

Alexander Marks

Wirtschaftliche Mitarbeiterqualifizierung durch lernorientierte Montagesystemgestaltung



Wirtschaftliche Mitarbeiterqualifizierung
durch lernorientierte Montagesystemgestaltung

Economical Employee Qualification
through Learning-Oriented Assembly System Design

Von der Fakultät für Maschinenwesen
der Rheinisch-Westfälischen Technischen Hochschule Aachen
zur Erlangung des akademischen Grades eines
Doktors der Ingenieurwissenschaften
genehmigte Dissertation

vorgelegt von

Alexander Frederik Marks

Berichter:

Univ.-Prof. Dr.-Ing. Achim Kampker
Univ.-Prof. Dr.-Ing. Peter Burggräf

Tag der mündlichen Prüfung: 11. Dezember 2018

ERGEBNISSE AUS DER PRODUKTIONSTECHNIK

Alexander Frederik Marks

Wirtschaftliche Mitarbeiterqualifizierung
durch lernorientierte Montagesystemgestaltung

Herausgeber:

Prof. Dr.-Ing. T. Bergs
Prof. Dr.-Ing. Dipl.-Wirt. Ing. G. Schuh
Prof. Dr.-Ing. C. Brecher
Prof. Dr.-Ing. R. H. Schmitt

Band 7/2019



Bibliografische Information der Deutschen Nationalbibliothek

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

Alexander Frederik Marks:

Wirtschaftliche Mitarbeiterqualifizierung durch lernorientierte Montagesystemgestaltung

1. Auflage, 2019

Gedruckt auf holz- und säurefreiem Papier, 100% chlorfrei gebleicht.

Apprimus Verlag, Aachen, 2019
Wissenschaftsverlag des Instituts für Industriekommunikation und Fachmedien
an der RWTH Aachen
Steinbachstr. 25, 52074 Aachen
Internet: www.apprimus-verlag.de, E-Mail: info@apprimus-verlag.de

Printed in Germany

ISBN 978-3-86359-711-5

D 82 (Diss. RWTH Aachen University, 2018)

Vorwort

Die vorliegende Dissertation entstand während meiner Tätigkeit als wissenschaftlicher Mitarbeiter in der Abteilung Fabrikplanung am Lehrstuhl für Produktionssystematik des Werkzeugmaschinenlabors WZL der RWTH Aachen.

Herrn Professor Achim Kampker, Inhaber des Chair of Production Engineering of E-Mobility Components, danke ich sehr herzlich für die Möglichkeit zur Promotion sowie seine Unterstützung, Förderung und für das Vertrauen in meine Person. Herrn Professor Peter Burggräf danke ich ebenfalls sehr herzlich für seinen Beitrag zu meiner Forschungsreise, für die grundsätzliche Begeisterung zur Promotion, für die immer spannende und herausfordernde Zusammenarbeit in verschiedensten Konstellationen, für die Betreuung und kritische Durchsicht meiner Dissertation sowie schlussendlich für die Übernahme des Koreferats. Herrn Professor Jochen Büchs danke ich für die Übernahme des Prüfungsvorsitzes.

Für die lehrreiche und bereichernde Zeit am Lehrstuhl möchte ich mich auch bei all meinen ehemaligen Kollegen von WZL und PEM bedanken. Durch die tolle Zusammenarbeit bei all den Herausforderungen haben sie ihren Beitrag zu einer wunderbaren Zeit in diesem intensiven Umfeld geleistet und damit zum Gelingen dieser Arbeit beigetragen. Besten Dank an Dr. Nemanja Sarovic, Tobias Wissing, Jan-Philipp Ganser, Johannes Wagner und Matthias Dannapfel. Darüber hinaus auch besten Dank an meine studentischen Mitarbeiter für ihr vielfältiges Mitwirken - insbesondere Christian Degenhardt, Moritz Hesper und Alexander Volz.

