

Inhaltsverzeichnis

Abbildungsverzeichnis	V
Tabellenverzeichnis	IX
1 Einleitung	1
1.1 Problematik	1
1.2 Zielsetzung der Arbeit	4
1.3 Vorgehen in dieser Arbeit	4
2 Anforderung an eine Methode zur Anforderungsverarbeitung	7
2.1 Begriffsbestimmungen	7
2.2 Anforderungen an die Anforderungsverarbeitung	10
2.2.1 Anforderungen an die Abbildung von Anforderungen	10
2.2.2 Anforderungen an die Architektur eines Anforderungsmodells	10
2.2.3 Anforderungen an die Methode zur Anforderungsverarbeitung	12
2.2.4 Anforderungen an die Analysemöglichkeiten eines Anforderungsmodells	13
2.2.5 Anforderungen an das Methodenumfeld	13
3 Analyse der Ausgangssituation in Produktentwicklungsprozessen	15
3.1 Vorgehen in Produktentwicklungsprozessen	15
3.1.1 Systemtechnische Einordnung	15
3.1.2 Problemlösungsprozesse (Entwicklungsmethoden)	16
3.1.3 Vorgehensmodelle (Entwicklungsmethodiken)	19
3.1.3.1 Vorgehensmodelle der Mechanik	19
3.1.3.2 Vorgehensmodelle der Elektronik	19
3.1.3.3 Vorgehensmodelle der Softwareentwicklung	22
3.1.4 Gegenüberstellung der Vorgehensmodelle	23
3.1.4.1 Schwerpunkte	24
3.1.4.2 Rechnerunterstützung	25
3.2 Anforderungsverarbeitung in Produktentwicklungsprozessen	26
3.2.1 Analysemerkmale	26
3.2.1.1 Anforderungsarten	26
3.2.1.2 Einsatzbereiche	28
3.2.1.3 Verarbeitungsprinzipien	28
3.2.1.4 Präsentationsformen	33
3.2.1.5 Gewichtung von Anforderungen	35
3.2.2 Methoden und Werkzeuge der Anforderungserhebung	38
3.2.2.1 Fragebogen	38
3.2.2.2 Frageliste	38
3.2.2.3 Inventur	39
3.2.2.4 Prototyping	39
3.2.2.5 Interviews	40
3.2.2.6 Schätzen	40

3.2.2.7	Beobachten	41
3.2.2.8	Eigenschaftslisten bzw. -modelle	41
3.2.2.9	Produktumfeldanalyse	42
3.2.2.10	Produktlebensphasenanalyse	43
3.2.3	Ansätze zur Anforderungsverarbeitung	44
3.2.3.1	Anforderungsanalyse als Zielbestimmung	44
3.2.3.2	Anforderungskontrolle als Prozeßüberwachung	45
3.2.3.3	Anforderungsmodellierung als Mittel zur Lösungsfindung	50
3.2.4	Beurteilung der Rechnerunterstützung	55
3.2.4.1	Anforderungserhebung	55
3.2.4.2	Anforderungsverarbeitung	56
3.2.5	Abschließende Gegenüberstellung	57
3.3	Handlungsbedarf	60
3.3.1	Vorgehensmodelle (Entwicklungsmethodik)	60
3.3.2	Anforderungsverarbeitung	61
4	Objektorientiertes Anforderungsmodell.....	63
4.1	Rahmenbedingungen	63
4.1.1	Modellvorstellungen	63
4.1.2	Standardisierung	64
4.1.3	Komplexitätsbeherrschung	64
4.2	Einführung in das Themengebiet	65
4.2.1	Konzeptionsgrundlage des Anforderungsmodells	65
4.2.2	Grundlegendes Vorgehen auf Basis des Anforderungsmodells	68
4.3	Konstrukte zum Aufbau eines objektorientierten Anforderungsmodells	72
4.3.1	Begriffe aus der Welt der Objektorientierung	72
4.3.2	Anforderungsklasse	73
4.3.2.1	Attribute	74
4.3.2.2	Operationen	82
4.3.2.3	Instanziierung der Anforderungsklasse	84
4.3.3	Beziehungen	85
4.3.3.1	Beziehungen zur Präzisierung von Anforderungen	85
4.3.3.2	Beziehungen zur Abbildung von Wissen, Regeln und Abhängigkeiten	89
4.3.3.3	Intermodellbeziehungen	97
5	Methodische Anforderungsverarbeitung.....	103
5.1	Rahmenbedingungen	103
5.1.1	Anwendungsfälle	103
5.1.2	Modellierungsvorgehen	103
5.1.3	Arbeitsorganisation	104
5.1.4	Frühe Phasen der Produktentwicklung	104
5.2	Vorgehensmodell der Anforderungsverarbeitung	110
5.2.1	Administration	111
5.2.2	Initialisierung des Anforderungsmodells	111
5.2.2.1	Strukturierung des Anforderungsmodells	111

