

Bernd Bertsche · Hans-Jörg Bullinger (Hrsg.)

Entwicklung und Erprobung innovativer Produkte – Rapid Prototyping

Grundlagen, Rahmenbedingungen
und Realisierung

 Springer

VDI

Bernd Bertsche · Hans-Jörg Bullinger (Hrsg.)

Entwicklung und Erprobung innovativer Produkte –
Rapid Prototyping

Bernd Bertsche · Hans-Jörg Bullinger (Hrsg.)

Entwicklung und Erprobung innovativer Produkte – Rapid Prototyping

Grundlagen, Rahmenbedingungen
und Realisierung

Unter Mitarbeit von Heiko Graf
sowie Thorsten Rogowski und Joachim Warschat

mit 240 Abbildungen

 Springer

Prof. Dr.-Ing. Bernd Bertsche
Universität Stuttgart
Institut für Maschinenelemente
Pfaffenwaldring 9
70569 Stuttgart
bernd.bertsche@ima.uni-stuttgart.de

Prof. Dr.-Ing. habil. Prof. e.h. mult. Dr. h.c. mult. Hans-Jörg Bullinger
Fraunhofer-Gesellschaft zur Förderung der angewandten Forschung e.V.
Postfach 200733
80007 München
hans-joerg.bullinger@zv.fraunhofer.de

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

ISBN 978-3-540-69879-1 Springer Berlin Heidelberg New York

Dieses Werk ist urheberrechtlich geschützt. Die dadurch begründeten Rechte, insbesondere die der Übersetzung, des Nachdrucks, des Vortrags, der Entnahme von Abbildungen und Tabellen, der Funksendung, der Mikroverfilmung oder der Vervielfältigung auf anderen Wegen und der Speicherung in Datenverarbeitungsanlagen, bleiben, auch bei nur auszugsweiser Verwertung, vorbehalten. Eine Vervielfältigung dieses Werkes oder von Teilen dieses Werkes ist auch im Einzelfall nur in den Grenzen der gesetzlichen Bestimmungen des Urheberrechtsgesetzes der Bundesrepublik Deutschland vom 9. September 1965 in der jeweils geltenden Fassung zulässig. Sie ist grundsätzlich vergütungspflichtig. Zuwiderhandlungen unterliegen den Strafbestimmungen des Urheberrechtsgesetzes.

Springer ist ein Unternehmen von Springer Science+Business Media
springer.de

© Springer-Verlag Berlin Heidelberg 2007

Die Wiedergabe von Gebrauchsnamen, Handelsnamen, Warenbezeichnungen usw. in diesem Buch berechtigt auch ohne besondere Kennzeichnung nicht zu der Annahme, dass solche Namen im Sinne der Warenzeichen- und Markenschutz-Gesetzgebung als frei zu betrachten wären und daher von jedermann benutzt werden dürften. Sollte in diesem Werk direkt oder indirekt auf Gesetze, Vorschriften oder Richtlinien (z. B. DIN, VDI, VDE) Bezug genommen oder aus ihnen zitiert worden sein, so kann der Verlag keine Gewähr für die Richtigkeit, Vollständigkeit oder Aktualität übernehmen. Es empfiehlt sich, gegebenenfalls für die eigenen Arbeiten die vollständigen Vorschriften oder Richtlinien in der jeweils gültigen Fassung hinzuzuziehen.

Satz: Digitale Druckvorlage der Herausgeber
Herstellung: LE-TeX, Jelonek, Schmidt & Vöckler GbR, Leipzig
Umschlaggestaltung: WMXDesign, Heidelberg
Gedruckt auf säurefreiem Papier 68/3100 YL - 5 4 3 2 1 0

Vorwort

„Wenn wir Schlittschuh über dünnes Eis laufen, liegt unser Heil nur in der Schnelligkeit.“ meinte Ralph Waldo Emerson (1803-82), amerikanischer Philosoph und Dichter. Innovationsorientierte Unternehmen müssen in der Lage sein zu beschleunigen, wenn es drauf ankommt. Sie müssen „die Nase vorn haben“ mit Erfolg versprechenden Neuerungen, um die Konkurrenz auf dem überlasteten Eis förmlich stehen zu lassen.