Die universitäre und schulische Ausbildung war das Fundament dieser Forschungsreise und ich bin sehr dankbar darüber dass sich aus beiden Phasen Freundschaften fürs Leben ergeben haben. Herzlichen Dank liebes Einsatzteam und liebe Schorndorfer BG-Freunde für all die gemeinsamen Unternehmungen aber auch die Hinnahme meiner häufigen Abwesenheit in den letzten Jahren.

Der größte Dank aber gebührt meiner lieben Familie - meinen Großeltern, Eltern, Geschwistern sowie meiner Frau und unseren beiden Töchtern. Meinem verstorbenen Großvater Wolfgang Frech für seine stets fordernde aber immer herzliche Art. Meinen Eltern Michael und Sylvia Marks für ihre Begleitung auf meinem bisherigen Lebensweg und die stete Ermutigung zur Verfolgung und Erreichung meiner gesteckten Ziele. Dabei besonders meiner Mutter für ihre großartige Leistung auch in schwierigen Zeiten. Meinen Brüdern Tobias, Patrick und Daniel für die tolle Gemeinschaft von Kindesbeinen an.

Vor allem aber bei meiner Frau Alexandra bedanke ich mich von Herzen für das Ertragen all der Entbehrungen in den vergangenen Jahren. Diese Zeit ist nicht mehr zurückzuholen, aber ich freue mich außerordentlich auf den wiedergewonnen Freiraum und die vielen bevorstehenden gemeinsamen Momente und Erlebnisse mit Dir, Amelie und Sophie!

Liebe Mami und geliebte Alexandra - Euch beiden widme ich in tiefster Dankbarkeit diese Arbeit! Ohne Eure bedingungslose Unterstützung, das grenzenlose Verständnis und die immerwährende Liebe wäre dies nicht möglich gewesen!

Zusammenfassung

Die Montage als integrierendes Bindeglied der Wertschöpfungskette sieht sich mehr als jedes andere Element dieser Kette den dynamischen Entwicklungen des Marktes, der Technologien sowie den gesellschaftspolitischen Veränderungen ausgesetzt. Der Produktionsfaktor Mensch ist in manuellen und hybriden Montagesystemen der wesentliche Befähiger für den erfolgreichen Umgang damit. Nur durch eine möglichst effiziente und stets den individuellen Anforderungen entsprechende Qualifikation ebendessen kann ein wirtschaftlicher Produktionsprozess gewährleistet werden.

Die Arbeit adressiert dieses Praxisproblem und hat das Ziel, eine Methodik für die wirtschaftliche Mitarbeiterqualifizierung durch lernorientierte Montagesystemgestaltung zu entwickeln. Die entwickelte Methodik gewährleistet, dass unter Einbezug aller relevanten Einflussfaktoren und möglichen Gestaltungsmaßnahmen eine aus wirtschaftlichen Gesichtspunkten optimale arbeitsintegrierte Mitarbeiteranlernung durch die entsprechende Arbeitsplatzgestaltung ermöglicht werden kann.

Die Forschungsreise zur Entwicklung der Methodik erfolgt dabei in fünf Etappen. Handlungsleitendes Element sind dabei die in Summe 15 definierten bzw. entwickelten Gestaltungsmaßnahmen für die Bereitstellungsbereiche Arbeitsinformation, Werkzeug und Material. Die Verknüpfung mit den Einflussfaktoren sowie die empirische Ermittlung der auf Ausführungszeiten basierenden Lernverläufe folgen dieser Struktur und sind die wesentlichen Entdeckungen dieser Forschungsreise. Durch die Überführung der Arbeitsaufwände in die monetäre Betrachtung und die Quantifizierung der Aufwände für die Gestaltung des Arbeitssystems wird eine Aussage hinsichtlich der Wirtschaftlichkeit sichergestellt. Zusammenfassend werden die Ergebnisse in einem Planungsmodul in den Phasen Situationsanalyse, Maßnahmindefinition und Umsetzungsplanung strukturiert und damit allgemein anwendbar gemacht.

Summary

More than any other element in the value chain, assembly as an integrating link is exposed to the dynamic developments of the market, technologies and socio-political changes. In manual and hybrid assembly systems, the human production factor is the key enabler for a successful handling. Only a qualification that is as efficient as possible and always meets individual requirements, can guarantee an economical production process.

