

# **Methodische Grundlagen der softwareergonomischen Evaluationsforschung**

Zur Erlangung der Venia Legendi im Fach

## **Arbeitswissenschaft**

bei der Fakultät für Maschinenbau  
der Universität Karlsruhe (TH)

genehmigte Habilitationsschrift

von

**Dr.-Ing. Sascha Stowasser**

Habitationskommission:

Prof. Dr.-Ing. Dr. h.c. Albert Albers (Universität Karlsruhe)  
Prof. Dr.-Ing. Jürgen Fleischer (Universität Karlsruhe)  
Prof. Dr. phil. habil. Ekkehart Frieling (Universität Kassel)  
Prof. Dr.-Ing. Martin Gabi (Universität Karlsruhe)  
Prof. Dr.-Ing. Kurt Landau (TU Darmstadt)  
Prof. Dr. Dr.-Ing. Jivka Ovtcharova (Universität Karlsruhe)  
Prof. Dr.-Ing. Dipl.-Wirtsch.-Ing. Gert Zülch (Universität Karlsruhe)



**ifab**

Forschungsberichte  
aus dem Institut für  
Arbeitswissenschaft und  
Betriebsorganisation der  
Universität Karlsruhe

Herausgeber  
Prof. Dr.-Ing. Dipl.-Wirtsch.-Ing.  
Gert Zülch

Band 37 - 2006

**Sascha Stowasser**

**Methodische Grundlagen der  
softwareergonomischen  
Evaluationsforschung**

Shaker Verlag

**Bibliografische Information der Deutschen Bibliothek**

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

Zugl.: Karlsruhe, Univ., Habil.-Schr., 2005

Copyright Shaker Verlag 2006

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

Printed in Germany.

ISBN-10: 3-8322-5175-8

ISBN-13: 978-3-8322-5175-8

ISSN 1436-3224

Shaker Verlag GmbH • Postfach 101818 • 52018 Aachen

Telefon: 02407 / 95 96 - 0 • Telefax: 02407 / 95 96 - 9

Internet: [www.shaker.de](http://www.shaker.de) • eMail: [info@shaker.de](mailto:info@shaker.de)

# Vorwort des Herausgebers

Der Einsatzerfolg eines Softwareproduktes hängt zweifelsohne zunächst von dessen Funktionalität und dann aber auch von der Frage ab, wie die Arbeitsteilung zwischen Rechner und Benutzer gestaltet ist. Hierdurch rückt die Benutzungsoberfläche des Softwareproduktes in den Mittelpunkt des Interesses, verbunden mit der Frage, wie diese für eine bestimmte Benutzergruppe oder auch für mehrere unterschiedliche gestaltet sein soll.

Sofern für ein Softwareprodukt eine hohe Gestaltungsgüte attestiert wird, ist zu erwarten, dass sich zumindest die Mehrzahl der Benutzer durch das Arbeiten mit diesem Softwareprodukt nicht übermäßig belastet fühlt, ihm eine hohe Akzeptanz entgegenbringt und in fachlicher Hinsicht eine gute Leistung erzielt. Für die Entwicklungsphase von Softwareprodukten stellt diese Vermutung eine grundlegende Arbeitshypothese dar, deren Gültigkeit - vor allem in Form der Negativhypothese – allgemein vorausgesetzt wird, aber in dieser Phase noch nicht nachgewiesen werden kann. Bei realisierten Softwareprodukten wird die Gültigkeit dieser Hypothese jedoch kaum einmal empirisch überprüft. Um so eher bestätigt sich dann in der Anwendungsphase die Negativhypothese und die Suche nach den Gründen oder auch den Schuldigen wartet nicht lange. Die Mängelbeseitigung verursacht in einem solchen Fall erfahrungsgemäß erhebliche Mehrkosten im Vergleich zu einer Mängelvermeidung bereits in der Entwicklungsphase des Softwareproduktes.

