

**Methoden, Daten- und Prozessmodell
für das Ersatzteilmanagement
in der Automobilelektronik**

Von der Fakultät Maschinenwesen der Technischen Universität Dresden

zur

Erlangung des akademischen Grades

Doktoringenieur (Dr.-Ing.)

vorgelegte Dissertation

von

Dipl.-Ing. Markus Hagen

geboren am 13. August 1972 in Bonn

Gutachter: Prof. Dr.-Ing. habil. R. Koch

Univ.-Prof. Dr.-Ing. U. Dombrowski

Dr.-Ing. T. Seubert

Tag der Einreichung: 27. Januar 2003

*Für Kyoko,
June und Miu*

I ABSTRACT

Die Nachhaltige Ersatzteilversorgung mit Elektronikkomponenten stellt die Hersteller vieler technischer Systeme vor neue Herausforderungen. Der technologische Wandel im Halbleitermarkt ist so schnelllebig, dass sich die elektronischen Bauelemente oftmals schon beim Start der Serienproduktion des Gesamtsystems im Serienauslauf befinden. Die Automobilindustrie ist von dieser Problematik besonders betroffen, weil sie Fahrzeuge in großen Serien über vergleichsweise lange Zeiträume mit harten Kostenzielen und hohen Qualitätsmaßstäben fertigt und auch nach Serienende mit Ersatzteilen versorgen muss. Die einzelnen Kfz-Elektronikkomponenten durchlaufen dazu im Vorfeld eines Fahrzeugeinsatzes umfangreiche Freigabeuntersuchungen. Die Konfiguration eines Kraftfahrzeugs wird außerdem einer gesetzlichen Typprüfung unterzogen, so dass eine spätere Abwandlung der ursprünglichen Komponenten nicht ohne weiteres zulässig ist. Änderungen an der einzelnen Komponente sind demnach nur noch mit erheblichem Aufwand möglich. Diese Situation zwingt die Automobilhersteller und ihre Zulieferer für Kfz-Elektronik zu neuen Konzepten im Management ihrer Ersatzteilspektren.

Die vorliegende Arbeit entwickelt ein Management-Support-System für das herstellerseitige Ersatzteilmanagement von Kfz-Elektronikkomponenten auf Basis eines integrierten Methoden-, Daten- und Prozessmodells. Ferner werden Fragen der Systemintegration innerhalb eines Unternehmens und entlang der Wertschöpfungskette untersucht.

Ersatzteilmanagement wird dazu als Strukturprozess innerhalb des Ersatzteilwesens betrachtet, der die Abwicklungsprozesse der Ersatzteilversorgung gestaltet und die Versorgungsstrategien zur einzelnen Kfz-Elektronikkomponente festlegt.

Auf dem Wege der Lösungsfindung werden unterschiedliche Sichtweisen auf die Problematik gewählt. Vorherrschend ist dabei ein systemtechnischer Modellierungsansatz. Als konkrete Modellierungstechnik für das Ersatzteilmanagement-Support-System wird die Unified Modelling Language (UML) in Kombination mit dem ARIS-Unternehmensmodell nach SCHEER eingesetzt.

Der Autor greift bei der Erarbeitung der Lösung auf zahlreiche Fallbeispiele eines großen deutschen Kfz-Zulieferunternehmens zurück, der Hella KG, Hueck & Co. Die Praxisrelevanz des entwickelten Management-Support-Systems wird auch an einem durchgängigen Praxisbeispiel gezeigt.

II DANKSAGUNG

Diese Arbeit wäre ohne die Unterstützung meiner Familie nicht möglich gewesen, denn sie entstand weitestgehend nebenberuflich. Deshalb geht mein erster und besonderer Dank an meine Frau Kyoko und meine ganze Familie, weil sie mir immer den Rücken gestärkt und zu mir gehalten haben, auch wenn ich manchmal jeden Abend und jedes Wochenende für die Dissertation geopfert habe.

Bei meinem letzten Arbeitgeber, der Hella KG Hueck & Co., waren viele Vorgesetzte und Kollegen von Zeit zu Zeit in mein Thema eingebunden und verdienen somit auch meinen besonderen Dank: Von Seiten der Geschäftsführung haben Herr Lenke und Herr Doktor Stark ihre schützende Hand über mich gehalten und meine direkten Vorgesetzten Herr Körnich, Herr Beyer und Herr Christalle gaben mir im Rahmen des Vertretbaren die notwendigen Freiräume, um die Dissertation innerhalb der Hella voranzutreiben. Unter meinen Kollegen möchte ich vor allem Herr Benecken, Herrn Iding, Herrn Korbmacher, Herrn Schmidt und Herrn Sudhoff für ihre praktische und ideelle Unterstützung danken.

Als nächstes möchte ich mich bei Herrn Professor Koch, meinem Doktorvater, für seine richtungsweisenden Ratschläge und intensive Korrekturen bedanken, die mich immer wieder zu neuen Ideen angeregt und mein Vorhaben insgesamt optimal gefördert haben. Außerdem möchte ich Herrn Professor Rheinart und Herrn Professor Dombrowski für ihren Beistand danken. Sie waren jederzeit bereit, mein Promotionsverfahren als Gutachter und Prüfer zu unterstützen. In diesem Zuge gilt mein Dank auch Herrn Trowitzsch (ehem. Hella) und Herrn Doktor Seubert (Hella), die sich beide mehrfach Zeit genommen haben, um meine Lösungsansätze vor dem Hintergrund der Hella KG auf Machbarkeit zu prüfen und sich ebenso als Gutachter und evtl. auch Prüfer angeboten haben.

Die Arbeit wäre jedoch nicht so weit gediehen, hätten nicht im Laufe der Zeit viele Diplomanden einzelne Facetten mit mir zusammen durchdacht und aufbereitet: Frau Hückelheim, Frau Mauel, Herr Althaus, Herr Esser-Vögeding, Herr Lipinsky, Herr Meyer, Herr Pohle, Herr Runge und Herr Standke haben alle Vorarbeiten in meinem ansonsten doch recht neuen Themengebiet geleistet. Fast alle Arbeiten waren nicht nur für mich, sondern vor allem auch für die Hella eine Bereicherung und die Ergebnisse sind dort auch weitestgehend umgesetzt worden. Nicht vergessen darf ich in dieser Reihe Frau Doktor Krause, die mich mit ihrer enormen Sachkenntnis auf dem Bereich der Programmierung und Modellierung immer wieder bei meinem Lösungsansatz bestätigt und die Machbarkeit für den Fall einer vollständigen programmtechnischen Umsetzung abgeschätzt hat. Ebenso waren Frau Drexler und Herr Bothe in der Schlussphase meiner Dissertation wertvolle Sparringspartner.

Nachdem ich mich nun entschieden habe, meine berufliche Zukunft im Feld des Ersatzteilmanagements aufzubauen, werde ich dieses Thema auch in Zukunft bei jetzigem Arbeitgeber, der IAP-GmbH (Institut für angewandte Produktionstechnologie), verfolgen und vertiefen. Bei der IAP und am Institut für Fabrikbetriebslehre und Unternehmensforschung (ifu) der TU Braunschweig entstehen zur Zeit weitere Arbeiten zum Thema und es liegen bereits Erfahrungen aus Praxisprojekten vor. Der Grundstein für ein zukunftsweisendes Ersatzteilmanagement ist somit gelegt und die Früchte warten nur darauf für die Praxis gepflückt zu werden.

III INHALTSVERZEICHNIS

I	Abstract	iii
II	Danksagung	v
III	Inhaltsverzeichnis	vii
IV	Abbildungsverzeichnis / Tabellenverzeichnis	ix
V	Abkürzungsverzeichnis	xiii
1	Einführung und Zielsetzung	1
1.1	Zielsetzung der Arbeit	4
1.2	Vorgehensweise	5
1.3	Begriffsdefinitionen und Systemverständnis	6
1.4	Allgemeines Zielsystem	9
1.5	Aufbau der Arbeit / Kapitelstruktur	11
2	Kontextanalyse zur Ersatzteilversorgung	13
2.1	Gesetzliche Rahmenbedingungen für die Ersatzteilversorgung mit Kfz-Elektronikkomponenten	13
2.2	Struktur des Ersatzteilbedarfs und der Instandsetzung im Automobilssektor	16
2.3	Beziehung zwischen Kfz-Herstellern und -Elektronikzulieferern	22
2.4	Beziehung zwischen Kfz-Elektronikzulieferer und Halbleiterherstellern als herausgehobenes Beispiel für Unterlieferanten	23
2.5	Struktur und Dynamik typischer Ersatzteilspektren in der Automobilelektronik	24
2.6	Schlussfolgerungen für das ETM	34
3	Methoden- und Prozesse des Ersatzteilmanagements	37
3.1	Entscheidungsprozesse im Ersatzteilmanagement am Praxisbeispiel	37
3.2	Methodische Basis für das ETM	43
3.3	Prozessmodell ETM	57

4	Ansatzpunkte und Handlungsspielräume des Ersatzteilmanagements	64
4.1	Versorgungspotenziale und –strategien der Produktentstehung	64
4.2	Versorgungspotenziale und –strategien der Beschaffung	69
4.3	Versorgungspotenziale und –strategien der Bereitstellung	70
4.4	Versorgungspotenziale und –strategien der OEM- und OES/IAM-Module	72
4.5	Versorgungspotenziale und –strategien der Entsorgung	74
4.6	Etablierte Lösungsansätze in der Automobil- und Halbleiterindustrie	77
4.7	Versorgungsstrategien und -potenziale als Objekte des ETM	83
5	Integriertes Ersatzteilmanagement-Support-System	86
5.1	Gewählter Lösungsansatz	86
5.2	Auswahl Modellierungstechnik und Unternehmensmodell	89
5.3	Modellierung der ETV für ein integriertes ETMSS mit Hilfe der UML (Überblick)	93
5.4	Modellierung der einzelnen Facetten eines Versorgungsszenarios	100
5.5	Softwaregestützte Geschäftsprozesse des ETMSS als Ausgangsbasis zur Prozessoptimierung im ETW	113
6	Systemlösungen und Realisierung	117
6.1	Praxisbeispiel	117
6.2	Umsetzung von ETM-Maßnahmen in der Produktion	124
6.3	Architektur des ETMSS und Integration in bestehende Softwarelandschaften	126
6.4	Wissenschaftliche und wirtschaftliche Bewertung des ETMSS	129
7	Zusammenfassung und Untersuchungsfortführung	135
APPENDIX A	Ergänzende Abbildungen	140
APPENDIX B	Literaturverzeichnis	141

IV ABBILDUNGSVERZEICHNIS / TABELLENVERZEICHNIS

Abbildung 1-1: Schematische Darstellung der Gefahr einer HL-Abkündigung bei laufender Serie eines Kfz _____	2
Abbildung 1-2: Vergleich der Technologiezyklen zwischen Kfz und Computer _____	3
Abbildung 1-3: Umsatzanteilsverteilung Elektronik nach Märkten und Branchen _____	3
Abbildung 1-4: Grundlegende Strukturen in der Kfz-Elektronik _____	7
Abbildung 1-5: Systemverständnis Ersatzteilversorgung und Ersatzteilmanagement _____	8
Abbildung 1-6: Zielsystem _____	10
Abbildung 2-1: Rechtlich relevante Begriffe zur Entsorgung _____	14
Abbildung 2-2: Durchschnittlicher Bestand an Kfz in Dtl _____	17
Abbildung 2-3: Fahrzeugbestand Deutschlands _____	17
Abbildung 2-4: Kfz-Lebenserwartung in Europa _____	17
Abbildung 2-5: Zunahme der Reparaturtiefe im IAM _____	18
Abbildung 2-6: Versorgungssituation für Kfz-Elektronikkomponenten bei einem deutschen Kfz-Hersteller am Beispiel der Oberklasse _____	20
Abbildung 2-7: Produktspektrum der Hella, Geschäftsführungsbereich Elektronik _____	25
Abbildung 2-8: Entwicklung eines Spektrums an Kfz-Elektronikkomponenten; Veränderungen der Produktlebenszyklusdauer _____	26
Abbildung 2-9 Typischer Lebenszyklus und seine verschiedenen Phasen _____	28
Abbildung 2-10: Beschaffungsrisiko _____	30
Abbildung 2-11: Risikoanalyse für Ersatzteilversorgung _____	32
Abbildung 2-12: ETV-Fehlerbaum auf Ebene 1 und 2 der Supply Chain _____	33
Abbildung 2-13: Ursachenanalyse für Versorgungsrisiken _____	34
Abbildung 3-1: Unproblematische Endbevorratung _____	39
Abbildung 3-2: Lagerfähigkeitsgrenzen von Kfz-Elektronikkomponenten _____	40
Abbildung 3-3: Problematische Abkündigung früh im Produktlebenszyklus _____	41
Abbildung 3-4: ETM im Vergleich zu anderen Managementaufgaben _____	43
Abbildung 3-5: Methoden des Lebenszyklusorientierten Ersatzteilmanagements nach DOMBROWSKI _____	45
Abbildung 3-6: Entwicklungsstand der ETM-Methoden im Hinblick auf Komplexitätsbeherrschung _____	47
Abbildung 3-7: Konzeptbestandteile des Supply Chain Management _____	51
Abbildung 3-8: ETM-Prozessmodell _____	58
Abbildung 3-9: Lebenszyklusmodule nach Kemminger _____	59
Abbildung 3-10: multidimensionale Sicht (Organisation, Prozess, Lebenszyklus) auf die Zusammenhänge in der Ersatzteilversorgung _____	62
Abbildung 3-11: Ersatzteilmanagement im Produktlebenszyklus _____	63

Abbildung 4-1: Versorgungsstrategien und Ansätze im Überblick	83
Abbildung 4-2: Gängige Vorstellung eines idealen Versorgungsszenarios	84
Abbildung 5-1: Grundstruktur eines wissensbasierten ETMSS	88
Abbildung 5-2: UML Diagrammübersicht	90
Abbildung 5-3: Vergleich ERM und UML-Notation für statische Datenmodelle	91
Abbildung 5-4: Übertragbarkeit von EPKs in Aktivitätsdiagramme	92
Abbildung 5-5: Ablauf oo-Programmierung und moderne Mehr-Schichten-Architektur für oo-Programmierung	92
Abbildung 5-6: Unternehmensdatenmodell in UML modelliert in Anlehnung an SCHEER	94
Abbildung 5-7: Basisstruktur des ETMSS	96
Abbildung 5-8: Layout-Beispiel eines Versorgungsszenario-Reports	99
Abbildung 5-9: Statisches Modell für Bedarfe	101
Abbildung 5-10: Ermittlung der Eignung von VS für einzelne Elektronikkomponenten	103
Abbildung 5-11: Statisches Modell der Eignungsermittlung	104
Abbildung 5-12: Dynamisches Modell der Eignungsermittlung	104
Abbildung 5-13: Statisches Modell ‚Versorgungsrisiko‘	106
Abbildung 5-14: Sequenzdiagramm ‚Ermittlung Gesamtrisiko für Periode und VS‘	107
Abbildung 5-15: Aktivitätsdiagramm zur Dringlichkeitsermittlung	108
Abbildung 5-16: Statisches Modell der Maßnahmenplanung	112
Abbildung 5-17: <i>Use Cases</i> des ETMSS	114
Abbildung 5-18: Beispiel 1 für integriertes ETM: Auslaufprojektmanagement	116
Abbildung 5-19: Beispiel 2 für Integriertes ETM: Bauelementabkündigung	116
Abbildung 6-1: Photo des Produktbeispiels	117
Abbildung 6-2: Produktbeispiel Zentralsteuergerät mit Beispielrisiken	118
Abbildung 6-3: Massenverteilung der Hauptkomponenten des Max	118
Abbildung 6-4: Ablauf der Indikatorprognose auf Basis der Felddausfälle	119
Abbildung 6-5: Ersatzbedarf des Produktbeispiels für einen Fahrzeugtyp der Fahrzeugplattform aus einem Automobilwerk	120
Abbildung 6-6: Eingabemaske zur Bewertung der Eignung einer Kfz-Elektronikkomponente Max	120
Abbildung 6-7: Risikoermittlung für Max bei der VS Neuproduktion	121
Abbildung 6-8: VSz für Max	123
Abbildung 6-9: Flexible Flächennutzung in der Nachserienproduktion	124
Abbildung 6-10: Flexibles Produktionssystem	125
Abbildung 6-11: Betriebsmitteldatenbank in der Produktion	125
Abbildung 6-12: Benötigte Daten und Geschäftsprozesse aus Logistikprozessen des UM	126
Abbildung 7-1: Softwareeinsatz für die ETV entlang der Supply Chain	138

Abbildung A-1: Aktivitätsdiagramm zu Geschäftsprozess „VSz ermitteln“	140
Gleichung 5-1: Gesamtversorgungsrisiko einer Periode	105
Gleichung 5-2: Einfluss von Aktionen auf Versorgungsrisiken	113
Tabelle 2-1: Vergleich Kfz-Hersteller und Kfz-Elektronikzulieferer	22
Tabelle 2-2: Merkmalsausprägung Halbleiterhersteller	24
Tabelle 4-1: Stand der Technik bei ausgewählten Kfz-Herstellern	78
Tabelle 4-2: Stand der Technik bei ausgewählten Kfz-Elektronikzulieferern	80
Tabelle 4-3: Zusammenhänge zwischen VS und Potentialen	85
Tabelle 5-1: Vereinfachter Kostenansatz für Versorgungsstrategien	111
Tabelle 5-2: Geschäftsprozess-Schablone „Versorgungsszenario ermitteln“	115
Tabelle 6-1: Eignung der Kfz-Elektronikkomponente Max	121

V ABKÜRZUNGSVERZEICHNIS

APRA	Automotive Parts Rebuilder Association
APS	Advanced Planning System
ASIC	Application Specific Integrated Circuit
Bosch	Robert Bosch GmbH
CORBA	Common Object Request Broker Architecture
CPM	Critical Parts Management
DC	DaimlerChrysler AG
DfE	Desing for Environment
DOD	Discontinuation of Delivery
DSS	Decision Support system (Entscheidungsunterstützungssystem)
EDO	End of Delivery Obligation, Ende der Lieferverpflichtung
EOP	End of Production, Serienauslauf
ERP	Enterprise resource Planning
ESS	Expert Support System
ET	Ersatzteil
ETM	Ersatzteilmanagement
ET-M	Ersatzteil-Manager
ETMSS	Ersatzteilmanagement-Support-System
ETV	Ersatzteilversorgung
ETW	Ersatzteilwesen
FuE	Forschung und Entwicklung
G	Gewichtung
Hella	Hella KG Hueck & Co.
HL	Halbleiter
IAM	Independent After Market
K	Kfz-Elektronikkomponente
Kfz	Kraftfahrzeug
KI	Künstliche Intelligenz
Kr	Kriterium
LCA	Life Cycle Assessment
Lkw	Lastkraftwagen

MRP I	Material Requirements Planning
MRP II	Manufacturing Ressource Planning
MSS	Management Support System
Nfz	Nutzfahrzeug
OE	Original Equipment
OEM	Original Equipment Manufacturer
OES	Original Equipment Service
oo	objektorientiert
OOA	Objektorientierte Analyse
OOD	Objektorientiertes Design
PCN	Product Change Notification
PEP	Produktentstehungsprozess
PLZ	Produktlebenszyklus
PTN/PDN	Product Termination / Discontinuation Notification
RM	Risk Management / Risiko Management
SCM	Supply Chain Management
SE	Systems Engineering
SOP	Start of Production, Serienstart
SPEC	Specification, Spezifikation
Tier 1	Zulieferer auf der ersten Zulieferstufe in der Wertschöpfungskette
UDM	Unternehmensdatenmodell
UM	Unternehmensmodell
UML	Unified Modeling Language
V	Versorgung
VaR	Value at Risk
VP	Versorgungspotential
VR	Versorgungsrisiken
VS	Versorgungsstrategie
VSr	Versorgungsrisiko
VSz	Versorgungsszenario
WEEE	Waste from Electrical and Electronic Equipment
XPS	Expertensystem

1 EINFÜHRUNG UND ZIELSETZUNG

Nachhaltigkeit bedeutet aus ingenieurtechnischer Sicht nicht nur langlebige recyclinggerechte Konstruktionen und ressourcenschonende Produktion, sondern auch **langfristige Nutzbarkeit** der hergestellten technischen Systeme¹. Dabei stellt die Verschleißgrenze der verschleißbehafteten Bauteile oder Baugruppen nur in sofern das Lebensende des Systems dar, als dass man diese nicht kostengerecht instandsetzen oder gegen Neuteile austauschen kann. Durch verschiedene Formen der Obsoleszenz² kann das Verhältnis von Nutzen und Kosten aus Instandhaltungsmaßnahmen negativ beeinflusst werden:

1. Schneller technologischer Wandel reduziert ganz allgemein den relativen Nutzen eines vorhandenen Systems im Vergleich zu seinem Nachfolger.
2. Der Wandel kann sich auch negativ auf die Kosten der Instandsetzungsmaßnahme selbst auswirken, wenn die Instandsetzungskosten im Verhältnis zum Restwert bzw. Wiederanschaffungspreis zu hoch werden.

Eine nachhaltige Nutzung komplexer technischer Systeme setzt somit auch eine nachhaltige, d.h. langfristige und kostengünstige, Ersatzteilversorgung voraus. Dadurch wird im Umkehrschluss auch ein Beitrag zu einer ökologisch nachhaltigen industriellen Entwicklung insgesamt geleistet.

Abgesehen davon trägt eine nachhaltige Ersatzteilversorgung maßgeblich zur Kundengewinnung und -bindung bei und stellt für viele Industriebereiche einen wichtigen Umsatzträger dar: Zum Beispiel beträgt das Umsatzvolumen des Kfz-Teilemarktes in der Bundesrepublik Deutschland ca. 10 Mrd. € [Ihd99, S. 21] und macht bei Kfz-Herstellern und -Zulieferern zwischen 10-30% vom Primärproduktumsatz aus [Ihd99, S. 17].

Eine nachhaltige Ersatzteilversorgung für technische Systeme ist nach etablierter Denkweise die Aufgabe der Ersatzteillogistik, welche wiederum vom Ersatzteilwesen einer Firma organisiert und durchgeführt wird (vgl. [Ihd99]). Das Gestaltungsobjekt ist dabei die Ersatzteillogistik selbst – d.h. das Ersatzteilwesen übernimmt die Planung, Steuerung und Überwachung der zugehörigen Ersatzteil- und Informationsflüsse.

Eine nachhaltige Ersatzteilversorgung ist bereits bei mechanischen Komponenten eine große Herausforderung, weil die Stückzahlen zwangsläufig sinken (vgl. [Ehr00, S. 147]), Lagerhaltung oftmals teuer ist, Lagerfähigkeiten begrenzt sind und die Produktionsfähigkeit mit der Zeit leidet; z.B. können Werkzeuge zur Produktion der Ersatzteile an ihre Lebensgrenze stoßen.

¹ Birkhofer [Bir98, S. 13] definiert Anforderungen an eine nachhaltige Produktentwicklung wie folgt:

- Umweltverträgliche Werkstoffe einsetzen
- Materialeinsatz reduzieren
- Erneuerbare Materialien einsetzen
- Leichtbau vorsehen
- Lebensdauer erhöhen**
- Wirkungsgrad erhöhen
- Produkte oder Komponenten wieder- oder weiterverwenden**
- Werkstoffe wieder- oder weiterverwenden**

² aus dem Engl. „obsolescence“, Veralterung. Meint in diesem Zusammenhang nicht die physische Alterung, sondern die Abnahme der Nachfrage und daraus folgenden Rückgang der Bezugsquellen eines Bauteil. Allgemein wird in technologische, ökonomische und sozialpsychologische Obsoleszenz unterschieden (vgl. [Bel90, S. 25-29]).

Noch größer ist diese Herausforderung allerdings bei technischen Systemen mit hohem Elektronikanteil, denn die Halbleiter als zentrale Bestandteile der Elektronik unterliegen ihren eigenen Gesetzmäßigkeiten. Durch den schnellen technologischen Wandel in der Elektronik droht durch technologische Obsoleszenz der Halbleiterbauelemente eine drastische Verkürzung der ansonsten erzielbaren Nutzungsdauer technischer Systeme. Die Innovationsgeschwindigkeit im Halbleiterbereich ist im Vergleich zu den meisten anderen technischen Systemen sehr hoch (vgl. [Tee00], [Mar92, S. 12ff.], [Dro93, S. 54], [ZVE02]), was kurze Technologielebenszyklen³ nach sich zieht. So kann es heute sehr wohl sein, dass die Halbleiterbauelemente schneller entwickelt, marktreif gemacht, vertrieben und produziert werden als übergeordnete technische Systeme entwickelt werden können. Das hat zur Folge, dass sich das Halbleiterbauelement bereits im Abschwung und Produktauslauf befindet, wenn das übergeordnete System gerade in der Markteinführung steckt (Abbildung 1-1).

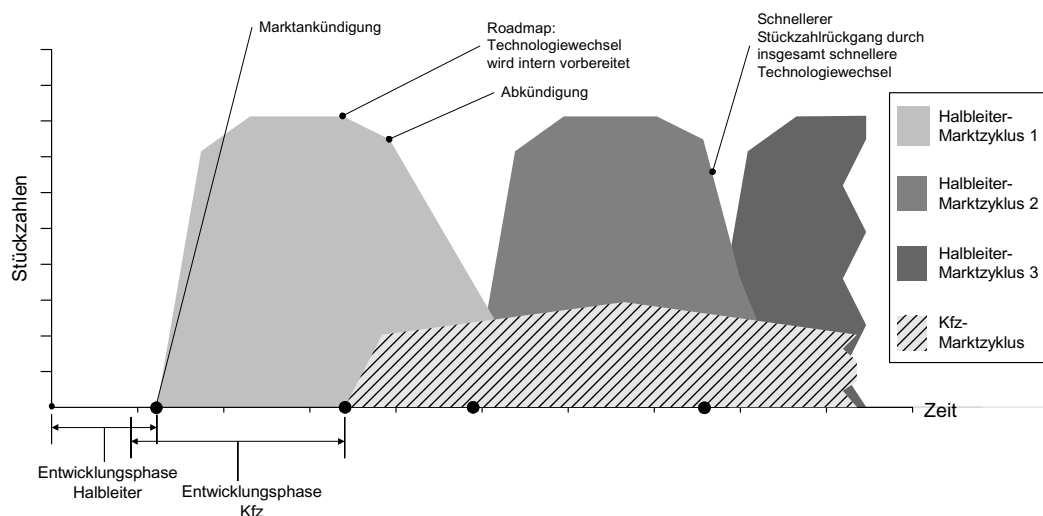


Abbildung 1-1: Schematische Darstellung der Gefahr einer HL-Abkündigung bei laufender Serie eines Kfz (vgl. [ZVEI02, S. 9ff])

Elektronik wird aber immer mehr zum unverzichtbaren Bestandteil technischer Systeme, denn sie hilft diese *„leistungsfähiger, sicherer, umweltgerechter, komfortabler, sparsamer und nicht zuletzt konkurrenzfähiger zu machen“* [ZVE02, S. 3]. Die hohe Innovationsgeschwindigkeit macht dabei manche Entwicklung erst möglich [ZVE02, S.3f].

Abbildung 1-2 (vgl. [Tee00]) zeigt einen schematischen Vergleich der Produktlebenszyklen von Elektronikkomponenten für die Datentechnik und den automobilen Einsatz. Man erkennt deutlich die Verschiebung der Technologiezyklen: Im starken Gegensatz zu den Computerkomponenten sind beim Kfz Produktentstehung und Serie einerseits und Nachserienlieferverpflichtung andererseits von wesentlich größerer Dauer. Man erkennt wie die Automobilentwicklung auf den schnellen Technologiezyklen der Elektronik mit eigenen Entwicklungen aufsatteln kann, es wird aber auch deutlich, dass sich das Problem der Zyklusverschiebungen im Laufe der Jahre immer weiter verschärft, weil die Lücke immer weiter auseinander klafft, je mehr Zyklen durchlaufen werden. Die Anforderungen der unterschiedlichen Industriezweige kollidieren unweigerlich bei dem Versuch das eine zu tun, ohne das andere zu lassen, d.h. von der Elektronik profitieren zu wollen und

³ Vgl.: Begriffsdefinition nach Kotler [Kot94, S. 354]

gleichzeitig eingeschwungene Geschäftspraktiken mit entsprechenden Technologiezyklen, Nutzungsdauern der Produkte und Ersatzteilversorgungszeiträumen beizubehalten.

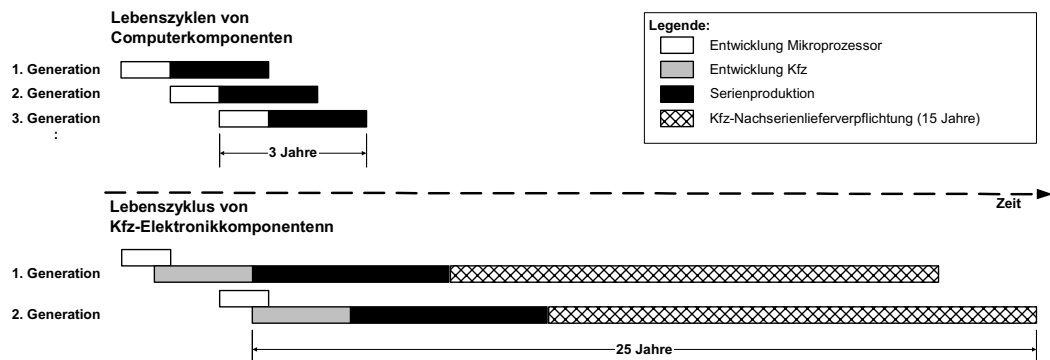
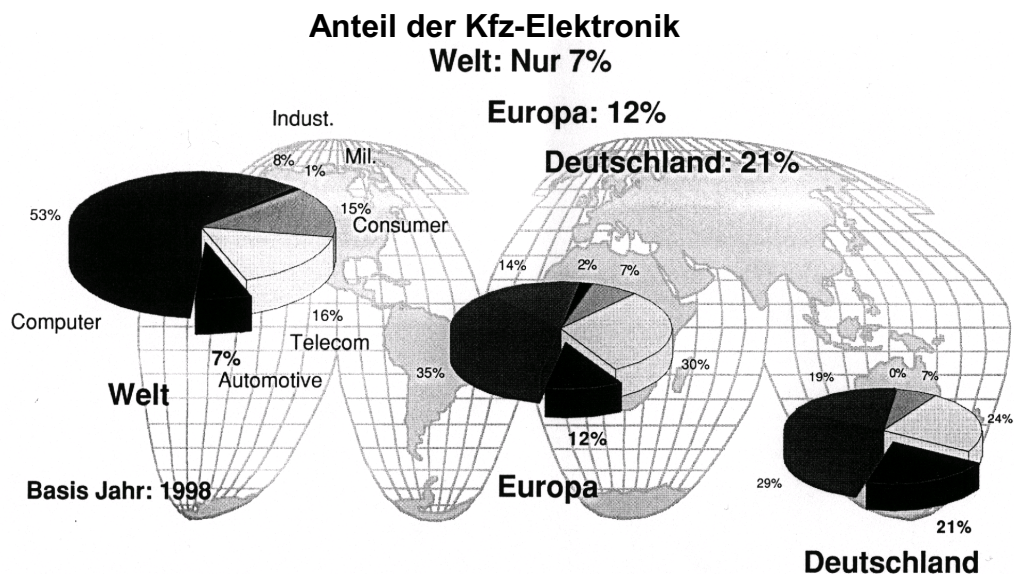


Abbildung 1-2: Vergleich der Technologiezyklen zwischen Kfz und Computer

Der Siegeszug der Elektronik ist dennoch kaum zu stoppen – Beispiel: In der automobilen Oberklasse macht Elektronik heute bereits einen Wert von 25% der Herstellkosten aus – mit steigender Tendenz. Es werden sogar Wertanteile über 30% erwartet (vgl. [ZVE02, S. 3f]). Gegenüber den Hauptabnehmern für Elektronik, der Computer-, Telekommunikations- und Konsum-Branche, machen andere Sektoren jeweils nur wenige Prozent aus (Abbildung 1-3). Die Automobilelektronik wird dabei z.B. auf nur 5-7% des weltweiten Umsatzes taxiert (vgl. [ZVE02, S. 3f]). Somit können diese Industriezweige sich mit ihren Forderungen nach langen Verfügbarkeiten bei gleichzeitiger Teilhabe am technologischen Fortschritt kaum durchsetzen.



Quelle: WSTS, ZVEI, Motorola

Abbildung 1-3: Umsatzanteilsverteilung Elektronik nach Märkten und Branchen⁴

Das Problem wird zusätzlich durch die generelle stetige Verkürzung der Lebenszyklen und stetig wachsende Forschungs- und Entwicklungsanteile (FuE) an den Gesamtkosten verstärkt (vgl. [Kem99, S. 48], [Kim97, S. 2f.]). Im Durchschnitt haben sich die Technologielebenszyklen in der Investitionsgüterindustrie und im Fahrzeugbau von den 70er bis in die 90er Jahre von 11-12 auf 6-7 Jahre verkürzt, wohingegen sich die Zyklen in der Informationstechnik von 11-12 auf 4-5 Jahre reduzierten (vgl.: allg.: [Kem99, S. 47],

⁴ Weltweiter Umsatz mit Automobilelektronik in 2001: 14,1 Mrd. \$ [FAZ01]

[Kim97, S. 2f.]; Kfz-Industrie: [Mei94b, S. 41]). Die Fixkostenanteile sind in diesem Zeitraum durch das Wachstum der FuE-Aufwendungen und durch erhöhte Automatisierung von 39% auf 48% angestiegen (vgl. [Kim97, S.4], [Kem99, S. 48f], [Bön97, S. 2]). Dadurch müssen die Investitionen in FuE und Produktionssysteme in immer kürzerer Zeit amortisiert werden. Dies bedeutet grundsätzlich ein steigendes unternehmerisches Risiko (vgl. [Bön97, S.5], [Kem99, S. 48]).

Ersatzteilversorgungsrisiken durch Technologiezyklusverschiebungen zwischen Halbleiterindustrie und anderen Industriezweigen bergen vor diesem Hintergrund eine zusätzliche Gefahr für die Profitabilität von Produkten und somit von Unternehmen (s. Kap. 2.5.3, S. 28ff), weil Lieferverpflichtungen (s. Kap. 2.1, S. 13) die betroffenen Unternehmen zu ungeplanten Ausgaben für Langzeitlagerungen, Redesigns, etc. zwingen können. Die geplanten Produktrenditen in späten Phasen des Lebenszyklus können aufgeessen werden, wenn das Geld dringend für Neuentwicklungen gebraucht würde. Fehlentscheidungen in diesem Bereich können die Profitabilität eines Produktes über den gesamten Lebenszyklus (PLZ) ins Gegenteil verkehren, nämlich gegen Ende des PLZ Verluste für den Hersteller bringen, ohne dass sich dieser des Problems bei Projektstart bewusst wäre, bzw. die Übergewichtung eines niedrigen Serienpreises in der Produktgestaltung kann sich sogar nachteilig auf die Ersatzteilversorgungssicherheit und -kosten auswirken.

Das traditionelle Ersatzteilwesen ist mit seinem Fokus auf die Ersatzteillogistik mit dem Problem der Langzeitverfügbarkeit überfordert, denn es handelt sich hierbei nur sehr begrenzt um eine logistische Fragestellung (vgl. [Stö99, S. 162ff]).

1.1 Zielsetzung der Arbeit

Die vorliegende Arbeit nimmt dieses Dilemma als Ausgangspunkt, um ein integriertes Methoden-, Daten- und Prozessmodell für ein nachhaltiges, herstellereitiges Ersatzteilmanagement (ETM) für Elektronikkomponenten aufzustellen und daraus ein geeignetes Management Support System (MSS) für das ETM zu entwickeln. (Im Folgenden wird das Ersatzteilmanagement-Support-System als ETMSS abgekürzt.) Modell und ETMSS sollen die Grundlage für umfassende Verbesserungen im Ersatzteilwesen bilden. Die Motivation ist, dass ein umfangreiches Ersatzteilspektrum nicht zum unkalkulierbaren Risiko für Hersteller werden soll.

Die Zielsetzung dieser Arbeit ist vielschichtig, denn zur Definition eines integrierten Methoden- und Datenmodells für das Ersatzteilmanagement und die Entwicklung des ETMSS sind viele Fragestellungen im Vorfeld zu klären. Das Zielsystem kann an dieser Stelle nur im Überblick dargestellt werden. Die Details werden in den folgenden Kapiteln erarbeitet. Die Arbeit verfolgt drei Hauptziele:

1. Systematische Ausgestaltung eines herstellereitigen Ersatzteilmanagements (ETM) für das Ersatzteilwesen (ETW) in der Kfz-Elektronik und Einbettung des ETM in die Unternehmensstrukturen und –prozesse. Methodische Ansätze, Handlungsspielräume und Anknüpfungspunkte für das ETM werden erarbeitet.
2. Entwicklungsumgebung für die Erstellung integrierter ETM-Werkzeuge, d.h. Auswahl einer geeigneten Vorgehensweise inkl. Modellierungstechniken
3. Konzeption und Bewertung eines konkreten ETMSS, das ETM optimal unterstützt.

Das Endergebnis ist das systemtechnische Konzept eines wissensbasierten ETMSS. Ferner werden Fragestellungen der Systemintegration innerhalb eines Unternehmens und entlang der Supply-Chain untersucht.

1.2 Vorgehensweise

Bevor man sich jedoch diesen Zielen zuwenden kann, muss das Ersatzteilwesen (ETW) in der Kfz-Elektronik intensiv beleuchtet werden, denn zur Definition geeigneter Methoden und Prozesse ist es zunächst wichtig, die Anforderungen und Zusammenhänge genau zu kennen. Die Auswirkung von Obsoleszenz bei Elektronikkomponenten auf die Ersatzteilversorgung sind bisher kaum systematisch erfasst. Deshalb muss ein Systemmodell konsequent entwickelt werden.

Auf dem Wege der Lösungsfindung kommen unterschiedliche Sichtweisen zum Einsatz.

1. Systems Engineering (SE): Mit Hilfe der Herangehensweise des Systems Engineering bei der Modellierung wird das Gesamtthema strukturiert. Es werden Ziel-, Objekt-, Prozess- und Handlungssysteme unterschieden (vgl. [Dae92], [Neg98]).
2. Supply Chain Management (SCM): SCM [Stö99] dient dazu die Außenbeziehungen des Ersatzteilwesens und die Anforderungen zu klären, die an es gestellt werden. SCM bietet außerdem eine hinreichende Basis, um die Abhängigkeiten innerhalb eines Ersatzteilspektrums und die Wirkungszusammenhänge entlang der Wertschöpfungskette zu verstehen.
3. Lebenszyklusmodell: Ein umfassendes, modulares Lebenszyklusmodell ist notwendig, um die zeitlichen Abhängigkeiten im Ersatzteilwesen strukturiert zu erfassen, und bildet die Grundlage, um die einzelnen Methoden des Ersatzteilmanagements zu identifizieren und diese in den Gesamtzusammenhang zu anderen Unternehmensprozessen zu stellen. Das Lebenszyklusmodell wird Modular aufgebaut, damit es mit dem SCM korreliert und sich nahtlos einfügt in ein
4. Unternehmensmodell: Ein Unternehmensmodell ist eine sehr umfassende systemtechnische Abbildung eines Unternehmens in verschiedenen Modelldimensionen. Ein vorhandenes Unternehmensmodell [Sch97a] dient als Basis für die Erweiterung um das integrierte ETMSS. Der Rückgriff erleichtert somit die Modellierungsarbeit.
5. Für die Modellierung des ETMSS kommt die weit verbreitete und gut geeignete Modellierungstechnik Unified Modelling Language (UML) zum Einsatz [Bal99].

