

Inhaltsübersicht

| | | |
|-----|--|-----|
| 1 | Einleitung | 19 |
| 2 | Theoretische und methodische Einordnung | 25 |
| 2.1 | Arbeitswissenschaftliche Grundlagen für die Gestaltung von Software | 31 |
| 2.2 | Arbeitswissenschaftliche Grundlagen für die Gestaltung von Arbeitsprozessen | 34 |
| 2.3 | Kompetenzentwicklung für Arbeitsprozesse: eine bildungswissenschaftliche Einordnung | 36 |
| 2.4 | Theoretische Grundlagen des Veränderungsmanagements | 44 |
| 2.5 | Die Tätigkeitstheorie als vermittelnde Instanz zwischen bildungs- und arbeitswissenschaftlichen Grundlagen | 51 |
| 2.6 | Entwickelnde Arbeitsforschung | 66 |
| 2.7 | Anzulegende Gütekriterien und Geltungsbereich der Arbeit | 75 |
| 2.8 | Zum allgemeinen Untersuchungsdesign der Arbeit | 80 |
| 3 | Der aktuelle Forschungsstand zum Thema | 83 |
| 3.1 | Standortbestimmung zur historischen Entwicklung interdisziplinären Arbeitens | 84 |
| 3.2 | Zur historischen Entwicklung des Begriffs Mechatronik | 86 |
| 3.3 | Das Objekt der Tätigkeit in der mechatronischen Konstruktion | 88 |
| 3.4 | Der Konstrukteur als Subjekt des Tätigkeitssystems „Mechatronische Konstruktion“ | 89 |
| 3.5 | Relevante Aspekte zu Gemeinschaft und Arbeitsteilung im Tätigkeitssystem „Mechatronische Konstruktion“ | 91 |
| 3.6 | Instrumente im mechatronischen Konstruktionsprozess | 104 |
| 3.7 | Regeln im Tätigkeitssystem „Mechatronische Konstruktion“ | 121 |
| 3.8 | Einordnung der Fragestellungen in das allgemeine Analyseschema ... | 132 |
| 4 | Ausgangslage im Feld: Fünf Fallbeispiele | 139 |
| 4.1 | Drei Fallbeispiele zur Ist-Analyse: Untersuchungsdesign und Vorgehensweise Fallbeispiele A1-A3 | 139 |
| 4.2 | Fallbeispiel A1: Serienmaschinenbau | 152 |
| 4.3 | Fallbeispiel A2: Sondermaschinenbau | 165 |

| | | |
|-----|---|-----|
| 4.4 | Fallbeispiel A3: Aggregateentwicklung und Sondermaschinenbau | 180 |
| 4.5 | Vergleichende Analyse: Ein Anforderungskatalog für das Projekt aus bildungs- und arbeitswissenschaftlicher Perspektive | 194 |
| 4.6 | Fallbeispiel B: Die Einführung einer mechatronischen Arbeitsgruppe | 217 |
| 4.7 | Fallbeispiel C: Arbeitswissenschaftliche Untersuchung zum Werkzeug | 244 |
| 5 | Die Integration der Ergebnisse und Reflexion des Forschungsprozesses ... | 259 |
| 5.1 | Der interdisziplinäre mechatronische Konstruktionsprozess aus tätigkeitstheoretischer Perspektive | 259 |
| 5.2 | Zur Reflexion des Forschungsprozesses | 281 |
| 5.3 | Fazit | 285 |
| 6 | Verzeichnisse | 287 |
| 6.1 | Literatur | 287 |
| 6.2 | Abbildungen | 301 |
| 6.3 | Tabellen | 303 |
| 7 | Anhang | 305 |