An dieser Stelle kommen Erkenntnisse aus der Softwareergonomie zur Geltung. Diese Disziplin an der Schnittstelle von Arbeits- und Informationswissenschaft hat in den letzten drei Jahrzehnten eine Fülle von Erkenntnissen hervorgebracht, die ihren Niederschlag in Gestaltungsanweisungen und sogar in internationalen Normen gefunden haben. Gerade diese Normen mit ihrem Anspruch, Begriffe wie Benutzungsfreundlichkeit und Gebrauchstauglichkeit zu definieren und in Einzelaspekte aufzugliedern, geben aber Anlass zu der Nach-

frage, aufgrund welcher messbaren Kriterien diese einzelnen Aspekte bewertet und schließlich in einem Werturteil über die ergonomische Qualität eines Softwareproduktes zusammengefasst werden können. Hierzu geben die genannten Normen jedoch nur punktuell eine Hilfestellung.

Als Konsequenz hieraus existiert eine Vielzahl von Bewertungsschemata, z.B. in Form von an den Benutzer adressierten Fragebögen, wobei jedes von sich in Anspruch nimmt, schlussendlich eine zutreffende Aussage über die ergonomische Qualität eines Softwareproduktes zu liefern. Die Vorgehensweisen zur Evaluation von Softwareprodukten sind damit nicht nur sehr vielfältig, sie zeichnen sich darüber hinaus auch in Ermangelung theoriebasierter Modellvorstellungen über die Interaktion von Mensch und Rechner und bezüglich der Überführung von Bewertungen in ein Werturteil über ein Softwareprodukt durch einen bemerkenswerten Pragmatismus aus.

Die vorliegende Veröffentlichung setzt sich folgerichtig zum Ziel, die methodischen Grundlagen der Evaluation von Softwareprodukten aufzubereiten. Dadurch soll nicht nur das vorhandene Wissen und die vorrangig in fallspezifischen Evaluationsstudien vorliegenden Erkenntnisse zusammengefasst, sondern darüber hinaus auch die vorhandenen Grundlagen erweitert werden. Auf diese Weise wird ein Beitrag zur Theorie der softwareergonomischen Evaluationsforschung geleistet.

Mit dieser Veröffentlichung wird die erste Habilitationsschrift aus dem Institut für Arbeitswissenschaft und Betriebsorganisation der Universität Karlsruhe vorgelegt. Sie bildet damit einen Meilenstein in den 20-jährigen Forschungsarbeiten des Instituts auf dem Gebiet der Kommunikationsergonomie.

Karlsruhe, im Mai 2006

o. Prof. Dr.-Ing. Dipl.-Wirtsch.-Ing.  
Gert Zülch

# Vorwort des Autors

Die vorliegende Habilitationsschrift entstand während meiner Tätigkeit als Oberingenieur am Institut für Arbeitswissenschaft und Betriebsorganisation der Universität Karlsruhe (TH).

Unter der Institutsleitung von Herrn Professor Dr.-Ing. Dipl.-Wirtsch.-Ing. Gert Zülch liegt ein Schwerpunkt der Forschung und Lehre am Institut für Arbeitswissenschaft und Betriebsorganisation auf der Betrachtung kommunikationsergonomischer Fragestellungen im Produktions- und Dienstleistungsbereich. Die Forschungsarbeiten in diesem Bereich umfassen vor allem die softwareergonomische Gestaltung und experimentelle Analyse innovativer Mensch-Rechner-Schnittstellen für den industriellen Produktionsbereich. Darüber hinaus soll die Auseinandersetzung mit Modellansätzen zur Softwareevaluation zu einem verbesserten Verständnis der Interaktion zwischen Mensch und Maschine führen.

Im Rahmen des Lehrangebots des Instituts für Arbeitswissenschaft und Betriebsorganisation wird die Vorlesung "Kommunikationsergonomie im Produktionsbereich" angeboten, die mir seit dem Wintersemester 1997/98 vertretungsweise und seit März 2002 dann auch formal von der Fakultät für Maschinenbau übertragen wurde.

Herr Professor Zülch und das spürbare Interesse der Studenten an dieser Vorlesung haben mich ermutigt, Teile dieser Vorlesung in der vorliegenden Form aufzubereiten. Ziel ist eine Darstellung der wesentlichen Grundlagen der softwareergonomischen Evaluationsforschung. Diese Grundlagen werden ergänzt um einen mathematisch formulierten Ansatz zur Strukturierung softwareergonomischer Evaluationen.