Wie sieht das Umfeld in der Forschung und Entwicklung heutzutage aus? Zeit- und Kostendruck, eine stark differenzierte Markt- bzw. Kundenorientierung, sowie steigende Qualitätsanforderungen sowohl bei den Produkten wie auch den zugehörigen Prozessen bilden herausfordernde und treibende Rahmenbedingungen. Innovationen müssen in diesem turbulenten und komplexen Umfeld nicht nur zielgerichtet und Ressourcen schonend sondern auch schnell und effizient entwickelt werden. „Wer auf dünnem Eis verharrt, kann schnell einbrechen.“

„Entwicklung und Erprobung innovativer Produkte – Rapid Prototyping“ ist die Zielsetzung des von der DFG geförderten Sonderforschungsbereichs 374, dessen Ergebnisse in diesem Band beschrieben werden. Hauptanliegen ist dabei die Verkürzung der für die Produktentwicklung benötigten Zeit unter den aktuellen Rahmenbedingungen. Dieses Ziel kann nur ganzheitlich und interdisziplinär gelöst werden. Ausgehend von der Fragestellung: „Welche Methoden und Werkzeuge können Unternehmen dabei unterstützen, innovative Produkte in kurzer Zeit zu entwickeln?“ ergeben sich weitere Fragen, auf die in diesem Band eingegangen wird:

- Wie kann die Arbeit in interdisziplinären Teams möglichst effektiv organisiert werden? Wie wird Wissen aus unterschiedlichen Disziplinen effizient integriert? Wie kann bei den vorhandenen flexiblen iterativen Prozessen schon in den frühen Entwicklungsphasen das Projektmanagement unterstützt und der Termin gehalten werden?
- Wie können Kosten und Qualität während des kompletten Produktentwicklungsprozesses so abgeschätzt und sichergestellt werden, dass die Zielvorgaben erreicht werden?

- Welche informationstechnische Unterstützung wird benötigt, um die Vielzahl der anfallenden Informationen anwendungsübergreifend zu bündeln, zu integrieren, zu verteilen und darzustellen?
- Wie können möglichst früh Aussagen über die Eigenschaften der in der Entwicklung befindlichen Produkte gemacht werden? Wie können physische, virtuelle und hybride Prototypen den Produktentwicklungsprozess beschleunigen und beitragen, die Qualitäts- und Kostenziele zu erreichen?

Während der zwölfjährigen Laufzeit des Sonderforschungsbereichs 374 wurden die dargestellten Fragen intensiv und systematisch erforscht. Durch die interdisziplinäre Verknüpfung der Fachgebiete Psychologie, Betriebswirtschaftslehre, Ingenieurwissenschaften und Informatik konnten umfassende Lösungen erarbeitet werden. Diese basieren auf dem Gedanken einer evolutionären und iterativen Produktentwicklung. Kennzeichnend hierfür sind die gezielte Nutzung schneller Iterationszyklen, die situationsgerechte Verwendung von Prototypen sowie die dezentrale Struktur selbstorganisierter, vernetzter Teams.

Als Anwendungsfeld wurde die Automobilbranche gewählt, weil diese durch ihre Größe und Stärke in Deutschland eine klare Vorreiterrolle innehat und für viele Branchen als Beispiel und Trendsetter in der Produktentwicklung fungiert. Durch den intensiven Dialog mit der Industrie wurde die Praxisrelevanz der erarbeiteten Ergebnisse sichergestellt. Die erarbeiteten und anwendungsorientiert dargestellten Ergebnisse ermöglichen dem Leser einen intensiven Einstieg in das Thema und geben Anregungen zum Einsatz im Unternehmen. Die entwickelten Methodiken und Techniken werden praxisnah beschrieben und erläutert. Der wissenschaftlich interessierte Leser erhält einen umfassenden Überblick über den Stand der Technik sowie eine Vielzahl von Anregungen für seine Forschungsarbeiten.