Inhaltsverzeichnis

| | | |
|---------|--|----|
| 1 | Einleitung | 19 |
| 2 | Theoretische und methodische Einordnung | 25 |
| 2.1 | Arbeitswissenschaftliche Grundlagen für die Gestaltung von Software | 31 |
| 2.2 | Arbeitswissenschaftliche Grundlagen für die Gestaltung von Arbeitsprozessen | 34 |
| 2.3 | Kompetenzentwicklung für Arbeitsprozesse: eine bildungswissenschaftliche Einordnung | 36 |
| 2.3.1 | Definition des Kompetenzbegriffs | 37 |
| 2.3.2 | Wissen, Fertigkeiten und Dispositionen als Facetten des Kompetenzbegriffs | 39 |
| 2.3.3 | Der Zusammenhang von Arbeitsgestaltung und Curiculumentwicklung in der beruflichen Weiterbildung | 40 |
| 2.4 | Theoretische Grundlagen des Veränderungsmanagements | 44 |
| 2.4.1 | Wesentliche Einflussgrößen auf Veränderungsprozesse | 46 |
| 2.4.1.1 | Ziele und Widerstände als Einflussfaktoren auf das Veränderungsmanagement | 47 |
| 2.4.1.2 | Partizipation: Die Einbeziehung der Beteiligten in die Gestaltung des Veränderungsprozesses | 49 |
| 2.4.2 | Erfolge und Misserfolge von Veränderungsprozessen beurteilen | 50 |
| 2.5 | Die Tätigkeitstheorie als vermittelnde Instanz zwischen bildungs- und arbeitswissenschaftlichen Grundlagen | 51 |
| 2.5.1 | Zum wissenschaftstheoretischen Hintergrund der Tätigkeitstheorie nach Engeström | 52 |
| 2.5.2 | Das Tätigkeitssystem als Analysestruktur | 53 |
| 2.5.3 | Zur Struktur menschlicher Tätigkeit: Zentrale Begriffe der Tätigkeitstheorie | 54 |
| 2.5.3.1 | Das Objekt der Tätigkeit | 56 |
| 2.5.3.2 | Subjekte in Tätigkeitssystemen | 57 |
| 2.5.3.3 | Die Bedeutung von Instrumenten und Werkzeugen für das Tätigkeitssystem | 59 |
| 2.5.3.4 | Gemeinschaft, Regeln und Arbeitsteilung | 59 |

| | | |
|---------|--|----|
| 2.5.4 | Analyseebenen und Relationen zwischen den Elementen eines Tätigkeitssystems | 60 |
| 2.5.4.1 | Analyseebene Objekt | 60 |
| 2.5.4.2 | Analyseebene Arbeitsteilung | 60 |
| 2.5.4.3 | Analyseebene Instrumente | 61 |
| 2.5.4.4 | Analyseebene Regeln | 62 |
| 2.5.5 | Widersprüche als Ausgangspunkt für die Veränderung von Tätigkeitssystemen | 63 |
| 2.5.6 | Die Tätigkeitstheorie: eine Lerntheorie für expansives Lernen in der Arbeitswelt | 64 |
| 2.6 | Entwickelnde Arbeitsforschung | 66 |
| 2.6.1 | Die Methodik der Entwickelnden Arbeitsforschung | 66 |
| 2.6.2 | Die Entwickelnde Arbeitsforschung als eine Form der Aktionsforschung | 70 |
| 2.6.3 | Abgrenzung der Entwickelnden Arbeitsforschung zu weiteren verwandten Ansätzen | 73 |
| 2.7 | Anzulegende Gütekriterien und Geltungsbereich der Arbeit | 75 |
| 2.7.1.1 | Allgemeine Gütekriterien qualitativer Sozialforschung | 75 |
| 2.7.1.2 | Spezifische Gütekriterien für Aktionsforschungsprozesse | 77 |
| 2.8 | Zum allgemeinen Untersuchungsdesign der Arbeit | 80 |
| 3 | Der aktuelle Forschungsstand zum Thema | 83 |
| 3.1 | Standortbestimmung zur historischen Entwicklung interdisziplinären Arbeitens | 84 |
| 3.2 | Zur historischen Entwicklung des Begriffs Mechatronik | 86 |
| 3.3 | Das Objekt der Tätigkeit in der mechatronischen Konstruktion | 88 |
| 3.4 | Der Konstrukteur als Subjekt des Tätigkeitssystems „Mechatronische Konstruktion“ | 89 |
| 3.5 | Relevante Aspekte zu Gemeinschaft und Arbeitsteilung im Tätigkeitssystem „Mechatronische Konstruktion“ | 91 |
| 3.5.1 | Kooperation: Begriffsbestimmungen, Elemente und Mechanismen der Zusammenarbeit | 92 |
| 3.5.1.1 | Zur Definition des Begriffs Kooperation | 92 |
| 3.5.1.2 | Kommunikation als Handlung im Kooperationsprozess | 93 |
| 3.5.1.3 | Communities of Practice | 95 |
| 3.5.1.4 | Hintergrundkoordination: Umgang mit Vagheit und Aufgabenüberlappung im Kooperationsprozess | 96 |