Herrn Professor Zülch gilt mein besonderer Dank für die Unterstützung bei der Erstellung dieser Arbeit und die kritische Hinterfragung der Lösungsansätze. Herrn Prof. Dr. phil. habil. Ekkehart Frieling (Institut für Arbeitswissenschaft der Universität Kassel) und Herrn Prof. Dr.-Ing. Kurt Landau (Institut für Arbeitswissenschaft der TU

Darmstadt) danke ich für die Übernahme der Korreferate und für die schon über Jahre hinweg dauernden konstruktiven Kontakte. Frau Prof. Dr. Dr.-Ing. Jivka Ovtcharova (Institut für Rechneranwendung in Planung und Konstruktion, Universität Karlsruhe) danke ich ebenfalls für Anfertigung eines Gutachtens.

Mein Dank gilt meinen studentischen Mitarbeitern sowie vielen ehemaligen und derzeitigen Mitarbeitern der Universität Karlsruhe (TH), allen voran Frau Gabrielle Schäfer, Frau Dipl.-Wirtsch.-Ing. Patricia Stock und Herrn Dr.-Ing. Sven Rottinger für die gründliche Durchsicht des Manuskripts.

Der Deutschen Forschungsgemeinschaft (DFG) möchte ich für die Bewilligung einer Beihilfe zur Veröffentlichung dieses Werkes danken.

Meine Frau Valerie und meine beiden Kinder Emily und Ben standen mir während der Habilitationsarbeit besonders an der Seite, weshalb ich Ihnen dieses Buch widme.

Karlsruhe, im Mai 2006

Dr.-Ing. Sascha Stowasser

# Inhaltsverzeichnis

	Seite
1. Einführung	15
1.1 Notwendigkeit zur Beurteilung von Software	15
1.2 Zielsetzung der Arbeit	18
1.3 Aufbau des Buches	21
2. Grundlagen der Softwareergonomie und der disziplinübergreifenden Evaluationsforschung	23
2.1 Der Forschungsbereich Kommunikationsergonomie	23
2.1.1 Interdisziplinäre Zielsetzung der Kommunika- tionsergonomie	24
2.1.2 Gegenstandsbereiche der Kommunika- tionsergonomie	25
2.1.2.1 Hardwareergonomie	26
2.1.2.2 Organisationsware-Ergonomie	26
2.1.3 Begriffsabgrenzungen	27
2.1.3.1 Bewertung und Beurteilung	28
2.1.3.2 Softwareherstellung, -benutzung und -evaluation	29
2.1.3.3 Methodiken, Methoden, Verfahren und Werkzeuge	32
2.1.4 Gegenstand der Softwareergonomie	32
2.1.4.1 Geschichtlicher Abriss und Definition der Softwareergonomie	33
2.1.4.2 Teilaspekte der Softwareergonomie	34
2.1.4.3 Folgen softwareergonomisch ungünstig gestalteter Mensch-Rechner-Schnitt- stellen	36