5.2.2.2	Planung der Anforderungserhebung.....	112
5.2.2.3	Durchführung der Anforderungserhebung	113
5.2.2.4	Erzeugen eines formalen Anforderungsobjektes	115
5.2.2.5	Erzeugen formaler WRA-Beziehungen.....	117
5.2.2.6	Ermitteln von Präziserungsbeziehungen	119
5.2.3	Vernetzung und weitere Präzisierung des Anforderungsmodells.....	121
5.2.3.1	Initialisierung und Vernetzung von Partialmodellobjekten.....	121
5.2.3.2	Weiterentwicklung eines Partialmodells	123
5.2.3.3	Austausch von Erfüllungsbeziehungen	124
5.2.3.4	Ermittlung neuer Anforderungen aus den Partialmodellen	125
5.2.4	Bewertung des Anforderungsmodells	128
5.2.4.1	Aufstellen des Bewertungsmodells	128
5.2.4.2	Ermittlung der Bedeutungen von Modellbeziehungen.....	129
5.2.4.3	Bewerten des Erfüllungszustandes der Anforderungsobjekte	131
5.2.5	Analyse des Anforderungsmodells	132
5.2.5.1	Informelle Analyse des Anforderungsmodells.....	133
5.2.5.2	Formelle Analyse	134
6	Realisierungskonzept	137
6.1	Rahmenbedingungen.....	137
6.2	Produktmodellklassen	139
6.2.1	Klassenhierarchiemodell	139
6.2.2	Assoziationsmodell.....	140
6.3	Architekturmodell des Anforderungsverarbeitungssystems	141
6.3.1	Klassenhierarchiemodell	141
6.3.2	Assoziationsmodell.....	144
7	Zusammenfassung.....	147
8	Literaturverzeichnis.....	151
9	Anhang	163
A-1	Definitionsverzeichnis	165
A-2	Vorgehensmodell zur Anforderungsverarbeitung	167
A-3	Beispiel zur Anforderungsverarbeitung.....	173
A-4	Kommunikationsschnittstelle des Anforderungsverarbeitungssystems in IDL.....	189

Abbildungsverzeichnis

Bild 1-1	Umsatzverlust bei verzögertem Markteintritt.....	1
Bild 1-2	Markenloyalität nach Masing [Mas94]	2
Bild 2-1	Disjunktes und nichtdisjunktes Zielsystem	9
Bild 3-1	Zusammenhang Zielsystem-Sachsystem-Handlungssystem	15
Bild 3-2	Problemlösung durch Schachtelung von TOTE-Einheiten nach Rutz [Rut85].....	17
Bild 3-3	Systemtechnischer Problemlösungsprozeß nach Daenzer [Dae86]	18
Bild 3-4	Vorgehensmodelle des Anwendungsgebietes Mechanik	20
Bild 3-5	Vorgehensmodelle des Anwendungsgebietes Elektronik	21
Bild 3-6	Vorgehensmodelle des Anwendungsgebietes Softwaretechnik	22
Bild 3-7	Aufgabenbereiche der Anforderungsverarbeitung	26
Bild 3-8	Anforderungsarten.....	27
Bild 3-9	Prozeßintegrierte Verarbeitung von Anforderungen.....	29
Bild 3-10	Prozeßparallele Verarbeitung von Anforderungen.....	30
Bild 3-11	Beispiel 1. Fall: Anforderungsliste / Funktionsablaufmodell	31
Bild 3-12	Beispiel 2. Fall: Formaler Zusammenhang zwischen Präsentationen	31
Bild 3-13	Dokumentation des Anforderungsverarbeitungsprozesses	32
Bild 3-14	Beispielhafter Auszug aus einer Anforderungsliste für einen Roboter.....	33
Bild 3-15	Graphische Präsentationsformen für Anforderungsinformationen	34
Bild 3-16	Paarvergleich.....	36
Bild 3-17	Conjoint-Analyse.....	37
Bild 3-18	Hierarchisches Eigenschaftsmodell nach Willmer [Wil85].....	42
Bild 3-19	Suchmatrix nach Franke [Fran75].....	43
Bild 3-20	Ausschnitte aus einem Qualitätsbewertungsbogen	46
Bild 3-21	QFD-Chart.....	48
Bild 3-22	Einsatz des QFD-Chart.....	49
Bild 3-23	Ausschnitt aus dem Merkmalsnetz der QFD.....	49
Bild 3-24	Anforderungsflußanalyse	51
Bild 3-25	Integration eines Anforderungsmodells durch Dämonobjekte.....	54
Bild 4-1	Sichten auf ein Produktmodell	63
Bild 4-2	Relevante und formalisierte Anforderungen.....	65
Bild 4-3	Anforderungsmodell in der Produktentwicklung	66
Bild 4-4	Wechselwirkung des Anforderungsmodells mit weiteren Partialmodellen	67

