

Inhalt

Abbildungsverzeichnis	VII
Tabellenverzeichnis	XIII
Formelzeichen und Abkürzungen	IX
1. Einleitung	1
1.1 Motivation und Problemstellung	1
1.2 Zielsetzung und Aufbau der Arbeit	7
2. PLM in der Automobilindustrie.....	10
2.1 Konzept zum Life Cycle Management	10
2.2 Produktentwicklungsprozess	13
2.2.1 Vorgehensmodell der Produktentwicklung	14
2.2.2 Strategien der Produktentwicklung	16
2.2.3 Produktentwicklungsprozess in der Automobilindustrie	20
2.3 IT-Engineering in der Automobilentwicklung	24
2.3.1 Produktmodell	26
2.3.2 Erzeugersysteme	28
2.3.3 Infrastruktursysteme	29
2.4 PLM als Drehscheibe der informationstechnischen Systeme in der Entwicklung.....	31
2.5 Handlungsbedarf.....	34
3. Umwelt- und recyclinggerechte Fahrzeugentwicklung.....	36
3.1 Rechtliche Rahmenbedingungen	36
3.2 Umwelt- und recyclingrelevanter Lebenszyklus eines Fahrzeuges.....	38
3.3 Lebenszyklusorientierte Produktentwicklung	41
3.4 Die umweltgerechte Produktentwicklung	47

3.4.1 Berücksichtigung von Umweltaspekten in der Produktentwicklung	47
3.4.2 Methoden der umweltgerechten Produktentwicklung	49
3.5 Die recyclinggerechte Produktentwicklung	55
3.5.1 Begriffsbestimmungen und Verfahren zum Recycling	55
3.5.2 Berücksichtigung von Recyclingaspekten in der Produktentwicklung	58
3.5.3 Kriterien zur recyclinggerechten Gestaltung	59
3.5.4 Methoden der recyclinggerechten Produktentwicklung	62
3.6 Softwaretechnische Unterstützung der umwelt- und recyclinggerechten Produktentwicklung	64
3.6.1 Softwarewerkzeuge für die Ökobilanzierung	64
3.6.2 Softwarewerkzeuge für die Recyclingbewertung	66
3.6.3 Integrierte Werkzeuge	67
3.7 Umwelt- und recyclinggerechte Entwicklung in der Automobilindustrie	70
3.8 Zusammenfassung und Handlungsbedarf	76
4. Konzept zur Erweiterung des Product Lifecycle Management	82
4.1 Anforderungen	82
4.1.1 Erweiterung des PLM-Metamodells	83
4.1.2 Logik zur Bewertung der Recycling- und Umwelteigenschaften	84
4.1.3 Integration der Recycling- und Umweltbewertung	84
4.1.4 Effektive Integration in den Entwicklungsprozess	84
4.2 Aufbau des Konzeptes	87
4.3 Bildung des Fahrzeugteilmodells	89
4.4 Lebenszyklusmodell	93
4.4.1 Umweltprozessmodell	94
4.4.2 Recyclingprozessmodell	100
4.4.3 Zusammenfassung des Lebenszyklusmodells	126
4.5 Produkt-Ergebnismodell	127
4.5.1 Feature-basierte Produktmodellierung	128

4.5.2 Modellierungsstrukturen	134
4.5.3 Modellierungsstrategien	135
4.5.4 Zwischenfazit	137
4.6 Bewertungsansatz	137
4.6.1 Recyclingbewertung	142
4.6.2 Umweltbewertung	147
4.6.3 Fazit des Bewertungsansatzes	154
4.7 Informationssystem - ProdTect Automotive	154
4.7.1 Systemarchitektur	154
4.7.2 Zwischenfazit	165
4.8 PLM-Integrationsmethoden	165
4.8.1 IT-Integration	165
4.8.2 Produktintegration	174
4.8.3 Prozessintegration	181
4.8.4 Zwischenfazit	188
5. Exemplarische Anwendung anhand eines Fallbeispiels	190
5.1 Bauteilstruktur im PDM-System	193
5.2 Erzeugung der Baugruppenmodelle	194
5.3 Erzeugung des Gesamtfahrzeugmodells	201
5.4 Bewertung einer Türstrukturvariante	206
5.5 Ablage des Ergebnismodells im PDM-System	208
6. Zusammenfassung und Ausblick	210
6.1 Zusammenfassung	210
6.2 Kritische Würdigung	213
6.3 Ausblick	213
7. Literatur	215