2.1.4.4	Nutzen softwareergonomisch günstig gestalteter Mensch-Rechner-Schnittstellen	37
2.1.5	Normativer Rahmen der Softwareergonomie	39
2.1.5.1	Arbeitsschutzgesetz und Bildschirmarbeitsverordnung	39
2.1.5.2	Normen zur Softwareergonomie	40
2.1.5.3	Weitere Richtlinien zur Softwareergonomie	43
2.2	Anlässe der Softwareevaluation im Softwarelebenszyklus	43
2.2.1	Anlässe der Softwareevaluation beim Hersteller	44
2.2.1.1	Software-Entwicklungsmodelle	44
2.2.1.2	Anlässe zur Evaluation aus Herstellersicht	45
2.2.2	Anlässe der Softwareevaluation beim Anwender	47
2.3	Evaluationsforschung	48
2.3.1	Einführung in die Evaluationsforschung	48
2.3.1.1	Evaluation	48
2.3.1.2	Evaluationsforschung	50
2.3.2	Unterscheidungsmerkmale der Evaluation	51
2.3.3	Gestaltungsaspekte von Evaluationsstudien	54
2.3.4	Evaluationsobjekt	55
2.3.5	Evaluationszweck	56
2.3.5.1	Erkenntniszweck	57
2.3.5.2	Kontrollzweck	57
2.3.5.3	Dialogzweck	58
2.3.5.4	Legitimationszweck	59
2.3.6	Evaluationsort	59
2.3.7	Evaluationskriterien	60
2.3.7.1	Kriterienrahmen, Kriterienhierarchien und erfassbare Evaluationskriterien	60
2.3.7.2	Festlegung von Evaluationskriterien	61
2.3.7.3	Skalentypen	62
2.3.7.4	Rating-Skalen	64
2.3.8	Evaluationsmodell	66
2.3.8.1	CIPP-Modell nach Stufflebeam	67

2.3.8.2	Formative versus summative Evaluation	69
2.3.8.3	Fünf-Datenboxen-Konzeption nach Wittmann	70
2.3.9	Standards der Evaluation	72
2.3.9.1	Zentrale Gütekriterien der Evaluation	72
2.3.9.2	Bestrebungen hinsichtlich Evaluationsstandards	73
3.	Aspekte der softwareergonomischen Evaluationsforschung	76
3.1	Objekte der softwareergonomischen Evaluation	76
3.1.1	Ebenenmodell der Mensch-Rechner-Schnittstelle	78
3.1.2	Das IFIP-Modell	80
3.1.3	Benutzerorientierte Modelle	82
3.1.4	Modell der Gestaltungsebenen	83
3.1.5	Fazit der Modellbetrachtung	85
3.2	Zwecke der softwareergonomischen Evaluation	86
3.2.1	Charakterisierung der Evaluationszwecke	86
3.2.2	Exkurs: Prototyping	89
3.2.2.1	Benutzerorientiertes Prototyping	89
3.2.2.2	Arten von Prototypen	91
3.2.3	Dialog der Beteiligten als Evaluationsziel	92
3.3	Orte der softwareergonomischen Evaluation	94
3.3.1	Felduntersuchungen	97
3.3.1.1	Validität und Kontrollierbarkeit	97
3.3.1.2	Evaluationsobjekte und Evaluatoren bei Felduntersuchungen	97
3.3.1.3	Längerfristige Felduntersuchungen	98
3.3.2	Laboruntersuchungen	99
3.3.2.1	Validität und Kontrollierbarkeit	99
3.3.2.2	Evaluationsobjekte und Akteure bei Laboruntersuchungen	99
3.3.2.3	Ausstattungsmerkmale von Laboren	100
3.4	Softwareergonomische Evaluationskriterien	104
3.4.1	Normative Grundlagen	104
3.4.2	Der Kriterienrahmen "Benutzungsfreundlichkeit"	105

3.4.2.1	Grundsätze ergonomischer Dialoggestaltung nach DIN 66234 Teil 8	106
3.4.2.2	Dialoggrundsätze nach DIN ISO EN 9241 Teil 10	107
3.4.2.3	Gestaltungs- und Bewertungshilfen nach VDI 5005	110
3.4.2.4	Spezielle Kriterien für multimediale Mensch-Rechner-Schnittstellen nach DIN ISO EN 14915 Teil 1	111
3.4.3	Der Kriterienrahmen "Gebrauchstauglichkeit"	113
3.4.4	Operationalisierung der Evaluationskriterien	115
3.4.4.1	Charakteristik softwareergonomischer Kriterien	115
3.4.4.2	Operationalisierungsansätze	116
3.4.5	Methoden der Softwareevaluation	120
3.4.5.1	Problematik von Evaluationsmethoden	120
3.4.5.2	Theoretische Evaluationsmethoden	122
3.4.5.3	Heuristische Evaluationsmethoden	123
3.4.5.4	Subjektive Evaluationsmethoden	123
3.4.5.5	Objektive Evaluationsmethoden	124
3.4.5.6	Merkmale zur Einordnung der Methoden	125
3.4.5.7	Auswahl und Kombination der Evaluationsmethoden	127
3.5	Softwareergonomische Evaluationsmodelle	128
3.5.1	Zusammenhänge der Evaluation in Evaluationsmodellen	128
3.5.2	Prozessmodelle zur softwareergonomischen Evaluation	130
3.5.3	Diskussion derzeitiger Prozessmodelle zur softwareergonomischen Evaluation	134
4.	Rahmenkonzept der softwareergonomischen Evaluation	136
4.1	Beschreibung des Evaluationsobjekts	137
4.1.1	Evaluationsobjekt	137
4.1.2	Objektkomponenten	137
4.1.3	Komponentenhierarchisierung	139

