

Entwicklung und Evaluation eines Groupware-Systems zur Unterstützung verfahrenstechnischer Entwicklungsprozesse

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

vorgelegt von
Dipl.-Inform. Dipl.-Kfm. Martin Wolf
aus Köln

Berichter: Univ.-Prof. Dr.-Ing. Dipl.-Wirt.-Ing. Holger Luczak
Univ.-Prof. Dr. rer. pol. Matthias Jarke
Univ.-Prof. Dr.-Ing. Wolfgang Marquardt

Tag der mündlichen Prüfung: 11. März 2002

Schriftenreihe Rationalisierung und Humanisierung

Band 47

Martin Wolf

**Entwicklung und Evaluation eines
Groupware-Systems zur Unterstützung
verfahrenstechnischer Entwicklungsprozesse**

D 82 (Diss. RWTH Aachen)

Shaker Verlag
Aachen 2002

Die Deutsche Bibliothek - CIP-Einheitsaufnahme

Wolf, Martin:

Entwicklung und Evaluation eines Groupware-Systems zur
Unterstützung verfahrenstechnischer Entwicklungsprozesse/
Martin Wolf. Aachen : Shaker, 2002

(Schriftenreihe Rationalisierung und Humanisierung ; Bd. 47)

Zugl.: Aachen, Techn. Hochsch., Diss., 2002

ISBN 3-8322-0629-9

Copyright Shaker Verlag 2002

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

Printed in Germany.

ISBN 3-8322-0629-9

ISSN 1434-8519

Shaker Verlag GmbH • Postfach 101818 • 52018 Aachen

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

Internet: www.shaker.de • eMail: info@shaker.de

Die Planung und die Realisierung neuer Produkte (z.B. Anlagen, Maschinen, Software) wird heutzutage in fast allen Industriebereichen mit Hilfe von standardisierten Entwicklungsprozessen abgebildet und durchgeführt. Je komplexer jedoch ein Produkt ist, umso schwieriger ist es, den Entwicklungsprozess zu verstehen und effizient und fehlerfrei auszuführen. Das gilt besonders für die Entwicklung verfahrenstechnischer Anlagen, bei der vielfältiges Wissen aus verschiedenen Fachrichtungen immer wieder neu erfasst und aufeinander abgestimmt werden muss.

Um eine Computerunterstützung speziell für die Entwicklung verfahrenstechnischer Prozesse zu schaffen, wird daher ein interdisziplinärer Ansatz benötigt, der eine Kooperation aus Informatikern und Ingenieuren verschiedener Disziplinen erfordert. Der Sonderforschungsbereich 476, in dessen Rahmen dieses Buch entstanden ist, stellt eine solche Kooperation dar. Nur im Rahmen derartiger Kooperationen können verfahrenstechnische Entwicklungsprozesse umfassend analysiert, abgebildet und verbessert werden, um schließlich eine nachhaltige Beschleunigung und Qualitätssteigerung der zu entwickelnden Systeme zu bewirken.

In dem vorliegenden Buch wird ein Groupware-System vorgestellt, das – im Rahmen des Sonderforschungsbereichs 476 – speziell zur Unterstützung von Kooperation bei der Entwicklung verfahrenstechnischer Prozesse konzipiert wurde. Bei der Entwicklung dieses Groupware-Systems wurden Schritte eines Software-Entwicklungs-Zyklus durchlaufen: Nach einer empirischen Anforderungsanalyse wurde die Groupware konzeptionell gestaltet, implementiert und schließlich in iterativen Schritten evaluiert. Dabei mussten Besonderheiten berücksichtigt werden, die sich aus dem speziellen Einsatzgebiet in der Verfahrenstechnik ergeben. Da eine Vielzahl von Experten mit unterschiedlichem fachlichen Hintergrund in einem sich ständig änderndem Team mit sich ständig ändernden Aufgabenstellungen zusammenarbeiten müssen, verfügt das Groupware-System über umfangreiche Funktionalitäten zur strukturierten Beschreibung und Dokumentation von Projektergebnissen. Wegen der vielschichtigen fachlichen Aspekte bei verfahrenstechnischen Entwicklungen übernimmt das Groupware-System weiterhin eine koordinative Funktion, indem es die Zusammenhänge auf den einzelnen Betrachtungsebenen verwaltet.