Abbildungen

Bild 1: Anforderungen an ein Automobil [Böh04]	1
Bild 2: Fokus des Product Lifecycle Management (In Anlehnung an [Kar08]) ..	4
Bild 3: PLM Unterstützung des Produktes.....	5
Bild 4: Erweiterungskonzept der Bandbreite des PLM.....	7
Bild 5: Struktur und Aufbau der Arbeit.....	9
Bild 6: Bezugsrahmen für ein ganzheitliches Life Cycle Management mit phasenbezogenen und phasenübergreifenden Disziplinen [Her06]....	12
Bild 7: Produktkostenbeeinflussung im Laufe des Produktlebenswegs [Spu97] [Ehr07].....	14
Bild 8: Phasenmodell der Produktenwicklung	15
Bild 9: Einflussgrößen und Rahmenbedingungen der Produktentwicklung	17
Bild 10: Objekt- und meilensteinorientierter Ablaufplan [Eve05].....	19
Bild 11: Verschiebung von Entwicklungs- und Fertigungsaufgaben in der Automobilindustrie [Bür05]	21
Bild 12: Phasen der Fahrzeugentwicklung [Böh04]	23
Bild 13: Beispiel einer SE-Teamstruktur in der Gesamtfahrzeugentwicklung [Hab06].....	24
Bild 14: Technische und organisatorische Unterstützung der Integrierten Produkt- und Prozessentwicklung [Eig01].....	26
Bild 15: Segmentiertes totales Produktmodell [Spu97]	27
Bild 16: Beispiel einer Fahrzeugstruktur in einem PDM-System.....	30
Bild 17: Bausteine einer unternehmensspezifischen PLM-Lösung [Abr05b]....	32
Bild 18: PLM-IT-Infrastruktur (in Anlehnung an [Sch06b], [Abr06] und [Abr05c])	33
Bild 19: Erweiterung der mittels PLM logisch-vernetzen Modelle mit Recycling- und Umweltinformationen	35
Bild 20: Eckpunkte der EU-Altautorichtlinie	38
Bild 21: Lebensweg des Produktes (modifiziert von [Abe05]).....	40
Bild 22: Energie und Abfallbilanz eines Automobils (in Anlehnung an [Sch95])	40