Bild 4-5	Modellkonstrukte des Anforderungsmodells	67
Bild 4-6	Regelkreismodell der Anforderungsverarbeitung	68
Bild 4-7	Initialisierung des Anforderungsmodells	69
Bild 4-8	Vernetzung und weitere Präzisierung des Anforderungsmodells	70
Bild 4-9	Bewertung der Vernetzung des Anforderungsmodells	71
Bild 4-10	Anforderungsklasse	74
Bild 4-11	Graphische Darstellung von Instanzen der Anforderungsklasse.....	76
Bild 4-12	Teiläste eines Eigenschaftsmodells	79
Bild 4-13	Disjunkte funktionale Eigenschaften.....	80
Bild 4-14	Disjunkte strukturelle Eigenschaften.....	81
Bild 4-15	Existenzüberwachung.....	83
Bild 4-16	Klassenhierarchie für Beziehungen.....	85
Bild 4-17	Ebenen der Präzisierungsbeziehungen	86
Bild 4-18	Beispiele der Eigenschaftspräzisierung.....	86
Bild 4-19	Beispiel der Aufteilung der Anforderungsmenge	87
Bild 4-20	Stufen der Ausprägungspräzisierung.....	87
Bild 4-21	Beispiel einer Ausprägungspräzisierung	88
Bild 4-22	Ebenen der WRA-Beziehungen	89
Bild 4-23	Beispiel einer qualitativen Eigenschaftsbeziehung	90
Bild 4-24	Erweiterung bekannter Definitionen für unscharfes Wissen.....	91
Bild 4-25	Qualitative und quantitative Ausprägungsbeziehungen	92
Bild 4-26	Beispiele qualitativer Ausprägungsbeziehungen.....	93
Bild 4-27	Beispiel einer quantitativen Ausprägungsbeziehung	94
Bild 4-28	WRA-Beziehungen	94
Bild 4-29	Beispiele für WRA-Beziehungen.....	95
Bild 4-30	Intermodellbeziehungen	97
Bild 4-31	Ermittlung von Erfüllungsbeziehungen.....	98
Bild 4-32	Ermittlung neuer Anforderungen bzw. WRA-Beziehungen	100
Bild 4-33	Parallele Modellerweiterung	101
Bild 5-1	Partialmodell einer vertrieblichen Produktstruktur.....	105
Bild 5-2	Funktions- und Lösungshierarchie	107
Bild 5-3	Modellierung des Funktionsablaufes einer Ebene.....	108
Bild 5-4	Phasen der Anforderungsverarbeitung	110
Bild 5-5	Planung der Anforderungserhebung.....	112

