....	159
Tabelle 8.5: Kalibrierung Sensorbox – Messreihe „Austeleskopiert, Pendelnde Last“.....	160
Tabelle 8.6: Kalibrierung Sensorbox – Messreihe „Einteleskopiert, Starre Last“..	161
Tabelle 8.7: Kalibrierung Sensorbox – Messreihe „Austeleskopiert, Starre Last“.	162
Tabelle 8.8: Messreihe mechanische Losbrechkraft Sensorbox	163
Tabelle 8.9: Wirkungsflächenversuchsplan	164
Tabelle 8.10: Messwerte Experimente Wirkungsflächenversuchsplan	165
Tabelle 8.11: Messwerttabelle Kraftmesshandschuh Messreihe „B“.....	167
Tabelle 8.12: Messwerttabelle Kraftmesshandschuh Messreihe „C“.....	167

Abkürzungsverzeichnis

Abbreviations

ATS	After Treatment System (Abgasnachbehandlung)
BAuA	Bundesanstalt für Arbeitsschutz und Arbeitsmedizin
CVT	Continuously Variable Transmission
DGUV	Deutsche Gesetzliche Unfallversicherung
EC	Electronically Controlled
EOl	End-of-Line
FU	Frequenzumrichter
ATS	After Treatment System
GM	General Motors
HHG	Handhabungsgerät
IAD	Intelligent Assist Device (Intelligentes Unterstützungssystem)
JiS	Just in Sequence
KBK	Kranbaukasten
LAM	Lastaufnahmemittel
LCA	Low-Cost-Automatisierung
LMM	Leitmerkmalmethode
MRK	Mensch-Roboter-Kooperation
OG	Orientierungsgrad
OZ	Ordnungszustand
PG	Positionierungsgrad
SPS	Speicherprogrammierbare Steuerung
SLT	Sonderladungsträger