Als Sprecher des Sonderforschungsbereichs 374 „Entwicklung und Erprobung innovativer Produkte – Rapid Prototyping“ danken wir an dieser Stelle der Deutschen Forschungsgemeinschaft für ihre Unterstützung und die gute Kooperation, die diesen Sonderforschungsbereich erst möglich machten. Wir danken den am Sfb 374 beteiligten Institutionen, deren Einsatz und ausgezeichnete Zusammenarbeit an diesem gemeinsamen Projekt maßgeblich den Erfolg des Sonderforschungsbereichs sicherten:

- Betriebswirtschaftliches Institut – Lehrstuhl Controlling, Stuttgart
- DaimlerChrysler AG, Stuttgart
- Höchstleistungsrechenzentrum, Stuttgart

- Institut für Arbeitswissenschaft und Technologiemanagement, Stuttgart
- Institut für Industrielle Fertigung und Fabrikbetrieb, Stuttgart
- Institut für Kunststoffprüfung und Kunststoffkunde (jetzt: Institut für Kunststofftechnik), Stuttgart
- Institut für Maschinenelemente, Stuttgart
- Institut für Psychologie (jetzt: Institut für Allgemeine Psychologie), TU Dresden
- Institut für Rechnergestützte Ingenieursysteme, Stuttgart
- Institut für Strahlwerkzeuge, Stuttgart
- Institut für Umformtechnik, Stuttgart

Unser Dank geht nicht zuletzt an die Autoren und die Redaktion, bestehend aus Dipl.-Ing. Jens Bohnet, Dipl.-Inform. Michael Diederich, Dipl.-Kfm. Jens Leyh, sowie cand. fnt. Markus Prasse, unter der Leitung von Dipl.-Ing. Heiko Graf. Sie haben durch ihre Flexibilität und intensive Absprache ermöglicht, dieses Herausgeberwerk integrativ zu schreiben und die komplexen Zusammenhänge umfassend und prägnant darzustellen.

Weiterhin danken wir Prof. Dr.-Ing. Joachim Warschat und Dipl.-Wirtsch.-Ing. Thorsten Rogowski von der Geschäftsstelle des Sfb 374 für die nicht immer einfache Koordination der Arbeiten des gesamten Sonderforschungsbereiches.

Der deutschen Wirtschaft fällt es schwer mit dem beschleunigten Tempo der globalisierten Märkte Schritt zu halten. Der entscheidende Stellhebel zum schnelleren "time to market" ist die Verkürzung der Entwicklungszeiten. Die in diesem Band vorgestellten Methoden und Werkzeuge sollen Ihnen dabei eine Unterstützung bieten. Wir hoffen, dass wir Ihnen als Leser Ideen und Anregungen für Ihre tägliche Arbeit geben können. Wenn Sie durch die Vorschläge in diesem Band schneller zu innovativen Produkten kommen, dann haben wir ein wichtiges Ziel erreicht, nämlich neue Methoden und Werkzeuge aus der Forschung in die industrielle Praxis zu transferieren und damit die deutschen Unternehmen zu stärken. Bezogen auf das eingangs zitierte Bild von Ralph Waldo Emerson heißt das, dass sie den benötigten Schwung erhalten, um auf dem dünner gewordenen Eis davon zu fliegen.