Das vorgestellte Groupware-System ist durch die theoretisch fundierte Anforderungsanalyse und praxisnahe Entwicklung und Evaluation im ingenieurwissenschaftlichen Umfeld ein Beispiel für multidisziplinäre Forschungsfragestellungen, die am Institut für Arbeitswissenschaft behandelt werden.

Holger Luczak

DANKSAGUNG

*„Leider lässt sich eine wahrhafte
Dankbarkeit mit Worten nicht
ausdrücken...“*

Johann W. Goethe

Viel Hilfe ist mir zuteil geworden – von Art und Umfang unterschiedlich – und doch hat jede Unterstützung mich bei meiner Arbeit ein Stück voran gebracht...

Leider ist es mir nicht möglich, mich auf diesem Wege persönlich bei allen zu bedanken, die mir inhaltlich, organisatorisch oder durch ermutigenden Zuspruch bei der Anfertigung dieser Arbeit geholfen haben. Aber mein Dank gilt besonders auch denen, die hier nicht namentlich erwähnt werden können.

Meinem Doktorvater Prof. Dr.-Ing. Dipl.-Wirt.-Ing. Holger Luczak möchte ich herzlich für seine Betreuung danken. Sein wissenschaftlicher Geist hat nicht nur diese Arbeit, sondern auch mein Denken geprägt. Ebenso danke ich meinen Co-Referenten Prof. Dr.-Ing. Wolfgang Marquardt und Prof. Dr. Matthias Jarke für die Zusammenarbeit im Rahmen des Sonderforschungsbereichs 476 und die Durchsicht des Manuskripts.

Meinen Kollegen am IAW danke ich für die unzähligen fachlichen Diskussionen und das produktive Arbeitsklima. Hervorheben möchte ich dabei den ehemaligen Oberingenieur Dr. Christopher Schlick, meinen SFB-Mitstreiter Christian Foltz und natürlich „die Rochusstraße“.

Bei den Herren Dr. Perne, Dr. Bernd Lohmann, Dr. Leineweber, sowie den Kollegen ihrer Abteilung bedanke ich mich für die Möglichkeit, meine umfangreiche Evaluationsstudie in einem Industrieunternehmen durchführen zu können. Viele fruchtbare und in jeder Hinsicht interessante Gespräche habe ich dort führen können.

Frau Paschke gebührt der Dank für die nimmermüde und konsequente Beseitigung einer nicht unerheblichen Anzahl von Rechtschreibfehlern.

Last but not least möchte ich meiner Frau Ute Wiese, meiner Tochter Hanna und meinen Eltern danken, deren ständige Fürsorge, Unterstützung und Ablenkung für den notwendigen Rückenwind gesorgt haben. Insbesondere danke ich meinem Vater für seine kritischen Fragen und Kommentare.

INHALTSVERZEICHNIS

1	Einleitung	1
1.1	Problemstellung und Ziel der Dissertation	2
1.2	Vorgehensweise	3
2	Grundlagen computerunterstützter Kooperation	5
2.1	Computer Supported Cooperative Work	6
2.1.1	Arbeit.....	6
2.1.2	Kooperation.....	12
2.1.3	Kommunikation.....	17
2.1.4	Koordination.....	21
2.1.5	Computerunterstützung.....	24
2.2	Systematik der Kooperationsanalyse	29
2.2.1	Grafische Beschreibungsmethode für aufgabenbezogene Kooperation.....	36
2.2.2	Integriertes morphologisches Schema.....	39
3	Entwicklung verfahrenstechnischer Prozesse	43
3.1	Verfahrenstechnische Prozesse	43
3.1.1	Struktur von verfahrenstechnischen Prozessen.....	45
3.1.2	Struktur von verfahrenstechnischen Anlagen.....	47
3.1.3	Funktionsstruktur.....	48
3.2	Verfahrensentwicklung	50
3.2.1	Problemlösungsprozesse.....	52
3.2.2	Verfahrensentwicklung als Problemlösungsprozess.....	54
3.2.3	Besonderheiten der Verfahrensentwicklung.....	59