Diese doch recht vielschichtige Betrachtung ist notwendig, um das bisher kaum bearbeitete Gebiet des Ersatzteilmanagements mit den vorhandenen Methoden zu strukturieren und die Entwicklung integrierter Methoden- und Prozesse durchzuführen.

Die Erarbeitung der Lösung geschieht möglichst konkret bezogen auf einen Industriezweig; die Vorgehensweise als solche ist aber allgemein anwendbar.

Das gewählte Praxisbeispiel ist die Kfz-Elektronik, die in vielerlei Hinsicht das ideale Schaustück darstellt. Stellvertretend für die Automobilindustrie wird dies an neutralisierten Fallbeispielen eines großen deutschen Automobilzulieferers, der Hella KG Hueck & Co. (Hella), dokumentiert.

1.3 Begriffsdefinitionen und Systemverständnis

Vor einer weitergehenden Systemmodellierung müssen die in dieser Arbeit verwendeten Begrifflichkeiten klargestellt⁵ werden. Abbildung 1-4⁶ zeigt einige der Begriffe im Zusammenhang.

Im folgenden wird von **Kfz-Elektronikkomponenten** gesprochen. Dies ist ein Sammelbegriff für Steuergeräte (Motor-, Klima-, Getriebe-, etc.) und weitere Fahrzeugkomponenten mit Elektronikanteilen, z.B.: Sensoren, (Drehratensensor, Lenkwinkelsensor, Regensensor, etc.), Instrumente und Bedienteile (Innenraumbeleuchtung, ...). Der Begriff wurde in einer Arbeitsgruppe des ZVEI Arbeitskreises [ZVE00] von Vertretern der Fahrzeughersteller und Zulieferer erarbeitet, nachdem Begriffliche Verwirrungen aufgetreten waren. Er entspricht weitestgehend der üblichen Gliederung technischer Systeme (vgl. [Pah97, S. 36] oder [Ehr95, S. 31]; s. Abbildung 1-4).

Kfz-Elektronikkomponenten gelangen auf verschiedenen Wegen zum Endkunden. Als **OEM-Teil** werden sie durch den Kfz-Hersteller (**OEM – Original Equipment Manufacturer**) in ein Fahrzeug verbaut und somit an den Kunden weitervertrieben. Der Kunde kann die Kfz-Elektronikkomponenten auch in Form von Ersatzteilen kaufen. Diese bezieht er über den **Original Equipment Service (OES)** oder den **Independent After Market (IAM)**, d.h. über den gebundenen oder freien Teilehandel.

Ersatzteile sind „Teile [...], Gruppen [...] oder vollständige Erzeugnisse, die dazu bestimmt sind, beschädigte, verschlissene oder fehlende Teile, Gruppen oder Erzeugnisse zu ersetzen“. [DIN 24420] Ersatzteile sind immer **Teil eines Primärproduktes** [Pfo96, S. 216]. Ersatzteile können zusätzlich in verschiedenen Kategorien klassifiziert werden. In der deutschen Normung werden **Kleinteile, Reserve- und Verbrauchsteile** [DIN 31051] differenziert. Die Unterscheidung zwischen letzteren erfolgt anhand des Kriteriums: wirtschaftliche Instandsetzung möglich? –ja oder nein. Ferner kann man Reserveteile von Verbrauchsteilen durch ihr Ausfallverhalten unterscheiden: Verbrauchsteile zeigen Verschleiß und unterliegen Abnutzungserscheinung, die eine Ausfallrate prognostizierbar machen, wohingegen die Lebenserwartung von Reserveteilen der des Primärproduktes gleich ist oder diese sogar übertrifft ([Red76, S. 10]). Deshalb sind bei Reserveteilen nur Zufallsausfälle zu erwarten. DOMBROWSKI [Dom01] benutzt eine leicht abweichende Terminologie: Verschleiß- und Ausfallteile. Kfz-Elektronikkomponenten sollten als Reserveteile bzw. Ausfallteile eingestuft werden (vgl. [Pau98, S.14]). Weitere Klassifizierungen sind denkbar, z.B. kann man Komponenten anhand der Bedeutung für die Fahrtüchtigkeit eines Kfz unterscheiden (vgl. BMW, Kap. 4.6, S. 77).

In der Literatur wird **Ersatzteilmanagement (ETM)** nur selten und dann gleichbedeutend mit den häufigeren Begriffen Ersatzteilwesen bzw. Ersatzteilwirtschaft benutzt. Ersatzteilmanagement bedeutet demnach bisher die vordringlich logistische Planung, Steuerung und Überwachung von Ersatzteilflüssen. Pfohl [Pfo96, S. 216] und Ester [Est97, S. 118] differenzieren noch zusätzlich danach, ob es sich um ein abnehmer- oder herstellerseitiges ETM handelt. Für das hier behandelte Problem der Ersatzteilversorgung

⁵ In Anlehnung an DIN-Standards ([DIN24420], DIN 31051), REDECKER [Red73], PFOHL [Pfo96], MEYER [Mey95], BIEDERMANN [Bie95], MEIDLINGER [Mei94a], WÖHE [Wöh93], SCHIERENBECK [Sch99a] und ESTER [Est97] gute Begriffbestimmungen, die hier zum Teil übernommen werden.

⁶ Begriffsdefinition „OEM“ und „Zulieferer“ z.B. bei [Kim97, S. 13], Supply Chain hier frei nach [SCC01], siehe auch Abbildung 3-7, S. 51

mit Kfz-Elektronikkomponenten ist die herstellerseitige Sicht ausschlaggebend. Diese Auffassung entspricht nach Erfahrung des Autors auch der betrieblichen Vorstellung bei Automobilzulieferern. Die Sichtweise der Kfz-Hersteller wäre demzufolge in einem abnehmerseitigem Ersatzteilmanagement abgedeckt. Ersatzteilmanagement wird auch als Teilbereich des Service und im Zusammenhang mit der Instandhaltung gesehen (z.B. [Ehr 00, S. 36], [Kem99, S. 191], [VDI2246]).

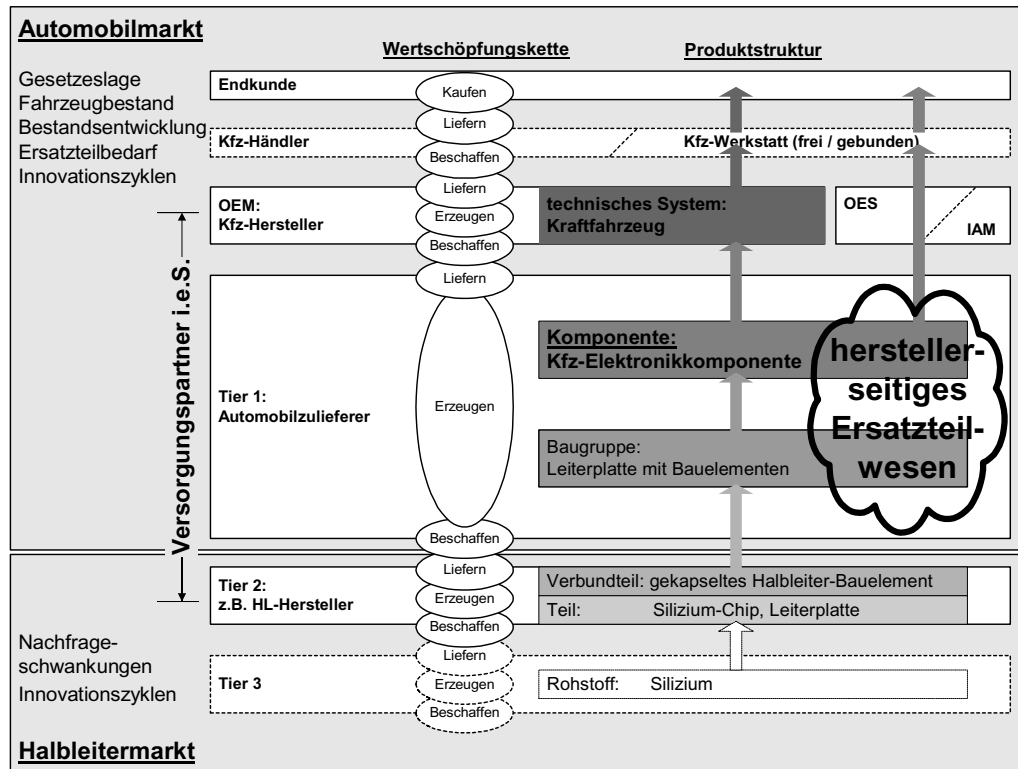


Abbildung 1-4: Grundlegende Strukturen in der Kfz-Elektronik

Allerdings wurde bereits Skepsis gegenüber den Lösungsangeboten der Logistik bei den Problemen der ETV mit Elektronikkomponenten geäußert. Deshalb soll der Begriff des ETM gezielt erweitert werden:

Die wenige direkt zum Thema vorhandene Literatur ([Hag00], [Tra00], [Dom01], [Dom02]) dehnt den Einfluss des Ersatzteilmanagements auch auf die Produktgestaltung in den Bereichen Neugestaltung und Produktpflege aus. Somit steht das ETM in enger Beziehung zum Produktmanagement mit Produktprogrammplanung und -controlling (vgl. [Eve96, S. 8-63ff]), nur dass der Fokus nicht auf den frühen, sondern den späten Phasen des Produktlebenszyklus liegt.

Weiterhin macht es Sinn zwischen Abwicklungs- und Strukturprozessen zu trennen [Eve96, S. 5-44], um eine noch schärfere Trennung der verschiedenen Begrifflichkeiten zu erreichen. Abwicklungsprozesse erbringen eine Leistung für externe Kunden und werden regelmäßig durchlaufen, wohingegen Strukturprozesse dem Aufbau und der Pflege von Fähigkeiten dienen und i.d.R. einmalig oder sporadisch ausgeführt werden. In diesem Sinne ist das ETM der Strukturprozess innerhalb des Ersatzteilwesens, der die Ersatzteilversorgung kontrolliert und gestaltet. ETM wird hiermit definiert als:

Ersatzteilmanagement (ETM) ist das umfassende Management, d.h. Planung, Steuerung und Überwachung, sämtlicher an der Ersatzteilversorgung (ETV) beteiligter Abwicklungsprozesse im Hinblick auf die Ersatzteilbelieferung.

Durch die Unterscheidung zwischen *gestaltendem* und *gestaltetem* System bzw. – noch feiner – zwischen Ziel-, Objekt-, Prozess- und Handlungssystemen (nach dem ZOPH-Konzept [Neg98]) lässt sich eine weitere begriffliche Differenzierung erreichen. Das **Ersatzteilwesen (ETW)** wird im folgenden als Handlungssystem innerhalb eines Unternehmens begriffen. Es leistet die notwendigen Abwicklungsprozesse – zusammenfassend **Ersatzteilversorgung (ETV)** – und die Strukturprozesse, d.h. das **Ersatzteilmanagement (ETM)**. ETV und ETM sind demnach Prozesssysteme. Entsprechend ist das Objektsystem der ETV die Ersatzteilbelieferung, wohingegen die ETV selbst das Objektsystem des ETM ist. Das Zielsystem ist übergreifend zu verstehen. Weiterhin gilt, dass das ETM innerhalb eines Unternehmens angesiedelt werden muss, während die ETV ein unternehmensübergreifender Prozess ist, an dem mehrere Versorgungspartner beteiligt sind.

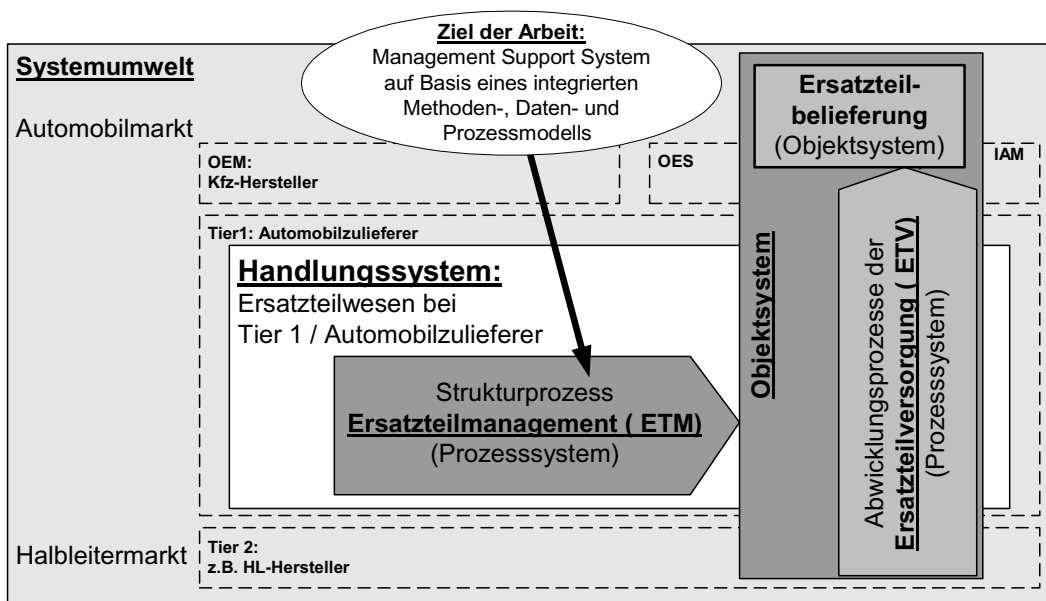


Abbildung 1-5: Systemverständnis Ersatzteilversorgung und Ersatzteilmanagement

Mit der Erweiterung des ETM-Begriffs über die Logistik hinaus müssen auch andere erweiterte Begriffe für andere Konzeptbestandteile eingeführt werden. Zwei dieser Begriffe werden auch in anderen Veröffentlichungen (s. Kap. 3.2, S. 43ff) wie selbstverständlich benutzt, ohne sie gesondert einzuführen: Versorgungsstrategie (VS) und Versorgungsszenario (VSz). Dies soll hier mit Arbeitsdefinitionen nachgeholt werden.

Versorgungsstrategien (VS) sind – einfach gesagt – Wege zur Ersatzteilversorgung. In einer etwas differenzierteren Definition sind VS geplante wiederholbare Vorgehensweisen für eine optimale Versorgung mit Ersatzteilen, die unter Berücksichtigung von Zielen, Gegebenheiten und Trends exemplarisch entwickelt werden und für einzelne oder viele Ersatzteile festgelegt und angepasst werden können. Sie beziehen sich hauptsächlich auf Logistikprozesse (im Sinne nach SCHEER [Sch97a]; Herstell- und Bereitstellungsprozesse), aber Fallweise auch Leistungsgestaltungsprozesse (vgl. [Sch97a]), um die Randbedingungen für die Logistikprozesse grundlegend zu verändern (gezielte Produktpflege, o.ä.).

Versorgungsszenarien (VSz) sind eine Auswahl an Versorgungsstrategien inklusive der Festlegung ihrer zeitlichen Abfolge bezogen auf ein oder mehrere Ersatzteile.

Unter **Versorgungspotential (VP)** soll im Sinne des strategischen Management ein auf die Ersatzteilversorgung bezogenes Erfolgspotential verstanden werden (vgl. [Eve96, 5-1ff]). Darunter können Mitarbeiterqualifikation, einzelne Produktionsprozesse, Prozesseffektivität und –effizienz, bestimmte Methoden o.ä. gleichermaßen verstanden werden.

Versorgungspartner sind die Unternehmen in der Supply-Chain, die kooperieren müssen, um auf den verschiedenen Märkten (Region/Vertriebskanal) die ETV aufrecht zu erhalten. Abbildung 1-4 zeigt die Versorgungspartner im Überblick. Wichtig ist dabei, dass der Begriff Versorgungspartner auch den IAM mit einschließt, denn dieser leistet ebenso wie der OES einen Beitrag in der Versorgung (vgl. 2.2, S. 16).

Zur Unterscheidung der Zieldimensionen im Zielsystem für ETW, ETV und ETM werden **Kontext-, Performance- und Designvariablen** unterschieden.

- **Kontextvariablen** sind externe Randbedingungen und Risiken, die ein System unweigerlich beeinflussen und die es daher berücksichtigen muss.
- **Performancevariablen** sind Leistungsvorgaben, die an ein System gestellt werden – im betrachteten Fall also das gewünschte Serviceniveau für den Endverbraucher und die internen Kostenziele der Versorgungspartner entlang der Wertschöpfungskette.
- **Designvariablen** sind innerhalb eines Systems direkt beeinflussbare Stellgrößen.

Zielsysteme ergeben sich somit aus Kontext- und Performancevariablen. Ferner ergibt sich hieraus auch, dass in einer hierarchischen Systemstruktur Designvariablen der Über-systeme/Systemumwelt zu Kontextvariablen für das betrachtete System werden. Um den Kontext zu verändern, bedarf es einer mehr oder weniger umfangreichen Abstimmung über die Systemgrenzen hinaus. Für das ETM definieren sich somit die Handlungsspielräume durch seine intra- oder interorganisationalen Einflussmöglichkeiten; als Beispiel: Ohne Produktverantwortung in der Nachserie kann es lediglich einzelne Potentiale optimieren und die VS wechseln; mit Produktverantwortung kann das ETM auch Veränderungen am Produkt selbst durchführen, um z.B. die Komplexität in der Nachserie zu reduzieren. Zusammenfassend gilt:

Das Ersatzteilwesen leistet die Ersatzteilversorgung durch die Anwendung von Versorgungsstrategien. Diese bauen auf Versorgungspotentialen auf. Das Ersatzteilmanagement gestaltet die Versorgungspotentiale und -strategien im Rahmen der verfügbaren Designvariablen, legt die Versorgungsstrategien zum einzelnen Ersatzteil fest und überwacht die Einhaltung der Performancevariablen im gesamten Ersatzteilwesen. Bei Performanceabweichungen leitet das Ersatzteilmanagement Gegenmaßnahmen ein, d.h., es verändert selbstständig Designvariablen oder versucht, Einfluss auf Performance- oder Kontextvariablen zu nehmen.

1.4 Allgemeines Zielsystem

Das hier dargestellte Zielsystem (Abbildung 1-6) basiert auf den Erkenntnissen, die in den folgenden Kapiteln gewonnen werden. Die einzelnen Aussagen sind referenziert.

Die Kontextvariablen der Ersatzteilversorgung für Kfz-Elektronikkomponenten sind – kurz zusammengefasst – der unelastische, dringliche Bedarf bei niedrigen Stückzahlen. Dieser ergibt sich aus dem aktuellen Fahrzeugbestand, seiner Entwicklung und dem Umgang der Endkunden mit Fehlern in der Kfz-Elektronik. Aufgrund der Rechtslage ist die

Ersatzteilversorgung mit OEM-Qualität und in den geforderten Mengen für den Zeitraum der üblichen Nutzungsdauer eines Kfz aufrechtzuerhalten (s. Kap. 2.1, S.13). Abstriche in der Qualität bei Tauschteilen sind bisher nicht möglich. Das Schadenspotential bei Nichterfüllung dieser Anforderungen ist einfach zu groß (s. Kap 2.5.3, S. 28ff). Allerdings muss hinzugefügt werden, dass die Diskussion um ‚zeitwertgerechte‘ Qualität zu Abstrichen bei ‚kosmetischen‘ Qualitätsmerkmalen führen kann und dadurch die Nutzung der Wiederverwendung oder Aufarbeitung als VS gefördert werden könnte (Kap. 4.5, S. 74ff). Aus diesem Bedarf ergeben sich weitere Randbedingungen: ‚Form, Fit und Function‘ der benötigten Ersatzteile müssen identisch mit der ursprünglich eingesetzten Komponente sein, sofern der Endkunde darauf besteht. Daraus ergibt sich im OES zumeist ein spezifischer Bedarf für eine ganz bestimmte Kfz-Elektronikkomponente mit wenigen möglichen Softwareversionen. Wegen vertraglicher Lieferverpflichtungen bedeutet das für den Kfz-Elektronikzulieferer, den OES mit dieser Komponente in vereinbarter Produktstruktur und Funktion zu versorgen. Die Produktstruktur determiniert im wesentlichen die externen Risiken – vor allem in der Beschaffung von Halbleiterbauelementen (s. Kap 2.5.3, S. 28ff).

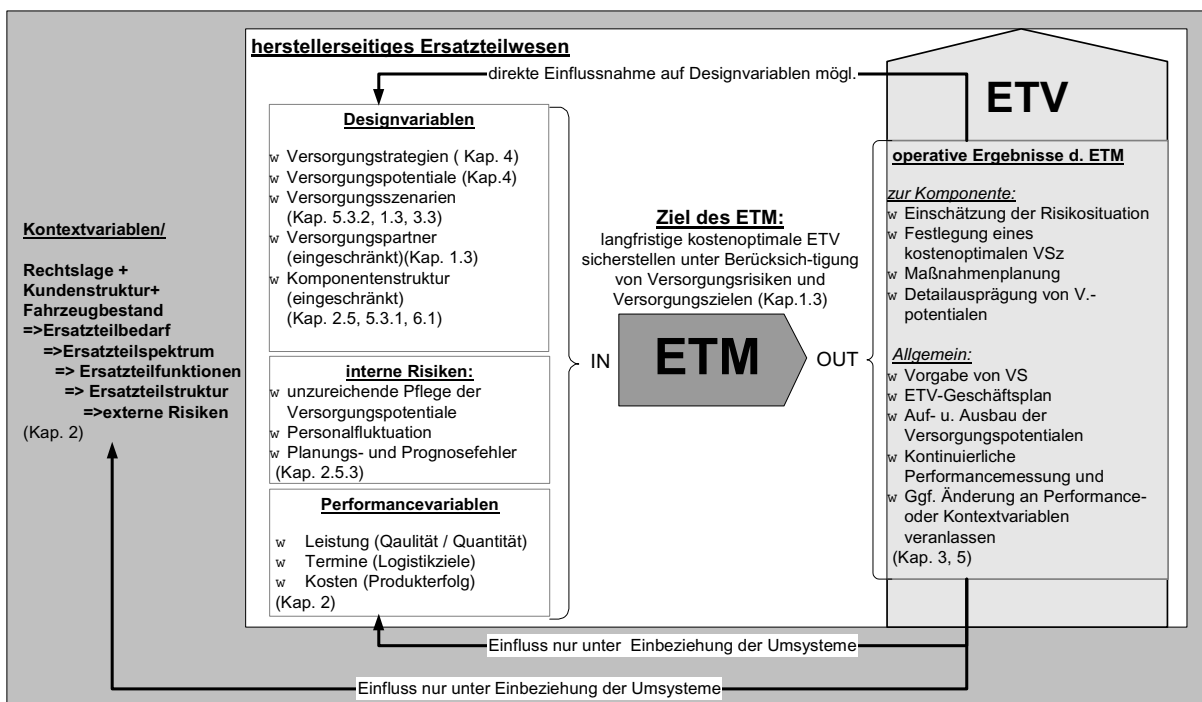


Abbildung 1-6: Zielsystem (Angaben zu Verweisstellen in Klammern)

Die Performancevariablen der ETV sind ebenfalls weitestgehend geklärt. Die Kunden auf den meisten regionalen Märkte fordern eine Belieferung innerhalb von 24 Stunden; beim Einsatz von Tauschteilen sind wahrscheinlich 48 Stunden akzeptabel (s. Kap. 2.2, S. 16ff). Aus den Kundenforderungen ergeben sich entsprechende Ziele für die Ersatzteillogistik: Liefertreue, Lieferzeiten, Lieferflexibilität, etc. Die Kostenziele sind relativ zu sehen, denn auf die Preisbildung des OES / IAM gegenüber den Endkunden hat der Hersteller keinen Einfluss. Der Einkaufspreis, den der OES beim Hersteller bezahlt, ist ein Bruchteil des OES-Verkaufspreises. Selbstverständlich sollten die Ersatzteile so preiswert wie möglich angeboten werden, aber auch kostendeckend. Bei Mischkalkulationen ist dies allerdings nicht unbedingt gewährleistet, weshalb es auch zu Quersubventionen einzelner Ersatzteile untereinander kommen kann. Insgesamt kann man festhalten,

dass das Ersatzteilgeschäft kein Verlustbringer für den Hersteller sein darf, denn sonst müsste er dieses Geschäft aus dem Umsatz mit Neuprodukten subventionieren – also dort höhere Verkaufspreise durchsetzen. Das scheint beim bestehenden Kostendruck in der Automobilzulieferindustrie ausgeschlossen zu sein.

Inwieweit diese Performancevariablen über den Zeitraum der Nachserie – also z.B. über die nächsten 15-25 Jahre – flexibel sind, muss gesondert untersucht werden (vgl. [Dom01]). Für die Zwecke dieser Arbeit wird angenommen, dass die von der ETV geforderte Performance im Grundsatz fest steht.

Das ETM verfolgt vor diesem Hintergrund das übergeordnete Ziel:

Nachhaltige, d.h. langfristige und kostenoptimale, Ersatzteilversorgung unter Berücksichtigung von Versorgungszielen und -risiken sicherstellen.

Als Input erhält das ETM die Kontext-, Performance- und Designvariablen, sowie interne Risiken. Der Output ist das VSz und die gestaltete ETV zur Komponente sowie Performancecontrolling und Planung der ETV als Ganzes.

1.5 Aufbau der Arbeit / Kapitelstruktur

Basierend auf dem dargestellten Systemverständnis wird in den Kapiteln 2, 3 und 4 die Vorarbeit für die Definition eines ETMSS geleistet. Kapitel 2 beschreibt die ETV als unternehmensübergreifenden Prozess und erarbeitet dabei die wesentlichen Kontext- und Performancevariablen. Ferner wird das Ersatzteilspektrum der Hella exemplarisch analysiert und daran aufgezeigt, wie komplex das Objektsystem der ETV an sich ist. Daraus ergeben sich bereits erste Schlussfolgerungen für das ETM.

Kapitel 3 wendet sich den Methoden und Prozessen des ETM zu. Ein Praxisbeispiel aus verdeutlicht die Komplexität der notwendigen Entscheidungsprozesse im ETM. Die vorhandenen methodischen Ansätze für das ETM werden diskutiert und ein eigenständiger komplexitätsgerechter Ansatz für die Verwendung im ETMSS vorgestellt. Sodann wird ein Prozessmodell auf hohem Abstraktionsniveau entwickelt und eine modulare Sichtweise der ETV im Unternehmen auf Basis eines Lebenszyklusmodells definiert. Daraus ergibt sich ein Phasenplan des ETM im Produktlebenszyklus.

Kapitel 4 beschäftigt sich eingehend mit VS und VP. Hierbei fließt der Stand der Forschung und Technik ein. Mit Hilfe des modularen Lebenszyklusmodells werden die einzelnen VS und VP zeitlich und funktional den Modulen zugeordnet und ihre gegenseitigen Abhängigkeiten dargestellt.

Kapitel 5 erarbeitet das ETMSS als Methoden und Datenmodell. Dazu wird zunächst das Grundkonzept vorgestellt und die Vorgehensweise eingehender erörtert, gefolgt von der Beschreibung der Methoden im einzelnen.

Kapitel 6 widmet sich Systemlösungen und Realisierungsaspekten. Ein durchgängiges Fallbeispiel verdeutlicht die Praxisrelevanz des ETMSS; die Gestaltung von Versorgungspotentialen wird ebenso an einem Praxisbeispiel aus der Produktion erläutert. Implementierungsfragen werden diskutiert und das Kapitel schließt mit einer umfangreichen wissenschaftlichen und technischen Bewertung.

Zusammenfassung und Untersuchungsfortführung (Kap. 7) erweitern nochmals das Blickfeld über das herstellerseitige ETM hinaus auf Synergien entlang der Wertschöpfungskette.

2 KONTEXTANALYSE ZUR ERSATZTEILVERSORGUNG

Dieses Kapitel stellt im Sinne einer Situationsanalyse⁷ die Strukturen einer herstellerseitigen Ersatzteilversorgung (ETV) in der Automobilindustrie allgemein und für Automobilelektronik im Speziellen dar. Zunächst werden Kontext- und Performancevariablen ermittelt; danach wird die Struktur und Dynamik eines Ersatzteilspektrums analysiert. Diese Analyseschritte bilden eine wichtige Grundlage, auf die in den folgenden Kapiteln bei der Definition der Systemstrukturen für das Ersatzteilmanagement-Support-System (ETMSS) zurückgegriffen wird. Es werden die unternehmensübergreifenden Aspekte der Ersatzteilversorgung anhand von Kennzahlen und Benchmarks zu Qualität, Kosten und Zeiten dargestellt. Viele Details des Kapitels „1.4 Allgemeines Zielsystem“ (S. 9f) werden hier erarbeitet.

Die Automobilelektronik stellt ein Bindeglied zwischen zwei Welten dar: der Automobilindustrie auf der einen Seite und der Elektroindustrie bzw. der Halbleiterindustrie auf der anderen. Die Kfz-Zulieferer für Automobilelektronik sitzen also förmlich „zwischen den Stühlen“ und müssen die Kluft überbrücken. Die Anforderungen an die Nachserienversorgung mit Ersatzteilen kommen aus dem Automobilmarkt und werden maßgeblich durch die Automobilhersteller an die Kfz-Zulieferer weitergetragen. Größere Kfz-Zuliefererunternehmen wie die Hella oder die Robert Bosch GmbH unterhalten eigene IAM-Vertriebsorganisationen, wodurch sie einen direkten Marktzugang ohne Umweg über die Kfz-Hersteller haben. Die Halbleiterhersteller werden in erster Linie durch die Kfz-Zulieferer gesteuert – teilweise bestehen aber auch direkte Kontakte mit Kfz-Herstellern.

Die nachfolgenden Abschnitte versuchen, ein Bild des Ersatzteilwesens auf allen Ebenen der Wertschöpfungskette für Kfz-Elektronikkomponenten und dem Zusammenspiel der verschiedenen Versorgungspartner, d.h. der (Vor-)Lieferanten, Hersteller, Händler und Endabnehmer zu zeichnen.

2.1 Gesetzliche Rahmenbedingungen für die Ersatzteilversorgung mit Kfz-Elektronikkomponenten

Für die OEMs ergeben sich aus der Inanspruchnahme von Garantieleistungen [BGB §§ 305, 157] und Verpflichtungen aus Gewährleistungen [BGB § 434, §§ 459-492, §§ 633-640, § 138, § 242] vertragliche Leistungspflichten. Diese würden allerdings nur eine zeitlich begrenzte Ersatzteilbevorratung erfordern. Die Ansprüche der Endkunden auf langjährige Ersatzteilversorgung wird aber durch zusätzliche Rechtsprechung gestützt⁸. Dort wird die Ersatzteilversorgung als nebenvertragliche Leistungspflicht des OEM gesehen (vgl. [Fin93, S. 12]). Diese Lieferverpflichtungen führen dazu, dass Ersatzteile für Produkte eines OEM aus den letzten 10-30 Jahren bevorratet werden müssen [Vah98, S. 47]. HOTH analysiert dieses Problem ebenfalls und schließt auf anderem Wege:

⁷ vgl. [Dae92, S. 49f]

⁸ vgl. Amtsgericht München Urteil vom 06.05.1970- IC 289/70 in NJW; 1970, S. 1852-1853 und [Fin70], sowie [Rau66, S. 66-67]

„[...] es [kommt] darauf an, ob der Warenhersteller durch eine Verkehrspflicht zur Ersatzteilversorgung wirtschaftlich unzumutbar belastet wird. Das ist nicht der Fall. Der Warenhersteller kann mit vorhandenen Maschinen die Ersatzteile nicht nur kostengünstig produzieren. Auch kann er die ihm entstehenden Kosten über den Preis für das Ersatzteil auf den Endabnehmer verlagern. Somit trifft den Warenhersteller die Verkehrspflicht, innerhalb der betriebsüblichen Nutzungszeit Ersatzteile bereitzustellen. Erfüllt er diese Verpflichtung nicht, ist er aus §823 Abs. 1 BGB zum Schadenersatz verpflichtet.“
[Hot90, S. 170]

Die Rechtslage verpflichtet also den Fahrzeughersteller zur Ersatzteillieferung für den üblichen Nutzungszeitraum eines Fahrzeugs (ca. 10-15 Jahre bei Kfz). Die OEMs geben diese Lieferverpflichtungen i.d.R. als Vertragsbestandteile an ihre Zulieferer weiter. Diese haben aber gegenüber den HL-Herstellern keine rechtliche Handhabe [ZVE00, Protokoll des 1. Treffens].

Darüber hinaus hat sich der gesetzliche Rahmen für die Kfz-Branche in Deutschland und Europa gerade in den letzten Jahren stark gewandelt. Durch die Einführung der EU-Altautoverordnung [EU-AltautoVO] und weiterer gesetzlicher Bestimmungen ([KrW-/AbfG], [AltautoV], [BestbÜAbfV], [EU-WEEE00]) bzw. der freiwilligen Selbstverpflichtung [FSV96] steht die Automobilindustrie heute vor der Anforderung, bis 2015 mehr als 95% eines Kfz wiederzuverwenden. Die Typprüfung wird schon ab 2005 diesen Maßstab für die Zulassung von Neufahrzeugen anlegen. Außerdem greifen schon heute Stoffverbote, z.B. zieht das Bleiverbot den Wechsel der Löttechnologie auf bleifreies Löten nach sich. Eine Übersicht findet sich in einer früheren Veröffentlichung des Autors [Hag00].

MAUEL [Mau00] kommt in ihrer Diplomarbeit nach intensiver Auseinandersetzung mit den gesetzlichen Grundlagen und aufwendigen Abstimmungen zu den in Abbildung 2-1 dargestellten Begriffsdefinitionen, die im folgenden eingesetzt werden.

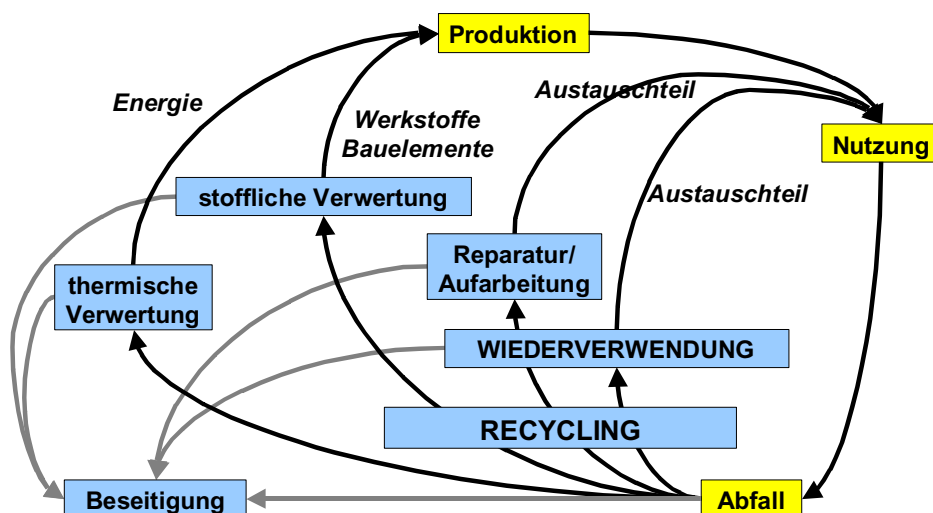


Abbildung 2-1: Rechtlich relevante Begriffe zur Entsorgung [Mau00]

Betrachtet man die durchschnittliche Lebenserwartung eines europäischen Kfz mit 15 Jahren, so wird sehr schnell deutlich, dass die Verordnung heute schon greift. Die Antworten auf und der Umgang mit den Auswirkungen der EU-Altautoverordnung ist allerdings noch nicht einheitlich: Zum einen sind noch nicht alle Rechtsfragen geklärt (z.B.

inwieweit die Kfz-Zulieferunternehmen an den Recycling-Kosten beteiligt werden können und welche Kfz-Komponenten wiederverwendet werden können) und zum anderen verfolgt jeder Kfz-Hersteller leicht unterschiedliche Strategien.

Eine ausführliche Bewertung dieser Aspekte erscheint zum jetzigen Zeitpunkt noch verfrüht. Fest steht nur, dass die Automobilindustrie eine Vorreiterrolle gegenüber anderen Industriezweigen einnimmt und einnehmen muss. Zum Beispiel fällt die Kfz-Elektronik bereits unter Bestimmungen, die für andere elektronische Geräte erst mit der später in Kraft tretenden EU-ELEKTRONIKSCHROTTVO anstehen. Im Übrigen ist die Abgrenzung zwischen EU-ELEKTRONIKSCHROTTVO und –ALTAUTOVO nicht gänzlich geklärt. Eine Interpretation ist die, dass die in Serie verbauten Kfz-Elektronikkomponenten unter die EU-ALTAUTOVO fallen, während nachträglich installierte dies nicht tun (z.B. Autoradios).

Im Zusammenhang mit den gesetzlichen Lieferverpflichtungen und den End-of-Life-Anforderungen wird zunehmend über „zeitwertgerechte Ersatzteile“ diskutiert. Darunter werden wiederverwendete bzw. aufgearbeitete Ersatzteile verstanden. Dieser Aspekt ist aber noch nicht ausdiskutiert und die OEMs nehmen unterschiedliche Standpunkte zu diesem Thema ein. Die rechtlichen Aspekte der Wiederverwendung bzw. Aufarbeitung werden in der VDI-Richtlinie zum Recycling elektronischer Geräte [VDI2343, Blatt4] behandelt. Man kann in Kürze sagen, dass aufgrund von Bürgerlichem Gesetzbuch, Produkthaftungsgesetz und Allgemeinem Geschäftsbedingungengesetz die Anbieter von Altteilen aus Wiederverwendung oder Aufarbeitung nur haftbar sind, wenn die ursprünglichen Hersteller nicht identifiziert werden können, was allerdings bei den gut gekennzeichneten Kfz-Elektronikkomponenten kaum vorkommen dürfte. Außerdem können die Anbieter von Altteilen ihre Produkte von einer Garantie ausschließen, auch wenn das aus Marketinggesichtspunkten wenig sinnvoll erscheint. Insgesamt ist der Anbieter von Altteilen also im Vorteil, denn er muss keine Risiken tragen. Allerdings ergibt sich aus dem Halbleiterschutzgesetz, dass ohne ausdrückliche Genehmigung des ursprünglichen Herstellers keine Wiederverwendung oder Aufarbeitung stattfinden darf, was dem ursprünglichen Hersteller wiederum etwas Schutz vor unerwünschten Wiederverwendungen gibt.