The thesis addresses this practical problem and aims to develop a methodology for the economic qualification of employees through learning-oriented assembly system design. The developed methodology ensures that, taking into account all relevant influencing factors and possible design measures, an optimal integrated training of employees from an economic point of view can be made possible by the appropriate workplace design.

The research trip to develop the methodology takes place in five stages. The guiding elements are the design measures defined or developed in a total of 15 for the provision areas of work information, tools and material. The linkage with the influencing factors as well as the empirical determination of the learning processes based on execution times follow this structure and are the essential discoveries of this research expedition. By transferring the workload into the monetary view and quantifying the workload for the design of the work system, a statement regarding economic efficiency is ensured. In summary, the results are structured in a planning module in the phases of situation analysis, definition of measures and implementation planning and thus made generally applicable.

Inhaltsübersicht

Inhaltsübersicht	I
Inhaltsverzeichnis	III
Abbildungsverzeichnis	IX
Abkürzungen	XIII
1 Einleitung	1
1.1 Zielsetzung	3
1.2 Forschungskonzeption	4
1.3 Aufbau der Arbeit	9
2 Grundlagen und Handlungsbedarf	13
2.1 Montagesysteme	13
2.2 Menschliche Arbeitsleistung und Qualifikation	26
2.3 Methoden der monetären Bewertungen	40
2.4 Anforderungen an eine Methodik aus der Praxis	47
2.5 Zwischenfazit	52
3 Theorien zur wirtschaftlichen Mitarbeiteranlernung	55
3.1 Verfahren der Montagesystemgestaltung	56
3.2 Gestaltungsansätze zur Mitarbeiteranlernung	64
3.3 Methoden zur Kostenbewertung in Montagesystemen	73
3.4 Zwischenfazit	76
4 Konzeption der Methodik	81
4.1 Grundlagen der Modellierung	81
4.2 Grobkonzept zur Methodik-Entwicklung	87
4.3 Zwischenfazit	95
5 Ausdetaillierung der Methodik	97
5.1 Gestaltungsalternativen arbeitsintegrierter Mitarbeiteranlernung	97
5.2 Einflussfaktoren der Mitarbeiteranlernung	114
5.3 Empirische Entwicklung des Wirkmodells	125
5.4 Kostenmodell der Mitarbeiteranlernung	146
5.5 Operationalisierung der arbeitsintegrierten Mitarbeiteranlernung	154

6	Evaluierung der Methodik	163
6.1	Fallbeispiel 1: Restrukturierung in der Industriegüter-Branche.....	163
6.2	Fallbeispiel 2: Neuplanung in der Nutzfahrzeugindustrie	171
6.3	Kritische Reflexion.....	178
7	Zusammenfassung und Fazit	183
	Literaturverzeichnis	187
	Anhang	201
	A1: Fragebogen zur Kurzstudie „Kosteneffiziente Mitarbeiteranlernung“	201
	Lebenslauf.....	209

Inhaltsverzeichnis

Inhaltsübersicht	I
Inhaltsverzeichnis	III
Abbildungsverzeichnis	IX
Abkürzungen	XIII
1 Einleitung	1
1.1 Zielsetzung	3
1.2 Forschungskonzeption	4
1.3 Aufbau der Arbeit	9
2 Grundlagen und Handlungsbedarf	13
2.1 Montagesysteme	13
2.1.1 Umfeldanalyse der Montage	13
2.1.2 Organisationformen der Montage	17
2.1.3 Arbeitsumgebung in der Montage	21
2.2 Menschliche Arbeitsleistung und Qualifikation	26
2.2.1 Produktionsfaktor Mensch	26
2.2.2 Mitarbeiterqualifizierung	29
2.2.3 Lernen	33
2.3 Methoden der monetären Bewertungen	40
2.3.1 Kosten	41
2.3.1.1 Stufen der Kostenrechnung	42
2.3.1.2 Kostenrechnungssysteme	43
2.3.2 Wirtschaftlichkeit	44
2.3.2.1 Klassische Wirtschaftlichkeitsrechnung	45
2.3.2.2 Erweiterte Wirtschaftlichkeitsrechnung	46
2.4 Anforderungen an eine Methodik aus der Praxis	47
2.5 Zwischenfazit	52
3 Theorien zur wirtschaftlichen Mitarbeiteranlernung	55
3.1 Verfahren der Montagesystemgestaltung	56
3.1.1 Montageplanung nach EVERSHEIM	56
3.1.2 Systematische Montageplanung nach BULLINGER	57
3.1.3 Montageplanung nach REFA	58