3.3	Kooperation bei der Verfahrensentwicklung	61
3.3.1	Literaturanalyse.....	61
3.3.2	Eigene explorative Untersuchungen.....	66
3.3.2.1	Vorgehensweise und Methoden.....	67
3.3.2.2	Ergebnisse.....	68
3.4	Szenarios für unzureichende Kooperation bei der Verfahrens- entwicklung	77
4	Funktionale und theoretische Ansätze für computerunterstützte Kooperation in der Verfahrensentwicklung	85
4.1	Groupware	85
4.2	Beschreibung und Bewertung existierender Groupware-Systeme	87
4.2.1	Funktionalitäten und Systeme.....	90
4.2.2	Beurteilung der Werkzeuge und Funktionalitäten hinsichtlich des Unterstützungspotentials für die Verfahrensentwicklung.....	96
4.3	Zugrundeliegende theoretische Ansätze	98
4.3.1	Awareness-Modelle.....	99
4.3.1.1	Arten von Awareness.....	99
4.3.1.2	Wechselseitige Awareness.....	100
4.3.1.3	Prozess der Entstehung von Awareness.....	100
4.3.1.4	Awareness Rahmenwerk.....	102
4.3.1.5	Implikationen für die Gestaltung von Awareness-unterstützenden Systemen.....	103
4.3.2	Mental kompatible Systemstrukturierung.....	104
4.3.2.1	Abstraktionshierarchien.....	104
4.3.2.2	Mentale Modelle und Benutzermodelle.....	105
4.3.2.3	Implikationen für die Gestaltung von mental kompatiblen Systematiken.....	106
4.3.3	„Design Rationals“.....	109
4.3.3.1	Prozess-orientierte Design Rationals (IBIS).....	109
4.3.3.2	Struktur-orientierte Design Rationals (QOC).....	110
4.3.3.3	Perspektiven von Design Rationals.....	110
4.3.3.4	Implikationen für die Gestaltung von entscheidungsunterstützenden Systemen.....	111
4.4	Bedeutung der Ansätze für die Unterstützung der Verfahrens- entwicklung	112

5	EVA – Groupware zur Unterstützung der Entwicklung verfahrenstechnischer Anlagen	113
5.1	Benutzungsfunktionalitäten von EVA	115
5.1.1	Dokumentenrelationen	116
5.1.2	Sichten	122
5.1.3	Zusätzliche Kontext-Informationen	124
5.1.4	Entscheidungsstatus	126
5.1.5	Funktionalitäten der IBIS-Komponente	127
5.2	Implementierungen von EVA	129
5.2.1	Konzept der Funktionalitäten und der GUI	129
5.2.2	Evaluations-Prototyp	130
5.2.3	Funktionaler Prototyp	133
5.2.3.1	Implementierung der IBIS-Komponente	135
5.3	Evaluation von EVA	135
5.3.1	Konzeptevaluation	136
5.3.2	Evaluation des Prototypen	137
5.3.2.1	Vorgehensweise und Methoden	137
5.3.2.2	Ergebnisse und Diskussion	143
5.3.3	Erweiterungen von EVA auf der Basis der Evaluationsstudien	151
5.4	Szenarios für den Einsatz von EVA bei der Verfahrensentwicklung	152
6	Zusammenfassung und Ausblick	157
Literatur		161
Anhänge		177
Anhang A	Bewertung der Beschreibungselemente und Attribute von CSCW	
Anhang B	Aufgaben im Rahmen von Verfahrensentwicklungen	
Anhang C	Versuchsunterlagen zur Evaluation von EVA	