Welche Veränderungen der geplante Entfall der Gruppenfreistellungsverordnung GVO1475/95 im EU-Recht auf die Strukturen der ETV auslösen wird, lässt sich noch nicht exakt vorhersagen. Da diese EU-Initiative auf eine Verstärkung des Wettbewerbs durch Schwächung des Herstellereinflusses auf ihre Händlernetze zielt (vgl. [Eco02a]), dürfte sie sich auf die Marktverteilung zwischen OES und IAM auswirken. Die grundsätzliche Verpflichtung der Hersteller zur Ersatzteilversorgung muss davon jedoch unberührt bleiben.

Festzuhalten bleibt, dass die Kfz-Hersteller und somit auch ihre Zulieferer aus rechtlichen Gründen gezwungen sind, für die übliche Nutzungsdauer eines Kfz die Versorgung mit Ersatzteilen aufrecht zu erhalten, auch wenn sie mit dem Ersatzteilgeschäft negative Renditen erwirtschaften sollten.

2.2 Struktur des Ersatzteilbedarfs und der Instandsetzung im Automobilsektor

Die Marktgegebenheiten in der Ersatzteilversorgung unterscheiden sich deutlich von denen in der Großserie (vgl. [Fre95, S. 6f]). Dies äußert sich in folgenden Punkten:

- Rechtliche Lieferverpflichtung (Kap. 2.1, S. 13)
- Hohe Dringlichkeit des Bedarfs: Der Endkunde fordert hohe Verfügbarkeit und schnelle Lieferung, die Werkstatt (OES/IAM) fordert ein breites Sortiment. Dies konnte STOLZE in ihrer Marktuntersuchung (Diplomarbeit) klar belegen [Sto01].
- Unzureichende Prognostizierbarkeit des Ausfallverhaltens⁹: Zur Prognose werden zumeist Zeitreihen eingesetzt [Fin93, S. 32]. Der zunehmende Innovationsdruck bewirkt immer kürzere Produktlebenszyklen und lässt hinreichend lange Zeitreihen erst gar nicht entstehen [Mei94a, S. 33]. Vor allem der Bedarf an Teilen, die nicht verschleißbedingt sondern rein zufallsbedingt ausfallen (Reserveteile), ist nur schwer vorauszusagen [Fre95, S. 7]. Indikatorprognoseverfahren⁹ werden aufgrund des hohen Aufwands für die Datenerhebung nur selten durchgeführt.
- Umfangreiches Teilespektrum (Kap. 2.5, S. 24ff)
- Komplexe Distributionsstrukturen: Kfz werden weltweit abgesetzt, weshalb die Ersatzteillogistik auch weltweit agieren muss.
- Absatzwirtschaftliche Verbundeffekte: Niedrige Ausfallraten und schnelle Reparaturen sind ein Qualitätsmerkmal aus Sicht des Endkunden. Deshalb wird versucht, Ausfallraten immer weiter zu senken und durch Serviceaktivitäten Kundenbindung zu betreiben. Außerdem missfallen den OEMs Gewährleistungs- und Kulanzkosten¹⁰.
- Niedrige Stückzahlen: Die beschriebene Entwicklung zu niedrigeren Ausfallraten verschärft noch ein weiteres Problem. Die meisten Ersatzteile weisen eine sehr niedrige durchschnittliche Nachfrage pro Teil auf. Durch verbesserte Produktqualität sinkt das Verhältnis von Ersatzteilumsatz und Primärproduktumsatz stetig. [Ihd99, S. 30]
- Nachfrage ist unelastisch: Die Nachfrage nach Ersatzteilen entspricht zwar nicht 1:1 dem Ausfallverhalten von Komponenten im Fahrzeug [Ihd99, S. 23], sie beruht aber dennoch ausschließlich auf technischen Erfordernissen. Somit lässt sich das Problem der geringen Mengen nicht durch Marketingaktivitäten lösen.
- Auftreten von Nachahmern: Durch die starke ABC-Verteilung des OES-/IAM-Umsatzes können sich Nachahmer leicht auf wenige A-Komponenten konzentrieren [Fre95, S. 8]. Plagiate sind an der Tagesordnung. In diesen Bereichen gibt es einen starken Renditeverfall [Ihd99, S. 21]; Quersubventionen werden dadurch erschwert (vgl. [Ihd99, S. 20]).

Die wichtigste Anforderung an ein Ersatzteilmanagement erwächst aus dem Ersatzteilbedarf der Fahrzeugflotten im Markt. Die nachfolgenden Darstellungen geben einen Überblick über die Entwicklung des Fahrzeugbestands in Deutschland und Europa. Man kann festhalten, dass ein durchschnittliches Kraftfahrzeugsleben ca. 13 Jahre dauert [Ihd99, S. 32]. Es gibt allerdings auch extreme Lebensdauern von bis zu 25 Jahren und selbstverständlich auch noch „Old-Timer“ mit weit größerem Alter. Aus diesen Fahrzeugen erwächst der Nachserienbedarf. Diese Strukturen verändern sich – wenn überhaupt – in langfristigen Zeithorizonten.

⁹ Bedarfsprognoseverfahren und deren Anwendung werden in den Abschnitten 4.4, 5.4.1 und 6.1.1 diskutiert

¹⁰ In 2001 führte ein großer deutscher OEM ein breit angelegtes Aktionsprogramm zur Senkung der Gewährleistungs- und Kulanzkosten durch.

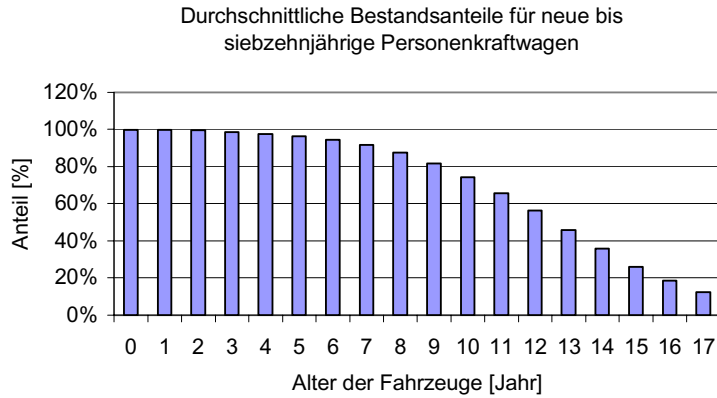


Abbildung 2-2: Durchschnittlicher Bestand an Kfz in Dtl. [VDA96]

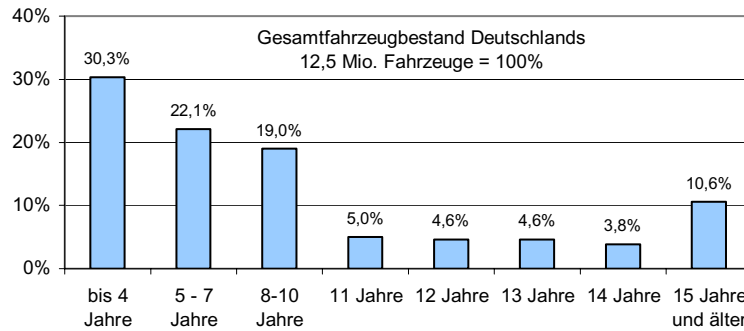


Abbildung 2-3: Fahrzeugbestand Deutschlands [VW98]

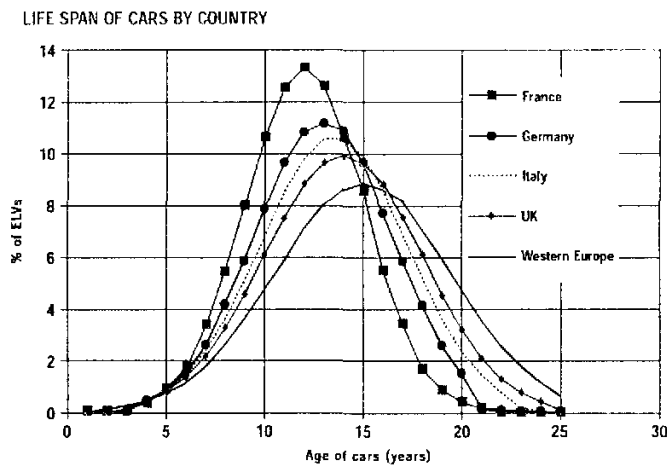


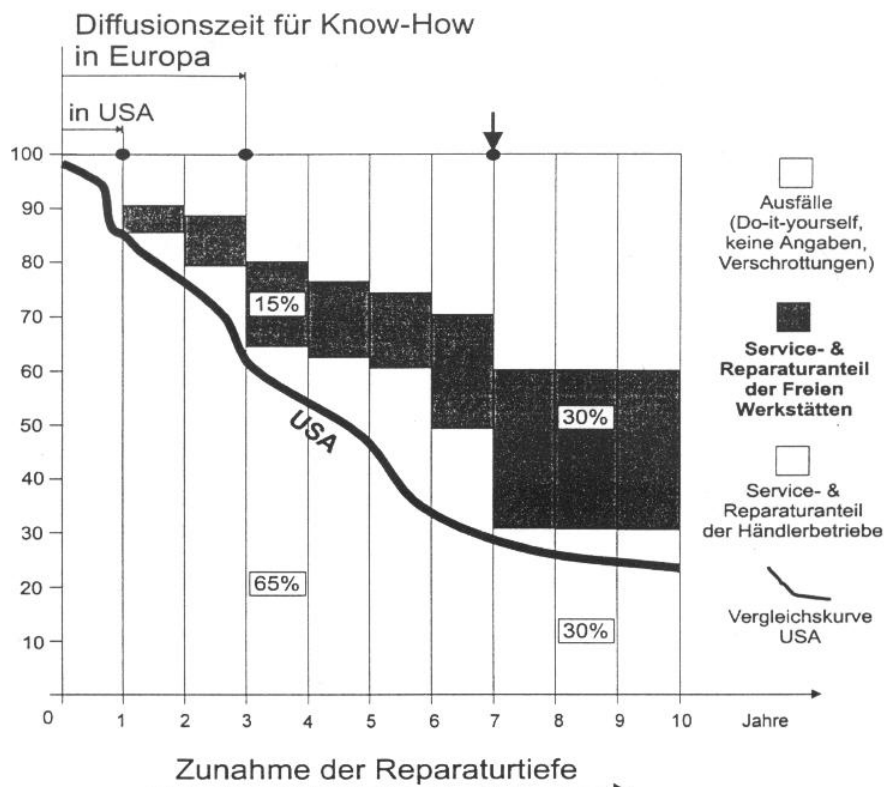
Abbildung 2-4: Kfz-Lebenserwartung in Europa [APM99]

Die eigentliche Instandsetzung erfolgt überwiegend als Fremdinstandsetzung in Fachwerkstätten, die in zwei Lager eingeteilt sind: Die gebundenen Werkstätten (Vertragswerkstätten) werden vom OES bedient, während die freien Werkstätten ihre Teile zu meist über den IAM beziehen¹¹. Die Werkstätten führen Wartungsarbeiten bzgl. der Betriebsfunktion und des Aussehens durch. Inspektionen dienen der Überprüfung des Istzustandes verschleißabhängiger Komponenten. Diese werden möglichst vor Ausfall gewechselt (z.B. Brems Scheibe). Instandsetzung erfolgt bei Bedarf; Überholung wird als lebensdauer verlängernde Maßnahme bei wichtigen Anlagenteilen wie dem Motor durchgeführt. Technische Änderungen erfolgen nur in Ausnahmefällen. Kfz werden nur bei

¹¹ Hier werden sich in Zukunft Veränderungen durch den Wegfall der Gruppenfreistellungsverordnung GVO1475/95 für den europäischen Automobilmarkt ergeben.

größeren Schäden am Ende der Lebensdauer ausgesondert [VDI 2246, Blatt1 S. 9]. Somit sind die Instandsetzungsmaßnahmen am Kfz von maximal mittlerer Schwierigkeit [VDI 2246, Blatt 1 S. 12]. Weitergehende Instandsetzungsmaßnahmen übersteigen die Möglichkeiten der Fachwerkstätten und bedürfen eigenständiger Konzepte (z.B. die Nachrüstung des Audi TT mit dem ESP).

Der Markt akzeptiert nur bedingt kostspielige Originalersatzteile. Gerade bei älteren Kfz wandern die Kunden in den IAM ab, wie Abbildung 2-5 deutlich zeigt.



Mit dieser Abwanderung kommen auch zunehmend andere Ersatzteilquellen ins Spiel – z.B. Alteile aus der Wiederverwendung. Allerdings sind der Kundenakzeptanz auch hierbei Grenzen gesetzt. Eine vom IfA-Institut¹² im Auftrag der Hella durchgeführte Umfrage (Juli 1996) lieferte folgende Ergebnisse zur bevorzugten Quelle für ein Ersatzteil [HEL99]:

Neuteil/Originalteil vom Autohersteller:	47,9 %
Neuteil von anderen Herstellern:	14,9 %
Austauschteil, das vom Teilehersteller aufbereitet wurde:	12,8 %
Austauschteil, das von der Werkstatt instandgesetzt wurde:	8,4 %
Gebrauchtteil:	14,1 %
Keine Angaben:	1,9 %

Die Bereitschaft der gebundenen und freien Werkstätten zum Einsatz von Alternativen zum Originalteil des Kfz-Herstellers steigt nach einer Marktstudie der Hella [Sto01]; allerdings erwartet die Werkstatt schnellen Service und gute Qualität: Gegenüber einem

¹² Institut für Automobilmarktforschung und Kommunikation Brehmer und Partner GmbH, Essen

Originalteil, das in 24 Stunden verfügbar sein muss, wartet die Werkstatt auf ein aufbereitetes Ersatzteil maximal 48 Stunden, was genauso wie beim Originalteil eine ausgefeilte Logistik voraussetzt. Die Produktqualität von Tauschteilen muss ebenfalls noch gesteigert werden, was im Hinblick auf die Akzeptanz einer „zeitwertgerechten Qualität“ (Kap. 2.1, S. 13) berücksichtigt werden muss.

Der Ersatzteilbedarf stellt nach wie vor einen erheblichen Markt für die Kfz-Hersteller dar: In einer Befragung von 16 Kfz- und Nfz-Herstellern ergab sich 1993 bei einem Gesamtumsatzvolumen von ca. 10 Mrd. DM im OES ein durchschnittlicher Umsatzanteil am Gesamtumsatz der OEM von 9,2% im Kfz- und 15,4% im Nfz-Bereich. Die OEMs haben in Deutschland trotz der beschriebenen Abwanderungstendenzen in den IAM den Hauptanteil am Ersatzteilgeschäft (vgl. [Fin93, S. 10f.] [HEL02]). Eine Befragung von 15 PKW-Herstellern ergab im Jahre 1999 einen mittleren Umfang des Ersatzteilspektrums von fast 120.000 Positionen¹³ [Ihd99, S. 37], und die Bevorratungsdauern liegen im Schnitt für Kfz-Komponenten bei 11,2 Jahren und bei Nfz-Komponenten sogar bei 13,7 Jahren pro Ersatzteil [Ihd99, S. 58]. Dabei unterliegen die Umsatzträger innerhalb des Spektrums einer sehr klaren ABC-Verteilung [Fin93, S. 12].

SPÖTTL [Spö99] macht Angaben über die Anzahl von Vertrags- und freien Werkstätten. In den acht wichtigen Automobilherstellereuropas gibt es ca. 184.000 freie Werkstätten. In Deutschland allein existieren zurzeit ca. 25.000 Vertragshändler (inkl. Werkstatt) mit fallender Tendenz. Diese Information ist wichtig, weil sie zeigt, wie umfangreich die Integration dieser ersten Transaktionsebene der Wertschöpfungskette ist.

Ersatzteilbedarf für Elektronikkomponenten

Automobilelektronikkomponenten sind, wie bereits festgestellt, Reserveteile bzw. Ausfallteile, denn sie sind praktisch nicht verschleißbehaftet [Pau98, S. 14]. Ausfälle lassen sich nicht wie bei mechanischen Komponenten durch einfache Überdimensionierung ausschließen [Mey94, S. 238]. Bei richtiger Auslegung gibt es nur Zufallsausfälle, die in ca. 80% der Fälle durch die elektronische Schaltung, d.h. Bauelemente, Leiterplatte und Lötverbindungen verursacht werden [Pau98, S. 20]. Andere Fehlerquellen wie Mechanik oder Fertigung machen i.d.R. nur ca. 10% der Fehler aus; Ausnahmen können in Neuanlauf- und Umstellungssituationen auftreten. Bei genauerer Betrachtung wird deutlich, dass die Schaltungsfehler zum überwiegenden Teil durch Bauelementausfälle verursacht werden. 1994 rechnet MEYNA [Mey94, S. 238] vor, dass es aufgrund solcher Zufallsausfälle zwischen 3 und 90 Elektronikausfälle innerhalb der Lebensdauer eines Kfz geben kann. An diesem Bild dürfte sich seitdem nicht allzu viel verändert haben, weil zwar die Qualität der einzelnen Komponenten verbessert wurde, aber die Anzahl der Elektronikkomponenten insgesamt stark gestiegen ist. Ein exemplarischer Vergleich zwischen alter und neuer Generation der Oberklasse eines deutschen Kfz-Herstellers zeigt dies deutlich (Abbildung 2-6).

ZECHNAL¹⁵ rechnete vor, wie groß der theoretische Gesamtbedarf an Steuergeräten (Teilmenge der Kfz-Elektronikkomponenten) jährlich sein könnte. Unter der Annahme, dass es ca. 60 Mio. Fahrzeuge¹⁶ in Deutschland gibt, jedes im Schnitt 5 Steuergeräte hat und

¹³ BMW AG: 175.000 Ersatzteile [Zei00]; VW und Audi: 230.000 Ersatzteile [Bür00]

¹⁴ Belgien, Frankreich, Deutschland, Italien, Niederlande, Spanien, Schweden und Großbritannien

¹⁵ Dr. Zechnal, Robert Bosch GmbH, Statement in der Podiumsdiskussion auf der Tagung Elektronik im Kfz am 8.10.1998

¹⁶ exakter: 53 Mio. Fahrzeuge, davon 44 Mio. Pkw

diese Steuergeräte eine Ausfallwahrscheinlichkeit zwischen 50 und 100 ppm in der Badewannenkurve haben, ergibt sich bei einer 15jährigen Nutzungsdauer der Kfz ein statistischer Bedarf von ungefähr 15.000 bis 30.000 Steuergeräten pro Jahr. Das entspräche einem Gesamtbedarf von 225-450 Tsd. Steuergeräten für den heutigen Fahrzeugbestand. Aus dieser Überschlagsrechnung ergibt sich, dass die Mengen mit echten Fehlern verteilt auf die Vielzahl an verschiedenen Steuergeräten sehr gering sind.

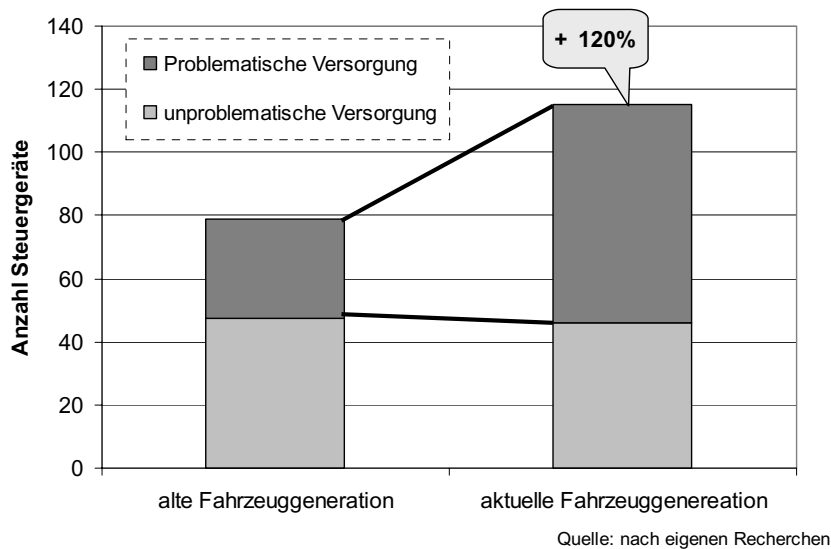


Abbildung 2-6: Versorgungssituation für Kfz-Elektronikkomponenten bei einem deutschen Kfz-Hersteller am Beispiel der Oberklasse (Stand 1998)

Dies entspricht aber nicht der Wahrheit: RUNGE [Run99] und ALTHAUS [Alt00] haben in ihren Diplomarbeiten basierend auf Datenmaterial aus dem Hause Hella festgestellt, dass die eigentlichen Defekte nur einen Bruchteil der tatsächlichen Bedarfe ausmachen. 50-90% des Ersatzteilbedarfs an Elektronikkomponenten geht nicht auf eindeutig feststellbare Fehler in einzelnen Komponenten zurück. Aktuelle Untersuchungen¹⁷ mit verschärften Prüfungen an Ausfallteilen bestätigen dieses Bild. Deshalb ist mit einer reinen Betrachtung der technischen Zuverlässigkeit, wie sie Meyna [Mey94] und Pauli [Pau98] propagieren, keine sinnvolle Aussage über den Bedarfsverlauf zu entwickeln. RUNGE [Run99], ALTHAUS [Alt00] und der Autor [Hag00] untersuchen jeweils Einflussfaktoren für den Ersatzteilbedarf und versuchen, Aussagen über tatsächliche Bedarfsmengen zu treffen.

- Der aktuelle Fahrzeugbestand ist die Basis für jeglichen Ersatzteilbedarf. Der weltweite Fahrzeugbestand eines Typs lässt sich nicht exakt ermitteln. Zulassungsstatistiken wie in Deutschland sind nicht überall gegeben.
- Die Entwicklung des Fahrzeugbestands ist wichtig, um die zukünftige Entwicklung der Bedarfe prognostizieren zu können. Ist ein Fahrzeugtyp bereits ausgelaufen, lassen sich hier statistische Werte (s.o.) annehmen; aber solange das Fahrzeug noch produziert wird, ist es schwieriger, die Fahrzeugbestandsentwicklung vorherzusagen. Einfluss haben auch unterschiedliche Fahrleistungen und Nutzungsintensitäten der einzelnen Kfz.
- Für die wirklichen technischen Ausfälle spielen die Einsatzbedingungen der Elektronikkomponenten im Kfz eine wichtige Rolle. Außerdem ist sehr wichtig, in welchem Abschnitt der Badewannenkurve sich die Komponente befindet. Die

¹⁷ Ein Automobilhersteller startete in 2001 eine Kampagne zur Senkung der Gewährleistungskosten und ließ gezielt Garantie und Kulanzfälle durch seine Zulieferer untersuchen.

Ausfallrate ist grundsätzlich abhängig von der Betriebsdauer und nicht von der Lebensdauer.

- ‚Fehldiagnosen‘ / ‚Scheinausfälle‘ / ‚kein Fehler feststellbar‘: Unter diesen Titeln kann man sämtliche Unzulänglichkeiten des Instandhaltungskonzeptes zusammenfassen. Es sind die Antworten der Kfz-Elektronikzulieferer an die Kfz-Hersteller, wenn diese Gutteile als Garantiefälle zur Prüfung zurücksenden. Die Prüfbarkeit [VDI 2246] der Kfz-Elektronikkomponenten oder der Informations- und Ausbildungsstand der Werkstätten und ihrer Kfz-Mechaniker ist nicht weit genug entwickelt, weshalb einzelnen Elektronikkomponenten häufig Fehler angerechnet werden, die ursächlich nicht durch sie verursacht wurden. Zwar wird intensiv diskutiert¹⁸, ob Fehler unter Einsatzbedingungen im Fahrzeug nicht gänzlich anders auftreten können als unter erschwerten Laborprüfungsbedingungen, aber nach heutigem Erkenntnisstand muss man davon ausgehen, dass häufig Fehldiagnosen die Ursache sind. Fehldiagnosen scheinen teilweise sogar geplant zu sein, weil bei schwer zugänglichen oder teuren Komponenten die Tauschrate signifikant höher ist, als bei einfacheren Komponenten¹⁹. Außerdem wird gemutmaß²⁰, dass Werkstätten sich dieses Problems durchaus bewusst sind und sie daher die ausgebauten Komponenten nicht verschrotten oder zurückführen, sondern selbst auf Lager legen, bis ein neuer Kunde vorbeikommt, dem ein Altteil als Neuteil verkauft werden kann. Derlei Machenschaften sind sicherlich nicht die Regel, aber ohne derartige Verhaltensmuster lassen sich die Befunde kaum erklären.
- Während der Garantie- und Kulanzzeit werden ebenfalls signifikant mehr Elektronikkomponenten getauscht als danach. Mancher Fehler der Elektronik ist für den Kunden in der Garantiezeit unerträglich, wird aber später aufgrund der drohenden Instandhaltungskosten ignoriert.
- Nicht auszuschließen sind exogene Einflüsse aus Wirtschaft, Politik und sozialem Umfeld (Vgl. [Mei94a, S. 224]). Ein Beispiel wird im nächsten Punkt beschrieben.
- Instandhaltungsstrategien: Elektronikkomponenten werden bisher nur im Rahmen der korrektiven Instandhaltung nach Ausfall getauscht (vgl. [VDI 2246, Blatt1 S. 11] Präventive Maßnahmen wie Softwaretausch kommen, abgesehen von Sonderfällen, so gut wie nicht vor – auch wenn Visionäre dies prognostizieren [FAZ01]. Ein Gegenbeispiel ist der Tausch aller Bedienelemente bei japanischen Leasingfahrzeugen am Ende der Leasingzeit aus optischen Gründen.

Legt man all diese Faktoren zugrunde, ist eine genaue Bedarfsprognose für Kfz-Elektronikkomponenten ein sehr schwieriges Unterfangen. RUNGE ermittelt in seiner Diplomarbeit bei einer dekorativen Komponente aus dem Fahrzeuginnenraum Werte für die Gesamtersatzteilbedarfsmengen um die 5% vom OEM-Bedarf [Run99], und dem Autor liegen nach eigenen Analysen bei Hella Zahlen zwischen 0,5 – 6% vor. Nach Untersuchungen kommt ein anderer Kfz-Elektronikzulieferer auf Gesamtersatzteilbedarfsmengen zwischen 1,3 und 2,6 Prozent.

Insgesamt sind die resultierenden OES/IAM-Mengen gering im Vergleich zu den OEM-Mengen einer Kfz-Elektronikkomponente. Demzufolge handelt es sich bei Elektronikkomponenten nicht um attraktive Ersatzteile. Eine weitere Verbesserung der technischen Zuverlässigkeit und der Prüfbarkeit bringt automatisch eine weitere Reduzierung der OES/IAM-Bedarfe mit sich, was die Attraktivität dieses Marktes weiter senken wird.

¹⁸ Diskussionen in der Arbeitsgruppe Aufarbeitung des ZVEI-AK [ZVEI01b]

¹⁹ Dies wurde z.B. auch in den Untersuchungen für DaimlerChrysler im Hause Hella festgestellt.

²⁰ Diskussionen im Hause Hella und im ZVEI-AK

2.3 Beziehung zwischen Kfz-Herstellern und -Elektronikzulieferern

Die Wertschöpfungsanteile der Zulieferer am KFZ steigen, die Vertragsbindungsdauern nehmen zu und die Kfz-Herstellern reduzieren die Lieferantenzahlen für die eingekauften Komponenten (vgl. [Mei94b, S. 130, S. 178], [Män96, S. 106ff], [ECO02b]). Die Machtverteilung zwischen Kfz-Hersteller und -Zulieferern fällt zwar in den meisten Fällen zu Ungunsten der Zulieferer aus [Poh95, S. 151], aber in der Kfz-Elektronik ist das Verhältnis zwischen beiden Parteien als ausgewogener zu beurteilen. Es besteht sogar die Möglichkeit der Abhängigkeit der Hersteller von den großen Kfz-Elektronikzulieferern (vgl. [Kim97]).

Merkmal	Merkmalsausprägung (bzgl. Kfz mit Kfz-Elektronikkomponente)			
	Kfz-Hersteller		Kfz-Elektronikzulieferer (Produkt: Komponente)	
	OEM (Produkt: Kfz)	OES (Produkt: Komp.)	Großserie (OEM, OES)	Nachserie (OES, IAM)
Auftragsauslösungsart	kundenanonyme Vorproduktion / kundenauftragsbezogene Endproduktion	Lieferung ab Lager	Produktion auf Bestellung mit Rahmenaufträgen	Produktion auf Bestellung mit Einzelaufträgen / mit Rahmenaufträgen
Erzeugnispektrum	Kfz / Komponente: Standarderzeugnisse mit Varianten		typisierte Erzeugnisse mit kundenspezifischen Varianten / Erzeugnisse nach Kundenspezifikation	
Erzeugnisstruktur	mehrteilige Erzeugnisse mit komplexer Struktur	mehrteilige Erzeugnisse mit einfacherer Struktur	mehrteilige Erzeugnisse mit komplexer Struktur / mehrteilige Erzeugnisse mit einfacherer Struktur	
Ermittlung des Erzeugnis- / Komponentenbedarfs	teilw. erwartungs- / teilw. bedarfsorientiert	verbrauchsorientiert	teilw. erwartungs- / teilw. bedarfsorientiert auf Komponentenebene	bedarfsorientiert
Auslösung des Sekundärbedarfs	Disposition programmorientiert	Disposition überwiegend programmorientiert	Disposition überwiegend kundenauftragsorientiert	Disposition stärker kundenauftragsorientiert
Beschaffungsart	Fremdbezug in größerem Umfang	weitgehender Fremdbezug	Fremdbezug in größerem Umfang	
Bevorratung	keine Bevorratung; (Arbeitsvorrat für wenige Tage)	Bevorratung von Erzeugnissen	Bevorratung von Teilen auf unteren Strukturebenen	Bevorratung von Teilen auf unteren Strukturebenen
Fertigungsart	Serienfertigung	–	Serienfertigung	Einzel- und Kleinserienfertigung
Ablaufart in der Teilefertigung	Fließfertigung	–	Reihenfertigung / Fließfertigung	Werkstatt- / Insel- / Reihen- / Fließfertigung
Ablaufart in der Montage	Fließmontage	–	Reihenmontage / Fließmontage	Werkstatt- / Insel- / Reihen- / Fließmontage
Fertigungstiefe	geringe bis mittlere Fertigungstiefe	–	geringe bis mittlere Fertigungstiefe	
Kundenänderungseinflüsse während der Produktion	Änderungseinflüsse gelegentlich	–	Änderungseinflüsse gelegentlich	Änderungseinflüsse unbedeutend

Tabelle 2-1: Vergleich Kfz-Hersteller und Kfz-Elektronikzulieferer (vgl. [Rie95], [Sam92])

Da Kfz-Elektronikkomponenten hochwertige, wichtige Teile sind (vgl. [ZVEI02]), handelt es sich bei den Einkaufsbeziehungen für diese meist um Single-Sourcing bei wenigen großen Systemlieferanten mit zunehmender Entwicklungskompetenz. Obwohl Kfz-Elektronikkomponenten auch innerhalb größerer Systeme verbaut werden (z.B. Türmodule in Fahrzeuga Türen), findet der Einkauf in direkter Beziehung zum Elektronikzulieferer statt. Man kann also durchweg davon ausgehen, dass Kfz-Elektronikzulieferer als Tier1, Zulieferer auf der ersten Stufe, gegenüber dem Kfz-Hersteller auftreten (vgl. [Abe91, S. 163 u. S. 233]).

Der Unterschied in den Supply-Chain-Strukturen zwischen OEM- und OES-Bereich bzw. zwischen Groß- und Nachserie lässt sich anhand der Ausprägungen aus einem morphologischen Merkmalschema²¹ aufzeigen (Tabelle 2-1). Anhand dieser Schemata lassen sich die Aspekte Materialfluss, Bedarfsermittlung, Auftragsabwicklung und Kapazitätsbelegung des gewählten SCM-Modells erläutern.

Das Beziehungsgeflecht zwischen Kfz-Hersteller und Elektronikzulieferer verändert sich ebenfalls stark bei Übergang in die Nachserie, weil der Kontakt zum OEM-Bereich bzgl. der betroffenen Komponenten schwindet. Während in der Produktentstehung vielfältigste Kontakte zwischen Kfz-Hersteller und Zulieferer bestehen, ist die Schnittstelle in der Nachserie auf Kontakte zwischen OES-Einkauf des Kfz-Herstellers und entsprechenden Vertriebsbereichen beim Zulieferer eingeeengt. Produktrückführung für Kfz-Elektronikkomponenten findet i.d.R. nur eingeschränkt bei Garantie und Kulanzfällen zu Analyse-zwecken statt, d.h., die Rückführung endet spätestens wenige Jahre nach EOP – sofern sie nicht zu Versorgungszwecken betrieben wird (s. Kap. 4.5, S. 74).

Während sich also viele Facetten der Kunden-Lieferanten-Beziehung verändern, bleiben Erzeugnisspektrum und –struktur sowie die Verteilung von Eigenproduktion und Fremdbezug unverändert. Es handelt sich also um Quasi-Randbedingungen für die Ersatzteilversorgung.

2.4 Beziehung zwischen Kfz-Elektronikzulieferer und Halbleiterherstellern als herausgehobenes Beispiel für Unterlieferanten (Tier2)

“The semiconductor industry has one of the longest and most complex manufacturing processes and supply chains.”
[Sta00, S. 267]

Die Halbleiterindustrie verbindet optische, chemische und mechanische Herstellungsprozesse wie kaum eine andere. Die Tabelle 2-2 zeigt analog zur Kraftfahrzeugindustrie das morphologische Merkmalschema für die Halbleiterindustrie. Die hochspezialisierten Fertigungseinrichtungen sind weltweit verstreut, so dass die Lieferkette durch Transporte über lange Distanzen gekennzeichnet ist. Da Halbleiter klein, leicht und hochwertig sind, fallen diese Transporte selbst per Luftfracht kaum kostenmäßig ins Gewicht. Die Nutzung der besten Herstellprozesse und die daraus resultierende Ausbeute ist der wichtigste Kostenfaktor. Auch dadurch sind lange physikalische Durchlaufzeiten von 16 Wochen keine Seltenheit. [Sta00, S. 268ff]. Die starren langwierigen Prozesse sind nicht mit denen in der Kfz-Industrie vergleichbar, was einen der Ausgangspunkte für Beschaffungsrisiken in der Großserie darstellt (s. Kap. 2.5.3, S. 28). Entscheidend für die Ersatzteilversorgung ist jedoch der technische Zwang zur Auslastung einer Halbleiterproduktion:

„Ein Herstellprozess kann nur mit einer kontinuierlich laufenden Waferzahl stabil aufrechterhalten werden. Bei heutigen und zukünftigen Waferdurchmessern von 6-8 inch~150-200 mm oder größer entspricht dies einer recht großen Anzahl an Bauelementen, wenn man eine Losgröße von mindestens 25 Wafern berücksichtigt. Da diese Anzahl von Bauteilen von der Automobilindustrie nicht mehr in dem Zeitraum ei-

²¹ RIEKEN [Rie95, S. 213ff] und SAMES [Sam, S. 31ff] benutzen ähnliche Schemata, wobei SAMES umfassender ist und sich RIEKEN intensiv mit der OEM-Zulieferer-Beziehung in der Kfz-Industrie auseinandersetzt.

nes Jahres abgenommen werden kann, oder aus Kostengründen die Produktion der Bauteile eingestellt werden muss, muss eine Endbevorratung für den Restbedarf der Automobilindustrie erfolgen.“
[ZVEI02, S. 12]

Das bedeutet, dass der Halbleiterhersteller anders als der Kfz-Elektronikzulieferer keine Möglichkeit sieht, eine nachseriengerechte Kleinserienproduktion aufrechtzuerhalten. Somit gibt es in der Halbleiterindustrie nur Massenfertigung oder teure Sonderlösungen durch spezialisierte Anbieter wie Rochester Electronic [Bew00], Consumer Electronic AG [Neg01], etc., die aber nicht ursprünglich in das OE-Vertragswerk eingebunden sind. Die aufgrund der geringen Umsatzanteile schlechte Machtposition der Kfz-Elektronikzulieferer – ja selbst der Kfz-Hersteller – macht es unwahrscheinlich, dass in absehbarer Zeit andere Lösungen als die Langzeitlagerung von Halbleiterbauelementen für die Nachserie gefunden werden.

Merkmal	Merkmalsausprägung für Kfz-Halbleiterhersteller
Auftragsauslösungsart	Produktion auf Bestellung mit Rahmenaufträgen / Produktion auf Lager
Erzeugnispektrum	Erzeugnisse auf Kundenspezifikation / typisierte Erzeugnisse mit Kundenspezifischen Varianten / Standarderzeugnisse mit Varianten (z.B. Qualitätsklasse)
Erzeugnisstruktur	mehrteilige Erzeugnisse mit einfacher Struktur
Ermittlung des Erzeugnis- / Komponentenbedarfs	teilw. erwartungs- / teilw. bedarfsorientiert auf Erzeugnis- und Komponentenebene
Auslösung des Sekundärbedarfs	Programmorientiert
Beschaffungsart	Fremdbezug unbedeutend (Rohstoffe nicht betrachtet)
Bevorratung	Bevorratung von Bedarfspositionen auf oberen Strukturebenen (sog. „Die Bank“ für fertige Wafer vor der Weiterverarbeitung im „Back End“)
Fertigungsart	Massenfertigung
Ablaufart in der Teilefertigung	Werkstattfertigung, Fließfertigung
Ablaufart in der Montage	Fließmontage
Fertigungstiefe	hohe Fertigungstiefe, hoher Strukturierungsgrad der Fertigung (vielschrittig)
Kundenänderungseinflüsse während der Produktion	Änderungseinflüsse gelegentlich (sog. „Hot Run“ ermöglicht die Verkürzung der Durchlaufzeit durch Unterbindung von Liegezeiten)

Tabelle 2-2: Merkmalsausprägung Halbleiterhersteller

Da der Halbleiterhersteller keine Nachserie im automobilen Sinne kennt, werden die Beziehungen der Halbleiterhersteller zu den Kfz-Elektronikzulieferern in Groß- und Nachserie weitestgehend durch die gleichen Stellen (Vertrieb, Einkauf, Kaufteildisposition) abgewickelt.

2.5 Struktur und Dynamik typischer Ersatzteilspektren in der Automobilelektronik (Objektsystem der ETV)

Dieser Abschnitt beschreibt die Struktur und die Dynamik von Ersatzteilspektren in der Automobilelektronik am Beispiel des Produktspektrums der Hella. Dieser Abschnitt bildet eine wichtige Grundlage für die spätere Definition eines integrierten Methoden- und Datenmodells in Kapitel 5 (S. 86ff).

2.5.1 Ersatzteilspektrum als Untermenge des Produktspektrums

Produktspektren werden meist aus Marketingsicht mit Zielrichtung Geschäftsausweitung als Produktportfolio betrachtet. Eine eigenständige Systematik zur Beschreibung von Ersatzteilproduktspektren gibt es nicht. Diese Produkte sind nach klassischer Marketingsicht „Cash-Cows“ oder „Dogs“ [Kot94, S. 71]. Die einzelne Anwendung im Unterneh-

men mag sich unterscheiden, denn große OES/(IAM)-Organisationen oder Chip-Broker legen selbstverständlich ihren Fokus auch auf alte Ersatzteile. Am Beispiel der Hella soll an dieser Stelle ein typisches Produktspektrum an Kfz-Elektronikkomponenten vorgestellt werden.