4.1.3.1	Charakteristische Objektcomponenten	139
4.1.3.2	Relevante Objektcomponenten	143
4.2	Beschreibung der softwareergonomischen Evaluationskriterien	144
4.2.1	Kriterienrahmen	144
4.2.2	Operationalisierung der Kriterien	144
4.2.2.1	Erfassbare Kriterien	144
4.2.2.2	Relevante Kriterien	148
4.3	Erfassung der Kriterienwerte	148
4.3.1	Kriterienwert	148
4.3.2	Komponentenbezogene Bewertung der Kriterien	149
4.4	Softwareergonomische Einobjekt-Evaluation	150
4.4.1	Zweck der Einobjekt-Evaluation	151
4.4.2	Grundlagen zum Soll-Ist-Vergleich auf Kriterienebene	152
4.4.2.1	Anforderungswerte bei der Einobjekt-Evaluation	152
4.4.2.2	Voraussetzungen für die Vergleichbarkeit der Anforderungs- und Kriterienwerte	154
4.4.2.3	Vergleich von Anforderungs- und Kriterienwerten bei Einobjekt-Evaluation	154
4.4.2.4	Erfüllungsnotwendigkeit der Anforderung	155
4.4.2.5	Vergleichswert zwischen Anforderungs- und Kriterienwert	156
4.5	Formulierung des quantitativen Erfüllungstupels	157
4.5.1	Entwicklung eines quantitativen Erfüllungstupels	157
4.5.1.1	Form des Erfüllungstupels	157
4.5.1.2	Ermittlung des Erfüllungstupels bei binär skaliertem Kriterium	159
4.5.1.3	Ermittlung des Erfüllungstupels bei nominal skaliertem Kriterium	162
4.5.1.4	Ermittlung des Erfüllungstupels bei ordinal skaliertem Kriterium	163
4.5.1.5	Ermittlung des Erfüllungstupels bei metrisch skaliertem Kriterium	165

4.5.2	Übereinstimmungs- und Abweichungsmaße	166
4.5.2.1	Komponenten- und kriteriumsbezogener Erfüllungstupel	167
4.5.2.2	Übereinstimmungsmaße	169
4.5.2.3	Abweichungsmaße	172
4.5.2.4	Abschließende Bemerkung	174
4.6	Zielerreichungsgrad Anforderungserfüllung	175
4.6.1	Ermittlung des Zielerreichungsgrades Anforderungserfüllung	175
4.6.1.1	Zielerreichungsgrad Anforderungserfüllung bei binär skaliertem Kriterium	175
4.6.1.2	Zielerreichungsgrad Anforderungserfüllung bei nominal skaliertem Kriterium	176
4.6.1.3	Zielerreichungsgrad Anforderungserfüllung bei ordinal skaliertem Kriterium	177
4.6.1.4	Zielerreichungsgrad Anforderungserfüllung bei metrisch skaliertem Kriterium	180
4.6.2	Globale Beurteilung des Evaluationsobjektes auf Basis des Zielerreichungsgrades Anforderungserfüllung	181
4.6.2.1	Gewichtung der Komponenten und Kriterien	181
4.6.2.2	Kriteriums- bzw. komponentenbezogene Aggregation	182
4.6.2.3	Matrix der Zielerreichungsgrade bei der Einobjekt-Evaluation	184
4.6.2.4	Problematik der Berechnung des Zielerreichungsgrades Anforderungserfüllung	185
4.7	Softwareergonomische Mehrobjekt-Evaluation	186
4.7.1	Typen von Mehrobjekt-Evaluationen	186
4.7.2	Mehrobjekt-Evaluation mit vorgegebenem Anforderungsrahmen	189
4.7.2.1	Vorgehen und Zielsetzung der Mehrobjekt-Evaluation mit vorgegebenem Anforderungsrahmen	189