| | | |
|---------|--|-----|
| 3.5.1.5 | Perspektivenaustausch und Verzahnung von lokalem Wissen | 97 |
| 3.5.1.6 | Abgrenzung der Begriffe: Daten, Informationen, Wissen, geteiltes Wissen und Wissensdivergenz | 98 |
| 3.5.1.7 | Anforderung an Kommunikation bei Wissensdivergenz | 102 |
| 3.6 | Instrumente im mechatronischen Konstruktionsprozess | 104 |
| 3.6.1 | Entwicklungsmethoden | 105 |
| 3.6.2 | Computerbasierte Werkzeuge | 107 |
| 3.6.3 | Produktrepräsentationen | 107 |
| 3.6.4 | Vorgehensmodelle | 110 |
| 3.6.4.1 | Vorgehensmodelle als Hilfe zur Orientierung im Konstruktionsprozess | 110 |
| 3.6.4.2 | Exkurs: Das V-Modell als Entwicklungsmethodik für mechatronische Systeme nach VDI-Richtlinie 2206 | 112 |
| 3.6.5 | Instrumente und Methoden des Projektmanagements | 116 |
| 3.6.6 | Instrumente und Methoden des Informations- und Wissensmanagements | 117 |
| 3.6.6.1 | Informationsmanagement in der Produktentwicklung ... | 118 |
| 3.6.6.2 | Wissensmanagement als Werkzeug des Perspektivenaustauschs | 121 |
| 3.7 | Regeln im Tätigkeitssystem „Mechatronische Konstruktion“ | 124 |
| 3.7.1 | Disziplinübergreifende Regeln der Produktentwicklung | 124 |
| 3.7.1.1 | Grundprinzipien der Produktentwicklung | 125 |
| 3.7.1.2 | Regeln für den Umgang mit kritischen Situationen in der Produktentwicklung | 126 |
| 3.7.2 | Disziplinspezifische Regeln | 127 |
| 3.7.3 | Regeln der einzelnen Organisation | 128 |
| 3.7.4 | Regeln der Zusammenarbeit | 130 |
| 3.8 | Einordnung der Fragestellungen in das allgemeine Analyseschema ... | 132 |
| 3.8.1 | Analyseebene Objekt | 132 |
| 3.8.2 | Analyseebene Arbeitsteilung | 133 |
| 3.8.3 | Analyseebene Instrumente | 137 |
| 3.8.4 | Analyseebene Regeln | 138 |
| 4 | Ausgangslage im Feld: Fünf Fallbeispiele | 139 |
| 4.1 | Drei Fallbeispiele zur Ist-Analyse: Untersuchungsdesign und Vorgehensweise Fallbeispiele A1–A3 | 139 |
| 4.1.1 | Anforderungen an das methodische Vorgehen | 141 |
| 4.1.2 | Begründung zur Methodenwahl | 142 |