Produktlebenszyklen können bei Kfz-Elektronikkomponenten sehr unterschiedlich verlaufen, aber die entscheidenden Meilensteine in jedem Lebenszyklus sind der Serienstart (Start of Production, SOP), das Serienende (End of Production, EOP) und das Ende der Lieferverpflichtung (End of Delivery Obligation, EDO).

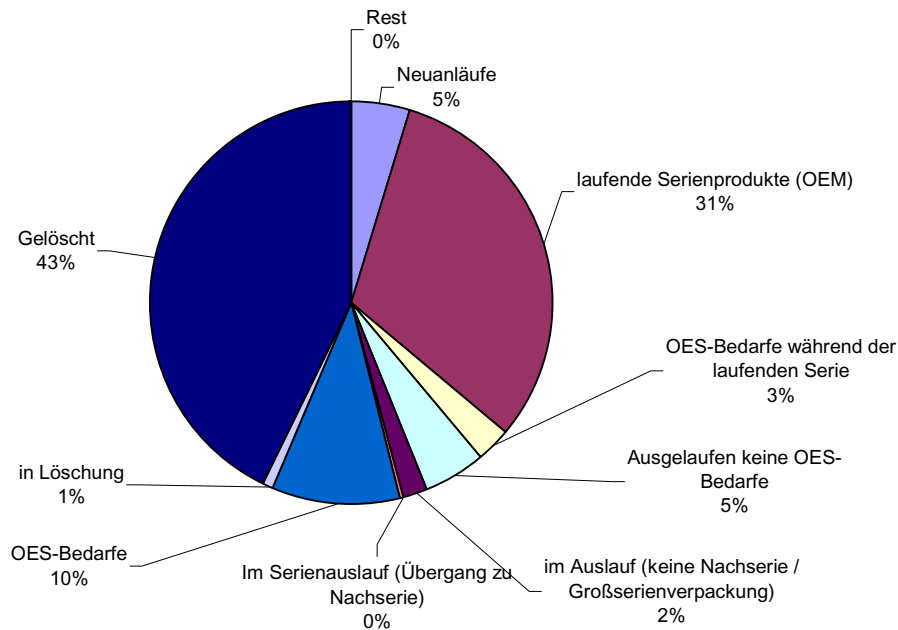


Abbildung 2-7: Produktspektrum der Hella, Geschäftsbereich Elektronik OEM/OES (insgesamt ca. 7000 Artikel)

Von den ca. 7000 eigenständigen Artikeln der Elektroniksparte (Baugruppen werden auch an andere Sparten geliefert) sind nur ca. 30% Neuanläufe und Serienprodukte für den OEM-Markt. Alle übrigen befinden sich bereits in späteren Phasen des PLZ oder sind von vornherein schon für den OES vorgesehen (d.h. für den Vertrieb durch OES-Organisationen einzeln verpackt). Die „gelöschten“ Artikel sind mit aufgeführt, denn auch diese Artikel müssen teilweise reaktiviert werden, weil sich der OEM bzgl. der Endbevorratung verschätzt hat²² o.ä.

Diese Verteilung kann als typisch für große Hersteller von Kfz-Elektronik angenommen werden. Dem Autor liegen durch Gespräche mit Produktverantwortlichen bei SiemensVDO Automotive und der Robert Bosch GmbH Informationen vor, die eine ähnliche Verteilung widerspiegeln. Das Alter der ältesten Komponenten des Spektrums entspricht in etwa denen bei Bosch.

²² z.B.: Hella musste ein ABS-Steuergerät für einen koreanischen und ein Motorsteuergerät für einen skandinavischen Hersteller neu auflegen. Dabei entstanden wiederum erhebliche Werkzeugkosten, die auf eine sehr kleine Anzahl von bestellten Komponenten umgelegt werden musste.

Dieses Spektrum hat sich im Laufe von 30 Jahren langsam entwickelt und wächst und verändert sich permanent. Im folgenden soll diese Dynamik eines typischen Ersatzteilspektrums verdeutlicht werden.

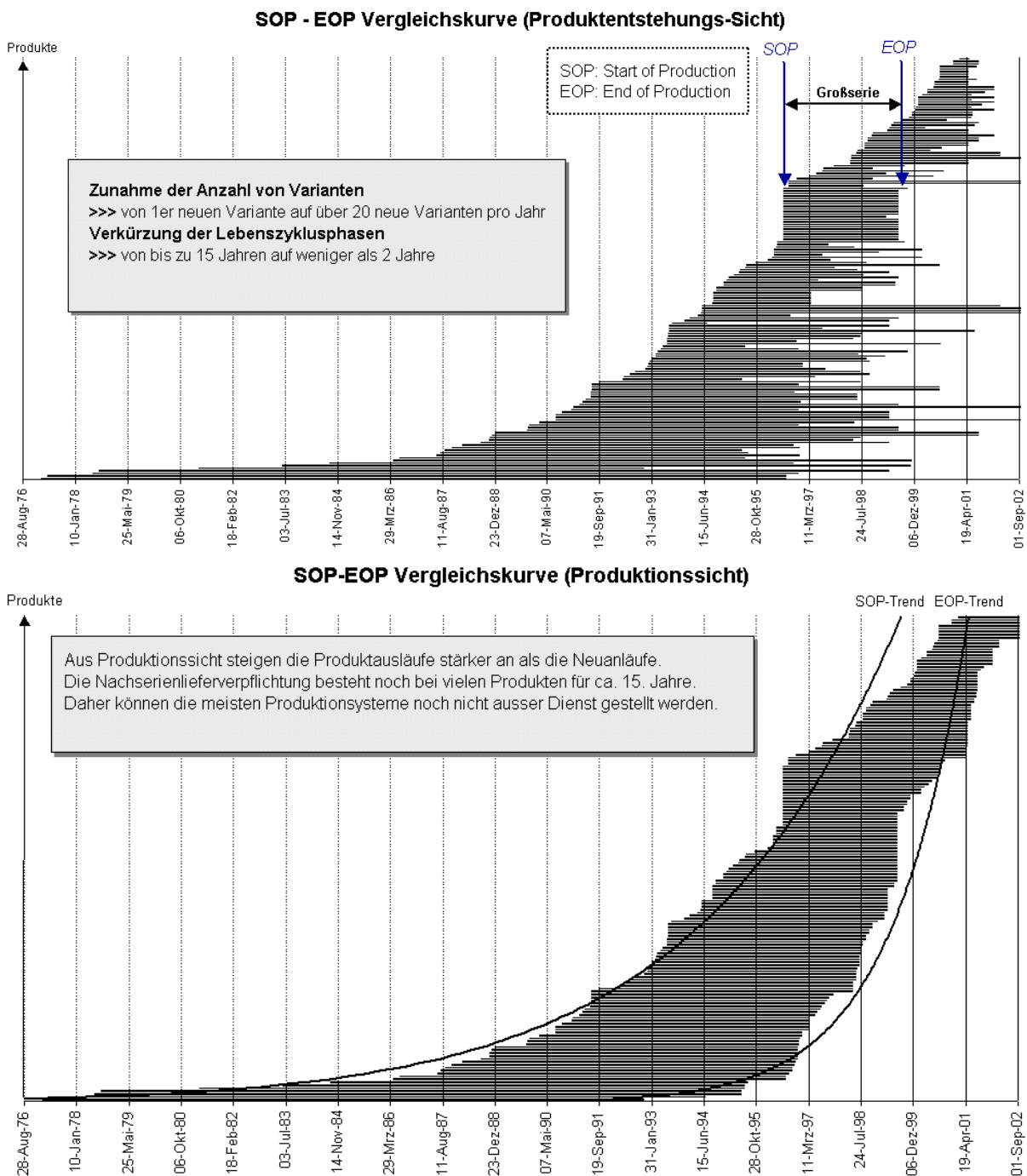


Abbildung 2-8: Entwicklung eines Spektrums an Kfz-Elektronikkomponenten;
 Veränderungen der Produktlebenszyklusdauer

Über eine kleine Anzahl von 418 Artikeln mit gut gepflegten An- und Auslaufterminen konnte die Auswertung gefahren werden, die zu Abbildung 2-8 geführt hat. Sie zeigt die Entwicklung des Ersatzteilspektrums unterschiedlicher Elektronikkomponenten der Helia. In der oberen Graphik ist die Serienlaufzeit jedes Produktes einzeln als Balken dargestellt. Die untere zeigt das gleiche Bild aus Sicht der Produktion. Die Starttermine folgen der gleichen Sortierung, aber die Endtermine wurden ebenfalls zeitlich sortiert. An der Anzahl der Balken zu einem gegebenen Zeitpunkt kann man sehen wie viele Produkte in

Großserie produziert werden. Für die Produktion wurden zwei Trendlinien für SOP, EOP hinzugefügt (EDO erfolgt entsprechend 15 Jahre nach EOP).

Hieran werden folgende Punkte deutlich:

- Die Anzahl an unterschiedlichen Elektronikkomponenten im Spektrum wächst in den 90er Jahren schneller als in den 70ern oder 80ern²³, was der Steigerung des Gesamtkostenanteils der Elektronik am Kfz entspricht.
- Das Spektrum erlebt mehr Zuwachs als Abgänge, weil die meisten EDO-Termine noch in der Zukunft liegen. (Bei den hier analysierten Produkten liegen alle EDO-Termine in der Zukunft.)
- Die Tendenz zu kürzeren Serienlaufzeiten ist unverkennbar. Die Produktionszeiten verkürzen sich zusehends auf ca. 2 Jahre, was daher rühren kann, dass die OEMs in der Mitte der Produktionsphase ihre Fahrzeugmodelle sog. „Face-Lifts“ unterziehen und dabei auch die Fahrzeugelektronik auf den neuesten Stand der Technik bringen. Dieses Vorgehen wird im Idealfall zur Variantenreduzierung durch abwärtskompatible Neuprodukte genutzt. Leider ist dieser Idealfall nicht die Regel.

2.5.2 Lebenszyklus einer Kfz-Elektronikkomponente

Abbildung 2-9 zeigt einen typischen Stückzahlverlauf einer Kfz-Elektronikkomponente. Die Darstellung stützt sich auf umfangreiche Analysen von Stückzahlverläufen bei Kfz-Elektronikkomponenten der Hella. Da diese Stückzahlverläufe maßgeblich durch den jeweiligen OEM/OES getrieben werden und Hella ein breites Kundenspektrum beliefert, ist davon auszugehen, dass auch Komponenten anderer Kfz-Elektronikzulieferer vergleichbare Verhaltensmuster zeigen.

In den ersten Jahren ist die Großserie (I) vorherrschend; aus der Großserienproduktion heraus werden OEM und OES beliefert. Mit dem EOP fällt die Stückzahl um 80 - 90% gegenüber der Serienphase ab. Danach ist die Unterteilung der Nachserienphase in weitere Phasen sinnvoll. Hierzu gibt es verschiedene Vorschläge: Der Autor [Hag00] unterteilt die Nachserie in einer früheren Veröffentlichung in kontinuierlichen Ersatzteilbedarf (II) und Fade-Out (III) mit nur noch sporadischen Bedarfen. Dazwischen siedelt er zwei Entscheidungsphasen an. Diese Definition basiert auf der erwähnten Analyse des umfangreichen Ersatzteilspektrums der Hella. Die Übergänge zwischen den Phasen sind in den meisten Stückzahlverläufen klar zu erkennen.

TRAPP [Tra00] unterteilt die Nachserie ebenfalls in zwei Phasen und nennt diese Ersatzteilproduktion und Versorgungsproblem. Davor ordnet er aber noch die Serienproduktion, d.h. die Ersatzteilversorgung in der Großserie an und fasst diese mit der ersten Entscheidungsphase zusammen. Er versucht mit dieser Definition eher Auswirkungen in den Vordergrund zu stellen und nimmt dabei weniger Rücksicht auf die Diagnostizierbarkeit. Allen Quellen ist aber gemeinsam, dass die Einteilung auf die Versorgungsprobleme und die daraus entstehenden Kosten abzielt.

²³ Die Abflachung der SOP-Linie in Abbildung 2-8 ab Mitte der 90er Jahre ist durch die Einschränkung auf Ersatzteile zurückzuführen.

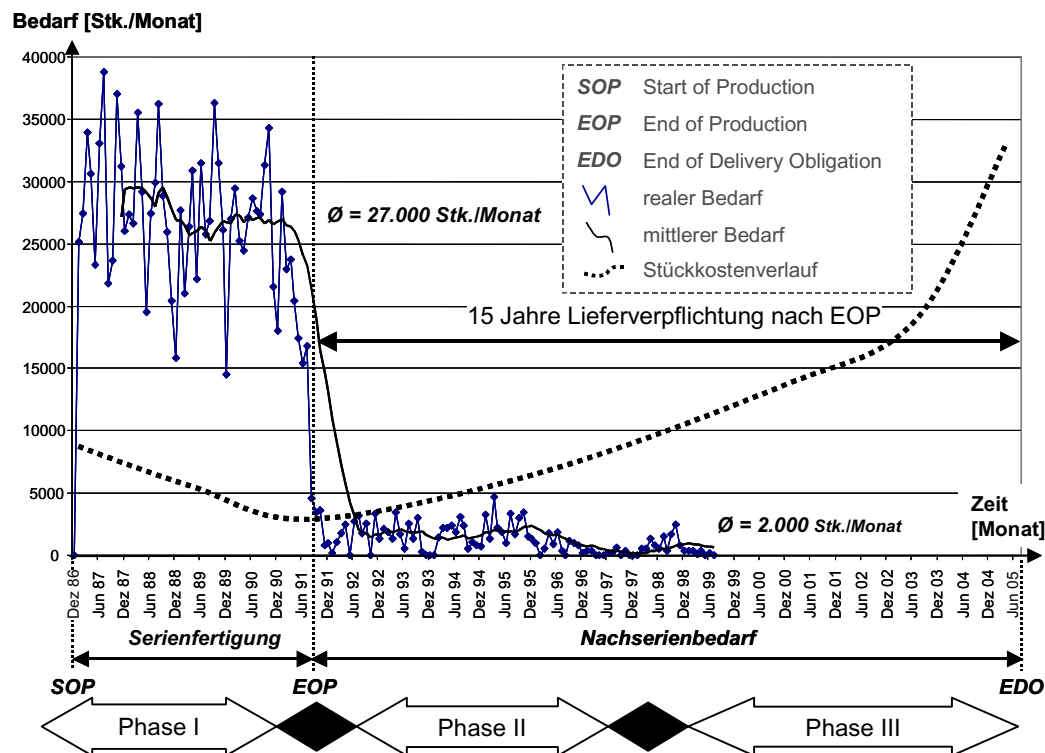


Abbildung 2-9 Typischer Lebenszyklus und seine verschiedenen Phasen [Hag00]

Einen so typischen Verlauf wie in Abbildung 2-9 findet man jedoch längst nicht bei allen Kfz-Elektronikkomponenten. Häufig handelt es sich bei neueren Entwicklungen um Plattform-Komponenten, die in verschiedenen Fahrzeugmodellen eingesetzt werden. In diesen Fällen sind die Entscheidungsphasen nicht so deutlich ausgeprägt, da jedes Modell eigene SOP- und EOP-Termine hat.

Bei älteren Komponenten handelt es sich häufig um universell verwendete Produkte, die in zahllose Kfz-Modelle eingeflossen sind (z.B. Blinkgeber, Wisch-Wasch-Intervall-Steuergerät). Außerdem findet man bei älteren Komponenten auch häufig einen höheren Mechanikanteil, der zu verschleißbehafteten Ausfällen und dadurch anderen Verläufen führen. In manchen Fällen ergeben sich auch Bedarfsverschiebungen durch OEM-seitige Reduzierung der Varianten, d.h., der OEM ersetzt im OES ein Steuergerät durch ein anderes (z.B. ein 6-Zylinder-Motorsteuergerät wird auch für 4-Zylinder-Motoren eingesetzt). Solche Ereignisse können einzelne Kfz-Elektronikkomponenten oder ganze Baureihen betreffen. Neben diesen Einflüssen auf die Nachfrageseite eines Spektrums müssen die Störungen auf der Angebotsseite bzw. der Verfügbarkeit berücksichtigt werden: unerwartete Qualitätsprobleme durch vermehrte Ausfälle eines Bauteils unter bestimmten Umwelteinflüssen (z.B. Bruch von Lötstellen bei großen Bauteilen unter Schwingungseinfluss), Bauelementaufkündigungen (s. Kap. 3.1, S. 37ff) oder sogar Wegbrechen von Produktionstechnologien (z.B. Ersatzteilversorgung für bestimmte Bestückungstechnologien für bedrahtete Bauelemente).

2.5.3 Versorgungsrisiken für ein Ersatzteilspektrum

Versorgungsrisiko (VR) wird gemeinhin als das Risiko in einer einzigen Kunden-Lieferanten-Beziehung verstanden. WILDEMANN (in [Eve96, S. 15-32]) definiert das VR

im Rahmen der Transaktionskostentheorie mit den Faktoren Spezifität, Komplexität und Unsicherheit²⁴.

Mit dieser Definition sind die meisten Facetten der ETV mit Kfz-Elektronikkomponenten abgedeckt, wenn man den Standpunkt des Endkunden bezieht.

Bei einer herstellerseitigen Betrachtung werden jedoch mit dieser Sichtweise nur die Risiken der eigenen Beschaffung abgedeckt. Hinsichtlich dieser Beschaffungsrisiken für die Produktion von Kfz-Elektronikkomponenten gibt TRAPP eine praxisgerechte Aufstellung (Abbildung 2-10).

Weil für den Kfz-Elektronikzulieferer in der Supply-Chain die eingeschränkte Blickrichtung ‚nach unten‘ unzulässig ist, muss der VR Begriff sinnvoll erweitert werden: Risiko wird in der Literatur selten als allgemeiner Begriff definiert – es geht vielmehr meistens um bestimmte Risikobereiche oder Betrachtungsweisen, z.B. findet man in der Betriebs- und Volkswirtschaft umfangreiche Literatur zu diesem Thema. Die Begrifflichkeiten sind dabei stark aus dem Angloamerikanischen²⁵ geprägt, wo ‚risk‘ nicht nur Risiko sondern auch Chance bedeutet (vgl. [Gut94, S. 213]). Risikobetrachtungen nach dem Prinzip ‚Value at Risk (VaR)‘ sind gängiger Standard in der Finanzwelt und durch die staatliche Bankenaufsicht (Bundesaufsichtsamt für Kreditwesen) und supranationale Gremien (Basler Ausschuss für Bankenaufsicht) gefordert und erweitert (vgl. [Joh00, S. 635ff]). Die VaR-Betrachtungsweise wird auch auf Teilbereiche angewendet, wovon das Operational Risk, i.e.S. als Geschäftsrisiko übersetzt, von besonderem Interesse ist: *„Geschäftsrisiken sind die negative Abweichung des Wertes eines Unternehmens vom Erwartungswert aufgrund von Veränderungen des Geschäftsvolumens oder der Margen.“* Solche Risiken werden dabei in Risiko-Portfolios mit den Dimensionen Häufigkeit und Verlusthöhe kategorisiert (vgl. [Joh00, S. 651]). Seltene und verlustreiche Risiken werden

²⁴ „Die Spezifität bezieht sich dabei auf die Anforderungen an die technische Zusammenarbeit mit Lieferanten sowie auf den Standardisierungsgrad der Produkte. Stellt der Abnehmer an das Produkt und die Fertigungsverfahren technische und qualitative Anforderungen, die über den Industriestandard hinausgehen, und stehen dem Lieferanten nur wenige Abnehmer zur Verfügung, so weist die Beziehung einen hohen Spezifitätsgrad auf. Hohe Spezifitätsgrade steigern dabei tendenziell das Versorgungsrisiko des Abnehmers. Aufgrund vergleichbarer Auswirkungen auf die Höhe des Versorgungsrisikos bietet es sich an, die Einflussgrößen Unsicherheit und Komplexität gemeinsam zu behandeln.

Die Komplexität bezieht sich auf logistische Abläufe und technologieorientierte Merkmale. Eine hohe logistische Komplexität liegt vor, wenn eine Vielzahl externer Einflussgrößen entlang der logistischen Kette vom Lieferanten bis zum Verbauort beim Abnehmer zu beachten ist. Diese können auf standortspezifische Gegebenheiten wie die geographische Lage des Lieferanten oder auf Schwachstellen innerhalb der logistischen Kette, wie beispielsweise Engpässe beim Verpacken, Verladen, Umpacken oder Transportieren zurückgeführt werden.

Technische Komplexität liegt dann vor, wenn Kaufteile aus einer großen Zahl artverschiedener Einzelteile bestehen, die selbst vielfältige Interdependenzen untereinander aufweisen und bei denen mehrere Produkttechnologien eingesetzt werden. Die Produkte befinden sich auf einem hohen Wertschöpfungsniveau, das oftmals erst durch Einsatz mehrerer unterschiedlicher Prozesstechnologien erreicht wurde. Hochkomplexe Teile steigern das Versorgungsrisiko.

Unsicherheit bezieht sich schwerpunktmäßig auf diskontinuierliche Veränderungen der Umweltbedingungen. Hierunter sind technologische Entwicklungen, die anwenderbezogene Änderungshäufigkeit der Kaufteile sowie die zukünftige Nachfrageentwicklung nach den Produkten am Beschaffungsmarkt zu subsumieren. Die Unsicherheit wächst mit steigender Dynamik der technologischen Entwicklung, hohen anwenderbezogenen Änderungsraten sowie ansteigenden Bedarfstückzahlen, falls diese nicht durch eine Ausweitung des Angebots befriedigt werden können. Hohe Ausprägungen der Einflussgröße Unsicherheit steigern das Versorgungsrisiko. [Eve96, S. 15-32]“

²⁵ Business Risk, Event Risk, Operativ Risk, Market Risk und Credit Risk (vgl. [Joh00, S.636])

versichert, während häufige Risiken vermieden bzw. kontrolliert werden. Bagatellrisiken (selten und geringes Verlustpotential) werden akzeptiert (vgl. auch [Gut94, S. 365]).

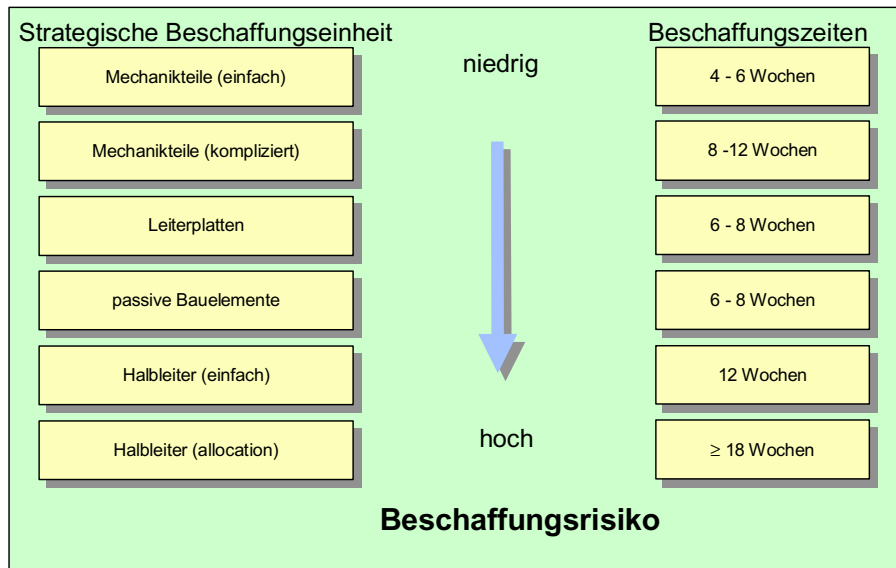


Abbildung 2-10: Beschaffungsrisiko [Tra00]

In Bezug auf das Anlagengeschäft²⁶ setzt sich GUTMANNSTHAL-KRIZANTIS intensiv mit dem Risikobegriff auseinander. Er definiert drei verschiedene Sichtweisen auf Risiken: erstens der zielorientierte, zweitens der entscheidungsorientierte und drittens der informationsorientierte Risikobegriff.²⁷

Der informationsorientierte Risikobegriff steht auch in enger Beziehung zur normativen Entscheidungstheorie (vgl. [Gut94, S. 252f], [Kem99, S.291], [Hil97, S. 742ff] und [Fis94, S.36]). Dort werden Entscheidungssituationen ebenso nach dem Informationsstand beurteilt. Man spricht ganz ähnlich von Entscheidungen unter Sicherheit, Risiko und Ungewissheit.

Die Definition des zielorientierten Risikobegriffs gleicht im wesentlichen dem Operational-Risk-Konzept (s.o.). Deshalb wird im folgenden auf eine Trennung verzichtet.

²⁶ Im Anlagengeschäft geht es ebenso wie bei Produktentscheidungen auf PLZ-Sicht um weitreichende Investitionsentscheidungen und viele Ansätze sind daher identisch. (Kap. 3.2.2, S. 50ff)

²⁷ [Gut94, S. 213ff]: „Es gibt mehrere Definitionen, die das Risiko meist als Gefahr des Misslingens einer Aktion oder als potentiellen Schaden interpretieren. In diesem Zusammenhang existieren u.a. folgende Begriffe:

Zielorientierter Risikobegriff: Risiko ist die Gefahr des Gewinnentganges oder des Vermögensverlusts.

Entscheidungsorientierter Risikobegriff: Risiko ist die Gefahr der falschen Entscheidung.

Informationsorientierter Risikobegriff: Je nach Auffassung, wie sich innerhalb des Kontinuums zwischen vollkommener Information (Gewissheit) und total unvollkommener Information die Informationszustände in Unterkategorien einteilen lassen, wird der Risikobegriff definiert: “ [objektive Wahrscheinlichkeit ohne und mit Verteilung, subjektive Wahrscheinlichkeit mit unbekannter Verteilung und zuletzt keine Wahrscheinlichkeit mit der Annahme der Gleichverteilung (vgl. [Gut94, S. 215); und weiter:]

„Risiko lässt sich auch auf eine Diskrepanz zwischen Informationsbedarf und verfügbare Kapazität zur Erzeugung relevanter Informationen zurückführen:

Spielsituation [...],

Risikosituation: Die Zustände der Welt treten mit gewissen, dem Entscheider bekannten Wahrscheinlichkeiten ein.

Unsicherheitssituationen im engeren Sinn: Für die Zustände der Welt sind die Wahrscheinlichkeiten unbekannt bzw. im objektiven Sinne nicht vorhanden.“

Weitere praxisorientierte Risikodefinitionen finden sich auch in der Systemtechnik [Dae92, S. 532]: *"bewertete Schadenspotentiale oder die Ausfallfolgen unerwünschter Ereignisse pro Zeiteinheit."*

Alle genannten Definitionen lassen sich auf die Versorgungssicherheit für Kfz-Elektronikkomponenten sinnvoll anwenden:

- Operational Risk: Wie groß ist der Wert, den eine Nichterfüllung von Lieferverpflichtungen ausmachen kann? Im schlimmsten Fall müssen einzelne Fahrzeuge der Fahrzeugflotte stillgelegt und ersetzt werden oder eine komplette Neuentwicklung der Komponente(n) durchgeführt und für evtl. Ausfallzeiten von Fahrzeugen Ersatz gestellt werden. Dies allein hat das Potential zu Millionenschäden – vom Imageschaden für den Fahrzeughersteller und den evtl. Verlust von Folgeaufträgen für den Zulieferer ganz zu schweigen. Abgeschwächte Formen dieses Risikos sind ungeplante Ausgaben, die zum Erhalt der Lieferfähigkeit dienen und den schlimmsten Fall abwenden helfen sollen. (Das Schadenspotential reicht von Klein- bis zu Großrisiken; vgl. [Gut94, S. 217]).
- Entscheidungsorientierter Risikobegriff: Sollte sich ein schlecht informierter Produktverantwortlicher für eine falsche Versorgungsstrategie entscheiden, kann dies zum Verlust der Lieferfähigkeit mit den erwähnten Folgen führen.
- Informationsorientierter Risikobegriff: Gelingt es, die Versorgungsrisiken mit ihren Einflüssen und Wahrscheinlichkeiten näherungsweise zu modellieren, so lässt sich die Diskrepanz zwischen Informationsbedarf und Kapazität zur Erzeugung der relevanten Informationen schließen und ein Produktverantwortlicher kann vor dem Hintergrund bekannter Wahrscheinlichkeiten entscheiden.

GUTMANNSTHAL-KRIZANTIS [Gut94, S. 227ff] klassifiziert Risiken in äußere Risiken (Umweltrisiken) und Risiken der Akteure einerseits sowie wirkungsbezogene Risiken (Qualitäts-, Kapazitäts-, Termin- und Kostenrisiken) andererseits. Dies entspricht der systemtechnischen Sichtweise auf die ETV und das ETM. Übertragen auf diesen Bereich entsprechen Umweltrisiken beispielsweise der Gesetzeslage, wie sie in Kapitel 2.1 behandelt wurde. Akteurrisiken sind den Versorgungsrisiken (s.o.) ähnlich und wirkungsbezogene Risiken beziehen sich auf die Zielerreichung der Abwicklungsprozesse eines Unternehmens, vor allem der Logistikprozesse. Potentielle Risiken werden häufig mittels Checklisten abgefragt und charakterisiert (vgl. [RISKNET], [Gut94, S. 232], [Joh00, S. 639f]). Eine Risikoanalyse muss mehreren Anforderungen genügen (vgl. [Gut94]):

- Alle Risiken müssen berücksichtigt werden, auch solche, die unbedeutend oder allgemeingültig scheinen.
- Risiken müssen als Ursachen und Wirkungen erfasst werden.
- Risikoverbünde müssen berücksichtigt werden.
- Risikoanalysen müssen den gesamten relevanten Zeithorizont abdecken – also den Produktlebenszyklus.

Im Rückgriff auf Checklisten und geleitet durch obige Klassifizierungen und Anforderungen soll Abbildung 2-11 einen Überblick über mögliche Risiken für die ETV geben. Dabei bedeutet eine unzureichende Lieferfähigkeit des OES gegenüber dem Endkunden ein Versorgungsrisiko in der ersten Ebene der Wertschöpfungskette, das aber durch die gesetzlichen Rahmenbedingungen auf die OE-Organisationen abgewälzt wird. Dieses wird durch vertragliche Regelungen oder Machtstellung des OEM gegenüber dem Tier 1 weitergegeben. Im Falle mehrstufiger Lieferketten nimmt der Einfluss der OEMs stark ab – vor allem gegenüber Halbleiterherstellern besteht kaum mehr ein Druckmittel. Innerhalb der herstellerseitigen ETV und der OES-Organisation kommen wirkungsbezogene

Risiken zum Tragen, z.B. das Risiko schlecht abgeschätzter Lagerfähigkeiten mit Überalterung und Ungenauigkeit der Bestände als Folge.

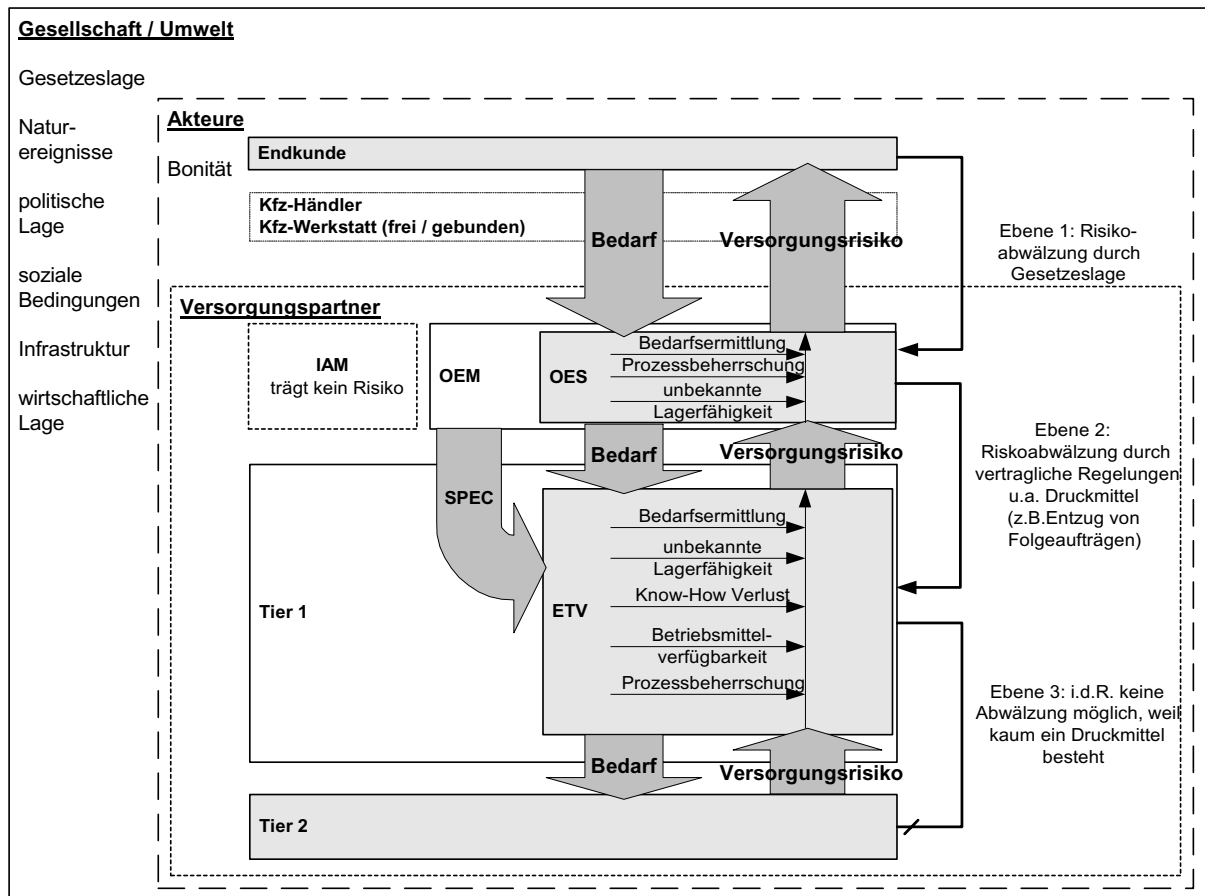


Abbildung 2-11: Risikoanalyse für Ersatzteilversorgung

Für den Kfz-Elektronikzulieferer (Tier1) stellt sich die Frage, welche Risiken im Rahmen des ETM eingehend untersucht werden müssen. Abbildung 2-12 zeigt die Antwort auf diese Fragestellung, ermittelt durch die Fehlerbaum-Methode (vgl. [Gut94, S. 303ff]). Entweder kann der Kfz-Elektronikerhersteller die Komponente nicht mehr neu produzieren oder die Endbevorratung als letztmögliche Strategie ist nicht aufgegangen. Eine umfassende Risikoanalyse der VR in der ETV muss diese Punkte zusätzlich zu den VR der vorgelagerten Stufen in der Supply-Chain mit einbeziehen. Genauer gesagt: Die Frage nach der Produktionsfähigkeit umfasst die VR vorgelagerter Stufen. Bei den zu betrachtenden Risiken handelt es sich also vordringlich um Störungen der Logistikprozesse im weitesten Sinne (vgl. [Sch97a]). Dabei ist zu beachten, dass die mit dem OEM festgelegten Spezifikationen eine der wichtigsten Randbedingungen für die ETV darstellen und daher auch als Risikotreiber fungieren können.

Abbildung 2-13 zerlegt die zwei Hauptrisiken mittels Ishikawa-Diagramm in einzelne Bestandteile. Bei einer späteren Formalisierung und Modellierung der Risiken müssen all die Punkte beachtet werden, die als tatsächliche Ereignisse innerhalb der ETV in Erscheinung treten (s. Kap. 5.4.3, S. 105).