Bild 23: Erweiterung des Betrachtungsbereiches der Produktentwicklung durch die lebenszyklusorientierte Produktentwicklung [Man06].....	41
Bild 24: Methodeneinsatz zur Zielerreichung durch Transformation [Man06] in Anlehnung an [Her03] [Gau00].....	42
Bild 25: Einordnung ausgewählter Methoden der lebenszyklusorientierten Produktentwicklung [Man06].....	43
Bild 26: Matrixsystem des „House of Quality“; [Man06] in Anlehnung an [Ehr03].....	44
Bild 27: Bestandteile einer Ökobilanz [ISO-14040] [ISO-14044].....	50
Bild 28: Eco-QFD Phasen (übersetzt aus [Yim07]).....	52
Bild 29: Prozessschritte des Recyclings [Her03]	56
Bild 30: Modell zur Integration von Recyclingaspekten in den Produktentwicklungsprozess [VDI-2243].....	58
Bild 31: Struktur eines Zielsystems in Anlehnung an [Pah07].....	63
Bild 32: Einsatz der umwelt- und recyclingrelevanten Instrumente im Produktentwicklungsprozess bei BMW [Ahs06]	71
Bild 33: Einsatz der umwelt- und recyclingrelevanten Instrumente im Produktentwicklungsprozess bei der Daimler AG [Ahs06]	73
Bild 34: Struktur des VW slimLCI [Kof08].....	76
Bild 35: Beziehung zwischen dem PLM und der umwelt- und recyclinggerechten Entwicklung	83
Bild 36: Aufbau und Module des Umwelt-/Recycling-Informationssystems	88
Bild 37: Beispiel eines Produktsystems für eine Ökobilanz [ISO-14040]	90
Bild 38: In der Prozessbilanzierung zu berücksichtigende Material- und Energieflüsse [Ger05] in Anlehnung an [Flei93]	91
Bild 39: Untermodelle des Fahrzeugteilmodells	93
Bild 40: Bausteine des Lebenszyklusmodells	94
Bild 41: Ökologisches Lebenszyklusmodell	96
Bild 42: Black-Box-Modell der Aluminium-Herstellung	97
Bild 43: Greybox-Modell des Fertigungsprozesses „Tiefziehen“	98
Bild 44: Ablauf des Altfahrzeugrecyclings [Ruh06] [Wöt07]	100

Bild 45: Zielkonflikt zwischen Demontagetiefe und -kosten [Mei99].....	102
Bild 46: MTM-Grundbewegungen in den verschiedenen Analysesystemen (in Anlehnung an [DMT08a]).....	104
Bild 47: Die sieben Grundvorgänge des UAS [Hel80]	106
Bild 48: Analysebogen für den Prozess Motor- und Getriebeölablass mit Doppeltrichter.....	107
Bild 49: Beispiel eines Modells für die Heckscheibendemontage mit Windschutzscheiben-Schneidergerät.....	109
Bild 50: SEDA-Doppelstation der Firma SEDA Umwelttechnik GmbH [Sed08].....	110
Bild 51: Viskosität von ausgewählten Motorölen in Abhängigkeit der Temperatur [Tec02].....	112
Bild 52: Schematische Abbildung der Ölwanne	114
Bild 53: Arbeitsweise und Materialfluss einer Schredderanlage. a) Schredder, 1: Windsichter, 2: Sortierbänder; b) Magnetabscheider; c) Schwimmsink-Anlage; d) Drehrohrofen [Pah07].....	116
Bild 54: Das Input-Output-Modell des Schredderprozesses	117
Bild 55: Auszug aus einer Transfermatrix eines Schredderprozesses.....	120
Bild 56: Das Gesamtmodell der Verwendung- und Verwertung [Her05b].....	124
Bild 57: Verwertungsprozessmodell	126
Bild 58: Beispiel einer Verlinkung zwischen einem Außenblech einer Fahrzeugtür und seinen Fertigungsprozessen.....	132
Bild 59: Beispiel eines Demontageprozess-Features.....	133
Bild 60: Struktur des Produkt-Ergebnismodells.....	135
Bild 61: Feature-basierte Modellierung und Feature-Erkennung des Produktmodells.....	136
Bild 62: Ablauf des Bewertungsansatzes	139
Bild 63: Szenariotrichter [Wöt07] [Mat05].....	140
Bild 64: Szenariotrichter der Recyclingeignung und der Umweltwirkungen ..	142
Bild 65: Beispiel einer Generierung eines AND/OR-Graphen	144
Bild 66: Auswahl des Verwertungsverfahrens [Her05a] [Her05b].....	145