3.1.4	Gestaltung manueller Fließmontagen nach WILLNECKER	59
3.1.5	Gestaltung modularer Produktionssysteme nach NEUHAUSEN	60
3.1.6	Planungssystematik nach KONOLD	61
3.1.7	Montagesystemgestaltung nach SLAMA.....	62
3.1.8	Montageplanung nach LOTTER.....	63
3.1.9	Arbeitssystemgestaltung nach MÜHLBRADT ET AL.....	64
3.2	Gestaltungsansätze zur Mitarbeiteranlernung	64
3.2.1	Beistellmethode nach BUNK.....	65
3.2.2	Vier-Stufen-Methode nach REFA.....	66
3.2.3	Sieben-Stufen-Methode nach REFA	67
3.2.4	Leittextmethode nach OTT.....	68
3.2.5	Lerninselkonzept nach DEHNBOSTEL	69
3.2.6	Lernförderliche Arbeitsplatzgestaltung nach BIGALK.....	70
3.2.7	Arbeitsorientierte Lernlösungen nach MÜHLBRADT	71
3.2.8	Work-based learning through Industrie 4.0 nach SCHUH	72
3.3	Methoden zur Kostenbewertung in Montagesystemen	73
3.3.1	Kostenmodell für die Montage nach HARTMANN	73
3.3.2	Kostenorientierte Produktionsplanung nach KURZ	74
3.3.3	Wirtschaftliche Bewertung von Montagesystemen nach KRATZSCH.....	75
3.4	Zwischenfazit	76
4	Konzeption der Methodik	81
4.1	Grundlagen der Modellierung	81
4.1.1	Allgemeine Modelltheorie.....	81
4.1.2	Systemtechnik	84
4.1.3	Erkenntnisprozess zur Lösung von Realproblemen	86
4.2	Grobkonzept zur Methodik-Entwicklung	87
4.2.1	Spezifizierung der Ablaufstruktur	87
4.2.2	Detaillierte Ablaufstruktur der Methoden-Entwicklung	88
4.2.2.1	Gestaltungsalternativen	88
4.2.2.2	Einflussfaktoren	90
4.2.2.3	Wirkbeziehungen und -intensitäten.....	91
4.2.2.4	Wirtschaftlichkeit.....	93
4.2.2.5	Planungsmodul.....	94
4.3	Zwischenfazit	95
5	Ausdetaillierung der Methodik.....	97
5.1	Gestaltungsalternativen arbeitsintegrierter Mitarbeiteranlernung.....	97