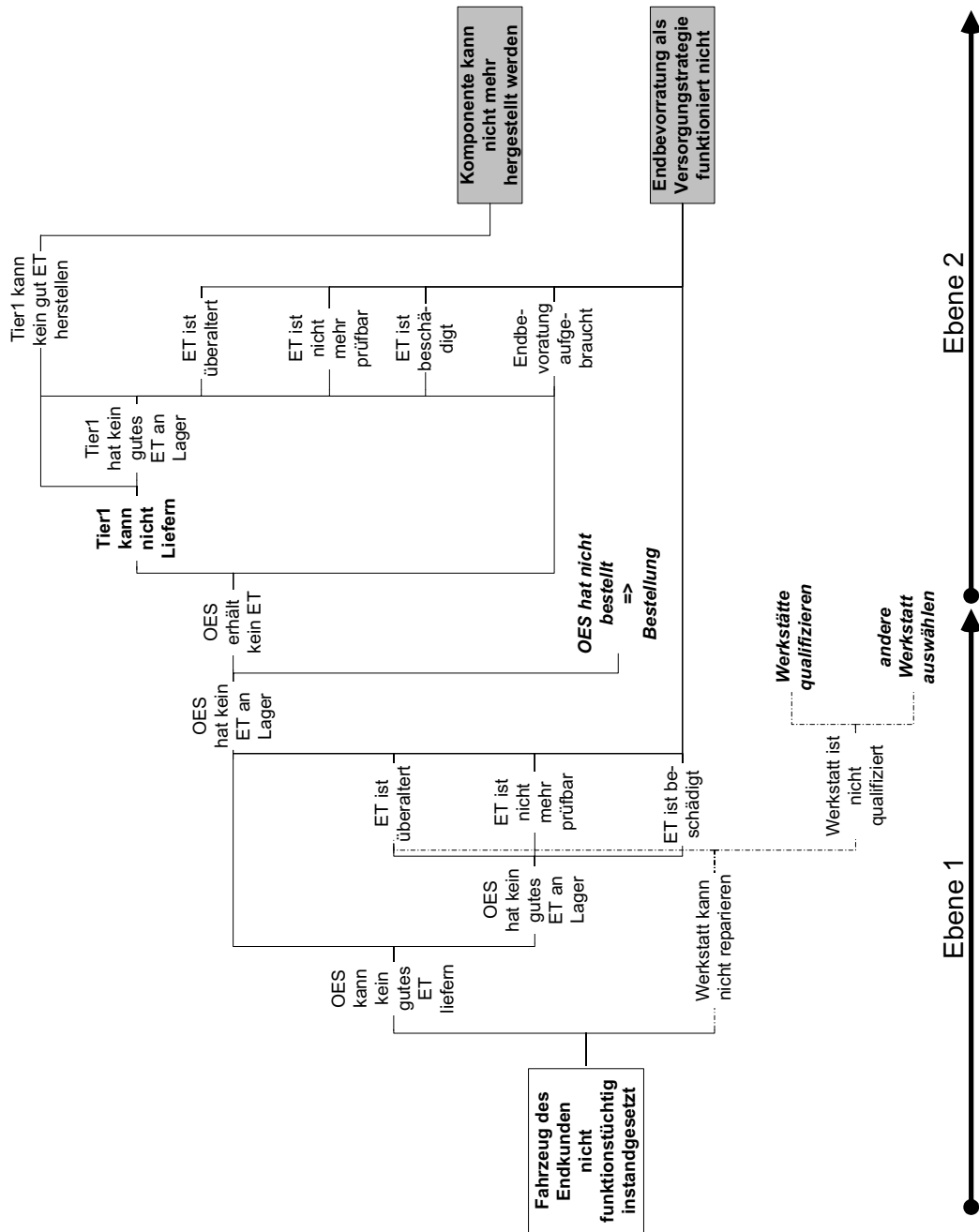


Abbildung 2-12: ETV-Fehlerbaum auf Ebene 1 und 2 der Supply Chain

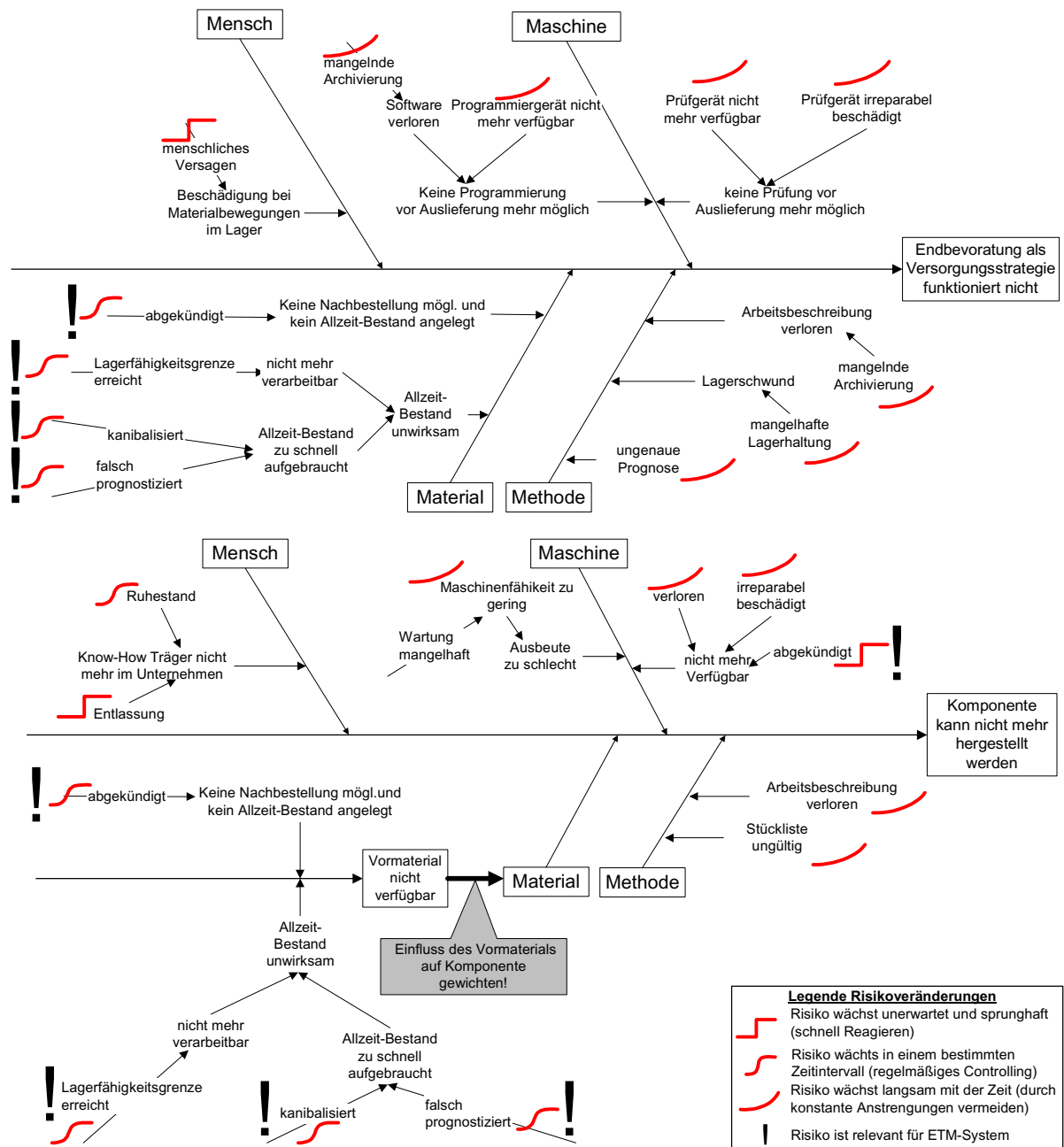


Abbildung 2-13: Ursachenanalyse für Versorgungsrisiken

2.6 Schlussfolgerungen für das ETM

Diese Analysen zeigen, dass die Ersatzteilversorgung ein Prozesssystem mit vielen Teilprozessen, wechselseitigen Abhängigkeiten und langen Zeithorizonten ist. Ferner wird deutlich, dass bei den Herstellern von Automobilelektronik ein großes und wachsendes Spektrum an Kfz-Elektronikkomponenten mit unterschiedlichsten Technologieständen und zunehmenden „Alt-Lasten“ existiert. Das bedeutet, die Produkte mit Lieferverpflichtungen, aber ohne nennenswerter Nachfrage haben in den vergangenen Jahren deutlich zugenommen. Bedarf und Versorgung unterliegen erheblichen, bisher kaum planbaren äußeren Einflüssen. Zusätzlich bedrohen Versorgungsrisiken auf allen Stufen der Wertschöpfungskette die Versorgung.

Die allgemeine Komplexitätssteigerung in der Automobilelektronik durch neue Systeme und Funktionalitäten um mehr als Faktor 10 (vgl. [Neg98, S. 24f]) tritt also in der herstellerseitigen ETV um ein Vielfaches verschärft auf. Dies gilt in verschiedener Hinsicht:

- Die Anzahl der Komponenten steigt (detail complexity nach SENGE, vgl. [Neg98, S. 7]).
- Die Unterschiedlichkeit im Spektrum nimmt durch immer neue Technologien weiter zu (detail complexity).
- Die Erschließung neuer VS und VP führt zu immer neuen möglichen Versorgungsszenarien (s. Kap. 4, S. 64ff), (dynamic complexity nach SENGE, vgl. [Neg98, S. 7]).
- Somit wird es immer schwieriger, ein Ersatzteilspektrum sinnvoll zu beschreiben (Beschreibungskomplexität, vgl. [Neg98, S. 8]) und
- auf Basis dieser Beschreibung sinnvolle Schritte einzuleiten (Interpretationskomplexität, vgl. [Neg98, S. 8]).

Ein Kfz-Elektronik-Ersatzteilspektrum und die ETV erfüllen somit alle Bedingungen, um als komplexe Systeme zu gelten – mit all ihren typischen Problemen für den Menschen als Problemlöser: Unüberschaubarkeit, Intransparenz, mangelnde Vorhersagbarkeit, Schwierigkeiten mit Zeitabläufen, Unvollständigkeit oder Falschheit der Informationen, Unsicherheit, falscher Umgang mit Zielen, singuläres Reparaturverhalten, übermäßige Abstraktion und Interdisziplinarität (vgl. [Neg98, S. 15f]).

Ersatzteilmanagement muss daher auch vor allem Komplexitätsmanagement sein. Die Qualität der Verwaltung eines solchen Ersatzteilspektrums in einem derart komplexen Umfeld kann entscheidenden Einfluss auf die Rentabilität des Gesamtunternehmens haben, denn Überkomplexität wird generell „eine stark ertragssenkende Wirkung zugeschrieben“ [Kem99, S. 158].

3 METHODEN- UND PROZESSE DES ERSATZTEILMANAGEMENTS

Dieses Kapitel widmet sich eingehend den Methoden und Prozessen des Ersatzteilmanagements (ETM). Zunächst wird anhand eines Praxisbeispiels die Komplexität der Entscheidungsprozesse im ETM dargestellt, die aus der Komplexität von ETV und Ersatzteilspektrum resultiert. Auf dieser Grundlage wird ein Methodenbaukasten des ETM selbst entwickelt. Dazu werden zuerst vorhandene Ansätze aus Forschung und Technik ermittelt und auf ihre Tauglichkeit hin untersucht sowie der weitergehende Handlungsbedarf erarbeitet. Es wird eine kurze Empfehlung für die organisatorische Einbindung des ETM im Unternehmen gegeben. Darauf basierend entsteht ein umfassendes Prozessmodell für das ETM. Dazu wird die ETV in den Lebenszyklus eingeordnet und die Verknüpfung von ETM und ETV im Überblick dargestellt.

3.1 Entscheidungsprozesse im Ersatzteilmanagement am Praxisbeispiel

Die Komplexität des Ersatzteilspektrums und der ETV beeinflusst die Entscheidungsprozesse des ETM direkt. Dies sollen an einem Praxisbeispiel aus der Hella Hueck & Co. verdeutlicht werden:

Ein Halbleiterhersteller gab Mitte 2000 eine Technologieumstellung von einer Wafergröße auf die nächste bekannt, die zu einer umfangreichen Bauelementabkündigung führen sollte. Insgesamt sollte die Fertigung von 313 Halbleiterbauelementen in mehreren Gruppen aufgegeben werden [INF01]. Zu den meisten der betroffenen Bauelementen bot der Halbleiterhersteller ein Alternativbauelement (Replacement) an (bis auf 39 Komponenten, die ersatzlos aus dem Programm gestrichen werden sollten). Die letzten Bestellmöglichkeiten waren März, Juli und Dezember 2001 mit letzten Lieferungen bis September 2001 bzw. Dezember 2002.

Die Hella war durch diese Product Change Notification (PCN) nur mit 39 Bauelementen betroffen, wovon auch für 36 ein Replacement vorgeschlagen wurde. Allerdings konnte man auf den ersten Blick sagen, dass diese Ersatzbauteile weitestgehend ungeeignet für den Einsatz in den Hella-Produkten sein würden, z.B. weil zwar die elektrischen Eigenschaften identisch, aber die Abmessungen und die Positionen der Anschlussbeinchen andere waren. Dies stellte die Elektronikentwicklung und den Einkauf vor eine extreme Herausforderung: Ressourcen, die OE-Kunden für die Entwicklung von Neugeräten verpflichtet waren, mussten in größerem Umfang für diese ungeplante Aufgabe freigespielt werden.

Fest stand dann, dass von den 39 abgekündigten Bauelementen ca. 800 Verkaufsartikel betroffen waren. Diese waren im Kern 474 verschiedene Produkte aus 130 Produktfamilien. Unter den betroffenen Kunden waren alle wichtigen Kfz-Hersteller. Die Laufzeiten der Artikel gingen in vielen Fällen noch bis 2009.

Daraufhin wurde ein Projektteam aus Einkauf und Elektronikentwicklung ins Leben gerufen, das ein Konzept entwickelte, wie man dem Problem Herr werden könnte und die Abarbeitung kontrollieren sollte. Das Team entschied, analog einer FMEA die einzelnen Produkte mit einem individuellen Risiko zu bewerten: $\text{Risiko} = \text{Kritizität} \times \text{Erfüllungsgrad} \times \text{Qualität der Erfüllung}$. Das Konzept wurde in einer Datenbank verankert und die einzelnen Produktverantwortlichen zur Bearbeitung freigeschaltet. Die einzelnen Produkte wurden klassifiziert; zur Auswahl standen im Wesentlichen sechs Klassen:

- Ersatzbauelement durch den Halbleiterhersteller oder Wettbewerber vorhanden (51%)
- Kleine Stückzahlen => Einlagerung eines Allzeitbedarfs (42%)
- Leichte Modifikation (0%)
- Schwierige Modifikation (2,5%)
- Gravierende Modifikation (3,5%)
- Keine Lösung (1%)

Das Controlling mittels der Datenbank stellte sich aber als schwierig heraus, weil die Beurteilung, in welche Klasse die einzelnen Produkte einzugruppieren wären, durch unterschiedliche Entwickler individuell vorgenommen werden konnte.

Im Nachgang entschärfte sich das Problem etwas dadurch, dass der Halbleiterhersteller 8 wichtige Bauelemente aus der PCN zurückzog, weil der Protest von allen Seiten, d.h. von Automobilelektronikzulieferern und Kfz-Herstellern, zu groß wurde. Durch den Einsatz günstigerer Replacements konnten bei hochlaufenden Produkten auch Kosteneinsparungen erzielt werden.

Anhand dieses Beispiels, das auch in gleicher oder ähnlicher Weise andere Kfz-Zulieferunternehmen betroffen hat, wird die Dimension des Problems sehr gut deutlich: Ein Halbleiterbauelement fließt häufig in mehrere Dutzend Produkte eines Automobilelektronikherstellers ein. Abkündigungen dieser Art lösen somit meist umfangreiche Bearbeitungen aus. Schlimmer als im Beispiel kann nur noch die Abkündigung oder Änderung (z.B.: Shrink) wichtiger Mikrocontroller oder eines ASIC sein.

Hella ist von ca. 300 PTNs/PCNs pro Jahr betroffen. Die Erstbearbeitung einer PCN/PTN umfasst ca. ein Manntag durch Spezialisten für Halbleiterbauelemente. Der Umfang an Rücksprachen mit anderen Fachabteilungen ist je nach Schwere des Falls sehr unterschiedlich. Durchlaufzeiten für die Gesamtbearbeitung einer Abkündigung variieren zwischen einem Tag bis zu einem Jahr – im Schnitt dauert es einen Monat, die richtige Antwort auf die Abkündigung zu formulieren. In schlimmen Fällen erfüllen die Ersatzbauteile nicht die Anforderungen an die elektromagnetische Verträglichkeit, was erst bei Tests von Prototypen herausgefunden werden kann. Somit kann es zu mehrfachen Redesigns kommen, bevor ein Ersatzbauelement eingebracht werden kann.

Die Herangehensweise im geschilderten Fall greift allerdings noch um Längen zu kurz und wird der Komplexität des Problems nicht gerecht (s.o.). Ein Redesign oder die Endbevorratung eines Halbleiterbauelements muss noch vielen weiteren Randbedingungen genügen. Abbildung 3-1 zeigt den Idealfall: Die Allzeitbevorratung ist problemlos, weil sich das betroffene Produkt im Endstadium seines Lebenszyklus befindet und die Rest-Ersatzbedarfe mit großer Genauigkeit abgeschätzt werden können. In diesem Fall wird die einfache Bauelementlagerfähigkeit ohne Sondermaßnahmen nicht überschritten.

Allerdings sind die Lagerfähigkeiten und Verarbeitbarkeiten von einfließenden Halbleiter- und anderen Bauelementen begrenzt. Die Versorgung mit Bauelementen bereitet den Herstellern von Automobilelektronikkomponenten mit Abstand die größten Sorgen: Abkündigungen von Bauelementen finden teilweise schon bei Seriengeräten statt. In einem solchen Fall hat der Hersteller etwa 6 Monate Zeit [ZVEI02, S. 7], um ein letztes Los des Bauelements zu bestellen und dann ein weiteres Jahr um es zu beziehen. Problematisch ist die Oxidation der Kontakte (eingeschränkte Lötbarkeit) und die damit zeitlich begrenzte Lagerfähigkeit der Bauelemente. Es gibt bei zahlreichen Bauelementen keine hinreichenden Erkenntnisse über deren Lagerfähigkeit [ZVEI02]. Die Weiterverarbeit-

barkeit beträgt ca. 3-4 Jahre unter Serienbedingungen – die garantierte weit weniger. Eine Verzögerung der Alterung wäre wahrscheinlich technisch machbar, aber sehr kostenintensiv und auch zeitlich limitiert.

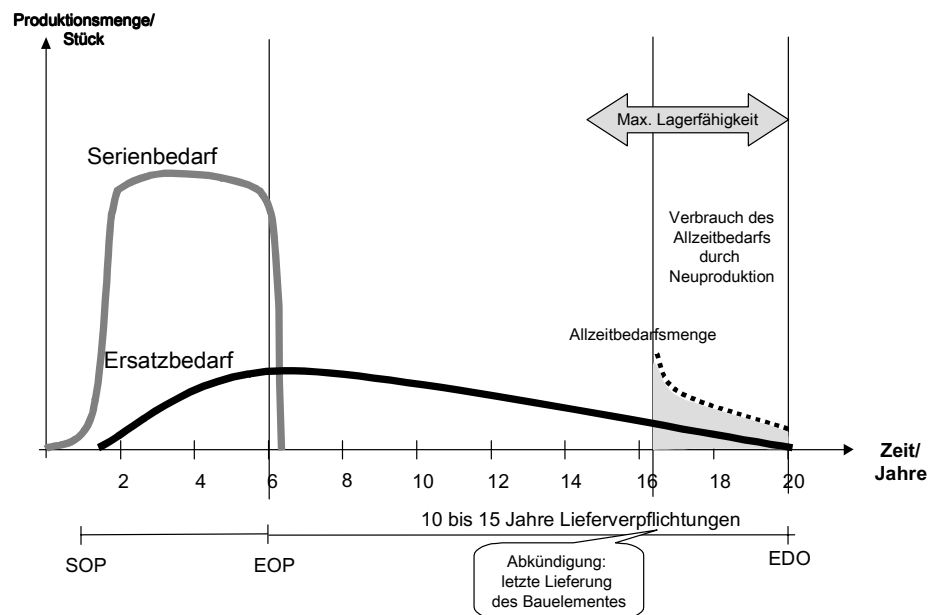


Abbildung 3-1: Unproblematische Endbevorratung

Wie Abbildung 3-2 zeigt, ist auch die Lagerfähigkeit fertiger Elektronikkomponenten begrenzt. Einfache Konstruktionen ohne besondere Dichtungen o.ä. sind lange lagerfähig (evtl. sogar 15 Jahre und mehr). Derartige Kfz-Elektronikkomponenten sind aber eher die Ausnahme als die Regel. Eine Lagerfähigkeit von ca. 5 Jahren ohne Qualitätseinbuße scheint die realistische Grenze in den übrigen Fällen zu sein. Solche Einbußen durch die Lagerung sind z.B. Kontaktierungsprobleme bei Steckern und Steckverbindern, Staubablagerungen, Vergilben dekorativer Teile oder Austrocknen von Elektrolytkondensatoren. Die Lagerfähigkeit lässt sich jedoch durch Sondermaßnahmen verlängern. Darunter fallen zum Beispiel Einbau höherwertiger Bauelemente (trockene Kondensatoren), Maßnahmen zum Korrosionsschutz, staubdichte Verpackungen, Sichtkontrollen und Funktionstests vor Auslieferung, Einsatz von Kontaktspray und mehrmaligem Stecken bei Kontaktierungsproblemen oder regelmäßiges Bestromen und Testen (vor allem bei Steuergeräten mit Elektrolytkondensatoren²⁸) [ZVE00]. Ein spezialisiertes Lager mit Fachpersonal und den notwendigen Prüfmitteln ist in jedem Fall erforderlich.

Die vielen Unwägbarkeiten der Lagerung von Bauelementen und Steuergeräten werden durch die Schwierigkeiten einer exakten Mengenprognose verstärkt. Eine Fehleinschätzung führt unweigerlich zur Über- oder Unterbevorratung mit dem Risiko hoher Verschrottungskosten oder teurer Neuaufgabe der Produktion.

²⁸ Erhöhte Anfangsströme bei Elektrolytkondensatoren führen in der Regel nicht zu Funktionsausfällen.

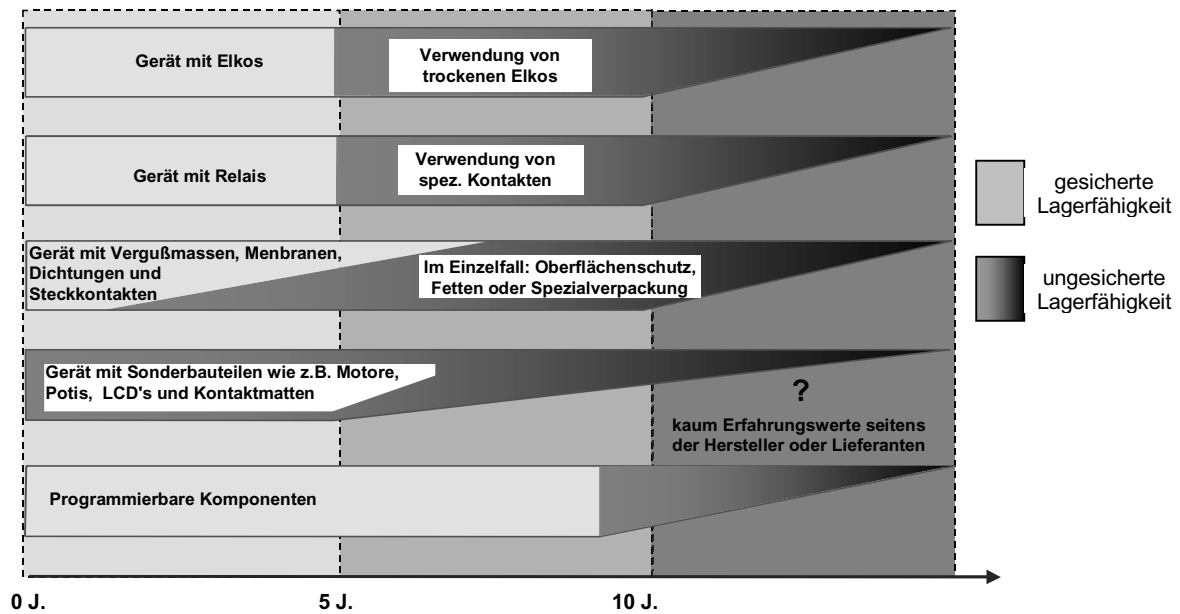


Abbildung 3-2: Lagerfähigkeitsgrenzen von Kfz-Elektronikkomponenten [Hag 00]

Neben diesen grundsätzlichen Problemen ergeben sich noch zahlreiche praktische Schwierigkeiten in der Produktion der Kfz-Elektronikkomponenten durch Stückzahlrückgang, Know-how-Verlust, Ersatzteilversorgungsschwierigkeiten für Betriebsmittel etc. Zudem müssen zahlreiche komplizierte, langwierige Verwaltungsakte durchgeführt werden: die Abstimmung mit dem OEM über Endbevorratung und Veränderungen des Produktionssystems ist hier besonders hervorzuheben.

Abbildung 3-3 gibt eine qualitative Darstellung über die Abläufe und Zusammenhänge innerhalb der Nachserie einer Kfz-Elektronikkomponente mit einer Bauelementabkündigung in einer frühen Phase des Produktlebenszyklus (PLZ). Die Lagerfähigkeit der Komponente reicht nicht bis an das Ende der Lieferverpflichtung (EDO). Deshalb muss dann die Elektronikkomponente selbst endbevorratet werden. Allerdings ist ihre Lagerfähigkeit selbst unklar. Demzufolge ergibt sich ein „Risikoverlauf“ über die Nachserie, wie in der mittleren Graphik gezeigt. Die Kosten für diesen Lebenslauf sind erheblich, weil die Lagerhaltung jeweils vorfinanziert werden muss und damit viel Kapital gebunden wird.

Dieser Fall ist im Jahr 2001 in Zusammenhang mit einem spezialisierten Elektrolytkondensator bei der Hella aufgetreten. Das betroffene Produkt muss also noch einmal wenige Jahre vor EDO redesignnt werden.

Geht man vom besten Fall aus – Bauelemente werden erst sehr spät aufgekündigt, eine lange Weiterverarbeitung ist gewährleistet, und die Endbevorratung in großer Menge ist bezahlbar, ist eine Versorgungslücke von 3-10 Jahren ohne Sondermaßnahmen immer noch nicht ausgeschlossen.

Die folgende Typologisierung der Entscheidungssituationen im ETM stützt sich auf die detaillierte Darstellung bei FISCHER [Fis94, S. 25ff]. Sie ist eine wichtige Grundlage für die Bestimmung des Handlungsbedarfs (s. Kapitel 3.2.1, S. 46).

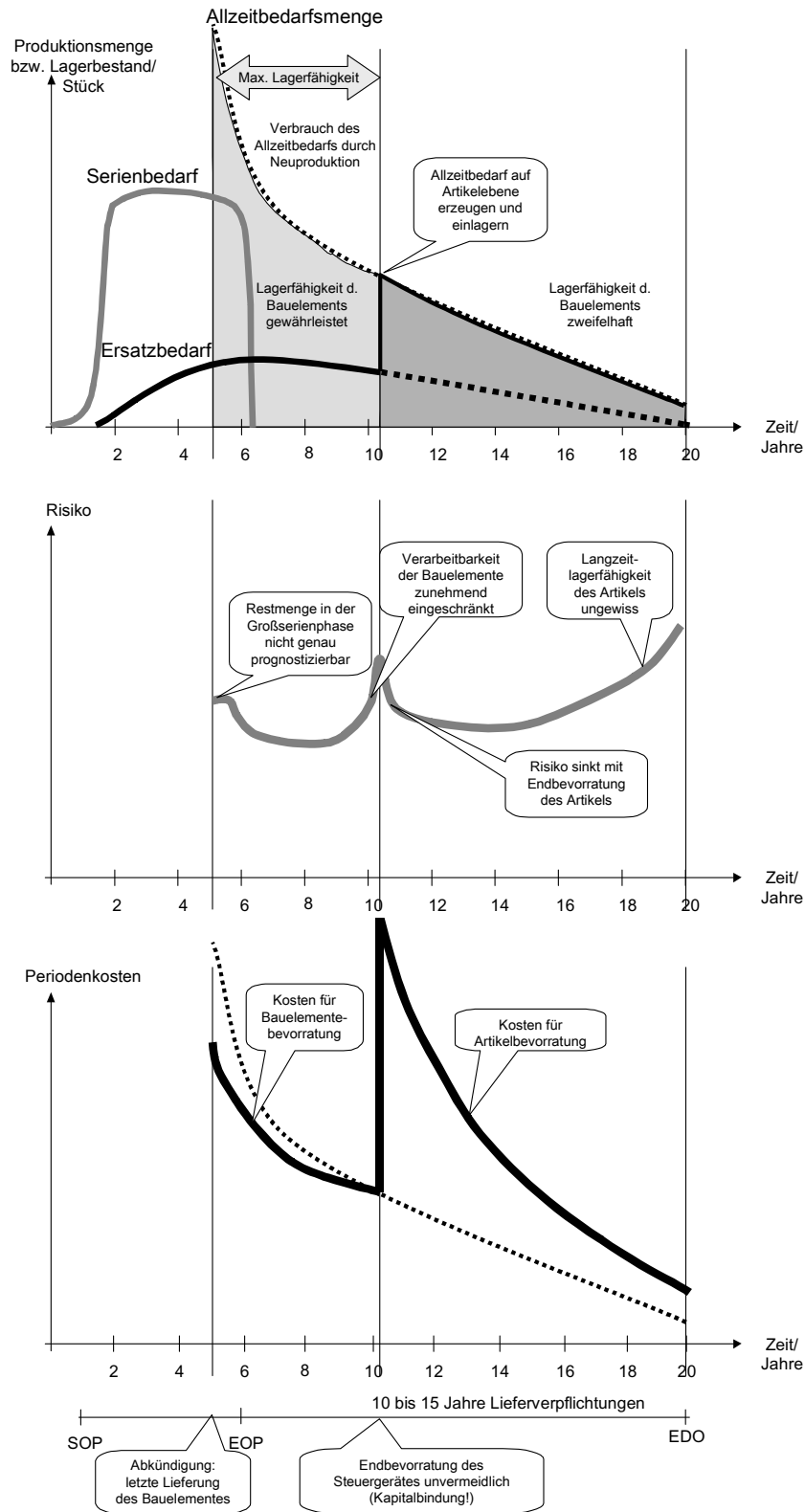


Abbildung 3-3: Problematische Abkündigung früh im Produktlebenszyklus

Das ETM betrachtet als Entscheidungsobjekt einzelne Kfz-Elektronikkomponenten und legt für diese die geeigneten Mittel zur Ersatzteilversorgung fest. Es trifft somit Partialentscheidungen durch die Festlegung von Versorgungsstrategien zum Produkt und Strukturentscheidungen für die Ausgestaltung von Versorgungspotentialen. Die Entscheidungen sind somit dem taktischen / Middle-Management zuzuordnen [Glu97, S. 7ff]. Allerdings haben die Entscheidungen im ETM sehr langfristigen Charakter. Langfristige Ent-

scheidungen werden normalerweise in einem Zeitraum von 4-10 Jahren eingeordnet [Fis94, S. 28]. Im ETM gehen diese Zeiträume jedoch bis zu einer Bindungsdauer von 15 und mehr Jahren²⁹. Somit liegt die zeitliche Reichweite deutlich im strategischen Bereich, was starken Einfluss auf die Wahl geeigneter Hilfsmittel hat. Ersatzteilmanagement ist demnach eine Aufgabe des Middle-Managements (vgl. [Glu97, S. 9]) mit sehr langfristiger Perspektive, d.h. mit einer starken Tendenz zum strategischen Management.

Die Festlegung von Versorgungsstrategien ist eine fallweise Planungsentscheidung mit hoher Wiederholungshäufigkeit (mindestens einmal für jede Komponente). Der Anlass zur Entscheidung ist in den meisten Fällen eine Anpassungsentscheidung als Reaktion auf innere Störungen, z.B. Bauelementabkündigungen.

Die Entscheidungssituation selbst ist komplex, nicht nur weil sie sich auf ein komplexes System bezieht sondern auch, weil die Anzahl der unternehmensinternen und externen Beteiligten und Einflussfaktoren groß und die genaue Situation bei den Versorgungspartnern dem Ersatzteilmanager verschlossen, d.h. intransparent ist: Zum Beispiel kann er die Güte der beim Kfz-Hersteller erfragten Bedarfszahlen im Falle einer Bauelementabkündigung nicht sicher beurteilen. Außerdem ist die Zeit zur Entscheidungsfindung begrenzt, und die Entscheidungssituation besitzt durchaus eine Eigendynamik, wie das aufgeführte Beispiel³⁰ gezeigt hat.

Der Entscheidungsprozess selbst lässt sich als semi-strukturiert beurteilen. Zwar gibt es Strukturierungsbemühungen bei den Versorgungspartnern (s. Kapitel 4.6), aber diese sind noch jung und daher eher Ansätze als etablierte Verfahren. Das Beispiel verdeutlichte zwar schon die Mehrstufigkeit der Entscheidungsprozesse, doch die Strukturiertheit lässt sich hinsichtlich Zieldefinition, Formulierung (vgl. Formalisierung aus dem SE [Neg98, S. 66ff]) und Prozessabläufen verbessern. Routine hat sich noch nicht entwickelt.

Allerdings geht aus der Typologisierung der Entscheidungssituationen im ETM hervor, dass hier erheblicher Verbesserungsbedarf besteht. Abbildung 3-4 stellt die Entscheidungssituationen des ETM vereinfacht im Ist und Soll dar. *„Mit Entscheidungen reagiert ein Unternehmen auf Störungen, die einer Zielerreichung zuwiderlaufen. Reaktive Entscheidungsfindungsprozesse beginnen nach dem Eintreten einer solchen Störung. Das Unternehmen hat jedoch die Möglichkeit, auf Störungen nicht nur zu reagieren, sondern sie zu antizipieren. Entscheidungen, deren Anlass sich auf eine Störung bezieht, dem zeitlichen Eintreffen der Störung aber vorausgehen, heißen antizipative Entscheidungen.“* [Fis94, S. 29] Grundsätzlich geht es darum, reaktive Entscheidungen unter Unsicherheit in antizipative Entscheidungen unter Risiko zu überführen und dabei die Strukturiertheit der Entscheidung zu erhöhen.

²⁹ Extremfälle stellen DC mit 30 Jahren, Rolls Royce und BMW mit 50 Jahren beim Z8 dar.

³⁰ Der Halbleiterhersteller zog Abkündigungen aufgrund des großen Drucks der OEMs zurück.

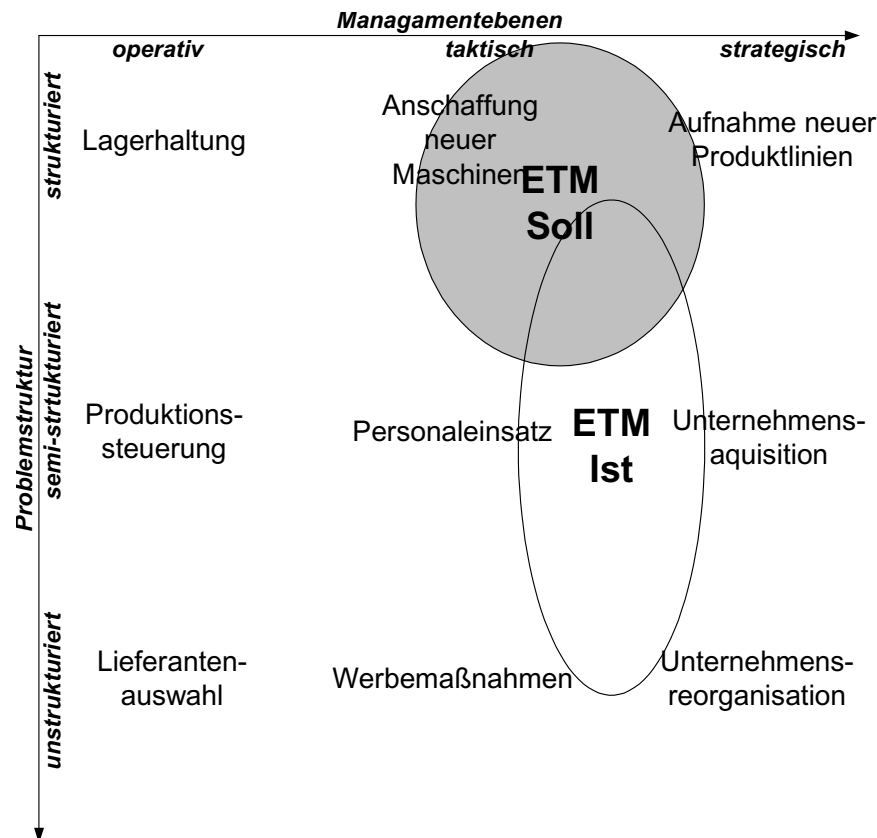


Abbildung 3-4: ETM im Vergleich zu anderen Managementaufgaben (vgl. [Glu97, S. 168])

3.2 Methodische Basis für das ETM

„Erfolgreiches Risikomanagement sollte Problemmanagement größtenteils unnötig machen. [...] Good managers manage Risk, poor managers manage problems“ [Gut94, S. 273ff].

In der allgemeinen Literatur zur Ersatzteilversorgung wird das Problem der Langzeitversorgung mit Elektronikkomponenten so gut wie nicht behandelt. Die allgemeinen Abhandlungen beschäftigen sich weitestgehend mit Instandhaltung und ihren Kostenfaktoren und begreifen die Fragestellungen der Ersatzteilversorgung meist als rein logistisches Problem mit Fokus auf Lagerstufenkonzepte und Bestandsoptimierungen (vgl. [Bie95], [Ihd99], [VDI00], etc.). SCHULZ [Sch77] nimmt sich zwar des Themas der Ersatzteilproduktion grundsätzlich an, kennt aber noch nicht die Probleme mit der Obsoleszenz bei Elektronikkomponenten. Die Ersatzteilversorgung mit Kfz-Elektronikkomponenten im Speziellen wird erst seit kurzem in der Literatur thematisiert. Bisher existieren nur die Beiträge von TRAPP [Tra00], des Autors [Hag00], der Entwurf zum Weißbuch des ZVEI [ZVE02] und Zeitschriftenartikel von DOMBROWSKI ([Dom01] u. [Dom02]). Es gibt zudem einige Tagungsbeiträge von der VDI-Jahrestagung „Elektronik im Kraftfahrzeug“, die sich mit dem Problem der Innovationszyklusverschiebung allgemein ([Tho96]) und den langfristigen Lösungsansätzen ([Tee00]) beschäftigen. Außerdem wurden auf den VDI-Tagungen der Jahre 1999 und 2001 Podiumsdiskussionen mit dieser Themenstellung abgehalten. Neben diesen Veröffentlichungen gibt es eine Reihe unveröffentlichter Diplomarbeiten aus verschiedenen Firmen, die mehr oder weniger frei zugänglich sind. Der Autor hat bei der Hella mehrere Diplomanden in diesem Themenumfeld betreut

([Lip99], [Sta99], [Mey99], [Run99], [Alt00], [Mau00], [Sto01]). Die Ergebnisse aus diesen Diplomarbeiten sind an entsprechender Stelle in diese Arbeit eingeflossen.

Nahezu alle Autoren aus diesem speziellen Themenfeld grenzen die Aufgaben des ETM ähnlich ab. Sie stimmen darin überein, dass ETM dem einzelnen Ersatzteil geeignete Versorgungsstrategien (VS) zuweisen und nicht die Versorgung selbst durchführen soll (vgl. [Hag00], [Tra00], [Dom01], [Dom02]). ETM ist demnach, wie eingangs definiert, ein Strukturprozess (vgl. [Eve96, S. 5-45]).

Eine weitergehende Aufgabe, die noch nicht von allen Autoren vertreten wird, ist die Gestaltung von Versorgungspotentialen. DOMBROWSKI [Dom02] führt den Begriff des „*lebenszyklusorientierten ETM*“ ein. Mit Fokus auf einige wenige Problemfelder soll das ETM auf Basis einer Bedarfsprognose geeignete VS auswählen und darüber hinaus in allen Phasen des PLZ wichtige Aspekte beachten und beeinflussen. Er weist dem ETM in einzelnen Phasen des PLZ bestimmte Aufgaben zu (s.u.).

Diese erweiterte Sicht gibt dem ETM auch die Aufgabe, Kontextvariablen selbst anzupassen. Dies ist für zukünftige Produkte sinnvoll, aber für bestehende Ersatzteilspektren lassen sich viele Randbedingungen nicht mehr oder nur mit sehr hohem Aufwand beeinflussen. Das kann das ETM allerdings nicht allein sondern nur in Abstimmung mit anderen Unternehmensbereichen oder Versorgungspartnern leisten, die sich in vielen Fällen des Problems noch nicht bewusst sind (vgl. [Dom02]) oder andere Prioritäten setzen.

Deshalb wurde hier bewusst die Schnittstelle in der Systemdefinition gesetzt, an der sehr exakt die Anforderungen an vorgelagerte bzw. vorangegangene Prozesse ausgetauscht und die Auswirkungen von (Fehl-) Verhalten anderer Prozessbeteiligter ermittelt werden können, um notwendige Veränderungen von Kontextvariablen auch argumentativ durchsetzen zu können (vgl. Kap. 1.3, S. 6ff).

Die spezialisierten Beiträge zum ETM erarbeiten weitere ähnliche Methoden: Der Autor [Hag00] schlägt in einer früheren Veröffentlichung die Auswahl von Versorgungsstrategien im Rahmen eines „*Auslaufprojektmanagements*“ vor, das bei EOP eines Produktes ansetzen sollte und sich damit leider nur bedingt für bereits ausgelaufene Produkte eignet. Er beschreibt die notwendigen Eingangsinformationen wie Produktmerkmale, Produktionsprozessuntersuchungen usw. Bei gegebener Versorgungssicherheit sollte immer die preisgünstigste Strategiekombination gewählt werden.