Bild 5-6	Einsatztabelle für Anforderungserhebungsmethoden und -werkzeuge.....	114
Bild 5-7	LINK zwischen Dokument und Anforderung	115
Bild 5-8	Definitionsformular für Anforderungsobjekte	115
Bild 5-9	Verifizierung eines Anforderungsobjektes.....	116
Bild 5-10	Inkonsistente Anforderungsattribute	117
Bild 5-11	Vorgehen für die Ermittlung von verdeckten WRA-Beziehungen	118
Bild 5-12	Definitionsformular für Anforderungsobjekte	119
Bild 5-13	Beispiele der Eigenschaftspräzisierung.....	120
Bild 5-14	Graphische Darstellung von Anforderungsbereichen bzw. -niveaus	120
Bild 5-15	Initialisierung von Partialmodellen	121
Bild 5-16	Analyse des Anforderungsmodells.....	122
Bild 5-17	Setzen von Erfüllungsbeziehungen	123
Bild 5-18	Weiterentwicklung eines Partialmodells (z. B.: vertriebliche Produktstruktur) .	124
Bild 5-19	Ersetzen von Erfüllungsbeziehungen	125
Bild 5-20	Erzeugen neuer Anforderungen im Anforderungsmodell.....	126
Bild 5-21	Bewertungsmodell auf Basis der Anforderungsmodellvernetzung.....	127
Bild 5-22	Berechnung des Einflusses nach Köppe [Köp91]	128
Bild 5-23	Berechenbares Netz.....	129
Bild 5-24	Ermittlung der Bedeutung von Z52, Z53, Z54 für Z44.....	130
Bild 5-25	Priorisierter Einsatz von Gewichtungungsverfahren.....	130
Bild 5-26	Zielsystemvektor	134
Bild 5-27	Zustandsänderungen über der Zeit	135
Bild 5-28	Analysekonfigurator und Zustandsanzeiger.....	136
Bild 6-1	Prinzipieller Aufbau eines integrierten Ingenieursystems.....	137
Bild 6-2	Architektur einer CORBA-basierten Applikation nach OMG [OM92].....	138
Bild 6-3	Klassenhierarchiemodell der Produktmodellklassen.....	140
Bild 6-4	Assoziationsmodell für die Produktmodellklassen	140
Bild 6-5	Klassenhierarchiemodell des Anforderungsverarbeitungssystems	142
Bild 6-6	Assoziationsmodell des Anforderungsverarbeitungssystems	145
Bild A-1	Phasenmodell der Anforderungsverarbeitung	167
Bild A-2	Administration.....	168
Bild A-3	Initialisierung des Anforderungsmodells	169
Bild A-4	Vernetzung und Präzisierung des Anforderungsmodells	170
Bild A-5	Bewertung des Anforderungsmodells	171

Bild A-6	Analyse des Anforderungsmodells.....	172
Bild A-7	Ablauf der Anforderungsverarbeitung am Beispiel Auto	174
Bild A-8	Initialisierung von Partialmodellen	175
Bild A-9	Initialisierung des Anforderungsmodells	175
Bild A-10	Anforderungsliste	176
Bild A-11	Graphische Visualisierung identifizierter Anforderungsobjekte.....	176
Bild A-12	Graphische Visualisierung identifizierter WRA-Beziehungen	176
Bild A-13	Initialisiertes Anforderungsmodell.....	177
Bild A-14	Parallele Spezialisierung von Partialmodellen	178
Bild A-15	Vernetzung des Anforderungsmodells mit einem Partialmodell	179
Bild A-16	Entwicklung von Partialmodellen und Ersatz der Vernetzung	180
Bild A-17	Zielsystem/Bewertungsmodell	181
Bild A-18	Zielsystemvektor	182
Bild A-19	Zuordnung der Zustandswerte.....	183
Bild A-20	Erfüllungszustände des Anforderungsmodells.....	183
Bild A-21	Zustandsänderung über der Zeit.....	184
Bild A-22	Präzisierungsgrad	184
Bild A-23	Weitere Spezialisierung des Partialmodells	185
Bild A-24	Weitere Präzisierung des Anforderungsmodells	187
Bild A-25	Informelle Analyse des Anforderungsmodells.....	188

Tabellenverzeichnis

Tabelle 1	Beurteilung der Methoden und Werkzeuge der Anforderungserhebung	58
Tabelle 2	Beurteilung der Ansätze der Anforderungsverarbeitung	59
Tabelle 3	Zuordnung der Skalierungstypen zu den Begriffen Qualität und Quantität	76
Tabelle 4	Beispielhaft instanziierte Anforderungsklasse	84
Tabelle 5	Attribute und Operationen der Präziserungsbeziehungen	89
Tabelle 6	Attribute und Operationen der WRA-Beziehungen	96
Tabelle 7	Attribute und Operationen der Intermodellbeziehungen	101
Tabelle 8	Anforderungszustände	131