ABBILDUNGSVERZEICHNIS

Abb. 1.1	Vorgehensweise in der Dissertation.....	3
Abb. 2.1	Zerlegung von CSCW in Komponenten (UML-Klassendiagramm).....	6
Abb. 2.2	Darstellung von Arbeit (UML-Klassendiagramm).....	8
Abb. 2.3	Darstellung des Arbeitsgegenstands (UML-Klassendiagramm).....	10
Abb. 2.4	Darstellung des Arbeitsmittels (UML-Klassendiagramm).....	11
Abb. 2.5	Darstellung der Ausführungsbedingungen (UML-Klassendiagramm).....	11
Abb. 2.6	Darstellung von Kooperation (UML-Klassendiagramm).....	15
Abb. 2.7	Modell der Individualkommunikation.....	17
Abb. 2.8	Darstellung von Kommunikation (UML-Klassendiagramm).....	19
Abb. 2.9	Drei Arten von Abhängigkeiten zwischen Aufgaben bzw. Tätigkeiten.....	22
Abb. 2.10	Darstellung von Koordination (UML-Klassendiagramm).....	23
Abb. 2.11	Klassifikation von Computerunterstützung nach Raum und Zeit.....	26
Abb. 2.12	Klassifizierung nach 3K.....	27
Abb. 2.13	Darstellung von Computerunterstützung (UML-Klassendiagramm).....	28
Abb. 2.14	Fokus von empirischen Untersuchungen.....	31
Abb. 2.15	Drei Dimensionen der Modellierung.....	33
Abb. 2.16	Modellelemente der Unified Modeling Language.....	38
Abb. 2.17	Zusätzliche Modellelemente zur Modellierung kooperativer Arbeitsaufgaben.....	38
Abb. 2.18	Grafische Darstellung der CSCW-Situation „Videokonferenz“ mit der K3-Methode.....	41
Abb. 3.1	Ein- und Ausgangsstruktur von verfahrenstechnischen Prozessen.....	44
Abb. 3.2	Teilsysteme eines verfahrenstechnischen Prozesses.....	45
Abb. 3.3	Struktur von verfahrenstechnischen Prozessen.....	46
Abb. 3.4	Struktur von Anlagen.....	48
Abb. 3.5	Unterschiedliche Strukturierung einer verfahrenstechnischen Anlage und eines verfahrenstechnischen Prozesses.....	49

Abb. 3.6	Grundüberlegungen auf verschiedenen Abstraktionsebenen zur Entwicklung verfahrenstechnischer Prozesse.....	50
Abb. 3.7	Entwicklungsaufgaben und ihre Verknüpfung.....	51
Abb. 3.8	Problemlösungszyklus als Ablaufsystem in K3-Notation.....	53
Abb. 3.9	Grundsätzlicher Ablauf einer Verfahrensentwicklung.....	55
Abb. 3.10	Fallbeispiel: Kooperation während der Modellerstellung.....	71
Abb. 3.11	Fallbeispiel: Modellerstellung mit gleichzeitiger Verfahrensbewertung.....	72
Abb. 3.12	Fallbeispiel: Literatur- und Patentrecherche.....	74
Abb. 3.13	Zuordnung der Schwachstellen zu Ablaufstrukturen.....	75
Abb. 3.14	Szenario 1: Kommunikationsstörung beim Übermitteln von Informationen.....	79
Abb. 3.15	Szenario 2: Kommunikationsstörung beim Erfragen von Informationen.....	81
Abb. 3.16	Szenario 3: Kommunikationsstörung aufgrund falscher Reihenfolge.....	82
Abb. 4.1	Möglichkeiten wechselseitiger Awareness.....	101
Abb. 4.2	Prozess der Entstehung von Awareness.....	102
Abb. 4.3	Workspace Awareness-Rahmenwerk.....	103
Abb. 4.4	Mentale Modelle und Benutzermodelle.....	106
Abb. 4.5	Modell der systematischen Gestaltung mit einem IBIS Datenmodell.....	110
Abb. 5.1	Grafische Darstellung der Dekomposition zwischen zwei Dokumenten.....	117
Abb. 5.2	Grafische Darstellung der Variation zwischen zwei Dokumenten.....	118
Abb. 5.3	Möglichkeiten der Verknüpfung von Dokumenten (I).....	120
Abb. 5.4	Möglichkeiten der Verknüpfung von Dokumenten (II).....	121
Abb. 5.5	Produktdatenmodell zur Darstellung verfahrenstechnischer Prozesse und die Ableitung der Sichten für EVA.....	123
Abb. 5.6	Dokumentenstruktur in EVA bei ausgewählter Sicht „Simulation“.....	124
Abb. 5.7	Darstellung eines Knotens, in dem zusätzliche Kontext-Informationen enthalten sind.....	125
Abb. 5.8	Darstellung zweier Knoten mit Entscheidungsstatus.....	126
Abb. 5.9	Die IBIS-Komponente.....	127
Abb. 5.10	Datenstruktur zur Entscheidungsdokumentation.....	128
Abb. 5.11	Bildschirmansicht des Hauptmenüs des Evaluationsprototypen, sowie die zu den Versuchen gehörigen Anfangsszenarios.....	132