| | | |
|---------|--|-----|
| 4.1.2.1 | Methodentriangulation zur Erfassung des Forschungsgegenstands | 142 |
| 4.1.2.2 | Das problemzentrierte Interview als Methode zur Erfassung subjektiver Sichtweisen auf den Forschungsgegenstand | 144 |
| 4.1.2.3 | Concept-Mapping zur Erfassung subjektiver Theorien und zur Strukturierung der Einzelansichten | 145 |
| 4.1.2.4 | Gruppendiskussion als Methode der kollektiven Integration von individuellen Einzelsichten | 148 |
| 4.1.2.5 | Erläuterungen zur Transkription und zum Kategoriensystem | 150 |
| 4.2 | Fallbeispiel A1: Serienmaschinenbau | 152 |
| 4.2.1 | Beschreibung von Ausgangslage und Stichprobe | 153 |
| 4.2.2 | Identifizierte Schwierigkeiten und mögliche Lösungen: Analyseebene „Objekt der gemeinsamen Tätigkeit“ | 155 |
| 4.2.2.1 | Geringe Motivation durch die mechatronische Aufgabenstellung | 155 |
| 4.2.3 | Identifizierte Schwierigkeiten mögliche Lösungen: Analyseebene „Arbeitsteilung“ | 156 |
| 4.2.3.1 | Unzureichender Perspektivenaustausch | 156 |
| 4.2.3.2 | Unklarheit bezüglich Aufgabenverteilung und Rollen | 156 |
| 4.2.3.3 | Informationsfluss zwischen den Disziplinen | 157 |
| 4.2.4 | Identifizierte Schwierigkeiten und mögliche Lösungen: Analyseebene „Regeln des Tätigkeitssystems“ | 161 |
| 4.2.4.1 | Prioritätensetzung unter Zeitdruck | 161 |
| 4.2.5 | Zusammenfassung der Analyse von Fallbeispiel A1 | 162 |
| 4.2.5.1 | AQUIMO-Werkzeug | 162 |
| 4.2.5.2 | Vorgehensmodell | 163 |
| 4.2.5.3 | Qualifizierungsmaßnahme | 163 |
| 4.3 | Fallbeispiel A2: Sondermaschinenbau | 165 |
| 4.3.1 | Beschreibung von Ausgangslage und Stichprobe | 165 |
| 4.3.2 | Identifizierte Schwierigkeiten und mögliche Lösungen: Analyseebene „Objekt der gemeinsamen Tätigkeit“ | 168 |
| 4.3.2.1 | Unterschiedlich ausgeprägtes Bewusstsein für die gemeinsame Tätigkeit | 168 |
| 4.3.3 | Identifizierte Schwierigkeiten und mögliche Lösungen: Analyseebene „Arbeitsteilung“ | 169 |
| 4.3.3.1 | Informationsfluss auch über die mechatronischen Disziplinen hinaus | 169 |
| 4.3.3.2 | Koordination des Konstruktionsprozesses | 173 |

| | | |
|---------|---|-----|
| 4.3.4 | Identifizierte Schwierigkeiten und mögliche Lösungen: Analyseebene „Regeln des Tätigkeitssystems“ | 176 |
| 4.3.5 | Zusammenfassung der Analyse von Fallbeispiel A2 | 176 |
| 4.3.5.1 | AQUIMO-Werkzeug | 176 |
| 4.3.5.2 | Vorgehensmodell | 177 |
| 4.3.5.3 | Qualifizierungsmaßnahme | 177 |
| 4.4 | Fallbeispiel A3: Aggregateentwicklung und Sondermaschinenbau | 180 |
| 4.4.1 | Beschreibung von Ausgangslage und Stichprobe | 181 |
| 4.4.2 | Identifizierte Schwierigkeiten und mögliche Lösungen: | |
| | Analyseebene „Objekt der gemeinsamen Tätigkeit“ | 183 |
| | 4.4.2.1 Motivation für die mechatronische Zusammenarbeit durch den PEP? | 183 |
| | 4.4.2.2 Befürchtungen hinsichtlich mechatronischer Arbeitsgruppen | 184 |
| 4.4.3 | Identifizierte Schwierigkeiten und mögliche Lösungen: Analyseebene „Arbeitsteilung“ | 184 |
| 4.4.3.1 | Informationsfluss auch über die mechatronischen Disziplinen hinaus | 185 |
| 4.4.3.2 | Koordination des PEP: Diskrepanz zwischen Anspruch und Wirklichkeit | 188 |
| 4.4.4 | Identifizierte Schwierigkeiten und mögliche Lösungen: Analyseebene „Regeln des Tätigkeitssystems“ | 190 |
| 4.4.4.1 | Machtvolle Regeln im Hintergrund | 190 |
| 4.4.5 | Zusammenfassung der Analyse von Fallbeispiel A3 | 191 |
| 4.4.5.1 | AQUIMO-Werkzeug | 191 |
| 4.4.5.2 | Vorgehensmodell | 191 |
| 4.4.5.3 | Qualifizierungsmaßnahme | 191 |
| 4.5 | Vergleichende Analyse: Ein Anforderungskatalog für das Projekt aus bildungs- und arbeitswissenschaftlicher Perspektive | 194 |
| 4.5.1 | Gemeinsamkeiten und Unterschiede in den Unternehmen: Analyseebene Sicht auf das mechatronische Objekt | 195 |
| 4.5.1.1 | Von der Notwendigkeit, die Komplexität des Produktes zu reduzieren | 195 |
| 4.5.1.2 | Zur subjektiven Sicht auf das Produkt in den drei Fallbeispielen | 196 |
| 4.5.2 | Gemeinsamkeiten und Unterschiede in den Unternehmen: Analyseebene „Arbeitsteilung“ | 197 |
| 4.5.2.1 | Informationsfluss zwischen den mechatronischen Disziplinen | 198 |