Stuttgart, im Dezember 2006

Hans-Jörg Bullinger
Bernd Bertsche

Inhalt

1 Einleitung.....	1
1.1 Übersicht über den Sonderforschungsbereich 374	1
1.1.1 Ziele	1
1.1.2 Überblick	2
1.1.3 Prototypen im RPD.....	6
1.1.4 IT Unterstützung im RPD.....	11
1.1.5 Sfb 374 - Aufbau und Wissenswertes.....	19
1.2 Integrationsszenario	23
1.2.1 Grundlegende Verbesserungen.....	26
1.2.2 Integration der Teilprojekte am Beispiel eines Pkw-Cockpits	27
2 Organisation und Wissenskooperation	33
2.1 Merkmale des Rapid Product Development	33
2.2 Anforderungen an Produktentwicklungsteams	34
2.2.1 Innovationsanforderungen	34
2.2.2 Komplexitätsanforderungen	35
2.2.3 Kooperationsanforderungen	38
2.3 Planungsmethoden innovativer Produkte in dezentralen Teams	40
2.3.1 Grenzen einer formalen Planung für das Rapid Product Development.....	40
2.3.2 Potenziale der evolutionären Planung für das Rapid Product Development.....	41
2.3.3 Kompetenzmanagement zur Unterstützung einer evolutionären Planung für das RPD	44
2.3.4 Das entwicklungsfähige Projektplanungssystem für das RPD	47
2.3.5 Zusammenfassung und Ausblick.....	68
2.4 Wissensintensive Kooperationsprozesse bei der Entwicklung innovativer Produkte	70

2.4.1 Ausgangssituation.....	70
2.4.2 Modellentwicklung und Ableitung von Unterstützungsinstrumenten zur Wissensintegration im RPD.	76
2.4.3 Ergebnis der Modellentwicklung zur Wissensintegration	78
2.4.4 Ergebnisse der Analyse von Kooperationskonstellationen im Produktentwicklungsprozess (Studie 1)	82
2.4.5 Ergebnisse der Untersuchung von Kooperationsanforderungen im Produktentwicklungsprozess (Studie 2)	88
2.4.6 Handlungsempfehlungen aus Studie 1 und 2.....	93
2.4.7 Ergebnisse der Untersuchung von Auswirkungen fachlicher Teamheterogenität (Studie 3)	94
2.4.8 Handlungsempfehlungen zur Wissensintegration aus Studie 3.....	106
2.4.9 Umsetzung der Ergebnisse aus den Studien in Unterstützungsinstrumente	108
2.4.10 Ausblick.....	110
2.4.11 Zusammenfassung	112
Literatur	114

3 Vernetztes Wissen für die interaktive Entwicklung

von Prototypen	123
3.1 Vernetztes Entwicklungswissen durchgehend nutzen	127
3.2 Aktives Semantisches Konstruktions- und Zuverlässigkeitsnetz .	130
3.2.1 Semantische Vernetzung	135
3.2.2 CAD – Datenaustausch.....	136
3.2.3 Integration der Produktkostenüberwachung	138
3.2.4 Integration der qualitativen und quantitativen Zuverlässigkeitsanalyse	139
3.2.5 Anwendungsbeispiele.....	146
3.2.7 Zusammenfassung	158
3.3 Qualitätsmanagement im Rapid Prototyping.....	159
3.3.1 Frühe Phasen – Prognose und Merkmalsextraktion	161
3.2.2 Methoden der Risikoanalyse in der Produktkonfiguration....	167
3.2.3 Verfahren und Methoden der Prozessüberwachung	172
3.2.4 Systemfeedback – Umfassendes Qualitätsmanagement mit material- und prozessimmanenten Informationen	176
3.3.5 Zusammenfassung	183
3.4 Kostenmanagement im Prozess des Rapid Prototyping	184
3.4.1 Überblick über das Forschungsprojekt.....	184
3.4.2 Ergebnisse und ihre Bedeutung	185
Literatur	199