4.7.2.2	Bewertung auf Basis von Erfüllungstupeln	190
4.7.2.2.1	Berechnung der Erfüllungstupel bei Mehrobjekt-Evaluation	190
4.7.2.2.2	Additive Präferenzfunktionen auf Basis der Übereinstimmungsmaße	192
4.7.2.2.3	Lexikographische Präferenzfunktion auf Basis der Erfüllungstupel	193
4.7.2.2.4	Lexikographische Präferenzfunktion mit Toleranzbereich auf Basis der Erfüllungstupel	197
4.7.2.2.5	Kriteriumsbezogener Rangmedian auf Basis der Übereinstimmungsmaße	198
4.7.2.2.6	Komponentenbezogener Rangmedian auf Basis der Übereinstimmungsmaße	201
4.7.2.3	Bewertung auf Basis von Zielerreichungsgraden	203
4.7.2.3.1	Berechnung der Zielerreichungsgrade Anforderungserfüllung bei Mehrobjekt-Evaluationen	203
4.7.2.3.2	Additive Präferenzfunktion auf Basis des Zielerreichungsgrades Gesamterfüllung	204
4.7.2.3.3	Lexikographische Präferenzfunktion auf Basis des Zielerreichungsgrades Anforderungserfüllung	204
4.7.2.3.4	Lexikographische Präferenzfunktion mit Toleranzbereich auf Basis des Zielerreichungsgrades Anforderungserfüllung	205

	4.7.2.3.5 Kriteriums- und komponentenbezogener Rangmedian auf Basis des Zielerreichungsgrads Anforderungserfüllung	206
4.7.3	Mehrobjekt-Evaluation ohne vorgegebenem Anforderungsrahmen	206
	4.7.3.1 Vorgehen und Zielsetzung der Mehrobjekt-Evaluation ohne vorgegebenem Anforderungsrahmen	206
	4.7.3.2 Paarweiser Vergleich	207
	4.7.3.3 Rangordnungsverfahren	213
	4.7.3.3.1 Rangmatrix für Objektausprägungen	213
	4.7.3.3.2 Kriteriumsbezogene Rangmediane	214
	4.7.3.3.3 Komponentenbezogene Rangmediane	216
	4.7.3.3.4 Gesamtrangmedian	217
	4.7.3.4 Relation zur optimalen Ausprägung	217
4.8	Erweiterung des Rahmenkonzepts	218
	4.8.1 Evaluation mit mehreren Versuchspersonen	219
	4.8.2 Evaluation mit mehreren Evaluatoren	221
	4.8.3 Fallspezifische Anpassung des Bewertungskonzepts	222
5.	Evaluationen am Beispiel von ERP-Systemen	223
	5.1 Überblick über ERP-Systeme	224
	5.1.1 Leitgedanke von ERP-Systemen	224
	5.1.2 Einsatzbereiche von ERP-Systemen	226
	5.1.3 Bestandsaufnahme der ERP-Systeme und deren Einsatz	228
	5.1.3.1 Marktstudien und -übersichten zu ERP-Systemen	228
	5.1.3.2 ERP-Einsatz in Deutschland	231
	5.1.3.3 Defizite heutiger ERP-Systeme	233