5.1.1	Gestaltungsrahmen	97
5.1.1.1	Zieldimensionen	97
5.1.1.2	Gestaltungsbereiche	98
5.1.1.3	Handlungsfelder der wirtschaftlichen Mitarbeiteranlernung	99
5.1.2	Morphologie der Gestaltungsbereiche	101
5.1.2.1	Information.....	101
5.1.2.2	Werkzeug	103
5.1.2.3	Material.....	105
5.1.3	Entwicklung der Gestaltungsmaßnahmen	107
5.1.3.1	Arbeitsplan-Gestaltungsmaßnahmen der Mitarbeiteranlernung	107
5.1.3.2	Werkzeug-Gestaltungsmaßnahmen der Mitarbeiteranlernung	110
5.1.3.3	Material-Gestaltungsmaßnahmen der Mitarbeiteranlernung	112
5.2	Einflussfaktoren der Mitarbeiteranlernung	114
5.2.1	Häufigkeitsfaktoren	115
5.2.1.1	Anlern-Fälle	115
5.2.1.2	Einarbeitungs-Fälle	116
5.2.1.3	Wiederanlern-Fälle	116
5.2.1.4	Zusammenfassung der Häufigkeitsfaktoren	120
5.2.2	Intensitätsfaktoren	120
5.2.2.1	Produkt	121
5.2.2.2	Prozess	122
5.2.2.3	Personal	122
5.2.2.4	Zusammenfassung der Intensitätsfaktoren	124
5.2.3	Experten-Workshop: Einflussfaktoren der Mitarbeiteranlernung.....	124
5.3	Empirische Entwicklung des Wirkmodells.....	125
5.3.1	Versuchsreihen zu den Effekten der definierten Maßnahmen	126
5.3.1.1	Studie: Arbeitsinformationen auf Mitarbeiteranlernung.....	128
5.3.1.2	Studie: Werkzeug-Bereitstellung auf Mitarbeiteranlernung.....	132
5.3.1.3	Studie: Material-Bereitstellung auf Mitarbeiteranlernung	136
5.3.2	Analyse der Versuchsergebnisse.....	141
5.3.3	Induktive Gestaltung des Wirkmodells	141
5.4	Kostenmodell der Mitarbeiteranlernung	146
5.4.1	Aufwand für Anlernen, Einarbeiten und Wiederanlernen	146
5.4.1.1	Ermittlung der Lern-Integrale	146
5.4.1.2	Häufigkeiten.....	147
5.4.1.3	Gesamt-Lernaufwand	148
5.4.2	Kostenbewertung der Maßnahmen	149

5.4.2.1	Existierende Ausstattungen und Kosten.....	149
5.4.2.2	Einmalige Investitionen	150
5.4.2.3	Laufende Kosten.....	151
5.4.3	Wirtschaftlichkeitsbetrachtung.....	152
5.5	Operationalisierung der arbeitsintegrierten Mitarbeiteranlernung.....	154
5.5.1	Gestaltungsstrategien	154
5.5.1.1	Min-Invest	155
5.5.1.2	Eco-Learning	155
5.5.1.3	Max-Learning.....	155
5.5.1.4	Individual	155
5.5.2	Integration in Montageplanungsvorgehen	156
5.5.3	Planungsmodul „Wirtschaftliche Mitarbeiteranlernung“	157
5.5.3.1	Situationsanalyse.....	158
5.5.3.2	Iterative Maßnahmendefinition	160
5.5.3.3	Umsetzungsplanung	161
6	Evaluierung der Methodik	163
6.1	Fallbeispiel 1: Restrukturierung in der Industriegüter-Branche.....	163
6.1.1	Ausgangssituation.....	163
6.1.2	Anwendung der Methodik	164
6.1.2.1	Situationsanalyse.....	165
6.1.2.2	Maßnahmendefinition	167
6.1.2.3	Umsetzungsplanung	170
6.1.3	Fazit zur Anwendung	170
6.2	Fallbeispiel 2: Neuplanung in der Nutzfahrzeugindustrie	171
6.2.1	Ausgangssituation.....	171
6.2.2	Anwendung der Methodik	172
6.2.2.1	Situationsanalyse.....	172
6.2.2.2	Maßnahmendefinition	174
6.2.2.3	Umsetzungsplanung	177
6.2.3	Fazit zur Anwendung	178
6.3	Kritische Reflexion.....	178
7	Zusammenfassung und Fazit	183
	Literaturverzeichnis	187
	Anhang	201
	A1: Fragebogen zur Kurzstudie „Kosteneffiziente Mitarbeiteranlernung“	201