4 Wissensrepräsentation und Kommunikation	
(RPD-IT-Infrastruktur)	205
4.1 Ganzheitliche Modelle zur Repräsentation aktiven Wissens	209
4.1.1 Einleitung	209
4.1.2 Problemstellung	210
4.1.3 Meilensteine der Entwicklung, Stufe 1 – ASN, Metamodell, ECA	210
4.1.4 Meilensteine der Entwicklung, Stufe 2 – Verteiltes Objektmanagement, Slot-Dämon, Transaktionskonzept	212
4.1.5 Meilensteine der Entwicklung - Stufe 3	214
4.1.6 Ergebnisse und ihre Bedeutung	223
4.1.7 Zusammenfassung der Ergebnisse	234
4.1.8 Offene Fragen und Ausblick	236
4.2 Agentenbasierte Middleware als Integrationsplattform für aktive Wissenskommunikation im Rapid Product Development	238
4.2.1 Die Herausforderung: Wissenskommunikation im Rapid Product Development	238
4.2.2 Stand der Technik	240
4.2.3 Das Aktive Semantische Netz	247
4.2.4 Die agentenbasierte RPD-Middleware	251
4.2.5 Zusammenfassung	266
4.3 Teamorientiertes Kommunikationssystem für vernetztes Arbeiten	267
4.3.1 Einleitung	267
4.3.2 Entwicklungsverlauf der Arbeiten im Teilprojekt	268
4.3.3 Stand der Forschung	270
4.3.4 Methoden	280
4.3.5 Ergebnisse	281
4.4 Adaptive Benutzungsoberflächen	295
4.4.1 Einleitung	295
4.4.2 Grundlagen von adaptiven Benutzungsoberflächen	296
4.4.3 Das RPD-Portal	303
4.4.4 Zusammenfassung	315
Literatur	316
5 Erstellung virtueller und physischer Prototypen.....	329
5.1 Virtuelle Realität	330
5.1.1 Virtuelle Realität in der Produktentwicklung	330
5.2 Virtuelle Realität als Gestaltungs- und Evaluationswerkzeug	333
5.2.1 Montierbarkeitsuntersuchungen am Virtuellen Prototypen	333
5.2.2 Visuelle Beurteilung von Objektgeometrien	335
5.2.3 Lageänderung von 3D-Objekten im Raum	337

5.2.4	Verbauwege, Einsehbarkeit, Beurteilung der Handlungen des Monteurs im Kontext	340
5.2.5	Data Mining in Virtuellen Umgebungen	343
5.3	VR in der Konstruktion	344
5.3.1	CAD-Review	344
5.3.2	CAD-VR Integration	347
5.3.3	VR am Konstruktionsarbeitsplatz.....	351
5.3.4	Realitätsnahe Darstellung in VR	353
5.4	Paralleles Rendering	356
5.5	Virtuelle und Hybride Prototypen	362
5.5.1	Virtuelle Prototypen	363
5.5.2	Online-Simulationen.....	364
5.5.3	Hybride Prototypen	370
5.5.4	Kooperatives Arbeiten mit virtuellen und hybriden Prototypen	374
5.5.5	Zusammenfassung und Ausblick.....	377
5.6	Daten- und informationstechnische Integration des Entwurfsprozesses in die RPD-Prozesskette	379
5.6.1	Ausgangssituation.....	379
5.6.2	Lösungsansätze.....	381
5.6.3	Zusammenfassung	392
5.6.4	Ausblick.....	395
5.7	Multi Material Modelling von Design- und Funktionsprototypen.....	395
5.7.1	Multi Material Modelling für den iterativen Aufbau von konzeptionellen Prototypen.....	396
5.7.2	Funktionalisierung von Prototypen durch das Multi Material Modelling	399
5.7.3	Zusammenfassung und Ausblick.....	400
5.8	Oberflächenveredelung von RP-Bauteilen	401
5.8.1	Ausgangssituation.....	401
5.8.2	Anforderungen an Oberflächen	402
5.8.3	Verfahren zur Veränderung der Eigenschaften von Oberflächen	403
5.8.4	Lösungsansätze zur Funktionalisierung von RP-Bauteilen ...	404
5.8.6	Verfahrenskombinationen	409
5.8.7	Zusammenfassung und Ausblick.....	411
5.9	Lasergenerieren im modularen System	412
5.9.1	Einleitung	412
5.9.2	Verfahrensprinzip	413
5.9.3	Prozesssteuerung	415
5.9.4	Prozesskontrolle durch einen Tiefensensor	420