Abb. 5.12	Datenspeicherung und -zugriff mit EVA	134
Abb. 5.13	Versuchsaufbau	138
Abb. 5.14	Struktur der in EVA verwendeten Objekte	143
Abb. 5.15	Ergebnisse der Tests A und B	144
Abb. 5.16	Boxplots zur Anzahl richtiger Ergebnisse der Versuchsgruppen	145
Abb. 5.17	Ergebnisse des Tests F – Übereinstimmung	149
Abb. 5.18	Ergebnisse des Tests F - Unterschied	149
Abb. 5.19	Ergebnisse des Tests G	150
Abb. 5.20	Szenario 1 mit EVA	153
Abb. 5.21	Szenario 2 mit EVA	154
Abb. 5.21	Szenario 3 mit EVA	155

TABELLENVERZEICHNIS

Tab. 2.1	Elemente und Attribute zur Beschreibung von Arbeit.....	13
Tab. 2.2	Elemente und Attribute zur Beschreibung von Kooperation.....	16
Tab. 2.3	Elemente und Attribute zur Beschreibung von Kommunikation.....	20
Tab. 2.4	Elemente und Attribute zur Beschreibung von Koordination.....	24
Tab. 2.5	Elemente und Attribute zur Beschreibung von Computer unterstützung.....	29
Tab. 2.6	Tabellarische Darstellung einer CSCW-Situation „Videokonferenz“.....	40
Tab. 3.1	Hinweise aus der Literatur über Kooperation bei einer Verfahrens- entwicklung – Teil 1: Tätigkeitsorientiert.....	64
Tab. 3.2	Hinweise aus der Literatur über Kooperation über Kooperation bei einer Verfahrens- entwicklung – Teil 2: Kooperationsorientiert.....	65
Tab. 3.3	Befragte Personen.....	67
Tab. 3.4	Kooperation bei der Verfahrensentwicklung – Ergebnisse der empirischen Untersuchung.....	69
Tab. 3.5	Schwachstellen in den Ablaufplänen der empirischen Untersuchung.....	76
Tab. 3.6	Kommunikationsstörung beim Übermitteln von Informationen.....	78
Tab. 3.7	Kommunikationsstörung beim Erfragen von Informationen.....	80
Tab. 3.8	Kommunikationsstörung aufgrund falscher Reihenfolge.....	81
Tab. 4.1	Kategorisierung von Groupware-Funktionalitäten und Groupware- Produkten.....	89
Tab. 4.2	Bewertung der Funktionalitäten bzw. Produkte hinsichtlich ihres Unterstützungspotentials bei Kommunikationsstörungen.....	97
Tab. 5.1	Funktionalitäten zur Anpassung an das verfahrenstechnische Umfeld.....	114
Tab. 5.2	Schematischer Ablauf der Evaluation.....	139
Tab. 5.3	Durch die Pre-Tests kontrollierte Störvariablen.....	140
Tab. 5.4	Aufteilung der Versuchsgruppen.....	141
Tab. 5.5	Ergebnisse des Newmann-Keuls-Tests ($\zeta = 0,05$).....	146

Tab. 5.6	Prüfgröße für den Newmann-Keuls-Test mit studentisierten Variationsbreiten.....	147
Tab. 5.7	Ergebnisse der Korrelation der Vorgehensweise mit den Ergebnissen des Tests C.....	147