| | | |
|---------|--|-----|
| 4.5.2.2 | Informationsfluss von außerhalb des mechatronischen Tätigkeitssystems | 199 |
| 4.5.2.3 | Koordination der Prozesse | 200 |
| 4.5.3 | Gemeinsamkeiten und Unterschiede in den Unternehmen: Instrumente für die Lösung der arbeitsteiligen Aufgabe | 201 |
| 4.5.3.1 | Informationsplattformen | 201 |
| 4.5.4 | Gemeinsamkeiten und Unterschiede in den Unternehmen: Analyseebene „Regeln“ | 202 |
| 4.5.4.1 | Gutes Betriebsklima und Fragekultur in allen drei Entwicklungsabteilungen | 202 |
| 4.5.4.2 | Unterschiedliche Strukturiertheit des Kooperationsprozesses | 203 |
| 4.5.5 | Der Anforderungskatalog für das AQUIMO-Werkzeug und das Vorgehensmodell | 203 |
| 4.5.5.1 | Phase 1: Auftragsklärung / Anforderungsanalyse / Kennenlernen der Projektbeteiligten | 204 |
| 4.5.5.2 | Phase 2: Lösungssuche / interdisziplinärer mechatronischer Entwurf | 205 |
| 4.5.5.3 | Phase 3: Lösungsanalyse / Lösungsentscheidung / Konstruktion | 206 |
| 4.5.5.4 | Phase 4: Dokumentation | 207 |
| 4.5.6 | Ein Kompetenzmodell für die mechatronische Konstruktionstätigkeit im Maschinen- und Anlagenbau | 207 |
| 4.5.7 | Anforderungskatalog für die Qualifizierungsmaßnahme | 211 |
| 4.5.7.1 | Kompetenz der Komplexitätsbewältigung im mechatronischen System | 212 |
| 4.5.7.2 | Problemlösekompetenz: Schulung von Fachwissen zum mechatronischen Vorgehensmodell | 213 |
| 4.5.7.3 | Managementkompetenz | 214 |
| 4.5.7.4 | Mechatronische Methoden | 214 |
| 4.5.7.5 | Allgemeine Methoden | 215 |
| 4.5.7.6 | Interdisziplinäre Kompetenz | 215 |
| 4.5.8 | Empfehlungen für die Einführung von AQUIMO bei den jeweiligen Anwenderfirmen | 216 |
| 4.6 | Fallbeispiel B: Die Einführung einer mechatronischen Arbeitsgruppe | 217 |
| 4.6.1 | Ausgangslage und methodisches Vorgehen | 217 |
| 4.6.1.1 | Zur Ausgangslage im Fallbeispiel B | 217 |
| 4.6.1.2 | Zum methodischen Vorgehen in Fallbeispiel B | 218 |
| 4.6.2 | Dokumentation des Fallbeispiels | 220 |