5.9.5 Prozessregelung.....	422
5.9.6 Modulares System	427
5.9.7 Zusammenfassung und Ausblick.....	429
5.10 Selektives Lasersintern von Hochleistungspolymeren mittels Nd:YAG-Laser.....	430
5.10.1 Einleitung	430
5.10.2 Ausgangssituation.....	431
5.10.3 Lösungsansätze.....	436
5.10.4 Weiterentwicklung der Prozesstechnik.....	440
5.10.5 Verfahrenskombinationen	442
5.10.6 Zusammenfassung und Ausblick.....	442
5.11 Prototypwerkzeuge und Prototypbauteile.....	444
5.11.1 Werkstoffe für Prototyp-Werkzeuge	445
5.11.2 Grauguss	445
5.11.3 Stahl und Aluminium.....	446
5.11.4 Niedrigschmelzende NE- Schwermetall-Legierungen	446
5.11.5 Kunststoffe, Polyamide und Photopolymere	447
5.11.6 Werkzeugentwicklung.....	450
5.11.7 3D-Visualisierung der Werkzeugkonstruktion.....	456
5.11.8 Visualisierung der Simulation des Umformvorgangs.....	458
5.11.9 Werkzeugherstellungsprozesse.....	460
5.11.10 Optimierung des Prozesses durch Einsatz des Vakuumformverfahrens	461
5.11.11 Tribologische Anforderungen an die Werkzeugwirkfläche.....	465
5.11.12 Charakterisierung des Verschleißverhaltens.....	470
5.11.13 Einfluss des Prototypwerkzeugstoffes auf die Kriterien Prototyp-Teilequalität und Werkzeugstandzeit	473
5.11.14 Segment-elastischer Niederhalter aus Kunstharz mit Pyramidenstumpfförmigen Stahl-Einsätzen.....	475
Literatur	478

Autorenverzeichnis

Kap.	Name, Vorname	Titel	Institut
1			
1.1	Rogowski, Thorsten	Dipl.-Wirtsch.-Ing.	Institut für Arbeitswissenschaft und Technologiemanagement (IAT)
	Warschat, Joachim	Prof. Dr.-Ing. habil.	Institut für Arbeitswissenschaft und Technologiemanagement (IAT)
1.2	Bertsche, Bernd	Univ.-Prof. Dr.-Ing.	Institut für Maschinenelemente (IMA)
	Graf, Heiko	Dipl.-Ing.	Institut für Maschinenelemente (IMA)
2			
2.1	Kremer, David	Dipl.-Psych.	Institut für Arbeitswissenschaft und Technologiemanagement (IAT)
	Leyh, Jens	Dipl.-Kfm	Institut für Arbeitswissenschaft und Technologiemanagement (IAT)
2.2	Kremer, David	Dipl.-Psych.	Institut für Arbeitswissenschaft und Technologiemanagement (IAT)
	Leyh, Jens	Dipl.-Kfm	Institut für Arbeitswissenschaft und Technologiemanagement (IAT)
2.3	Laufs, Uwe	M.Comp.Sc. Dipl.-Ing.(FH)	Institut für Arbeitswissenschaft und Technologiemanagement (IAT)
	Leyh, Jens	Dipl.-Kfm	Institut für Arbeitswissenschaft und Technologiemanagement (IAT)
	Spath	Prof. Dr.-Ing.	Institut für Arbeitswissenschaft und Technologiemanagement (IAT)