5.1.3.4	Zufriedenheit der Benutzer von ERP-Systemen	235
5.1.4	Vorbemerkung zu den beiden Fallstudien	237
5.2	Fallstudie zur Mehrobjekt-Evaluation von ERP-Systemen	238
5.2.1	Gestaltungsaspekte der Fallstudie 1	238
5.2.1.1	Evaluationsziel und Aufgabenstellung der Mehrobjekt-Evaluation	238
5.2.1.2	Evaluationsobjekte der Mehrobjekt-Evaluation	239
5.2.1.3	Evaluationskomponenten der Mehrobjekt-Evaluation	242
5.2.1.4	Evaluationsort der Mehrobjekt-Evaluation	243
5.2.1.5	Evaluationskriterien der Mehrobjekt-Evaluation	243
5.2.1.6	Evaluationsmodell der Mehrobjekt-Evaluation	244
5.2.2	Das Evaluationsverfahren <i>PROKUS</i>	244
5.2.2.1	Einsatzbereich und Entwicklungshintergrund von <i>PROKUS</i>	245
5.2.2.2	Aufbau von <i>PROKUS</i>	245
5.2.2.3	Durchführung und Auswertung der Evaluation mit <i>PROKUS</i>	247
5.2.3	Prüffragen der Mehrobjekt-Evaluation	248
5.2.3.1	Verteilung der Evaluationsfragen	248
5.2.3.2	Begriffsabgrenzung zwischen relevanten, nicht erfassbaren und nicht relevanten Prüffragen	250
5.2.4	Evaluationsergebnisse für die Komponente "Dialogablauf mittels Menüs"	252
5.2.4.1	Dialogablauf mittels Menüs des ERP-Systems <i>AvERP</i>	252
5.2.4.2	Dialogablauf mittels Menüs der ERP-Systems <i>F@mily</i> und <i>PSIpenta.com</i>	260

5.2.5	Evaluationsergebnisse für die Komponente "Dialogablauf mittels direkter Manipulation"	260
5.2.5.1	Relevante Prüffragen	260
5.2.5.2	Auswertung der Zielerreichungsgrade	262
5.2.5.3	Auswertung der Erfüllungstupel	263
5.2.6	Evaluationsergebnisse für die Komponente "Dialogablauf mittels Bildschirmformularen"	265
5.2.6.1	Dialogablauf mittels Bildschirmformularen des ERP-Systems <i>AvERP</i>	265
5.2.6.2	Dialogablauf mittels Bildschirmformularen des ERP-Systems <i>F@mily</i>	267
5.2.6.3	Dialogablauf mittels Bildschirmformularen des ERP-Systems <i>PSIpenta.com</i>	268
5.2.7	Vergleichende Beurteilung der ERP-Systeme	270
5.2.7.1	Additive Präferenzfunktionen auf Basis des Übereinstimmungsgrades	270
5.2.7.2	Lexikographische Präferenzfunktionen auf Basis der Erfüllungstupel	272
5.2.7.3	Beurteilung auf Basis des Zielerreichungsgrades Gesamterfüllung	273
5.2.7.4	Kriteriumsbezogener Rangmedian auf Basis des bedingten Übereinstimmungsgrades	275
5.2.7.5	Zusammenfassende Beurteilungen und Empfehlungen	276
5.2.7.6	Diskussion der Mehrobjekt-Evaluation	279
5.3	Einobjekt-Evaluation eines Projektplanungssystems	280
5.3.1	Gestaltungsaspekte der Einobjekt-Evaluation	280
5.3.1.1	Aufgabenstellung der Einobjekt-Evaluation	280
5.3.1.2	Evaluationsobjekt und –komponenten der Einobjekt-Evaluation	281
5.3.1.3	Evaluationsort der Einobjekt-Evaluation	283
5.3.1.4	Evaluationskriterien der Einobjekt-Evaluation	283