| | | |
|-----------|--|-----|
| 4.6.2.1 | Workshop 1 | 220 |
| 4.6.2.1.1 | Zum Ablauf und zu den Teilnehmern des Workshops | 220 |
| 4.6.2.1.2 | Standortbestimmung der mechatronischen Arbeitsgruppe | 222 |
| 4.6.2.1.3 | Zu den Ergebnissen des Workshops | 222 |
| 4.6.2.2 | Überprüfungssitzungen zur Standortbestimmung und zur Unterstützung der Arbeitsgruppe | 228 |
| 4.6.2.2.1 | Ergebnisse und Vereinbarungen der 1. Reflexionssitzung | 229 |
| 4.6.2.2.2 | Ergebnisse und Vereinbarungen der 2. Reflexionssitzung | 232 |
| 4.6.2.3 | Workshop 2 | 232 |
| 4.6.2.3.1 | Zum Ablauf und zu den Teilnehmern des Workshops | 232 |
| 4.6.2.3.2 | Zu den Ergebnissen des Workshops | 234 |
| 4.6.2.3.3 | Ziele und Bewertungskriterien auf der Ebene der Zusammenarbeit | 236 |
| 4.6.3 | Lessons Learned | 242 |
| 4.7 | Fallbeispiel C: Arbeitswissenschaftliche Untersuchung zum Werkzeug | 244 |
| 4.7.1 | Ausgangslage und methodisches Vorgehen | 244 |
| 4.7.1.1 | Zur Ausgangslage | 244 |
| 4.7.1.2 | Zum methodischen Vorgehen | 245 |
| 4.7.2 | Dokumentation der Analyse | 246 |
| 4.7.2.1 | Angaben zur Zusammensetzung der Stichprobe | 246 |
| 4.7.2.2 | Aufgabenverteilung und Rollen innerhalb der mechatronischen Arbeitsgruppe | 247 |
| 4.7.2.3 | Zu den Ergebnissen der Untersuchung | 248 |
| 4.7.2.3.1 | Ziele hinsichtlich der Einführung des GANTT | 248 |
| 4.7.2.3.2 | Partizipation der Praktiker während des Pilotprojektes | 248 |
| 4.7.2.3.3 | Zum Ziel der gemeinsamen Tätigkeit | 249 |
| 4.7.2.3.4 | Zu den Schwierigkeiten an der interdisziplinären Schnittstelle | 249 |
| 4.7.2.3.5 | Stärken des Werkzeugs | 251 |
| 4.7.2.3.6 | Schwächen des Werkzeugs | 251 |
| 4.7.2.3.7 | Ambivalente Bewertung des Werkzeugs | 252 |
| 4.7.2.3.8 | Gebrauchstauglichkeit der Software | 253 |

| | | |
|------------|--|-----|
| 4.7.2.3.9 | Qualifizierung | 253 |
| 4.7.2.3.10 | Erwartungen hinsichtlich der Nutzung des Werkzeugs in der Zukunft | 254 |
| 4.7.3 | Lessons Learned | 255 |
| 5 | Die Integration der Ergebnisse und Reflexion des Forschungsprozesses ... | 259 |
| 5.1 | Der interdisziplinäre mechatronische Konstruktionsprozess aus tätigkeitstheoretischer Perspektive | 259 |
| 5.1.1 | Analyseebene Objekt | 260 |
| 5.1.2 | Analyseebene Arbeitsteilung | 261 |
| 5.1.3 | Analyseebene Instrumente | 266 |
| 5.1.4 | Analyseebene Regeln | 270 |
| 5.1.5 | Systemgrenzen des mechatronischen Tätigkeitssystems | 272 |
| 5.1.6 | Anforderungsbereiche und Einflussfaktoren im Tätigkeitssystem „Mechatronische Konstruktion“ | 272 |
| 5.1.7 | Vier Fragen an die Tätigkeitstheorie als Theorie expansiven Lernens im Projekt AQUIMO | 277 |
| 5.2 | Zur Reflexion des Forschungsprozesses | 281 |
| 5.3 | Fazit | 285 |
| 6 | Verzeichnisse | 287 |
| 6.1 | Literatur | 287 |
| 6.2 | Abbildungen | 301 |
| 6.3 | Tabellen | 303 |
| 7 | Anhang | 305 |
| 7.1 | Anhang A: Interviewleitfaden A1–A3 | 305 |
| 7.2 | Anhang B: Interviewleitfaden Vorinterview B | 307 |
| 7.3 | Anhang C: Interviewleitfaden „Reflexionssitzung 1“ B | 308 |
| 7.4 | Anhang D: Interviewleitfaden Abschlussbewertung B | 309 |
| 7.5 | Anhang E: Fragebogen zur Abschlussbewertung B | 311 |
| 7.6 | Anhang G: Interviewleitfaden C | 314 |