Bild 67: Allokation nach den Prinzipien der ersten Verantwortung, der letzten Verantwortung und der Gleichberechtigung [Bei07]	151
Bild 68: Architektur von ProdTect Automotive	156
Bild 69: Graphische Oberfläche (GUI) des Produktmodells	160
Bild 70: Graphische Oberfläche der Parameterauswahl der Ergebnisdarstellung der Recyclingbewertung	162
Bild 71: Graphische Oberflächen der Parameterauswahl und der Ergebnisdarstellung der Umweltbewertung	164
Bild 72: Umwelt- und Recyclingbewertung als Bestandteil des Engineering; umgesetzt mit Hilfe der Software ProdTect Automotive	167
Bild 73: Datenaustauschstandards zwischen ProdTect Automotive und die relevanten Systemen	168
Bild 74: Abgleich der PDM- und IMDS-Daten im ProdTect Automotive Datenaustauschmodul	173
Bild 75: Ergänzung der Produktsichten um eine Recycling- und Umweltsicht	174
Bild 76: Indirekte Produktintegration	175
Bild 77: Direkte Produktintegration	176
Bild 78: Abbildung des Fahrzeugteilmodells (Recycling und Umweltmodell) im PDM-System	178
Bild 79: Beispiel der Erzeugung einer Baugruppenvariante	180
Bild 80: Beispiel eines Arbeitsablaufes zur Erstellung eines Baugruppenmodells in den frühen Phasen der Fahrzeugentwicklung	184
Bild 81: Arbeitsabläufe zur Untermodellerzeugung sowie zur Gesamtfahrzeugerzeugung und -bewertung	185
Bild 82: Frühe und gekoppelte Integration der Recycling und Umweltbewertung in den Fahrzeugentwicklungsprozess	189
Bild 83: Abbild der Tür und ihrer Hauptbaugruppen [Sta08] [Uls08]	190
Bild 84: Bauteile der Türstruktur [Sta08]	191
Bild 85: Stückliste der Türstruktur in Teamcenter®	193
Bild 86: Arbeitsablauf zur Aktualisierung der Baugruppenmodelle	194

Bild 87: Beispiel einer Benachrichtigung nach Erzeugung der Baugruppe „Rahmen“	195
Bild 88: Import-Graphische Oberfläche mit Informationen zur Baugruppe „Rahmen“	196
Bild 89: Das Untermodell der Baugruppe „Rahmen“ in ProdTect Automotive nach einem ersten Import	197
Bild 90: Die graphische Oberfläche zur manuellen Erzeugung eines Verbindungs-Features zwischen dem unteren Rohr und dem Schlossrohr	198
Bild 91: Fertigungsprozess des Schlossrohrs	199
Bild 92: Das Untermodell der Baugruppe „Rahmen“ nach Ergänzung des Modells in ProdTect Automotive	200
Bild 93: Abgelegtes Baugruppenmodell des Türrahmens im PDM-System	201
Bild 94: Die unkonfigurierte Stückliste des Türrahmens	202
Bild 95: Import-Graphische Oberfläche zum Import des Gesamtmodells	203
Bild 96: Produktbaum der importierten Türstruktur, bevor und nachdem bestimmte, für die Bearbeitung des Gesamtmodells irrelevante Bauteile gruppiert worden sind	204
Bild 97: Die durch die Gruppierung entstehenden und die neudefinierten Verbindungs-Features nach einem Komplettimport.....	205
Bild 98: Verwertungswege der Türstruktur.....	207
Bild 99: Beispielergebnis der Umweltbewertung der Türstruktur	208
Bild 100: Ablage des Gesamtfahrzeug- und Ergebnismodells der Türstruktur gemeinsam mit zusätzlichen Anhängen.....	209

Tabellen

Tabelle 1: Gegenüberstellung des Standes der Forschung	79
Tabelle 2: Aktueller Stand der Behandlung der umwelt- und recyclinggerechten Fahrzeugentwicklung und deren Integration in das PLM bei den ausgewählten Automobilherstellern	80
Tabelle 3: Umwelt- und recyclingrelevante Features	130
Tabelle 4: Beispieldaten im Produktmodell von ProdTect Automotive und die entsprechenden Quelldaten in den PDM-Systemen	169