Lebenslauf.....	209
------------------------	------------

Abbildungsverzeichnis

Bild 1-1: Wissenschaftssystematik	5
Bild 1-2: Forschungsmethodisches Vorgehen	7
Bild 1-3: Heuristischer Bezugsrahmen	8
Bild 1-4: Aufbau der Arbeit	9
Bild 2-1: Einflüsse der Montage.....	14
Bild 2-2: Hierarchische Strukturierung von Produktions- bzw. Montagesystemen	15
Bild 2-3: Funktionen der Montage	16
Bild 2-4: Kinematische Alternativen der Montageorganisation	17
Bild 2-5: Einordnung automatisierter Montagesysteme	20
Bild 2-6: Vor- und Nachteile manueller Montagesysteme	20
Bild 2-7: Morphologie von Montageassistenzsystemen	22
Bild 2-8: Das Realitäts-Virtualitäts-Kontinuum	24
Bild 2-9: Arten der Informationsbereitstellung.....	25
Bild 2-10: Gliederung der Produktionsfaktoren	26
Bild 2-11: Modell der menschlichen Informationsverarbeitung.....	27
Bild 2-12: Struktur der Multiple-Ressourcen-Theorie	29
Bild 2-13: Kompetenz-Formen der beruflichen Qualifikation	30
Bild 2-14: Systematik der Qualifizierungsmethoden	31
Bild 2-15: Einordnung Anlernen in Qualifizierung	33
Bild 2-16: Phasen des Lernprozesses	34
Bild 2-17: Anteiliges Lernen und Üben	35
Bild 2-18: Schematische Darstellung der Anlernzeit.....	36
Bild 2-19: Abnahme Ausführungszeiten von Elementarbewegungen	40
Bild 2-20: Schematischer Ablauf einer Vollkostenrechnung.....	42
Bild 2-21: Verfahrensübersicht der Wirtschaftlichkeitsanalyse.....	45
Bild 2-22: Ergebnisse Kurzstudie inkl. Anforderungen aus Experteninterviews	49
Bild 3-1: Kriterien zur Bewertung bestehender Ansätze.....	55
Bild 3-2: Suchfelder bestehender Ansätze	56
Bild 3-3: Montageplanung nach EVERSHEIM	57
Bild 3-4: Montageplanung nach BULLINGER.....	58
Bild 3-5: Montageplanungsvorgehen nach REFA.....	59
Bild 3-6: Montageplanungsvorgehen nach WILLNECKER	60
Bild 3-7: Gestaltungsvorgehen modularer Produktionssysteme nach NEUHAUSEN	61
Bild 3-8: Planungssystematik nach KONOLD.....	61
Bild 3-9: Vorgehen Montagesystemgestaltung nach SLAMA.....	62
Bild 3-10: Montageplanung nach LOTTER.....	63
Bild 3-11: Arbeitssystemgestaltung nach MÜHLBRADT.....	64
Bild 3-12: Bestellmethode nach BUNK	65
Bild 3-13: Vier-Stufen-Methode nach REFA	67
Bild 3-14: Ablauf der Sieben-Stufen-Methode nach REFA	68
Bild 3-15: Leittextmethode nach OTT	69