TRAPP [Tra00] und DOMBROWSKI [Dom01] favorisieren die Auswahl von Versorgungsstrategien und deren Abfolge aufgrund von Entscheidungsbäumen, günstigen Strategiekombinationen oder Produktmerkmalen.

DOMBROWSKI [Dom01] bringt zusätzlich ein, dass die Auswahl von Versorgungsstrategien und ihrer Abfolge durch „*ganzheitliche [...] Bewertung hinsichtlich der Erreichung strategischer Ziele und unter Berücksichtigung wirtschaftlicher Aspekte über die Zeitachse*“ getroffen werden sollte. Die Ziele, wie „*Liefertreue, Lieferzeit, Lieferfähigkeit, Lieferflexibilität und Informationsbereitschaft*“ seien zeitabhängig. Mit dieser Aussage widerspricht er teilweise den Marktuntersuchungen im Bereich der Kfz-Ersatzteile (vgl. Kap. 2.2, S. 16), die ergeben haben, dass die Flexibilität der Logistikziele zumindest im Rahmen der normalen Produktlebensdauer und Servicezyklen nicht besonders groß ist. Dennoch mag die Aussage in Bezug auf andere Industriezweige richtig sein. Weiter meint DOMBROWSKI, die Bewertung von Versorgungsszenarien sollte neben Kosten auch den Grad der Zielerreichung berücksichtigen, aber zuvor müssten die Ziele untereinander

gewichtet werden. Auf eine genaue Bewertungsmethode geht er allerdings noch nicht ein.

DOMBROWSKI [Dom02] geht entsprechend seines Ansatzes mit seiner Methodik am weitesten. Abbildung 3-5 zeigt einen Gesamtüberblick.

Insgesamt ist die Darstellung als Vorschlagsliste oder Arbeitsplan zu werten. Die aufgezählten Methoden sind nicht in Gänze verfügbar. DOMBROWSKI kann bereits EDV-gestützte Simulationstools zur Auswahl von Versorgungsstrategien vorweisen, zu denen er auch schon auf erfolgreiche Industrieprojekte verweisen kann. Allerdings sei dies nicht durch den Einsatz von Standardsoftware zu erreichen, weil „die individuellen und stark voneinander abweichenden Anforderungen der Unternehmen [...] die individuelle Anpassung und Implementierung von geeigneten Methoden und Softwaresystemen [erfordern]“ [Dom02]. Die vorhandenen Tools sind noch Stand-alone-Prototypen ohne Integration in ein Unternehmensmodell und daher auch noch sehr weit von einer Standardisierung entfernt. Auf viele der angesprochenen Einzelpunkte wurde bereits eingegangen, bzw. sie werden im Folgenden ausgearbeitet.

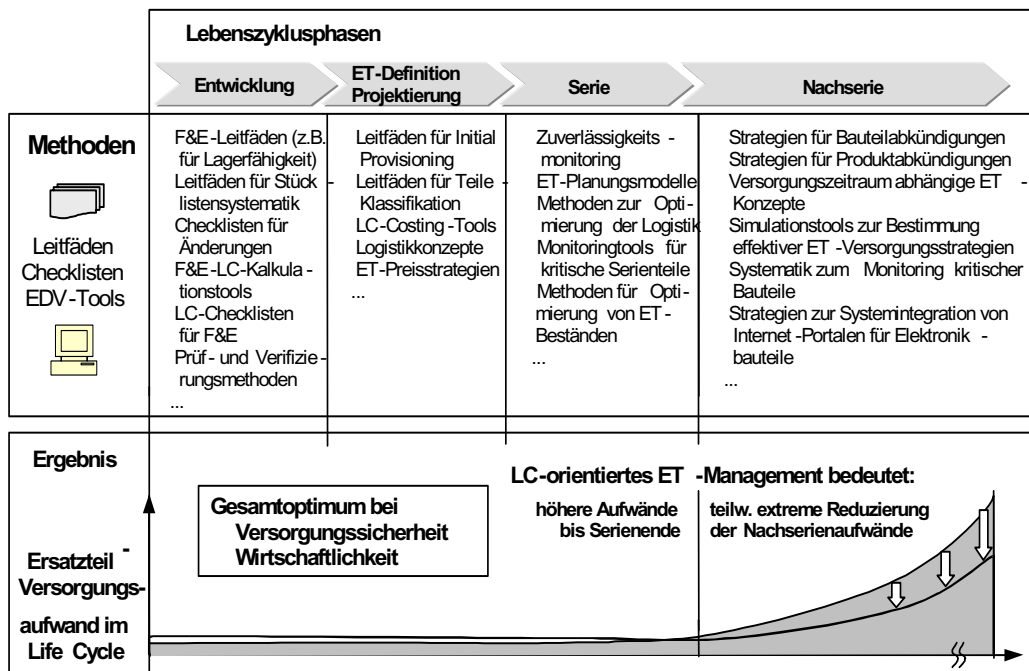


Abbildung 3-5: Methoden des Lebenszyklusorientierten Ersatzteilmanagements nach DOMBROWSKI [Dom02]

Grundsätzlich lassen sich die Methoden und Werkzeuge des ETM nach ihrer systemtechnischen Ausrichtung in zwei Kategorien unterteilen. Die erste Kategorie konzentriert sich auf die Analyse der Kontextvariablen aus den Übersystemen, z.B. in Form von Marktstudien oder Prognoseverfahren (s. Kap. 4.4, S. 72). Die zweite Kategorie zielt auf die Verbesserung der Ersatzteilversorgung durch Analyse der ETV und des Ersatzteilspektrums und durch Beeinflussung der Versorgungspotentiale. Diese zweite Kategorie bildet den Schwerpunkt der erwähnten Arbeiten und soll auch hier vertieft werden.

Wie das Beispiel zu Entscheidungsprozessen aus dem Hause Hella gezeigt hat (s. Kap. 3.1, S. 37ff), lässt sich ein Versorgungsproblem, z.B. mit Halbleiterbauelementen, nicht aus dem Zusammenhang herauslösen, sondern muss als komplexes Problem immer ganzheitlich betrachtet werden. Daraus leitet sich die Forderung nach einem integrierenden

Systemverständnis des Ersatzteilmanagements (ETM) ab. Die Komplexität der Versorgungsprobleme muss so abgebildet werden, dass hinreichende Interpretationen der jeweiligen Situationen und schnelles Handeln möglich werden.

Die vorhandenen Ansätze ([Hag00], [Tra00] und [Dom01]) sind Top-down-Ansätze und wirken sich daher nur langfristig aus ([Dom02], [Tee00]). Das heißt, sie gehen von einer vorhandenen Anzahl VS aus und schließen relativ abstrakt auf generelle VSz, ohne dabei wirklich zu wissen, wie das Ersatzteilspektrum aussieht oder wie es sich verhält. Einzelne vorhandene Elektronikkomponenten müssen durch umfangreiche Einzelfallbetrachtungen erst einer VS zugeordnet werden. Eine Betrachtung des Gesamtspektrums wäre nur mit erheblichem Aufwand möglich; die Datenkonsistenz wäre permanent gefährdet. Die vorhandenen Ansätze lassen zwei wesentliche Faktoren unberücksichtigt, bzw. sie kommen nicht derart klar zum Ausdruck: ETM ist immer auch Komplexitäts- und Risikomanagement (s. Kap.2.6, S. 34). Nach Einschätzung des Autors ist eine Entscheidung über die richtige VS zur Kfz-Elektronikkomponente ohne Berücksichtigung dieser Faktoren nur eingeschränkt möglich. Alle spezifischen Ansätze berücksichtigen daher weitestgehend nicht die Anforderungen an Lösungen für komplexe Probleme, wie es das Ersatzteilmanagement eines Spektrums von Kfz-Elektronikkomponenten ist.

3.2.1 Allgemeine Lösungsansätze zum Umgang mit Komplexität im ETM

NEGELE [Neg98, S. 17ff] gibt eine Übersicht möglicher Lösungsansätze für den Umgang mit Komplexität in Systemen: Black-Box-Betrachtung, Abstraktion, Formalisierung, Modellierung und Simulation, Analyse (Zerlegung), Synthese (Integration), Iteration und Rekursion, Ordnung, Strukturierung, Standardisierung, Spezialisierung, Dezentralisierung, Selbstlenkung, Evolution, Zielbildung, Planung, Heuristiken, Informationsverarbeitung, Interdisziplinarität und ganzheitliches Denken. Diese Ansätze mögen auf den ersten Blick unstrukturiert wirken, aber sie tragen gemeinsam dem Umstand Rechnung, dass sich komplexe Probleme nicht rein kausal-analytisch lösen lassen. Die Lösungsansätze in der Auflistung nach NEGELE sollen hier als Bezugsrahmen für die Definition von Anforderungen an zu entwickelnde Methoden und konkrete Werkzeuge für das ETM dienen. Abbildung 3-6 stellt die Zielstellung für die Entwicklung geeigneter Methoden und Werkzeuge für das ETM im Ist und Soll zusammenfassend dar. Es eröffnet sich somit ein weites Betätigungsfeld.

Black-Box-Betrachtung: In der Literatur finden sich nur vereinzelt Abgrenzungsversuche für das ETM. Eine regelrechte Betrachtung des ETM als Strukturprozess innerhalb der ETV findet erstmals in dieser Arbeit statt (s. Kap. 1.3, S. 6ff). Die angestellten Überlegungen zur Systemstruktur sind evtl. noch nicht vollständig abgeschlossen, aber für die weitere Bearbeitung ausreichend.

Abstraktion: Die Vielzahl der Informationen innerhalb der Wertschöpfungskette müssen auf die für die Fragestellung relevanten reduziert werden. Die Herausforderung besteht darin, diese herauszufinden. Alle bisherigen Autoren beschreiben die Problemlage detailreich, ohne wirklich zu abstrahieren. Z.B. lassen sich die einzelnen VS mit den angebotenen Lösungen nicht konsistent gegeneinander bewerten. Hier besteht also noch erheblicher Handlungsbedarf. Ansatzpunkt ist die Zuordnung von Versorgungspotentialen zu VS (s. Kap. 4.7, S. 83).

Formalisierung: Relevante Informationen und relevantes (evtl. auch weiches) Wissen über das Ersatzzeitspektrum muss nach vereinbarten Regeln in eine formale Form gebracht werden. Geschieht dies nicht, ist der Aussagegehalt immer ungewiss und Fehlurteile möglich, wie auch das Praxisbeispiel gezeigt hat (s. Kap. 3.1, S. 37ff). Der Autor [Hag00] und DOMBROWSKI [Dom01] formulieren Ansätze, um die Auswahl von Versorgungsstrategien an Produktmerkmalen (und Prozessmerkmalen) festzumachen. Echte Ideen zur Formalisierung entwickelt MAUEL [Mau00] in ihrer Diplomarbeit, indem sie mittels Parametrisierung und Punktebewertungen untersucht, ob sich Steuergeräte für die Versorgungsstrategie ‚Aufarbeitung‘ eignen, und einen funktionstüchtigen Kriterienkatalog erarbeitet. Alle Ansätze sind aber nur in Teilbereichen einsetzbar, d.h. spezialisiert auf eine Versorgungsstrategie oder zeitpunktbezogen. Hier bedarf es noch großer Anstrengungen.

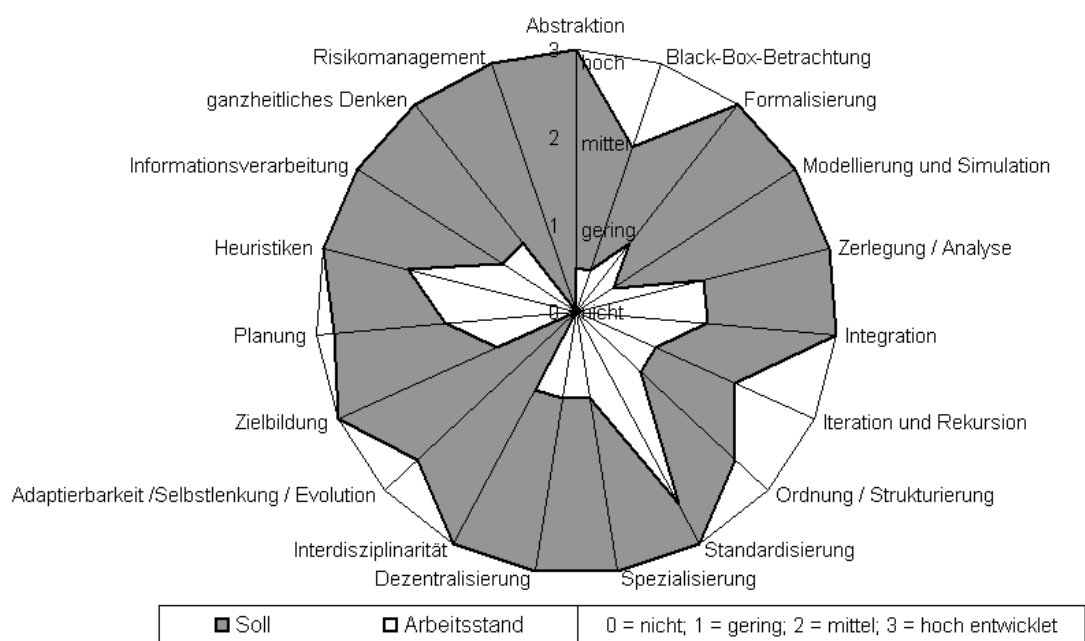


Abbildung 3-6: Entwicklungsstand der ETM-Methoden im Hinblick auf Komplexitätsbeherrschung

Modellierung und Simulation: Auf Basis der Abstraktion und Formalisierung kann eine Modellierung bzw. Simulation des Ersatzzeitspektrums und seines Verhaltens bzw. des Verhaltens einzelner Systemelemente (Kfz-Elektronikkomponenten) erfolgen. Der entscheidende Zeitfaktor lässt sich somit abbilden. Dies erhöht die Transparenz und ermöglicht erst Entscheidungen. Außerdem können Alternativen simuliert und hinsichtlich Wirksamkeit bewertet werden. Der Autor [Hag00] und DOMBROWSKI [Dom01] beschäftigen sich zwar mit Kostenverläufen verschiedener Versorgungsstrategien, aber eine detaillierte Kostenuntersuchung und -simulation findet sich nur in der Diplomarbeit von POHLE [Poh00], der im Detail die unterschiedlichen Kostenfaktoren in der Produktion ermittelt und den Zeitpunkt für einen Strategiewechsel an der Auslastung des Großserienproduktionssystems festmachen kann. Diese Ansätze, die ETV für eine einzelne Komponente über der Zeit zu beurteilen, sind jedoch im Hinblick auf die Gesamtzusammenhänge noch unzulänglich.

Zerlegung (Analyse): Die Aufgaben des ETM und die Einflüsse auf die Versorgungssicherheit müssen in einzelne Faktoren zerlegt werden, so dass einzelne überschaubare Teilprobleme entstehen. Hierzu hat der Autor [Hag00] mit den „Ebenen des Entschei-

„dungsprozesses“ und dem *„Auslaufprojektmanagement“* bereits einige Anregungen gegeben, die aber noch nicht als ausgereift gelten können. MAUEL [Mau00] und POHLE [Poh00] haben in ihren Diplomarbeiten detailliertere Analysen der Kosten und der Aufarbeitbarkeit durchgeführt, die auch in diese Arbeit eingeflossen sind. TRAPP [Tra00] beschäftigt sich ebenfalls mit den relevanten Kostenarten bei einzelnen VS. Hier sind also Ideenansätze vorhanden.

Integration (Synthese): Die Aufwände für das ETM werden zunehmen, weil die Ersatzteilspektren weiter wachsen und in Zukunft immer mehr Komponenten von Bauelementabkündigungen³¹ o.ä. betroffen sein werden. Die Reaktionszeit und somit die Bearbeitungszeit nach dem Eintreffen von Product Change/ Discontinuation Notification (PCNs / PDNs) ist auf ca. 6 Monate begrenzt und lässt nur eine schnelle, fokussierte Analyse des Problems zu (vgl. [ZVEI02, S. 7]). Die Abkündigungen betreffen nicht nur einzelne Bauelemente sondern häufig ganze Technologiegenerationen. Bei jeder Abkündigungswelle müssen alle betroffenen Steuergeräte analysiert werden. Wegen der Mehrfachverwendung von Bauelementen und der hohen Anzahl verschiedener Bauelemente je Steuergerät ist eine Mehrfachbearbeitung ein und derselben Komponente wahrscheinlich, was den Aufwand für alle Prozessbeteiligten abermals erhöht. Bei wiederholter Bearbeitung werden die gleichen Basisinformationen benötigt. Eine Integration der Bearbeitung vielleicht sogar auf einem einzigen Arbeitsplatz ist daher anzuraten, damit die notwendige Bearbeitungsgeschwindigkeit erreicht wird. Außerdem lässt sich durch eine geeignete Integration auch die Kooperation der Experten garantieren (s.u.). Das *„Auslaufprojektmanagement“* [Hag00] stellt zwar schon einen Ansatz zu einer integrierten Bearbeitung dar, erfüllt aber nicht die Anforderungen. Das Ersatzteilmonitoring nach DOMBROWSKI [Dom02] geht in die richtige Richtung, befindet sich aber auch noch im Anfangsstadium.

Iteration und Rekursion: Die wiederkehrende Bearbeitung des Ersatzteilspektrums in regelmäßigen Zeitintervallen oder bei Eintreten von Ereignissen bietet die Chance zur schrittweisen *„Erreichung und Verbesserung der Problemlösung“* [Neg98, S. 18]. Durch Softwareeinsatz wäre diese Forderung leicht zu erfüllen, weil alte Stände und Informationen archiviert werden können. Hier gibt es erste Ansätze bei DOMBROWSKI [Dom02] und nach Erfahrung des Autors auch bei SiemensVDO Automotive. Dort werden Komponenten wiederholt manuell klassifiziert und Ergebnisse in einer Datenbank abgelegt.

Ordnung / Strukturierung: *„Bei komplexen Systemen lassen sich meist gewisse Regeln erkennen, Ordnungsmuster, die Aussagen über Struktur und Verhaltensweisen des Systems erlauben.“* [Neg98, S. 18] Nach hinreichender Analyse eines Ersatzteilspektrums lassen sich evtl. sinnvolle Klassifizierungssysteme ermitteln und daraus Strategiegruppierungen ableiten, die dann auch in Zukunft für neue Produkte verfolgt werden können. Erste Ansätze sind hier wiederum bei SiemensVDO Automotive und DOMBROWSKI [Dom 02] erkennbar. Allerdings muss dieser Aspekt in den ETM-Methoden und – Werkzeugen auch nicht voll abgedeckt werden, weil es bereits ausreicht, wenn der Ersatzteilmanager eine grobe Vorstellung von der Wichtigkeit der VS für sein ET-Spektrum im Zeitverlauf erhält, damit er an deren Auf- und Ausbau gezielt arbeiten kann.

³¹ David N.K. Wang, Applied Materials, auf dem Industry Strategy Symposium des Branchenverbandes SEMI (Antwerpen; 2001 KW10), sinngemäß: Die Halbleiterindustrie stehe am Beginn des 21. Jahrhunderts vor deutlich veränderten Rahmenbedingungen – das Innovationstempo habe sich deutlich beschleunigt und neben Fertigungskapazität und Produktivität eines Chipherstellers werde zukünftig *„Time-to-Market“* immer wichtiger.

Standardisierung: Sind erst einmal erfolgreiche Strategien und die Einflussfaktoren und Wirkungszusammenhänge bekannt, so lassen sich neue Kfz-Elektronikkomponenten von vornherein mit Rücksicht auf die ETV entwickeln bzw. die neuen Designs im frühen Entwurfsstadien simulieren und so Aussagen zu ihrer Eignung für die gewünschten VS gewinnen. Mit den Ideen des Weißbuchs [ZVEI02] und den Einkaufs- und Konstruktionsrichtlinien (s. Kap. 4.6, S. 77) wurden hier bereits weitreichende Beiträge geleistet, die allerdings noch auf Umsetzung warten.

Spezialisierung / Dezentralisierung / Interdisziplinarität: Bestimmte Teilprobleme lassen sich besser durch einzelne Experten beurteilen, „*allerdings besteht die Gefahr einer mangelhaften Qualität der Lösungen aufgrund eines fehlenden Gesamtüberblicks, schlechter Kooperation oder einer unzureichenden Integration der Einzelergebnisse*“ [Neg98, S. 19].

Die Risikoanalyse (s. Kap.2.5.3, S. 28ff) und das Beispiel zu den Entscheidungsprozessen im ETM (Kap. 3.1, S. 37ff) haben gezeigt, dass Bauelementabkündigungen nicht die einzigen Versorgungsrisiken sind; vielmehr müssen Lagerfähigkeiten und andere Parameter berücksichtigt werden, die in unterschiedlichen Funktionsbereichen eines Unternehmens bestimmt und gepflegt werden. Die Beurteilung des Versorgungsrisikos einzelner Kfz-Elektronikkomponenten ist deshalb so umfangreich, weil viele Funktionsbereiche (Einkauf, Entwicklung, Produktion, Vertrieb, Logistik, ...) involviert werden müssen. Eine eingeschränkte Beurteilung der Situation kann zu fatalen Fehlurteilen führen, die zuerst die Versorgungssicherheit und dann auch die Profitabilität eines Zulieferunternehmens gefährden könnten (z.B. Entscheidung für Allzeitbevorratung ohne Rücksicht auf weitere Bauelementversorgungsrisiken und dadurch zu späte Anpassungskonstruktion; Allzeitbevorratung auf Bauelementebene ohne Berücksichtigung der Lagerfähigkeit des Bauelementes bzw. der Komponente etc.). Lösungsbeiträge unterschiedlicher Disziplinen mit ihren jeweils eigenen Sichten auf die Problemlage sind hilfreich, müssen aber durch geeignete Kooperationsmechanismen ermöglicht werden. Die Verantwortung für die richtige Beurteilung einer Sachlage muss bei den operativen Unternehmenseinheiten liegen. Die Ausgangsinformationen für das Ersatzteilmanagement können nicht in einem zentralem „Elfenbeinturm“ generiert werden.

Das „*Auslaufprojektmanagement*“, die „*Ebenen des Entscheidungsprozesses*“ [Hag00] und die Verfahrensanweisungen in Herstellerunternehmen³² liefern Ansätze zur Spezialisierung und Dezentralisierung der Bearbeitung von Teilproblemen des ETM. Die Interdisziplinarität schwingt unterschwellig in allen bisherigen Veröffentlichungen mit. Trotzdem fehlt hier noch viel, bis man von ausgereiften Lösungen sprechen kann. (s. auch ‚Integration‘)

Adaptierbarkeit / Selbstlenkung / Evolution: Neue Erkenntnisse müssen flexibel in die Systembeschreibung mit aufgenommen werden können, um eine kontinuierliche Anpassung und Verbesserung zu ermöglichen. So müssen z.B. neue Versorgungsstrategien oder Erkenntnisse bzgl. Bauelementen einzeln oder generell jederzeit abbildbar sein. Hierzu gibt es bisher keine Ansätze.

Zielbildung: Eine klare Zielvorstellung ist die Ausgangsbasis erfolgreicher Behandlung komplexer Probleme. Das Ersatzteilmanagement muss eine klare Aufgabe erfüllen und eine klare Vision verfolgen (s.o.). Eine systematische Ausarbeitung einer Zielstellung für

³² zumindest die Anweisung im Hause Hella

das ETM lag nach Wissen des Autors vor dieser Arbeit nicht vor.

Planung: Durch die Vorwegnahme konkreter künftiger Handlungsschritte können mögliche Handlungsalternativen gebildet, verglichen und auf Erfolg geprüft werden. Dieser Aspekt spiegelt sich ganz stark in der Bedarfsprognose wider. Der Ausgestaltung von Versorgungsszenarien (vgl. [Hag00], [Dom01], [Dom02]) liegt ebenfalls der Planungsgedanke zugrunde. Allerdings wird eine Maßnahmenplanung zur ETV noch nicht erwähnt. Da Planungsinstrumente zur Absatzplanung oder Geschäftsplanung in fast allen Firmen etabliert sind, muss hier nicht unbedingt ein Schwerpunkt gesetzt werden. Es geht eher darum, die richtigen Informationen zu extrahieren bzw. bereitzustellen. Jedoch ist eine Rückkopplung dieser Informationen in die Simulationen (s.o.) notwendig.

Heuristiken: In komplexen Situationen gibt es nicht die *eine* erfolgreiche Methode. Der Einsatz von abstrahierten Erfahrungen, Prinzipien und Regeln kann die ‚Trefferquote‘ zwar nicht garantieren, aber erhöhen (vgl. [Neg98, S. 19]). POHLE [Poh00] und TRAPP [Tra01] setzen stark auf Heuristiken, und auch in der Industrie sind sie weit verbreitet. Ihr Einsatz ist aber nach Einschätzung des Autors noch zu generell oder unspezifisch.

Informationsverarbeitung: Ohne geeignete Hilfsmittel entsteht jedes Mal ein erheblicher Koordinations- und Bearbeitungsaufwand. Spezialisierung und Dezentralisierung bei gleichzeitiger Integration (s.o.) zur schnellen und ganzheitlichen Bearbeitung setzt fast unweigerlich den Einsatz von IuK-Techniken voraus. Das Ersatzteilmanagement benötigt also passende Werkzeuge, um diesen Anforderungen gerecht zu werden. Idealerweise wird die Lösung softwaretechnisch voll unterstützt, was integrierte Datenhaltung, Archivierungsfunktionen und Automatismen ermöglicht. DOMBROWSKI [Dom01] konstatiert, dass derartige Lösungen fehlen. Ausnahme bilden die Bedarfsprognosewerkzeuge (s.o.).

Ganzheitlichkeit: Da sich das Problemfeld (System) über die gesamte Wertschöpfungskette erstreckt, muss auch die Entscheidungsgrundlage auf Basis einer Systembeschreibung der gesamten Kette erfolgen. Das bedeutet auch, dass die logistischen Vernetzungen der Komponenten untereinander und ihre Produktstrukturen³³ und Funktionsweise berücksichtigt werden. Die meisten Problembeschreibungen gehen zwar auf viele Aspekte der Versorgungsproblematik ein, aber die angebotenen Lösungen sind dann jeweils isolierte Lösungen für einzelne Komponenten. Bisher sind höchstens Ansätze erkennbar.

Aus den bisherigen Anforderungen kann eine weitere abgeleitet werden, die nicht direkt der Systemtechnik, sondern eher dem Risikomanagement entspringt: Wissen von Experten sollte nicht fallweise, sondern grundsätzlich abgegriffen werden, d.h., es sollte zur Verfügung stehen, bevor ein Versorgungsproblem aufkommt, damit Risikomanagement und nicht Krisenmanagement betrieben wird (vgl. Kap.2.5.3, S. 28ff).

3.2.2 Komplexitätsgerechtes ETM: methodische und organisatorische Ansätze

Aus den vorangegangenen Überlegungen zu Anforderungen an ein komplexitätsgerechtes ETM geht deutlich hervor, dass dieses Problemfeld nach umfassenden integrierten Werkzeugen mit softwaretechnischer Unterstützung verlangt. Der Ersatzteilmanager soll die

³³ ‚Produktstrukturen‘ soll hier als Sammelbegriff für alle funktionalen Aspekte eines Produktes verstanden werden, so z.B. auch die Vorgänger/Nachfolger-Beziehungen zwischen verschiedenen Produktgenerationen.

Möglichkeit zur echten komplexitätsgerechten Analyse eines Ersatzteilspektrums und damit zum operativen Management existierender Ersatzteilspektren erhalten. Die methodische Grundlage für diese Werkzeuge werden nun kurz vorgestellt. Dazu werden aus anderen Wissensgebieten Ansätze für Methoden und Werkzeuge eingeführt

Zunächst muss die Zusammenarbeit aller Unternehmensbereiche zur Sicherstellung der ETV auf eine gemeinsame methodische Grundlage gestellt werden. Da das ETM im Vergleich zu anderen Managementfunktionen des taktischen Managements sehr lange Zeiträume überblicken muss, sind ggf. Methoden und Ansätze des strategischen Managements anwendbar. Allerdings müssen die Aussagen auch taktischer und operativer Natur sein, d.h., es müssen konkrete Handlungen nach quantifizierbaren Maßstäben ableitbar sein.

Die deutsche Automobil- und Halbleiterindustrie hat sich bereits in einem großen Arbeitskreis beim ZVEI, dem Zentralverband Elektrotechnik- und Elektronikindustrie e.V., des Themas der „Langzeitversorgung der Automobilindustrie mit elektronischen Baugruppen“ angenommen und die Ergebnisse in einem Weißbuch veröffentlicht, das den kleinsten gemeinsamen Nenner der Beteiligten wiedergibt und den momentanen Stand der Technik erläutert (der Autor war Leiter der Arbeitsgruppe ‚Aufarbeitung‘)³⁴. Unter den beteiligten Firmen herrscht grundsätzlich Übereinstimmung über eine geeignete Herangehensweise an das Problem:

„Eine wesentliche Grundvoraussetzung für die Realisierung einer durchgängigen Lösung ist die Abstimmung innerhalb der Wertschöpfungskette – Bauelementehersteller, Zulieferer und Automobilhersteller – sowie die Existenz der entsprechenden Organisationsformen innerhalb der Unternehmen.“ [ZVE02, S. 24]

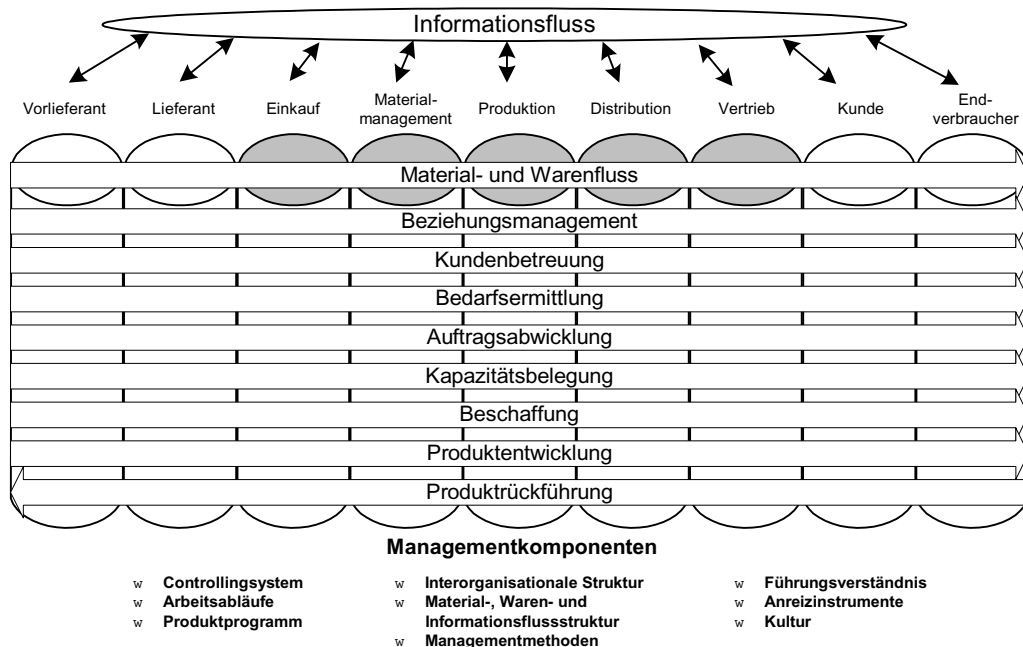


Abbildung 3-7: Konzeptbestandteile des Supply Chain Management [Stö99, S. 168]

³⁴ Weitere Beschreibungen des Gesamtzusammenhanges wurden vor kurzem in verschiedenen Artikeln veröffentlicht [Fil02], [Mor02a], [Mor02b], [Sch02]

Dieser Ansatz deutet auf das Konzept des Supply-Chain-Management (SCM) hin. Abbildung 3-7 vermittelt einen Überblick über die einzelnen Bestandteile des SCM. Im Zusammenhang mit der Versorgungssicherheit sind besonders die konsequente Prozessorientierung, die Integration der Material-, Geld- und Informationsflüsse über mehrere Wertschöpfungsstufen hinweg bis zum Endverbraucher, die Einbindung unterschiedlicher Funktionsbereiche und die intra- und interorganisationale Untersuchungsperspektive relevant. Die vordringlichen, logistisch geprägten Ziele, das Serviceniveau für Endkunden zu erhöhen und Kosten auf allen Wertschöpfungsstufen zu reduzieren, sind so universell, dass sie sich auch sinnvoll auf die Ersatzteilversorgung projizieren lassen [Stö99, S. 162ff].

In Bezug auf das gewählte ZOPH-Systemmodell (mit Trennung zwischen Abwicklungs- und Strukturprozessen, vgl. Kap. 1.3, S. 6) entsprechen die Abwicklungsprozesse (ETV) den im SCM-Konzept betrachteten Geschäftsprozessen, während die Strukturprozesse (ETM) der Managementkomponente im SCM ähneln [Stö99, S. 166]. SCM deckt zwar nicht alle Aspekte der Zulieferer-Abnehmer-Beziehung ab und wird auch nicht allen wissenschaftlichen Ansprüchen gerecht [Stö99, S. 177f], bildet aber doch einen relativ guten, praxisnahen Rahmen [Stö99, S. 260.]. SCM erleichtert durch die Betonung des Informationsflusses eine datentechnische Integration entlang der Wertschöpfungskette. SCM kann insofern eingesetzt werden, um die Prozesse der ETV (wie teilweise bereits geschehen) zu analysieren und versorgungspartnerübergreifend zu optimieren. SCM verzeichnet aber auch Schwächen, z.B. im Bereich Risikomanagement (s. Kap. 2.5.3, S. 28ff) oder bei der Integration der Produktentwicklung. Außerdem wird es dem Ganzheitslichkeitsanspruch hinsichtlich der zeitlichen Perspektive der langfristigen Ersatzteilversorgung nicht gerecht. Zur Schaffung eines komplexitätsgerechten ETM sind daher weitere Lösungsansätze erforderlich.

ETM als Strukturprozess zeigt in seiner erweiterten Definition erhebliche Ähnlichkeiten zum Produktmanagement, nur dass der Fokus nicht auf den frühen sondern den späten Phasen im Lebenszyklus liegt. Seine Nähe zum Produktmanagement und –controlling wird an einer Aufgabenbeschreibung deutlich:

„Die [...] gestiegenen Anforderungen an die Organisationsstruktur sollen durch die Übertragung von Aufgaben für jeweils ein Produkt oder eine Produktgruppe auf besondere Organisationseinheiten, sog. Produktmanager [...], bei gleichzeitiger Beibehaltung der funktionalen oder marktorientierten Gliederung bewältigt werden.“ [Eve96, S. 3-32]

„Dem Produktmanagement obliegt [...] generell die im funktional bzw. marktorientiert gegliederten Mehrproduktunternehmen sonst nicht verankerte Abstimmung der verschiedenen Aktivitäten für ein Produkt. Die Aufgaben der Produktmanager variieren wegen der unterschiedlichen Voraussetzungen in den einzelnen Unternehmen erheblich. Dennoch lassen sich häufig folgende Aufgabenbereiche nachweisen:

1. Sammlung und Aufbereitung von produktbezogenen unternehmensinternen und –externen Informationen, insbesondere Beobachtung des Markts, d. h. des Käufer- und Konkurrentenverhaltens, Erstellung von Marktprognosen, Analyse des Produktstatus und des Lebenszyklus,

2. *Entwicklung langfristiger Wachstums- und Wettbewerbsstrategien für das einzelne Produkt, Mitwirkung bei der Erstellung von Plänen, Entwurf des Marketingprogramms im Rahmen vorgegebener Budgets,*
3. *Kontrolle der Realisation von Produktplänen, Einwirkung auf die verschiedenen Bereiche zugunsten des zugeordneten Produkts, Einleitung von Anpassungsmaßnahmen bei sich ändernden Marktbedürfnissen.*“ [Eve96, S. 3-33]

Allerdings wurden auch schon Unterschiede herausgearbeitet: In Kapitel 3.1 (S. 37ff) wurden bereits die Entscheidungssituationen im ETM charakterisiert. Sie sind langfristiger als beim ‚klassischen‘ Produktmanagement, das auf bedürfnisgerechte Produktgestaltung und Absatz des Primärproduktes im Marktmodul abzielt [Her98, S. 3ff]. Demnach kann man die methodischen Ansätze des Produktmanagements nur bedingt übernehmen. Die grundlegenden Prozesse des Produktcontrollings (Planungsmanagement, strategische Produktplanung, ergebnisorientierte Produktplanung, Produktkontrolle [Eve, S. 8-64]) lassen sich ohne weiteres übertragen, aber die Vorgehensweisen des Produktmanagers, wie durch HERMANN [Her98] und HORVATH [Eve96, S. 8-68] beschrieben, passen nur bedingt auf das ETM.

Ein Blick in die Methoden der strategischen Programmplanung fördert dagegen Ansätze zu Tage, die auch in dieser Arbeit bereits Verwendung finden (vgl. HAHN [Eve96, S. 5-19]): Lebenszyklusanalyse (Kap. 3.2, S. 43ff), Wertkettenanalyse (Kap. 2, S. 13ff), Risikoanalyse (Kap. 2.5.3, S. 28ff) und im Folgenden noch finden werden: Frühwarnsysteme / Szenario-Technik, Langfristkalkulation, Dynamische Investitionsrechnung, Portfolio-Analysen, Nutzwertanalysen (s. Kap. 5, S. 86ff).

In der Schnittmenge aus strategischem Management und Produktmanagement gibt es als Methoden mit langem Zeit- und Produktbezug im Wesentlichen Portfolioanalysen, Lebenszyklusanalysen und Lebenszykluskostenrechnung (Life Cycle Costing LCC). Diese Methoden müssen allerdings dem Ganzheitlichkeitsanspruch hinsichtlich Zeit- und Problemverteilung entlang der Supply Chain gerecht werden. Deshalb müssen sie um die entscheidende Komponente eines Risikomanagements für Versorgungsrisiken ergänzt werden.