2.4	Bienzeisler, Bernd	Dipl.- Soz.Wiss.	Institut für Arbeitswissenschaft und Technologiemanagement (IAT)
	Kremer, David	Dipl.-Psych.	Institut für Arbeitswissenschaft und Technologiemanagement (IAT)
	Spath	Prof. Dr.-Ing.	Institut für Arbeitswissenschaft und Technologiemanagement (IAT)
3, 3.1	Becker, Ralf	Dipl.-Ing.(FH) Master of De- sign	Institut für Industrielle Fertigung und Fabrikbetrieb (IFF)
	Graf, Heiko	Dipl.-Ing.	Institut für Maschinenelemente (IMA)
	Grzesiak, Andrzej	Dipl.-Ing.	Institut für Industrielle Fertigung und Fabrikbetrieb (IFF)
	Henning, Axel	Dipl.-Ing.	Fraunhofer-Institut für Produkti- onstechnik und Automatisierung (IPA)
	Kempf, Michael	Dipl.-Math.	Fraunhofer-Institut für Produkti- onstechnik und Automatisierung (IPA)
3.2	Bertsche, Bernd	Univ.-Prof. Dr.-Ing.	Institut für Maschinenelemente (IMA)
	Graf, Heiko	Dipl.-Ing.	Institut für Maschinenelemente (IMA)
	Wacker, Michael	Dipl.-Ing.	Institut für Maschinenelemente (IMA)
3.3	Becker, Ralf	Dipl.-Ing.(FH) Master of De- sign	Institut für Industrielle Fertigung und Fabrikbetrieb (IFF)
	Grzesiak, Andrzej	Dipl.-Ing.	Institut für Industrielle Fertigung und Fabrikbetrieb (IFF)
	Henning, Axel	Dipl.-Ing.	Fraunhofer-Institut für Produkti- onstechnik und Automatisierung (IPA)
	Kempf, Michael	Dipl.-Math.	Fraunhofer-Institut für Produkti- onstechnik und Automatisierung (IPA)
	Westkämper, Engelbert	Univ.-Prof. Dr.-Ing. Prof. E.h. Dr.-Ing. E.h. Dr. h.c. mult.	Institut für Industrielle Fertigung und Fabrikbetrieb (IFF)
3.4	Boomers, Achim	Dr.	Ehem. Betriebswirtschaftliches Institut (BWI)

	Cassack, Ingo	Dr.	Ehem. Betriebswirtschaftliches Institut (BWI)
	Horváth, Peter	Univ. Prof. Dr. Dr. h.c. mult.	Ehem. Betriebswirtschaftliches Institut (BWI)
4	Diederich, Michael K.	Dipl.-Inform.	Institut für Arbeitswissenschaft und Technologiemanagement (IAT)
	Warschat, Joachim	Prof. Dr.-Ing. habil.	Institut für Arbeitswissenschaft und Technologiemanagement (IAT)
4.1	Mesina, Marian	Dr.-Ing.	Ehem. Institut für Rechnergestützte Ingenieursysteme (IRIS)
	Roller, Dieter	Univ.-Prof. Hon.-Prof. Dr.	Institut für Rechnergestützte Ingenieursysteme (IRIS)
4.2	Dalakakis, Stavros	Dipl.-Ing.	Ehem. Institut für Rechnergestützte Ingenieursysteme (IRIS)
	Diederich, Michael K.	Dipl.-Inform.	Institut für Arbeitswissenschaft und Technologiemanagement (IAT)
	Roller, Dieter	Univ.-Prof. Hon.-Prof. Dr.	Institut für Rechnergestützte Ingenieursysteme (IRIS)
	Warschat, Joachim	Prof. Dr.-Ing. habil.	Institut für Arbeitswissenschaft und Technologiemanagement (IAT)
4.3	Tippmann, Volker		Institut für Arbeitswissenschaft und Technologiemanagement (IAT)
	Warschat, Joachim	Prof. Dr.-Ing. habil.	Institut für Arbeitswissenschaft und Technologiemanagement (IAT)
4.4	Aslanidis, Stephanie	Dipl.-Math.	Ehem. Institut für Arbeitswissenschaft und Technologiemanagement (IAT)
	Warschat, Joachim	Prof. Dr.-Ing. habil.	Institut für Arbeitswissenschaft und Technologiemanagement (IAT)
	Weisbecker, Anette	Priv.-Doz. Dr.- Ing. habil.	Fraunhofer Institut für Arbeitswirtschaft und Organisation (IAO)