5.3.1.5	Evaluationsmethoden der Einobjekt-Evaluation	284
5.3.2	Ausgewählte Ergebnisse der empirischen Einobjekt-Evaluation	286
5.3.2.1	Auswertung der Untersuchung	286
5.3.2.2	Subjektive Bewertung der Gebrauchstauglichkeit des Projektplanungsmoduls	288
5.3.2.3	Subjektive Bewertung der Akzeptanz des ERP-Systems	290
5.3.2.4	Subjektive Bewertung der Benutzungsfreundlichkeit des ERP-Systems	291
5.3.2.5	Diskussion der Einobjekt-Evaluation	293
6.	Zusammenfassung und Ausblick	294
6.1.1	Zusammenfassung	294
6.1.2	Ausblick auf weiterführende Forschungsarbeiten	296
6.1.2.1	Auswahl geeigneter Evaluationsmethoden	296
6.1.2.2	Sensibilisierung von Softwareentwicklungs- und betrieblichen Softwareeinkaufsakteuren	297
6.1.2.3	Gestaltung und Bewertung von ERP-Systemen	297
7.	Literaturverzeichnis	299
7.1	Quellen	299
7.2	Gesetze, Normen, Richtlinien	349
7.3	Eingesetzte Software	353
7.4	Verwendete Abkürzungen	354
8.	Anhang	356
8.1	Datenblätter der Evaluationsmethoden	356
8.1.1	GOMS-Modell	357
8.1.2	Keystroke-Level-Modell	358
8.1.3	Cognitive Complexity Theory	359
8.1.4	Task Action Grammar	360

8.1.5	Backus-Naur-Form	361
8.1.6	Cognitive Walkthrough	362
8.1.7	Pluralistic Walkthrough	363
8.1.8	Leitfadenorientierte Expertenevaluation	364
8.1.9	Freie Expertenevaluation	365
8.1.10	Schriftliche Fragebögen	366
8.1.11	Mündliche Interviewtechniken	367
8.1.12	Online-Befragungen	368
8.1.13	Methode des lauten Denkens	369
8.1.14	Methode der konstruktiven Interaktion	370
8.1.15	Gruppendiskussion (Fokusgruppen)	371
8.1.16	Benutzertagebücher	372
8.1.17	Videokonfrontation	373
8.1.18	Rechnerprotokollierung	374
8.1.19	Verhaltensbeobachtung	375
8.1.20	Performanztest	376
8.1.21	Doppelaufgabentechnik	377
8.1.22	Psycho-physiologische Messmethoden	378
8.1.23	Visuell-physiologische Messmethoden	379
8.1.24	Psychologische Arbeitsanalyseverfahren	380
8.2	Schema der Objektkomponenten für Benutzungsschnittstellen	381
8.3	Entscheidungstabellen zur Ermittlung des Erfüllungstupels und des Zielerreichungsgrades Anforderungserfüllung	384
8.3.1	Entscheidungstabelle für binär skaliertes Kriterium	384
8.3.2	Entscheidungstabelle für nominal skaliertes Kriterium	385
8.3.3	Entscheidungstabelle für ordinal skaliertes Kriterium	386
8.3.4	Entscheidungstabelle für metrisch skaliertes Kriterium	388
8.4	Details zur Fallstudie 1	390
8.4.1	Objektkomponenten der Fallstudie 1	390
8.4.2	Screenshots der untersuchten ERP-Systeme	393

8.4.2.1	Screenshots des ERP-Systems <i>AvERP</i>	393
8.4.2.2	Screenshots des ERP-Systems <i>F@mily</i>	396
8.4.2.3	Screenshots des ERP-Systems <i>PSIpenta.com</i>	398
8.4.3	Beschreibungen und Ergebnisse der Prüffragen	400
8.4.3.1	Komponente "Dialoggestaltung mittels Menüs"	401
8.4.3.2	Komponente "Dialoggestaltung mittels direkter Manipulation"	408
8.4.3.3	Komponente "Dialoggestaltung mittels Bildschirmformularen"	413
8.5	Details zur Fallstudie 2	419
8.5.1	Interviewleitfaden	419
8.5.1.1	Effektivität	419
8.5.1.2	Effizienz	419
8.5.1.3	Akzeptanz	419
8.5.1.4	Aufgabenangemessenheit	420
8.5.1.5	Selbstbeschreibungsfähigkeit	421
8.5.1.6	Steuerbarkeit	421
8.5.1.7	Erwartungskonformität	421
8.5.1.8	Fehlerrobustheit	422
8.5.1.9	Individualisierbarkeit	422
8.5.1.10	Erlernbarkeit	422
8.5.2	Antworten der Benutzer	423
9.	Verzeichnis der Formelzeichen	424