Bild 3-16: Phasen des Lerninselkonzepts nach DEHNBOSTEL	69
Bild 3-17: Lernförderlichkeitsgestaltung nach BIGALK	70
Bild 3-18: Lernszenario-Gestaltung nach MÜHLBRADT	71
Bild 3-19: Arbeitsintegrierte Anlernung nach SCHUH	73
Bild 3-20: Kostenermittlung nach HARTMANN.....	74
Bild 3-21: Kostenorientierte Produktionsplanung nach KURZ.....	75
Bild 3-22: Kostenbasierte Auswahl von Montage-Alternativen nach KRATZSCH	76
Bild 3-23: Bewertung der betrachteten Ansätze	78
Bild 4-1: Erkenntnisprozess zur Lösung von Realproblemen	84
Bild 4-2: Generische Ablaufstruktur zur Lösung von Realproblemen	86
Bild 4-3: Ablaufstruktur zur Methodik-Entwicklung	87
Bild 4-4: Gestaltungsrahmen der Maßnahmenentwicklung	89
Bild 4-5: Identifikation Einflussfaktoren der Mitarbeiteranlernung	91
Bild 4-6: Wirkmodell der Mitarbeiteranlernung	92
Bild 4-7: Wirtschaftlichkeit der Mitarbeiteranlernung	93
Bild 4-8: Gestaltungsvorgehen für die wirtschaftliche Mitarbeiteranlernung	94
Bild 5-1: Ordnungsrahmen arbeitsintegrierter Mitarbeiteranlernung.....	99
Bild 5-2: Alternativen der Informationsbereitstellung	102
Bild 5-3: Alternativen der Werkzeugbereitstellung	104
Bild 5-4: Morphologie der Materialbereitstellung	105
Bild 5-5: Arbeitsplan-Gestaltungsmaßnahmen der Mitarbeiteranlernung	108
Bild 5-6: Werkzeug-Gestaltungsmaßnahmen der Mitarbeiteranlernung	111
Bild 5-7: Material-Gestaltungsmaßnahmen der Mitarbeiteranlernung	113
Bild 5-8: Auswirkung von Pausen auf den Zeitaufwand je Arbeitsaufgabe.....	117
Bild 5-9: Zuwachs-Faktor $rA, P, Wiederanlernung$ für erste Wieder-Ausführung	119
Bild 5-10: Übersicht Häufigkeitsfaktoren	120
Bild 5-11: Übersicht Intensitätsfaktoren	124
Bild 5-12: Workshop-Ergebnisse „Einflussfaktoren der Mitarbeiteranlernung“	125
Bild 5-13: Steharbeitsplatz aller Versuchsreihen	127
Bild 5-14: Arbeitsinformationen + Werkzeug: Versuchsobjekt: Stiftehalter	129
Bild 5-15: Maßnahme „Instruction_Text+2D-Animation+3D-Picture_Product+Surface“	130
Bild 5-16: Kurvenverläufe der Maßnahmen zu Arbeitsinformationen	131
Bild 5-17: Mittlere Ausführungszeiten der Maßnahmen zu Arbeitsinformationen	132
Bild 5-18: Maßnahme „Tool_Pick-by_Paper“	134
Bild 5-19: Kurvenverläufe der Maßnahmen zur Werkzeug-Bereitstellung	135
Bild 5-20: Mittlere Ausführungszeiten der Maßnahmen zur Werkzeug-Bereitstellung	136
Bild 5-21: Material-Versuchsobjekt: Windmühle	137
Bild 5-22: Maßnahme „Material_Set_Pick_by_Light“	138
Bild 5-23: Kurvenverläufe der Maßnahmen zur Material-Bereitstellung	139
Bild 5-24: Mittlere Ausführungszeiten der Maßnahmen zur Material-Bereitstellung	140
Bild 5-25: Übersicht Effizienzfaktoren zu Arbeitsinformationen	144
Bild 5-26: Übersicht Effizienzfaktoren zu Werkzeugen	144
Bild 5-27: Übersicht Effizienzfaktoren zu Material.....	145
Bild 5-28: Vorgehen zur Bestimmung der Lern-Integrale	147

Bild 5-29: Schrittweise Ermittlung von <i>LA, M, P, Wiederanlernung</i>	149
Bild 5-30: Ist-Analyse der Kosten am Bsp. der Maßnahmen zur Werkzeugbereitstellung.	150
Bild 5-31: Wirtschaftlichkeit der Maßnahmenkombinationen über Kostenbetrachtung.....	153
Bild 5-32: Integration des Planungsmoduls in Vorgehen nach EVERSHEIM	156
Bild 5-33: Ablaufstruktur Planungsmodul „Wirtschaftliche Mitarbeiteranlernung“	157
Bild 6-1: Ergebnissicht „Intensitätsfaktoren“ im Planungsmodul	166
Bild 6-2: Vor-Auswahl der relevanten Maßnahmen im Planungstool	168
Bild 6-3: Fallbeispiel 1: Wirtschaftliche Gegenüberstellung der Gestaltungsoptionen	169
Bild 6-4: Übersicht Häufigkeitsfaktoren des Fallbeispiels 2 im Planungsmodul.....	174
Bild 6-5: Übersicht Anlernverläufe je Maßnahme für Fallbeispiel 2.....	175
Bild 6-6: Kostenübersicht für relevante Maßnahmen des Fallbeispiels 2	176
Bild 6-7: Finale Auswahl „Instruction“ am Fallbeispiel 2.....	177