Wie bereits erwähnt (s. Kap. 2.5.3, S. 28ff), bietet das Risikomanagement (Risk Management RM) Ansatzpunkte zum Umgang mit Versorgungsrisiken. RM bedeutet in diesem Zusammenhang *„die Analyse, Gestaltung und Überwachung von Risiken bzw. risikobedrohten Systemen (Wirtschaftseinheiten)“*. Damit unterscheidet sich RM vom Problemmanagement (Trouble Shooting) vor allem dadurch, dass es sich mit *„wahrscheinlichkeitsbehafteten Zukunftsereignissen beschäftigt“* und nicht mit tatsächlichen Schwierigkeiten. RM ist keinesfalls gleichbedeutend mit Versicherungsmanagement (Insurance Management), sondern umfasst dieses und geht weit darüber hinaus. *„Die früher häufig gebrauchte Formulierung „Risiko wird versichert“ ist schlichtweg falsch.“* [Gut94, S. 276]. Die Notwendigkeit zum Risikomanagement wird vor allem durch vier Faktoren begründet:

- *„Komplexität (großer Umfang, starke Vernetzung und hohe Wertigkeit [...])*
- *Innovation (hohe Anforderungen an die Technik, immer kürzere Produktlebenszyklen, um als chancenreicher Anbieter bestehen zu können)*
- *Akzeptanz (Probleme mit involvierten Personen bzw. Institutionen) und*

- *Konkurrenz (Der mit der gestiegenen Zahl der Mitanbieter verstärkte Preisdruck verhindert, dass etwaige finanzielle Risikofolgen einfach durch entsprechend große Gewinnspannen getragen werden können)“ [Gut94, S. 275]*

Das Risikomanagement läuft dabei in mehreren Schritten ab: Die Risikoanalyse umfasst die Identifikation und Bewertung vorhandener Risiken. Darauf baut die Risikogestaltung auf. Bevor man versucht, Risiken abzuwälzen (zu versichern), muss zuerst versucht werden diese zu vermeiden oder zu reduzieren. Sollte ein Risiko weder versicherbar noch vermeidbar sein, bleibt einem Unternehmen keine andere Wahl, als es selbst zu tragen. Die Risikoüberwachung muss versuchen, die vorhandenen Risiken unter Beobachtung zu halten und rechtzeitig Mittel für Gegenmaßnahmen oder Schadensfälle bereitzuhalten.

Allerdings bleibt RM unspezifisch. Risikoportfolios liefern nur grobe Ansatzpunkte, welche Risiken näher betrachtet werden müssen. Außerdem sind viele der in der Literatur aufgeführten Bewertungsmethoden entweder auf den Finanzsektor ausgerichtet (z.B. Value at Risk o.ä.), zu spezifisch oder zu subjektiv, d.h. nicht mathematisch abbildbar (vgl. [Gut94, S. 312ff]), was sie in Anbetracht der Komplexität der Logistikprozesse ungeeignet erscheinen lässt.

Risikomanagement bietet ferner in der üblichen Ausprägung auf Unternehmensebene mit Fokus auf den Unternehmensgesamtwert nur einen groben Bewertungsmaßstab (Risiko vermeiden, reduzieren, abwälzen oder selbst tragen) für alternative Handlungsweisen bezogen auf das einzelne Ersatzteil in einem ET-Spektrum.

Als methodischer Ansatz zur Modellierung von Versorgungsrisiken innerhalb der Logistikprozesse bleiben lediglich semiquantitative Bewertungsverfahren (vgl. [Gut94, S. 313f], [Dae92, S. 215 f und S. 532f]), die der Nutzwertanalyse (vgl. [Dae92, S. 197 ff und S. 510f], [Zan76]) oder FMEA (vgl. [DGQ91]) ähnlich sind.

Lebenszyklusorientiertes Kosten- und Erlösmanagement (Langfristkalkulation/ Life Cycle Costing LCC) inkl. Früherkennung von Diskontinuitäten nach KEMMINGER [KEM99, S. 141] bildet einen guten Entscheidungsrahmen für ein langfristig orientiertes Ersatzteilmanagement (vgl. [Dom02]), weil es hersteller- und produktbezogen ist und sowohl die zeitlichen Aspekte des PLZ als auch die Einflüsse der verschiedenen Unternehmensbereiche abdeckt. Außerdem lassen sich auf einer Lebenszykluskostenbetrachtung auch Portfolioanalysen aufbauen.

Durch ein geeignetes LCC können implizit vorhandene Entscheidungsinterdependenzen verdeutlicht werden (vgl. COENENBERG in [Eve96, S. 8-4ff]): Potentialeinsatz im Entstehungsmodul kann Kosten und Erlösen in den anderen Modulen gegenübergestellt werden. Das lebenszyklusorientierte Kosten- und Erlösmanagement nach KEMMINGER hebt auf den Produkterfolg eines einzelnen Produktes / Artikels ab (vgl. [Kem99, S. 151]) und nicht, wie VaR-Betrachtungen des Operational Risk, auf den Gesamtwert eines Unternehmens (vgl. [Joh00, S. 634ff]). Dennoch bietet dieses Konzept Ähnlichkeiten mit dem Risikomanagement. Die strategische Früherkennung nach KEMMINGER [Kem99, S. 164ff] nimmt eine Frühwarn- bzw. Früherkennungsfunktion [Kem99, S. 164ff] wahr. Das Konzept unterscheidet operative und strategische Früherkennung. Die operative Früherkennung arbeitet im Wesentlichen mit Hochrechnungen, die zusätzlich zu laufenden Soll-Ist-Vergleichen auf das Ende des Produktlebenszyklus bezogene Soll-Wird-Vergleiche ermöglichen. Allerdings muss die Explorationsfalle vermieden werden – die mangelnde Fähigkeit, Trendbrüche und Diskontinuitäten zu erkennen. Diese werden durch die strategische Früherkennung abgedeckt. Diskontinuitäten werden durch sog. „dritte Varia-

blen' hervorgerufen und können als ‚schwache Signale' frühzeitig erkannt werden. Man unterscheidet *Scanning*, die sachlich und zeitlich unbestimmte Beobachtung der unternehmensrelevanten Umwelt, und *Monitoring*, die dauerhafte und gezielte Beobachtung eines durch das Scanning entdeckten schwachen Signals – im Falle der ETV also die Hauptversorgungsrisiken.

Durch den Übergang im LCC nach KEMMINGER auf die Produktebene kann ein Management für Ersatzteilspektren im Sinne eines Portfoliomanagements aufgebaut werden.

„Es dürfte das Bestreben jedes Unternehmens sein, die Zahlungen, die – vereinfacht gesprochen – für die Entwicklung und Produktion eines Produktes geleistet wurden, durch den Verkauf des Produktes und produktbegleitender Dienstleistungen zu decken und darüber hinaus einen möglichst hohen Überschuss zu erzielen. Anhand dieser Argumentation tritt die Nähe des Problems zu investitionstheoretischen Fragestellungen deutlich hervor. [...] Charakterisierendes Merkmal für die Entstehung von Produkterfolg im lebenszyklusorientierten Kosten- und Erlösmanagement sind Zahlungszuflüsse und Zahlungsabflüsse über den Produktlebenszyklus hinweg. [...]“
[Kem99, S. 217]

Betrachtet man den Produkterfolg als treibenden Faktor für das Ersatzteilmanagement und die langen Zeithorizonte in der Nachserie, so ist das ETM mit einer Reihe von Investitionsentscheidungen gleichzusetzen. Die zeitlichen Strukturen der Zahlungsreihen müssen bei allen Entscheidungen berücksichtigt werden, d.h. die Zahlungen auf- bzw. abgezinst werden, um Alternativen bewertbar zu machen. Produkterfolg ist der Kapitalwert der mit dem Produkt verbundenen Zahlungsreihen (vgl. [Kem99, S. 217]).

Entscheidend bei der Lebenszyklusbetrachtung ist die zeitliche Disparität zwischen Kostenfestlegung, Kostenentstehung und Erlöserzielung [Kem99, S. 205]. Diese gilt es durch sinnvolle Methoden zu überbrücken. Außerdem sind Investitionsrechnungen nach der Kapitalwertmethode zahlungsbasiert, und die Kontrolle in der betrieblichen Praxis erfolgt als periodenbezogene Erfolgsrechnung. Es gilt also auch, die Kluft zwischen Planung und Kontrolle zu schließen. Dazu greift KEMMINGER auf das Theorem von LÜCKE zurück und weist seine Anwendbarkeit auf Lebenszyklusbetrachtungen nach [Kem99, S. 237ff]:

„Nach dem Theorem von Lücke führt eine Kapitalwertberechnung auf der Basis von Zahlungsströmen (Ausgaben und Einnahmen) zu dem gleichen Ergebnis wie eine Kapitalwertberechnung auf der Basis von Periodenerfolgsgrößen (z.B. Kosten und Erlösen), sofern
[1.] *die Summe der Zahlungsüberschüsse aller Perioden gleich der Summe aller Periodengewinne ist und*
[2.] *der Periodengewinn der aktuellen Periode um die kalkulatorischen Zinsen auf das gebundene Kapital der Vorperiode verringert wird. Das gebundene Kapital ergibt sich aus der Differenz der bis zur Vorperiode aufsummierten Periodengewinne und Zahlungsüberschüsse.“*

Durch das Theorem von LÜCKE gelingt KEMMINGER die Integration von Investitionsrechnung und Kosten- und Erlösrechnung auf Lebenszyklussicht. Allerdings setzt das Theorem eine zahlungsorientierte Betrachtungsweise (pagatorische Kostenrechnung)

voraus³⁵. Der Aufsatzpunkt für derartige Betrachtungen im PLZ kann beliebig gewählt werden, sofern man die speziellen Bedingungen des LÜCKE-Theorems berücksichtigt.

Durch entsprechende Ausgestaltung dieses Ansatzes können die verschiedenen Unternehmensbereiche bei der ETV zusammenarbeiten. Das Hauptziel ist die langfristige und kostenoptimale Nachserienversorgung durch die richtige Wahl von Versorgungsstrategien unter Berücksichtigung der Versorgungsrisiken. Gelingt es nun, die verschiedenen Versorgungsstrategien kostenrechnerisch gegeneinander bewertbar zu machen und die jeweils einhergehenden Versorgungsrisiken frühzeitig zu erkennen, Gegenmaßnahmen zu planen und zu bewerten, so kann man die notwendigen Entscheidungen aus Sicht des ETM objektivieren. Alle Facetten des ETM würden dann entweder durch Zahlungsreihen oder Periodenerfolge der Versorgungsstrategien abgebildet. Die Übergangszeitpunkte von einer zur anderen Versorgungsstrategie sind so zu wählen, dass insgesamt ein Kostenminimum entsteht.

Die zunehmende Unsicherheit über die lange Nachserienphase wird dabei durch eine Prämie im Kalkulationszinssatz abgedeckt. Sie sorgt dafür, dass beim Abzinsen die mit der Zeit zunehmenden Unsicherheiten berücksichtigt werden [Kem99, S. 292]. Das Erkennen und Bewerten von Versorgungsrisiken ist hierbei der schwierigste Aspekt.

Der Abgleich zwischen LCC und Target Costing wird dabei von verschiedener Seite als wichtig angesehen (vgl. COENENBERG in [Eve96, S. 8-46] oder [Kem99, S. 271f]). Aufgabe des lebenszyklusorientierten Kosten- und Erlösmanagements ist es in diesem Sinne auch, den Produkterfolg durch Ermittlung von Preisuntergrenzen für jede Phase des PLZ zu sichern. Diese wären erreicht, wenn der Kapitalwert der mit dem Produkt verbundenen Zahlungsreihe Null wird (vgl. [Kem99, S. 274f]). So können auch Zusatzaufwendungen, z.B. für geringere Produktkomplexität oder flexiblere Betriebsmittel, schon in der Produktentstehung berücksichtigt werden.

Dies ist wiederum nur bei neuen Produkten sinnvoll machbar. Für ein existierendes Portfolio muss die Idee der Preisuntergrenze allein auf die Nachserie bezogen werden. Der Aufsetzzeitpunkt ist dann der EOP oder ein beliebiger Stichtag, sollte sich die Komponente bereits in der Nachserie befinden. Alle vorangegangenen Zahlungen sind dann irrelevant [Kem99, S. 276]. Die in Zukunft anfallenden Nachserienzahlungen und -einnahmen werden ermittelt bzw. abgeschätzt und abgezinst. Der Ersatzteilpreis wird dann so festgesetzt, dass sich das Ersatzteilgeschäft selbst trägt. Andernfalls muss man evtl. Nachserienverluste gegen die bisher angefallenen Deckungsbeiträge des Produktes verrechnen (vgl. Produktlebenszyklusorientierte Deckungsbeitragrechnung nach MÄNNEL in [Kem99, S. 126f]). Allerdings wäre auch denkbar, einen Ausgleich zwischen den Produkten des Ersatzteilportfolios oder Einsparungen im OES/IAM-Zyklus mit Mehraufwendungen in der Entstehung zu suchen. Die unternehmensinterne Verrechnung und damit auch Zielkoordination ist auf jeden Fall mit zahlreichen Schwierigkeiten behaftet, wie auch dieses Zitat zum Produktmanagement zeigt:

„Ein Koordinationsproblem des Produktmanagements kann sich ergeben, wenn zwar eine funktionsbereichsübergreifende, nicht jedoch eine produktübergreifende Abstimmung erfolgt. In diesem Fall besteht die Gefahr der Vernachlässigung übergeordneter Ziele durch die isolierte Betrachtung der Bereiche. Gerade bei der Investitions-

³⁵ „pagatorisch“: auf echten Zahlungen basierend; im Gegensatz zum wertmäßigen Kostenbegriff (vgl. [Kem99, S 214f])

planung ist aber eine bereichsübergreifende Sichtweise unabdingbar, da manche Produkte als Sponsor (Cash cow) für Nachwuchsprodukte (Stars) fungieren. Um ein Umleiten der Finanzströme im Hinblick auf ein Gesamtoptimum zu ermöglichen, sind daher interne Koordinationsregelungen auf höherer Ebene erforderlich.“ [Eve96, 8-68f]

Wenn verschiedene Funktionsbereiche auf Basis des soeben beschriebenen methodischen Ansatzes beim ETM zusammenarbeiten, stellt sich auch die Frage, welcher Bereich die Gesamtverantwortung für das ETM übernehmen sollte. Dieses Problem ergibt sich analog bei vielen Querschnittsfunktionen. Für das ETM gibt es im Grunde zwei Alternativen:

1. Die organisatorische Einbindung des ETM kann beim Produktmanagement für etablierte Produktlinien selbst erfolgen. Dafür spricht eine durchgängige Produktverantwortung, die sich nicht vor den Risiken der Langzeitversorgung verstecken kann. Das führt quasi automatisch zu einer langfristig orientierten Produktgestaltung.
2. Dagegen spricht der unterschiedliche Zeitbezug und bzgl. existierender Ersatzteilportfolien die Rückwärtsgewandtheit des ETM. Dadurch ist es für eine Stelle sehr schwer, die zukunftsorientierten Aufgaben in der Neuproduktgestaltung mit denen der „Vergangenheitsbewältigung“ zu vereinen und mit gebührendem Nachdruck zu bearbeiten.

Solange die Automobilindustrie keine durchgängige Lösung für die Ersatzteilversorgung mit Elektronikkomponenten hat, sollte daher das ETM eigenständig geführt werden und gleichberechtigt neben dem Produktmanagement stehen. Außerdem braucht das ETM Richtlinienkompetenz in Richtung anderer Organisationseinheiten (z.B. Produktmanagement oder Entwicklung), damit die Anforderungen der Nachserie auch in frühen Phasen des Produktlebenszyklus berücksichtigt werden (s.u. S. 58). Für die Verrechnung der Nachserienkosten und -erlöse mit Neuprodukten oder innerhalb des Ersatzteilportfolios kann an dieser Stelle keine abschließende Empfehlung ausgesprochen werden. Diese Spielregeln sind für jedes Unternehmen individuell auszuhandeln.

Jedenfalls kann auf der methodischen Grundlage von Supply Chain Management, Risikomanagement und Lebenszykluskostenbetrachtung ein umfassendes und integriertes ETM aufgebaut werden. Die Ergebnisse aus der Risikoanalyse und dem daraus folgenden LCC für die verschiedenen VS müssen für jede Kfz-Elektronikkomponente in geeigneter Form aufbereitet und ausgewertet werden, um daraus ein VSz ermitteln zu können. Dazu braucht der ET-Manager eine kompakte, übersichtliche, schnell und allzeit abrufbare Darstellung, die alle wesentlichen Informationen verdichtet und die er bei Veränderungen zusätzlich manuell und flexibel anpassen kann. Diese Darstellungsweise und ihre Herstellung ist Bestandteil des ETMSS (s. Kap. 5). Ein Beispiel für eine mögliche geeignete Darstellungsform wird im Kapitel 5.3.2 (S. 98f) vorgestellt: ein VSz-Report-Layout, das Informationen zu Bedarfs-, Risiko- und Kostensituation, festgelegten Maßnahmen und geplanten Aufwänden und Kosten komprimiert darstellt.

3.3 Prozessmodell ETM

Der VSz-Report kann die wesentliche Entscheidungsgrundlage für fast alle operativen Ergebnisse des ETM sein (s. Kap. 1.4, S. 9ff). Wenn zum Beispiel ein solcher Report zu jeder Kfz-Elektronikkomponente existiert, können verschiedene Inhalte des Reports als Eingangsdaten für eine Portfolioanalyse dienen oder die angeordneten Maßnahmen zu

einem Geschäftsplan verdichtet werden. Der daraus resultierende Basisprozess des ETM ist auf den ersten Blick denkbar einfach. Abbildung 3-8 gibt einen ersten Eindruck des ETM als Prozess auf hohem Abstraktionsniveau.

Die genaue Ermittlung eines VSz wird ausführlich im Zusammenhang mit der Entwicklung des ETMSS in Kapitel 5 (S. 86ff) erläutert. An dieser Stelle soll das Augenmerk auf die Input-Output-Beziehungen und zeitlichen Abhängigkeiten des ETM zu anderen Unternehmensprozessen gelenkt werden. Hierzu ist zunächst ein weiterer Exkurs in die zeitlichen Abhängigkeiten entlang des Produktlebenszyklus notwendig.

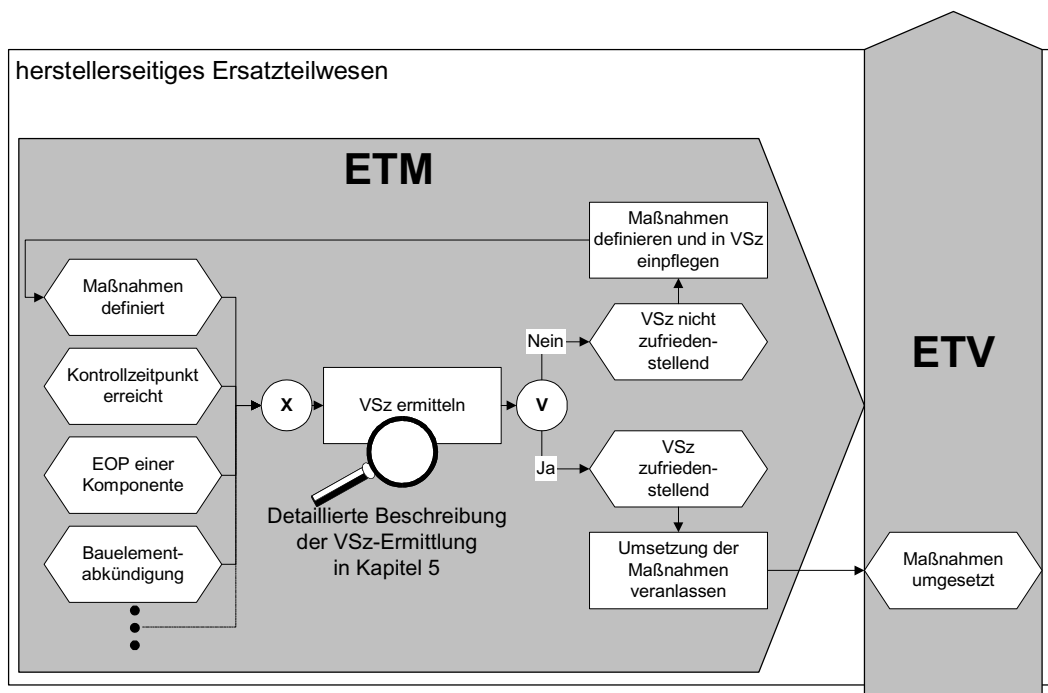


Abbildung 3-8: ETM-Prozessmodell

Einordnung der Ersatzteilversorgung im Produktlebenszyklus

Lebenszykluskonzepte haben ihren Ursprung in der Biologie und werden auch gerne auf andere Objekte angewandt, die im Zeitablauf dem Gesetz des Werdens und Vergehens unterliegen (vgl. [Kem99, S. 84]). Im Zusammenhang der nachhaltigen Ersatzteilversorgung mit Kfz-Elektronikkomponenten geht es um Technologielebenszyklen (s. Kap. 1) und Produktlebenszyklen (PLZ). An dieser Stelle soll das ETM im PLZ lokalisiert und Handlungsspielräume für das Ersatzteilmanagement (ETM) im PLZ untersucht werden.

ETV (bzw. Service) wird nur selten als eigenständiger Prozess im Zusammenhang mit dem Produktlebenszyklus erwähnt. Die Definition des Begriffs Produktlebenszyklus ist in der Literatur nicht eindeutig. Es wird unter Verwendung teils gleichbedeutender Abbildungen von *Produktlebenslauf* ([VDI 2221], [Ehr95, S. 156], [Ehr00, S. 10, S. 34 u. S. 120], [Pah97, S.3]), (*Produkt-)Lebenszyklus* ([Pah97, S. 156], [Eve96, S. 7-1ff.]), (*Produkt-)Lebensphasen* ([Bir98], [Ehr95, S. 42]), *integrierter Produktlebenszyklus* [Gei96, S. 17], *Marktlebenslauf* ([Ehr95, S. 43]) usw. gesprochen. KEMMINGER versucht die Begrifflichkeiten zu ordnen und unterscheidet ältere (nur Marktlebenszyklus), integrierte (vgl. [Kle95]: je ein Beobachtungs-, Entstehungs-, Marktlebens- und Entsorgungszyklus) und systemische Lebenszykluskonzepte [Kem99, S. 89ff]. Das systemische Lebenszykluskonzept zeichnet sich gegenüber dem integrierten durch die Erweiterung um mehrere

Beobachtungszyklen und einen Fertigungszyklus aus. KEMMINGER erweitert das systemische Konzept nochmals um einen Servicezyklus [Kem99, S. 161]. Er differenziert zwischen parallel ablaufenden Entstehungszyklen, Fertigungszyklen, Marktzyklen, Servicezyklen und Entsorgungszyklen, die jeweils eigene Anfangs- und Endtermine haben und wiederum in unterschiedlichen Beobachtungszyklen wahrgenommen werden können. Die Beobachtungszyklen fasst er zu einem Beobachtungsmodul zusammen. Die anderen Zyklen werden ebenfalls modulartig zusammengefasst und analysiert (Abbildung 3-9).

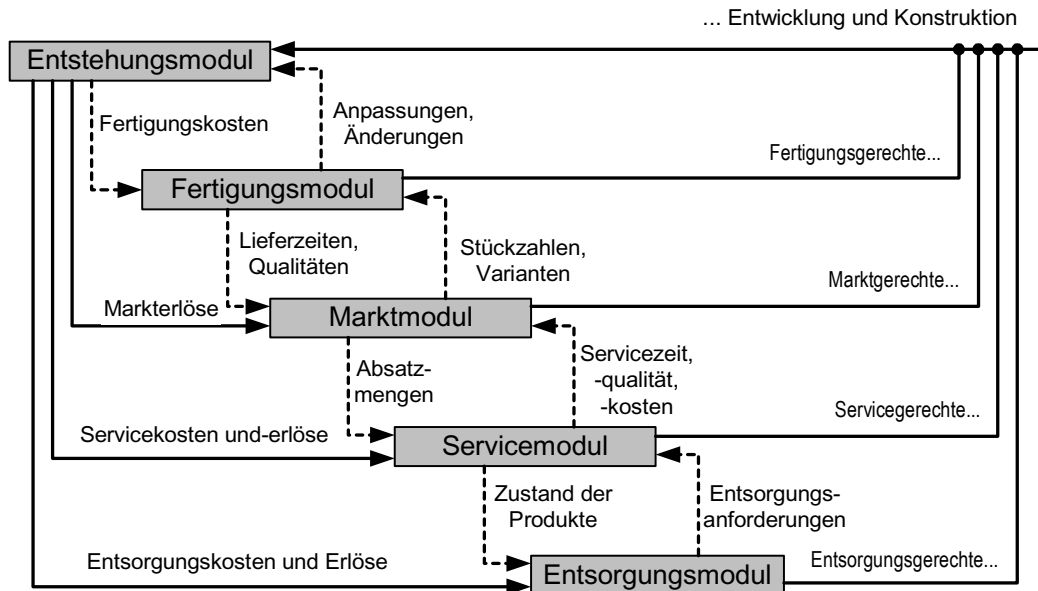


Abbildung 3-9: Lebenszyklusmodule nach Kemminger [Kem99, S. 203]

Eine vergleichbare Darstellung mit kurzer Erläuterung findet sich auch bei EHRENSPIEL als Produktlebenslauf aus Prozesssicht [Ehr00, S. 34]. Erst in diesen umfassenden Darstellungen tauchen Service und Produktpflege als eigenständige Elemente auf, wobei Produktpflege nach KEMMINGER in den Entstehungszyklus einzugliedern wäre. Jeder Zyklus unterteilt sich wiederum in einzelne Phasen (vgl. [Kem99, S. 82]).

KEMMINGER's Sichtweise ist vor allem betriebswirtschaftlich und lässt somit viele Aspekte von Unternehmensprozessen unberücksichtigt. Da sein Modell aber das umfassendste ist und er es mit einer durchgängigen Methodik zur betriebswirtschaftlichen Bewertung verknüpft, bietet es sich als Grundlage für die weitere Arbeit an. Der Begriff Lebenszyklus bezieht sich zumeist auf ein einzelnes Produkt oder die Gesamtheit der Produkte eines Typs. Lebenszyklen können genauso wie das Ersatzteilmanagement aus Sicht des Nachfragers oder des Anbieters von Produkten (und ggf. auch der Gesellschaft) betrachtet werden (vgl. [Kem99, S. 105]). Im Zusammenhang der Sicherstellung der Ersatzteilversorgung wird im Folgenden nur die Anbietersicht mit Fokus auf Kfz-Elektronikkomponenten aus einem Ersatzteilspektrum weiter verfolgt.

Die Vorstellung von parallelen Zyklen, die alle ein und dasselbe Produkt betreffen, mag eventuell etwas befremdlich anmuten, aber sie ist sehr hilfreich im Hinblick auf die exakte Zuordnung von teilweise zeitgleich laufenden Prozessen und deren betriebswirtschaftlichen Auswirkungen auf verschiedene Funktionsbereiche eines Unternehmens. Dadurch kann ein entsprechend strukturiertes LCC seine volle Wirkung entfalten. Diese Art der Überlegung kommt auch in vielen anderen Bereichen zum Tragen, z.B. beim Simultane-

ous Engineering, bei dem auch traditionell sequentiell bearbeitete Prozesse parallelisiert werden.

Für die Zwecke dieser Arbeit wird ein umfassendes modulares Lebenszyklusmodell für Kfz-Elektronikkomponenten in leicht abgewandelter Form zu KEMMINGER aufgestellt (Abbildung 3-10). Die Bezeichnung der Module wurde abgewandelt, um die Kongruenzen zum SCM-Modell, zu üblichen funktionalen Gliederungen in Unternehmen und der definierten Systemstruktur zu erhöhen. Es wurde außerdem ein Beschaffungsmodul eingefügt, was nach Einschätzung des Autors bei dem hohen Wertschöpfungsanteil der Fremtteile bei Kfz-Elektronikkomponenten gerechtfertigt ist.

Außerdem wird das Modulkonzept dadurch dem später verwendeten Unternehmensmodell nach SCHEER [Sch97a] vergleichbarer. Die einzelnen Geschäftsprozesse nach dem Y-Modell [Sch97a, S. 93] lassen sich leicht identifizieren.

Die Darstellung fokussiert auf die Sicht des Zulieferers für Kfz-Elektronikkomponenten und enthält deshalb keine extra Verbindung zu den Prozessen der Fahrzeughersteller³⁶. Die unternehmensübergreifenden Zusammenhänge in der Supply Chain wurden bereits untersucht (Kap. 2, S. 13ff). Es sei hier nur kurz darauf hingewiesen, dass der gesamte Lebenszyklus der Komponente in den Lebenszyklus des Fahrzeugs eingebettet ist und zumeist vor Eintritt in die Entwicklung und Konstruktion bereits ein Vertragsverhältnis zu einem oder mehreren Kfz-Herstellern besteht³⁷. Als Hinweis sind im OEM- und OES/IAM-Modul jeweils die Marketingaktivitäten für die verschiedenen Marktsegmente aufgeführt. Mehr oder weniger jedes Projekt bzw. Produkt in der Kfz-Elektronik durchläuft je einen Zyklus pro Modul.

Eine einzelne Kfz-Elektronikkomponente durchläuft also zeitgleich mehrere Phasen aus verschiedenen Modulen und wird innerhalb unterschiedlicher Zyklen unterschiedlich wahrgenommen. Daraus resultiert eine Stärke dieser modularen und multidimensionalen Betrachtungsweise, nämlich dass die Abhängigkeiten zwischen einzelnen Modulen und Zyklen schnell deutlich werden.

ETM wurde als Strukturprozess definiert. Er steht somit außerhalb der Abwicklungsprozesse und wurde daher in dieser Darstellung (Abbildung 3-10) wie gewohnt seitlich angeordnet³⁸. Allerdings ist ETM nur einer von vielen Strukturprozessen eines Unternehmens, die teilweise in Konkurrenz zueinander auf die Abwicklungsprozesse einwirken. Z.B. sind die Kontext- und Performancevariablen der Beschaffung und des Beschaffungsmanagements nicht zwangsläufig mit denen der ETV und des ETM identisch. Es wird somit deutlich, dass die Ziele dieser unterschiedlichen Strukturprozesse untereinander koordiniert werden müssen, damit nicht aus Widersprüchen heraus Fehlentwicklungen bezüglich der nachhaltigen ETV entstehen. Ferner greifen manche Strukturprozesse nur auf einen Funktionsbereich im Unternehmen zu, während andere tendenziell Schwer-

³⁶ Die Vorgehensweise ist auch mit der Definition des unternehmensbezogenen Produkts von KEMMINGER vereinbar, das nicht direkt sondern indirekt vertrieben wird ([Kem99, S. 147]).

³⁷ vgl.: Allgemeine Untersuchungen der OEM-Zuliefer-Beziehung bei MÄNNEL [Män96], MEINIG [Mei94b], FIETEN [Fie91, S. 112], KIM [Kim97]. Ein ausführliches Beispiel hat auch der Autor in seiner Diplomarbeit dargestellt [Hag97].

³⁸ Bei KEMMINGER entsprechen diese Strukturprozesse den Beobachtungszyklen im Beobachtungsmodul. Das Beobachtungsmodul hat nach KEMMINGER Frühwarn- und Früherkennungsfunktionen [Kem99, S. 164], „die ihren Benutzern so rechtzeitig Hinweise auf verdeckt bereits vorhandene oder sich formierende Krisenprozesse geben, dass noch ausreichend Zeit zum Ergreifen wirksamer Gegenmaßnahmen verbleibt“. In der Erweiterung zu KEMMINGER hat das ETM nicht nur Überwachungs- sondern auch Koordinations- und Steuerungsfunktionen zu erfüllen.

punkte in frühen, mittleren oder späten Phasen des Lebenszyklus setzen. Dadurch entstehen Bereiche und Phasen mit mehr oder weniger Einfluss auf die Prozessgestaltung der Abwicklungsprozesse. Beispielhaft wurde der Einfluss des ETMs auf einzelne Phasen in den einzelnen Modulen bewertet. Demnach hat das ETM im Entstehungs-, Beschaffungs-, Versorgungs- und OEM-Modul erst auf einzelne späte Phasen in den jeweiligen Zyklen stärkeren Einfluss. Gravierende Änderungen an der Produktstruktur wird das ETM bei dieser beispielhaften Verteilung der Einflussmöglichkeit kaum durchsetzen können.

Die Produktpflege ist Bestandteil des Entstehungsmoduls (vgl. [Ehr00, S. 34]) und begleitet den Fertigungszyklus zumindest bis zum Auslauf der Großserie. Bei Gefährdung der Lieferfähigkeit muss die Produktpflege zu einem späteren Zeitpunkt ggf. wieder aufgegriffen werden. Nach der hier verfolgten Prozesssicht kann das ETM eine solche Produktpflege nur anstoßen; ETM hat nicht die Möglichkeiten, direkt Veränderungen am Produkt eigenständig vorzunehmen.

Das Bereitstellungsmodul umfasst nicht nur die Großserienproduktion sondern auch die Nachserienproduktion mit allen möglichen Arten der Herstellung von Ersatzteilen – sofern eine solche vorgesehen ist. Es wird somit als Versorgungsmodul erweitert.

Distributionsprozesse werden im OEM- bzw. OES/IAM-Modul abgebildet. Das OES/IAM-Modul beinhaltet die für diese Arbeit zentralen Servicezyklen. Sie beginnen gleichzeitig mit den Fertigungszyklen und enden kurz vor dem Ende der jeweiligen Entsorgungszyklen, welche auch als Tauschteilquelle herausgestellt werden.

Die Entsorgung ist aus Sicht des Autors noch nicht derart klar einem Funktionsbereich zugeordnet, wird aber in Zukunft immer wichtiger werden. Wahrscheinlich wird dies eine originäre Aufgabe der Logistik im Unternehmen werden.

Basierend auf dieser umfassenden Betrachtungsweise lassen sich die zeitlichen Ansatzpunkte des ETM definieren. Abbildung 3-11 zeigt einen Vorschlag für die Verteilung von ETM-Aktivitäten im PLZ. Zu wichtigen Meilensteinen wird ein VSz ermittelt und zu Controllingzwecken festgehalten. Dazwischen liegen lange Phasen, in denen die ETV kontinuierlich beobachtet wird, die Auswirkungen von Veränderungen im Kontext und in der Performance analysiert und ggf. Gegenmaßnahmen ergriffen werden. Dazu ist natürlich auch die Ermittlung von VSz erforderlich.

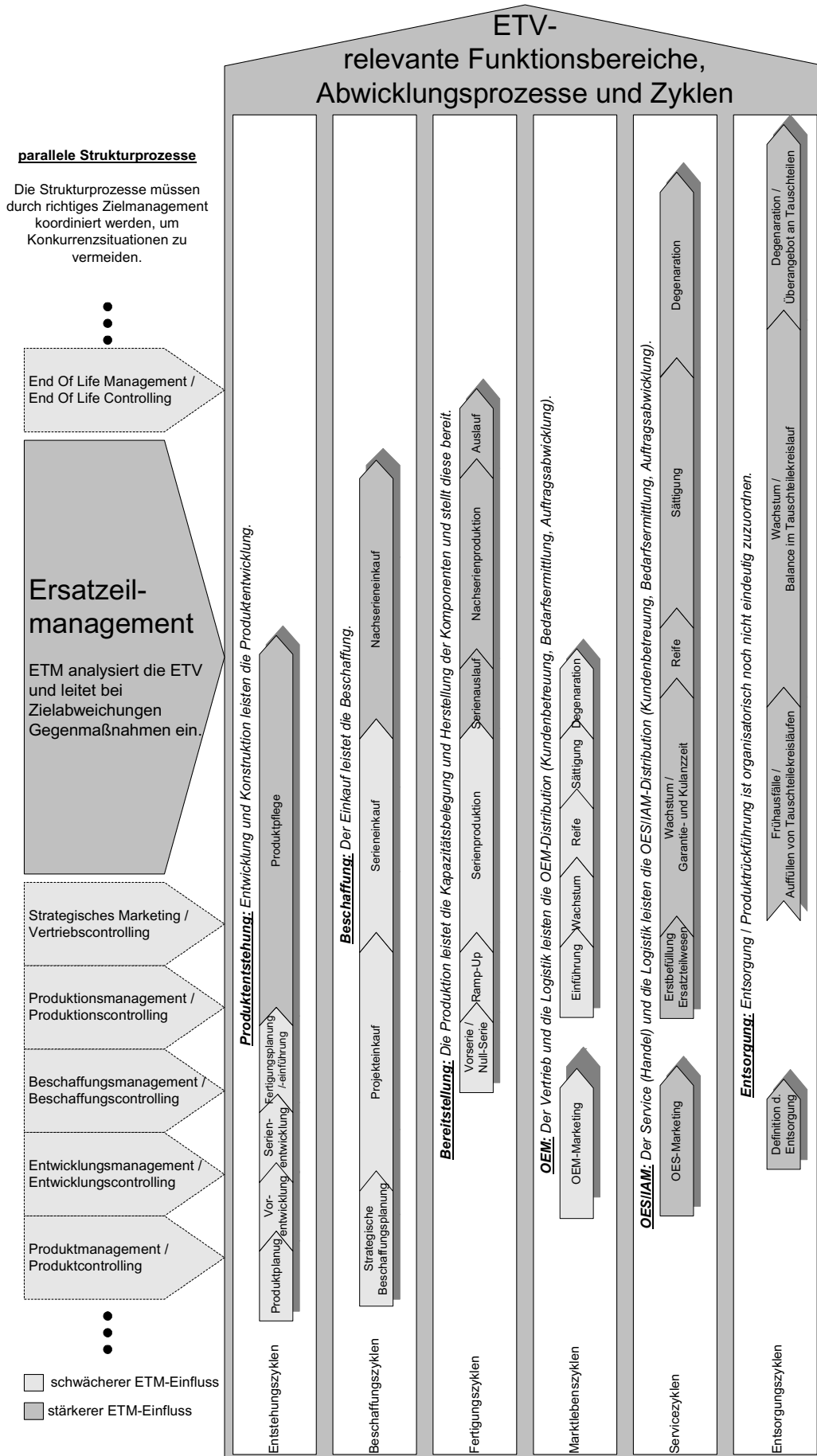


Abbildung 3-10: multidimensionale Sicht (Organisation, Prozess, Lebenszyklus) auf die Zusammenhänge in der Ersatzteilversorgung

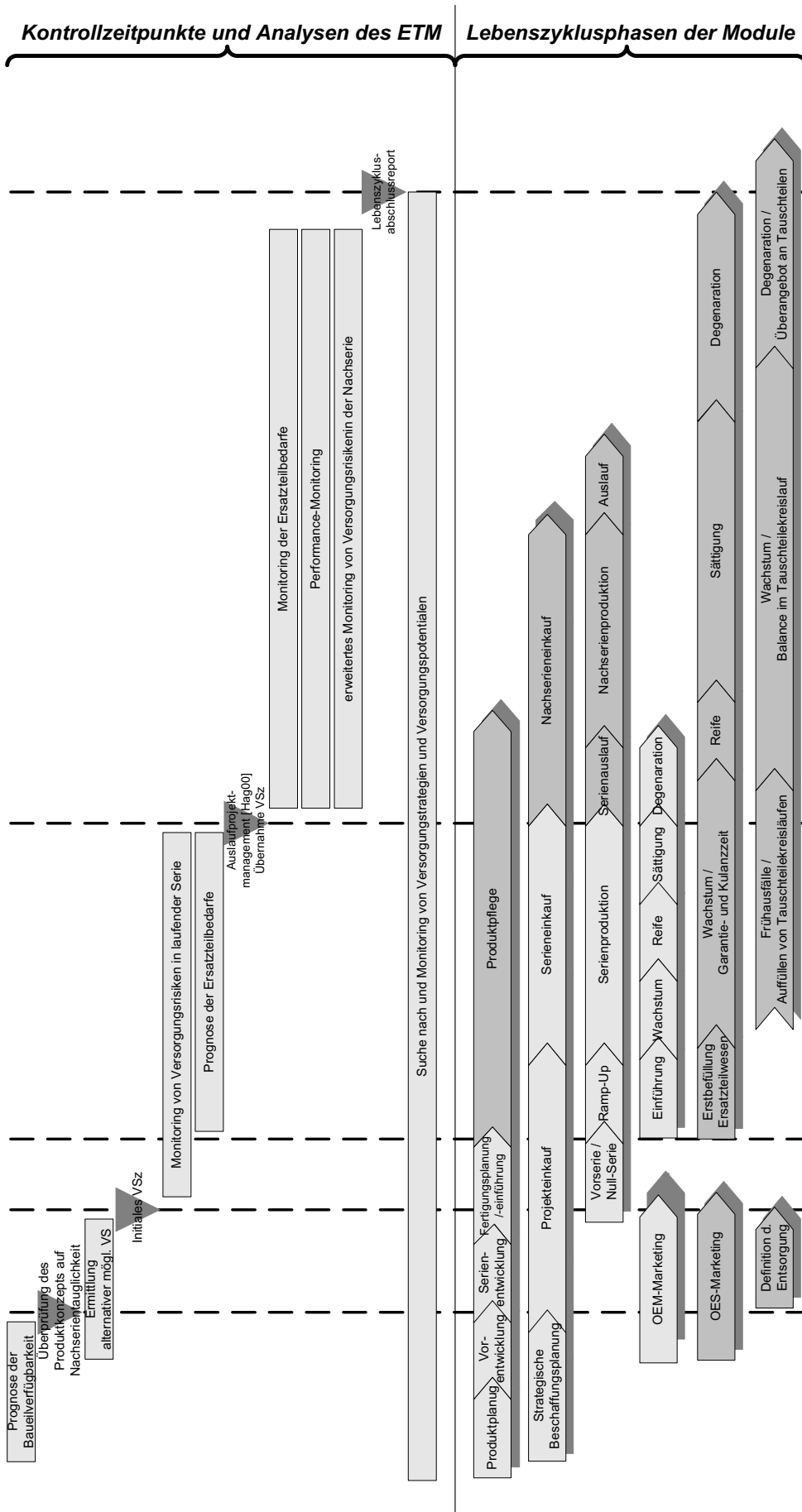


Abbildung 3-11: Ersatzteilmanagement im Produktlebenszyklus

4 ANSATZPUNKTE UND HANDLUNGSSPIELRÄUME DES ERSATZTEILMANAGEMENTS

Nachdem das Ersatzteilmanagement (ETM) in seinen Methoden und Prozessen definiert wurde, geht es in diesem Kapitel um die Ansatzpunkte und Handlungsspielräume des Strukturprozesses ETM innerhalb der Abwicklungsprozesse der Ersatzteilversorgung (ETV) – also um Versorgungspotentiale (VP) und Versorgungsstrategien (VS), die das ETM als Objekte gestalten kann. Die Struktur des Kapitels richtet sich nach der vorangegangenen Modularisierung der ETV unter Berücksichtigung der Dimensionen Prozesse, Lebenszyklus und Organisations- bzw. Funktionsbereiche (s. Kap. 3.3, S. 57ff). Diese Analyse bezieht den Stand der Forschung ein. Der Stand der Technik wird in einem gesonderten Unterkapitel dargestellt. Das Kapitel schließt mit einer zusammenfassenden Darstellung der aufgedeckten Versorgungsstrategien und Versorgungspotentiale.

