

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

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 |