Diese tiefere Analyse der ETV ist eine notwendige Voraussetzung für die Modellierung des ETMSS in Kapitel 5 (S. 86ff), weil nur mit Kenntnis der VS und deren Zusammenhängen mit den VP eine systemtechnische Abbildung erfolgen kann.

4.1 Versorgungspotenziale und –strategien der Produktentstehung

Wie in Abbildung 3-9 (S. 59) bereits angedeutet wird, kommt dem Entstehungsmodul eine zentrale Rolle im Produktlebenszyklus zu [Kem99, S. 211]. Viele Autoren stellen die besondere Bedeutung der Produktentstehung im Produktlebenszyklus heraus (z.B. [Ehr00, S. 10 f, S. 105ff], [Ehr95, S. 559ff], [Bir98, S. 1], [Pah97, S. 8], [Eve96, S. 7-26ff], [Kem99, S. 168], [Gei96, S. 11f], [Neg98, S. 25]), denn in der Produktentstehung werden bis zu 60-95% der Lebenszykluskosten festgelegt ([Kem99, S. 202], [Neg98, S. 25]). KEMMINGER zitiert SHIELD/YOUNG: „As several authors point out, an additional dollar spent on activities that occur before manufacturing begins (e.g. analysis of the market and consumers, product conception, product design, and product testing) can save at least \$8-10 on manufacturing and postmanufacturing activities“. [Kem99, S. 208]³⁹.

Deshalb wird hier zunächst untersucht, welchen Beitrag die Produktentstehung für die ETV leisten kann, denn das ETM als Strukturprozess sollte analog zum Produktmanagement⁴⁰ auf die Produktentstehung steuernd einwirken. Das kann es z.B. durch Festlegung von Produktpflegemaßnahmen, aber auch durch die Erarbeitung und Durchsetzung von Anforderungen aus den späten Modulen des PLZ, dem Servicemodul und dem Entsorgungsmodul. Abschließend werden methodische Ansätze angerissen, mit deren Hilfe die Produktentwicklung ihre Unterstützungsfunktion in der ETV leisten könnte.

Jedes Lebenszyklusmodul liefert Anforderungen an die Produktentstehung (vgl. Abbildung 3-9, [Ehr95, S. 156ff], [Ehr00, S. 34ff], [Bir98, S. 3], [Eve96, S. 7-36]). Diese müssen entweder von vornherein bei der Produktplanung und Realisierung (Forschung, Entwicklung / Konstruktion, Fertigungseinführung) berücksichtigt oder im nachhinein

³⁹ Zugleich weist er auf differenziertere Betrachtungsweisen anderer Autoren hin. Vgl. auch [Eve96, S. 8-44]

⁴⁰ [...] Das Produktmanagement hat auf der Basis des Entwicklungsauftrags die Produktrealisierung zu überwachen und zu steuern, um die kosten- und termingerechte Erfüllung des Entwicklungsauftrags zu gewährleisten. [Eve96, S. 7-10]

durch die Produktpflege befriedigt werden, sofern keine andere Lösungsmöglichkeiten zur Verfügung stehen. Demzufolge ist eine grundsätzliche Lösung der Versorgungsprobleme mit Elektronikkomponenten konstruktiv mit am besten zu erreichen.

Für den Problembereich der Langzeitversorgung mit elektronischen Komponenten in übergeordneten technischen Systemen ist die Absicherung der Langzeitverfügbarkeit der Komponente entscheidend. Dieser Aspekt ist in der vorhandenen Standardliteratur zum Entstehungsmodul kaum abgedeckt. Es wird zwar stichwortartig darauf eingegangen, aber nicht wie für andere Aspekte vertieft. Die Anforderungen an die Produktentstehung werden je nach Autor nach unterschiedlichen Klassifikationen gegliedert⁴¹.

Wesentlich ergiebiger ist die VDI-Richtlinie zur Instandhaltungsgerechten Produktgestaltung [VDI 2246, Blatt1, S. 14]:

„Technische Erzeugnisse [sind] so zu konstruieren, dass sie während ihrer vorgesehenen Lebensdauer zur Erhaltung ihrer Funktion, Zuverlässigkeit, Verfügbarkeit, Sicherheit und Umweltverträglichkeit mit wirtschaftlich vertretbarem Aufwand instand gehalten werden können.“

Sie untersucht die Zusammenhänge zwischen Produkteigenschaften und qualitativen Grundmerkmalen des Produktes. Instandsetzbarkeit, Zuverlässigkeit und logistische Versorgungbarkeit hängen von Alterungsverhalten, Aus- und Einbaubarkeit, Austauschbarkeit, Fehlerfeststellbarkeit / Prüfbarkeit, Lagerfähigkeit und Standardisierbarkeit ab. Speziell zu Elektronikkomponenten heißt es in der Richtlinie [VDI 2246, Blatt2 S. 17], dass auf modularen reparaturfreundlichen Aufbau zu achten sei und die eindeutige Fehlerfeststellbarkeit zumindest auf Modulebene gewährleistet sein sollte. Der Faktor Standardisierung wird nochmals unterstrichen. Dass dies hehre Ziele sind, wird allein an dem Problem der Fehldiagnosen bei der Fahrzeuginstandhaltung deutlich (s. Kap. 2.2, S. 19).

Nichtsdestotrotz sollte die Automobilindustrie für die Zukunft an einer massiven Komplexitätsreduktion arbeiten. Dies würde den allgemeinen Vorschlägen zur Instandhaltungsgerechten Konstruktion [VDI2246] entsprechen und überdies die Vorteile einer eingeschränkten Variantenvielfalt (vgl. [Fra01]) für alle Beteiligten mit sich bringen.

⁴¹ PAHL / BEITZ [Pah97, S. 57 / S. 170]: *„[Kategorie] Sicherheit – auch im Sinne der Zuverlässigkeit und Verfügbarkeit; [Kategorie] Instandhaltung- Wartung Inspektion, Instandsetzung; [Kategorie] Recycling – Wiederverwendung, Wiederverwertung, Entsorgung, Endlagerung oder Beseitigung“*

EHRENSPIEL [Ehr95, S. 318]: *„[Kategorie] rein technische Anforderungen – Verfügbarkeit, Prüfbar, Lebensdauer; [Kategorie] Schnittstellen / technische Umgebung – Wartung und Instandhaltung; [Kategorie] Schnittstellen / Mensch, Gesellschaft, Umwelt – Sicherheit, Recycling“*

EHRENSPIEL [Ehr00, S. 36]: *„Service – Umfassender Produktservice [...] wird für den Kunden immer wichtiger. Die Entwicklung kann sich dabei über alle wesentlichen Kundenprobleme informieren. Produktpflege – [...] Darüber hinaus ist dem ständigen Wandel in den Herstell- und Beschaffungsprozessen Rechnung zu tragen. Um die Kosten von Produktüberarbeitungen gering zu halten, müssen die erforderlichen Änderungen bereits während der Entwicklung vorgedacht werden.“*

EVERSHEIM [Eve96, S. 7-36ff] führt zwar die einzelnen Anforderungsbereiche detaillierter aus, aber Langzeitverfügbarkeit findet auch in diesem Fall nur indirekt Erwähnung: *„Bei der wartungs- und instandhaltungsgerechten Konstruktion (Design for Service) geht es um die Nutzungsphase des Produkts [DIN31051]. Ziel ist es, die Nutzungsphase zu verlängern und eventuell erforderliche Reparaturen zu erleichtern. Eine Verlängerung der Produktnutzung dient gleichzeitig der Umweltgerechtigkeit.“*

In der VDI-Richtlinie zum Recycling elektronischer Geräte [VDI 2243] findet sich auch eine Erwähnung: Produktverantwortung bedeutet neben anderen Faktoren auch, auf die Wieder- und Weiterverwendbarkeit der Komponenten und entsprechende Kennzeichnung zu achten.

TEEPE [Tee00] geht auf diesen Aspekt intensiv ein. Im Vergleich zur Computerindustrie stellt er fehlende Standards in der Automobilelektronik fest. Er appelliert an die Fahrzeughersteller, nicht nur Busstrukturen zu harmonisieren sondern auch Betriebssysteme, Steckverbindungen, Modularisierung des Gesamtsystems und mechanische Befestigungen. Er schlägt „*expandierbare Standards*“ vor, „*die den Fortschritt in der Mikroelektronik mit einbeziehen*“. Diese Auffassung konnte er auch weitgehend in die Formulierung der langfristigen Lösungsansätze des ZVEI Weißbuchs [ZVE02] einbringen. Dort heißt es:

*„Die **Modularisierung und Komponentenbildung im Sinne einzelner Funktionsblöcke** ermöglicht den selektiven Ersatz abgekündigter Bauelemente bzw. Module und deren Integration in die vorhandene Architektur des Fahrzeugs unter Erhalt der ursprünglichen Funktionalität. Die Integration muss dahingehend limitiert sein, dass die Modularität und Wiederverwertbarkeit der Funktionsblöcke gewährleistet bleibt.*

*Ein wesentlicher Teilschritt zur Realisierung ist die **Standardisierung** der Schnittstellen und die daraus resultierende Möglichkeit der Implementierung kompatibler Funktionen, die eine Rückwärtskompatibilität sicherstellt. Standards müssen langfristig und auf Zuwachs angelegt sein. [...]*

*Voraussetzung ist die Kompatibilität über mehrere Generationen **plattformübergreifend** über einzelne Modelltypen hinaus.*

Es muss eine Gesamtarchitektur realisiert werden, welche eine Austauschbarkeit der Funktionskomponenten erleichtert. Die Elektronik-Architektur muss neu überdacht werden, um die Anforderungen der Modularität zu gewährleisten. [...]

*In der Konsequenz sind Architekturen, die **"Plug & Play"-Lösungen** [...] ermöglichen, notwendig. [...] Die für den Ansatz der Modularisierung/Komponentenbildung notwendige Standardisierung sollte sich in der Hauptsache auf die Schnittstellendefinition beziehen. [...]*

*Um im Hinblick auf die Umsetzung des vorgeschlagenen Ansatzes über Modularisierung und Komponentenbildung neue skalierbare und ersatzteilmfreundliche Architekturen zu schaffen, sind entsprechende **Entwicklungsmethodiken** erforderlich. [...]*

*Als Ziel der Modularisierung sollte in einer Vereinfachung der **Freigabemethodik** bei Ersatz eines abgekündigten elektronischen Bauteils unter Erhalt der Funktionalität [...] resultieren. Durch die Schaffung eines stabilen Umfelds definierter Schnittstellen ist die gezielte Freigabe einzelner Module möglich.*

Als Resultat der Standardisierungsbemühungen verbessert sich die Werthaltigkeit des Automobils als langlebiges Investitionsgut. Insgesamt wirkt sich eine weitgefaste Initiative zur Schnittstellen-Standardisierung positiv auf die gesamte Automobilindustrie aus und stellt langfristig einen erheblichen Wettbewerbsvorteil für die daran beteiligten Industriepartner dar.“ [ZVE02]

Die hier dargestellten Maßnahmen aus der allgemeinen und speziellen Literatur weisen den Weg. Allerdings wirkt sich die Berücksichtigung der Langzeitverfügbarkeit in der Produktentstehung erst langfristig auf die Ersatzteilportfolien aus. Die vorhandenen problembehafteten Komponenten bleiben dadurch unberührt. Ein existierendes Ersatzteil-

spektrum lässt sich nicht noch einmal in Gänze entwickeln, konstruieren und qualifizieren. Somit bleiben konstruktive Maßnahmen auf Einzelfälle in der Produktpflege beschränkt.

Die Möglichkeiten der Entwicklungs- und Konstruktionsabteilungen müssen vielmehr auf die Komplexitätsbeherrschung ausgerichtet werden. Dazu zählen u.a. PDM-/EDM-Aktivitäten, Variantenmanagement, Entwicklungsprozessmanagement bzw. Qualitätsmanagement in der Entwicklung etc.

Dies dürfte in den meisten Fällen allerdings einen erheblichen Datenpflegeaufwand mit sich bringen. Wichtige, zumeist fehlende Informationen sind z.B. zuverlässige Angaben zur Lagerfähigkeit und Festschreibung von Lagerbedingungen der Ersatzteile oder Bauelemente (vgl. [VDI 2246 Blatt2], [Hag00], [Dom02]), die ggf. durch umfangreiche Versuchsreihen ermittelt werden müssen und nur bedingt durchgeführt werden.

Die Literatur behandelt zahlreiche Methoden zur Informationsgewinnung, Datenintegration und Informationsaufbereitung in der Produktentstehung über Unternehmensgrenzen und Module des PLZ hinweg. Eine umfassende Darstellung ist an dieser Stelle nicht möglich – vielmehr soll an einigen Beispielen dargestellt werden, wie groß die Methodenvielfalt ist, welche sich das ETM bei der Gestaltung der Versorgungspotentiale in der Produktentstehung nutzbar machen kann.

- Interessante Anregungen liefert der Sonderforschungsbereich 336 an der TU München. Dort wurde, ausgehend von einer Parallelisierung der Konstruktion und Planung die Daten- und Werkzeugintegration so weit voran getrieben, dass „dem Konstrukteur bzw. Planer die nötigen Methoden und Werkzeuge zur Bearbeitung zusammenhängender Aufgaben an einem Arbeitsplatz zur Verfügung“ [TUM00, S. 9] gestellt werden. Dabei wurde auf einen modularen Aufbau der Rechnerwerkzeuge geachtet. Neben vielen anderen Werkzeugen kamen auch Referenzmodelle (vgl. [Sch97a]) und die Unified Modelling Language (UML) bei der Entwicklung eines Lösungskonzeptes für die Integrationsarchitektur zum Einsatz (vgl. [TUM00, S. 79ff]). Der SFB 336 bezieht sich allerdings hauptsächlich auf die Leistungsgestaltungsprozesse in der Produktentstehung. Seine Ansätze zur Integration lassen sich aber auch auf die Logistikprozesse in anderen Modulen übertragen.
- SCHEER [Sch97a, S. 593ff] behandelt die notwendigen Datenstrukturen zur Entsorgungsplanung im Bereich der Leistungsgestaltungsprozesse.
- Zur Ermittlung der relevanten Designkriterien im Bereich Design for Environment / Maintainability / Upgradeability werden unterschiedlichste Ansätze verfolgt, z.B. Betrieb von Pilotdemontagen [Hof00], Analyse der Abfälle bei Aufbereitungsbetrieben ([She00], [Wil01]).
Es existieren auch bereits erste Leitfäden zur Produktgestaltung und Gestaltungsrichtlinien bzw. Checklisten ([Die00], [Cro01]) und Erfahrungen aus Praxisprojekten ([Die99], [Yas00]).
- Zur Bewertung der Umweltverträglichkeit (DfE) von Elektronikprodukten werden Bewertungsverfahren mit Fuzzy-Sets eingesetzt ([Wec98], [Pan98], [Ste98b]).
- BAIER-WELT [Bai98], HESSELBACH [Hes99], FELDMANN [Fel00], PELES [Pel01] und viele andere planen die Recyclinggerechtigkeit von Produkten durch Simulation der Demontage und Vergleich des Demontageaufwands mit den potentiellen Recyclerlösen. Dazu benötigen sie Teileklassifizierungen und Produktstrukturen, aus denen dann Demontagereihenfolgen und -zeiten abgeleitet werden können.
- DOMBROWSKI [Dom02] fordert von der Produktentwicklung die Klärung von PLZ-Eckdaten wie EOP oder EDO unter technisch-wirtschaftlichen Gesichtspunkten.

punkten und schlägt dazu als methodische Unterstützung Entwicklungsrichtlinien und Life-Cycle-Kalkulationstools vor.

Im beschränkten Umfang besteht bei vorhandenen Komponenten auch jetzt schon die Möglichkeit zu Variantenreduktionsprogrammen bzw. Standardisierungsmaßnahmen (vgl. [VDI 2246 Blatt2]). Zum Beispiel stellt die Entwicklung kompatibler Nachfolgeprodukte einen Zwischenschritt auf dem Weg zu einer grundsätzlichen Lösung dar. Diese wird auch von den Autoren TRAPP [Tra00], HAGEN [Hag00], und DOMBROWSKI [Dom01] behandelt. Dabei ist zu berücksichtigen, dass die neuen Komponenten mit den alten in den Dimensionen „Fit, Form, Function“ (vgl. [Tra00]) weitestgehend übereinstimmen müssen, was den Entwicklungsaufwand drastisch erhöhen und zusätzlich die Innovationsgeschwindigkeit hemmen kann (vgl. [Dom01]). DOMBROWSKI bezeichnet Upgradeability / Abwärtskompatibilität als eine teure und innovationsfeindliche Konstruktionsanforderung. Dies gilt umso mehr, je älter das zu ersetzende Produkt schon ist. Diese Einschätzung steht damit in gewisser Weise im Zielkonflikt zu der Empfehlung des Weißbuchs:

*„Seitens der Automobilindustrie ist es notwendig, die **Kompatibilität** zumindest innerhalb einer Baureihe möglichst über mehrere Generationen zu gewährleisten.“ [ZVE02]*

Die Aussagen lassen sich aber in Einklang bringen, wenn man einen unterschiedlichen Zeitbezug annimmt. Vor diesem Hintergrund schlägt der Autor [Hag00] vor, dieses Mittel zur Komplexitätsreduktion vor allem im Falle von ohnehin notwendigen Redesigns einzusetzen, was allerdings eine gezielte Produktplanung – sprich ausgereiftes Ersatzteilmanagement mit großer Weitsicht – voraussetzt. Ferner sollte im Rahmen eines gezielten Auslaufprojektmanagements versucht werden, unterschiedliche Serienstände zu harmonisieren, die Komponenten universeller zu gestalten und auf bessere Lagerfähigkeit auszurichten. Z.B. könnten an Stelle von Maskenrechnern frei programmierbare Rechner zum Einsatz kommen, Elektrolytkondensatoren durch trockene Kondensatoren substituiert werden und generell nur Maximalvarianten, d.h. Varianten mit dem größten Funktionsumfang, als Ersatzteile aufgenommen werden.

Abschließend ist festzuhalten, dass abwärtskompatible Nachfolger dann besonders sinnvoll sind, wenn man diese in schneller Folge zum Einsatz bringt und zusätzlich Kostenreduktionspotentiale ausnutzt (vgl. [Tra00] und [Tee00]).

Auch für derlei Maßnahmen müssten zusätzliche Entwicklungskapazitäten vorgehalten werden, die nur schwerlich den OEMs in Rechnung gestellt werden könnten. Es bleibt in jedem Fall die Frage der Priorisierung solcher Aktivitäten, was umfangreiche Problem-analysen innerhalb des Ersatzteilspektrums voraussetzt, die wiederum nur auf einer guten Beschreibung der Elektronikkomponenten aufsetzen können.

Man kann also schließen, dass die Entwicklungsbereiche bzgl. der existierenden Ersatzteilspektren vor allem an einer besseren Beschreibung alter Produkte arbeiten muss, um eine ausreichende Problembewältigung zu ermöglichen (vgl. [Hag00]). Es ist aber nach wie vor offen, welche Informationen genau benötigt werden und wie sie abzubilden sind. Dies wird einer der entscheidenden Beiträge dieser Arbeit sein, welcher im Kapitel 5 vorgestellt wird.

Bisher wurden im wesentlichen Instandhaltungsaspekte behandelt. Nicht zu vergessen ist der Faktor Zuverlässigkeit, der maßgeblich in der Produktentwicklung bestimmt wird.

Durch erhöhte Zuverlässigkeit der Elektronikkomponenten sinkt der Gesamtaufwand in der Nachserie erheblich, was aber – wie bereits diskutiert (s. Kap. 2.2, S. 19ff) – auch Probleme durch sinkende Bedarfe im Versorgungs- und Servicemodul nach sich ziehen kann.

Festzuhalten bleibt, dass das Entstehungsmodul dem ETM drei Versorgungsstrategien anzubieten hat: erstens als letzte Notlösung das Redesign einer Komponente, zweitens die Entwicklung abwärtskompatibler Nachfolger und drittens langfristig die Komplexitätsreduktion durch Modularisierung und Standardisierung.

4.2 Versorgungspotentiale und –strategien der Beschaffung

Die Beschaffung leistet einen wesentlichen Beitrag zur Ersatzteilversorgung, auch wenn sie selbst nur eine „halbe“ Strategie – nämlich die Bevorratung auf Bauelementebene – anbieten kann, denn die größten Versorgungsrisiken für die Kfz-Elektronik erwachsen nun einmal aus HL-Bauelementabkündigungen. Sollte es durch geschickte Beschaffungsstrategien gelingen Bauelementabkündigungen gänzlich zu vermeiden, wären die besonderen Probleme bei Elektronikkomponenten von vornherein gelöst. Je besser es also gelingt, die Anforderungen der Langzeitversorgung in den frühen Beschaffungsphasen aufzunehmen und umzusetzen, desto geringer werden auch die Probleme im nachhinein.

Dazu bieten sich im allgemeinen die gezielte strategische Lieferantenauswahl auf Basis von speziellen Beschaffungsrichtlinien und Lieferantenbewertungen an oder der Aufbau von Zweitlieferanten (Second-Source) (vgl. [Wil97, S. 87]). Diese Vorgehensweise lässt sich aber nur realisieren, wenn man als Käufer gegenüber den Lieferanten auch Macht ausüben kann. Unter den gegebenen Umständen in der Automobilelektronik ist dies nur sehr eingeschränkt möglich. Die allgemeinen Verfahren greifen also nicht ohne weiteres. Zu dem speziellen Themenkomplex der Halbleiterbeschaffung gibt es auch so gut wie keine zielführenden Veröffentlichungen. Die Darstellung der Potentiale muss hier also aus Erfahrungswerten gespeist werden.

Der Einkauf muss mehr aus eigener Kraft heraus agieren, um die längerfristige HL-Versorgung halbwegs sicherzustellen. Das wichtigste Element ist hier die strategische Halbleiterbauelementauswahl. Sie verlangt, sich im Vorfeld der Entwicklung auf wenige bestimmte Halbleiterbauelemente festzulegen, für diese preisgünstige Langfristverträge abzuschließen und die Information über die getroffenen Liefervereinbarungen an die Entwicklung weiterzugeben – in der Hoffnung, dass diese die „gesponsorten“ HL-Bauelemente auch verstärkt einsetzt und so über einen langen Zeitraum kontinuierliche Bedarfe generiert. Diese Vorgehensweise hilft Bauelementabkündigungen entgegenzuwirken, denn Abkündigungen für HL-Bauelemente mit ausreichender Nachfrage sind tendenziell weniger wahrscheinlich. Gegebenenfalls sind auch strategische Festlegungen in Kooperation mit den Kfz-Herstellern und anderen Zulieferern sinnvoll. Auf jeden Fall muss ein Wildwuchs bei HL-Bauelementen verhindert werden; nicht jeder Entwickler darf seine persönlichen Lieblingsbauelemente nach Belieben einsetzen.

Um die Beschaffungssituation permanent im Auge zu behalten, macht es großen Sinn, ein gezieltes Kontingentmanagement aufzubauen. HL-Kontingente sind meist jährlich vereinbarte Abnahmemengen, auf die sich der HL-Hersteller bei seiner Kapazitätsplanung einstellt. Sind diese Kontingente schlecht verhandelt, sprich zu klein, kann es zu

temporären Engpässen kommen und, was viel schlimmer ist, der HL-Hersteller könnte annehmen, dass keine ausreichende Nachfrage mehr für ein bestimmtes HL-Bauelement besteht und folglich eine Abkündigung veranlassen. Gerade bei mehrfach verwendeten HL-Bauelementen kann dies zu gegenseitigen Kannibalisierungseffekten zwischen verschiedenen Produkten und auch Kunden führen, was diese Problematik zusätzlich verschärft.

Darüber hinaus kann der Einkauf im Falle von Abkündigungen gezielt die Ermittlung von Allzeitbedarfen in die Hand nehmen und diese gebündelt an den Lieferanten weitergeben. In diesem Zusammenhang können sich auch Gemeinschaftsaktionen mit anderen Abnehmern auszeichnen. Auch hier ist die Standardisierung der Prozessabläufe für den Umgang mit Bauelementabkündigungen (PTN, DOD, PCN) dringend zu empfehlen.

Zu guter Letzt sollte man den HL-Hersteller dazu bringen, sinnvolle vertragliche Regelungen zu akzeptieren. Eventuell lässt er sich verpflichten, keine Abkündigung ohne Information durchzuführen, auch wenn man selbst ein bestimmtes Bauelement schon lange nicht mehr bezogen hat. Konkrete Aussagen zur Lagerfähigkeit und Weiterverarbeitbarkeit sind wünschenswert. Ferner ist eine Verpflichtung zur Weitergabe der Werkzeuge und Prüfprogramme etc. anzuraten, wenn man die Chance sieht, die Produktion bei einem Dienstleister fortsetzen zu lassen.

4.3 Versorgungspotentiale und –strategien der Bereitstellung

Zur Ersatzteilbereitstellung stehen dem Kfz-Elektronikzulieferer grundsätzlich drei Varianten zur Verfügung: *Neuproduktion*, *Lieferung ab Lager* und *Wiederverwendung* (d.h. reine Wiederverwendung, Reparatur und Aufarbeitung, vgl. Abbildung 2-1, S. 14). Nahezu alle Autoren zum Thema ETM in der Elektronik⁴² widmen sich diesen Möglichkeiten mit leicht unterschiedlicher Akzentuierung und Feingliederung. Dabei wird meist überlegt, welche Vor- und Nachteile einzelne Ansätze haben und wie diese sinnvoll zu kombinieren sind. Die Neuproduktion wird zumeist noch einmal in die Produktion auf Großserienbetriebsmitteln und auf neukonfigurierten Kleinserienproduktionssystemen unterteilt. Innerhalb der Wiederverwendung wird vor allem die Aufarbeitung verfolgt (vgl. [Hag00], [ZVEI02]). Dabei sind nicht alle diese Ideen neu (vgl. [Sch77, S.60]) sondern nur an die (Kfz-) Elektronik angepasst. Bezüglich der Aufarbeitung bietet STEINHILPER ([Ste98a], [Ste00]) zahlreiche Anregungen. MAUEL [Mau00] hat in ihrer Diplomarbeit eine genaue Analyse der Aufarbeitung und Entsorgung von Kfz-Elektronik durchgeführt und u.a. eine einfache Formel gefunden, die beschreibt, ab wann sich Aufarbeitung lohnt: Aufarbeitung lohnt sich erst, wenn die Kosten der Rückführung und Reparatur kleiner sind als die der Neuproduktion und Entsorgung – wobei bedacht werden muss dass die erzielbaren Preise für Neu- und Austauscheteil evtl. nicht identisch sind.

Wie eine mögliche Abfolge von VS aussehen könnte, wird in Abbildung 4-2 (s. S. 84) dargestellt, die durch den Autor in vielen Gesprächen mit Vertretern von Kfz-Herstellern und Zulieferern abgestimmt wurde. Weitere Darstellungen finden sich bei TRAPP [Tra00].

Die Bereitstellung bietet entsprechend ihrer hohen Bedeutung für die Versorgung auch zahlreiche VP, auf die nun kurz eingegangen wird. Selbstverständlich müssen die Stan-

⁴² vgl. [Hag00], [Tra00], [Dom01], [Dom02], [Zvei02]

standardproduktionsverfahren wie Leiterplattenbestückung, Löten, Montage, Prüfung, Analyse und Reparatur sicher beherrscht werden. Darüber hinaus ist die Wandlungsfähigkeit (vgl. [Rei00, S. 3ff]) der Versorgungsprozesse der maßgebliche Faktor für die effiziente Nutzung der Versorgungsstrategien. Wie bereits beschrieben (s. Kap. 2.5.2, S. 27f) sind mit EOP Stückzahlrückgänge > 80-90% zu verkraften und in der zweiten Phase der Nachserie (Phase III) Versorgungsstillstände von mehreren Monaten am Stück. Agile bzw. stückzahlflexible Betriebsmittel (vgl. [Krü98], [Dür98], [Spa98]) allein reichen da nicht mehr aus, um die Stückzahlveränderungen der Nachserie abzufangen. Vielmehr müssen diese um weitere Bausteine ergänzt werden:

Neben marktoptimierten Produktionsstrukturen und -layouts müssen Humanzentrierung, zukunftsrobuste Techniken und Technologien, Best-of-Class Logistikstrategien, adaptive Gebäude und eine marktorientierte Produktausrichtung eingebracht werden (vgl. [Vol02]). REINHART [TUM00, S 154ff] stellt ein Konzept zur Gestaltung stückzahlflexibler Logistiksysteme vor, das verschiedene Strategieklassen zur Anpassung der Logistiksysteme entlang der Wertschöpfungskette bildet und in ein Auswahlverfahren einbindet. Durch die langen Nachserienzeiträume gewinnt der Planungsaspekt ebenfalls an Bedeutung: WIENDAHL [Wie02] schlägt die Anwendung von Szenariotechniken auf die Fabrikplanung vor, um die langfristige Wandlungsfähigkeit sicherzustellen. REINHART [Rei02] schlägt angepasste Simulationsverfahren vor, und SPATH [Spa02] setzt auf die Typologisierung von Fabriken und die Entwicklung eines Baukastensystems.

Wenn das Outsourcing der Nachserienversorgung eine Rolle spielen soll, dann sind viele komplexe Schnittstellen zwischen Kfz-Elektronikzulieferer und Subkontraktor zu managen. Dabei können die Forschungsansätze zum Thema SCM, virtuelle Fabrik bzw. Management von Produktionsnetzwerken unterstützen (vgl. [Rei00], [Sch98]).

Ein weitergehender Ansatz ist die Integration von verschiedenen VS innerhalb eines Produktionssystems. WIENDAHL [Wie98] und ECKERTH [Eck00] beschreiben die Idee einer Neuproduktion mit integrierter Aufarbeitung und verweisen auf vielfältige Synergien zu allen Modulen des PLZ.

All diese Ansätze sollten möglichst für zukünftige Kfz-Elektronik berücksichtigt werden. Für vorhandene Ersatzteilspektren müssen Abstriche bei der Wandlungsfähigkeit gemacht werden. Es bedarf großer Anstrengungen, vorhandene Produktionssysteme und Fabriken auf die Anforderungen der Nachserie einzustellen.

Unter der fachlichen Anleitung des Autors entstanden bei Hella die Diplomarbeiten von LIPPINSKY [Lip99], STANDKE [Sta99], MEYER [Mey99] und POHLE [Poh00], die für Hella die Grundlage für den Umbau von Fabrikstrukturen und den Aufbau einer spezialisierten Nachserienversorgungsstätte darstellen. Mittlerweile sind in einer Nachserien-Fabrik die Versorgungsstrategien Neuproduktion und alle Formen der Wiederverwendung integriert. Produktionssysteme werden im Hinblick auf Platzverbrauch gezielt neu konfiguriert. Das Logistiksystem und das Hallenlayout sind insgesamt für ein Maximum an verschiedenen Produkten auf engstem Raum optimiert. So werden z.B. Betriebsmittel flexibel eingelagert, und ganze flexible Montagesysteme lassen sich in kürzester Zeit reaktivieren. Dabei wird die Vision verfolgt, mit Ersatzteilen die gleiche Umsatzrendite pro Fläche zu erzielen wie bei hochlaufenden Serienprodukten (s. auch Kap. 6.2, S. 124f).

Ein wichtiger Faktor für eine erfolgreiche Ersatzteilversorgung spielt in jedem Fall das Wissensmanagement in der Produktion. Neben der gestiegenen Bedeutung von Wissen für den Unternehmenserfolg allgemein (vgl. [Bul99]) spielt es in der Anlagenplanung

eine besondere Rolle für die Ersatzteilversorgung. BRÜGGEMANN [Brü99] zeigt die Unzulänglichkeiten bei der Nutzung von Lebenszyklusinformationen bei der Anlagenplanung auf. Erfahrungen bei Hella haben gezeigt, dass es als Vorbereitung auf den Wechsel von Versorgungsstrategien sinnvoll ist, alternative Arbeitspläne zu generieren. Außerdem ist es essentiell wichtig, die Fertigungsbeschreibungen (vgl. [Sch97a]) immer auf dem aktuellsten Stand zu halten und immer weiter zu präzisieren, damit das Wissen über die qualitätsgerechte und effiziente Herstellung der Komponenten nicht verloren⁴³ geht. Die Langzeitlagerung von Bauelementen und Betriebsmitteln ist ebenfalls abzusichern.

Hier ist der Einsatz von Wissensdatenbanken anzuraten, die detaillierte Fertigungsablaufbeschreibungen, Softwarestände des Produktes und der Prüfsoftware, zugehörige Betriebsmittel und Bauelemente mit deren Aufenthaltsorten aufnehmen und verwalten können, wie sie schon z.T. bei Hella in der Nachserien-Fabrik zum Einsatz kommen.

DOMBROWSKI [Dom02] unterstreicht diesen Aspekt mit den Aufgaben, die er dem ETM während der Serienfertigung zuweist: kontinuierliche Datenerfassung, Monitoring kritischer Fremtteile und ordentliches Änderungsmanagement. Außerdem darf man die Bedeutung von (vorbeugender) Instandhaltung und Ersatzteilbevorratung für Betriebsmittel nicht vergessen.

Mit Hilfe solcher Maßnahmen lassen sich die Versorgungsrisiken innerhalb des eigenen Unternehmens von vornherein minimieren, um möglichst lange die Ersatzteilversorgung aufrechterhalten zu können.

Die Versorgungsstrategien des Bereitstellungsmoduls sind zusammenfassend folgende: Ersatzteilproduktion auf Großserienbetriebsmitteln, Neukonfiguration der Produktion und Herstellung auf Kleinserienbetriebsmitteln, weitere Schrumpfung der Produktion z.B. auf Handfertigung, Aufarbeitung, Wiederverwendung mit spezialisierter Requalifikationsprüfung, Zwischen-, Langzeit- oder Endbevorratung.

Für sämtliche Arten der Neuteilproduktion ist die Bauelementversorgung vorausgesetzt ([Hag00], [ZVEI02, S. 16]), d.h., Bevorratungen auf Bauelementebene müssen mit einkalkuliert werden. Aufarbeitung und Wiederverwendung lassen sich nicht ohne entsprechende Produktkreisläufe realisieren, und auch hierbei sind vereinzelt Neuteile erforderlich ([Hag00], [ZVEI02, S. 21]).

4.4 Versorgungspotentiale und –strategien der OEM- und OES/IAM-Module

Ein Grundproblem der herstellerseitigen ETV in der Kfz-Elektronik ist, dass der eigentliche Markt mehrere Logistikstufen weit entfernt ist. Informationen vom Point-of-Sale bzw. das True-Demand-Signal [Bou00, S. 51] dringen so gut wie garnicht zu Kfz-Elektronikzulieferern durch. Wie die Erfahrung gezeigt hat [Hag00], sind selbst die großen zentralen OES-Organisationen der Kfz-Hersteller teilweise nicht in der Lage, genaue Angaben über die wirkliche gelieferte Ersatzteilmenge zu tätigen (s. Kap. 2.2, S. 16). Es kann daher leicht zum sogenannten Peitscheneffekt kommen [Bou00, S. 26f], der im Falle der ETV lange Phasen ohne Bestelleingang beim Kfz-Elektronikzulieferer bedeuten kann. Demnach kommt der Prognose des Ersatzteilbedarfs eine besondere Bedeutung zu,

⁴³ In vielen Fällen bildet der Fertigungsplan den realen Arbeitsablauf nur näherungsweise ab, was für die Belange der Produktionsplanung auch ausreichend sein mag. Das liegt daran, dass viele Vorrichtungen oder Rüstsätze nicht einzeln erfasst sind bzw. KAIZEN-Maßnahmen nicht immer 1: 1 in der Fertigungsbeschreibung nachvollzogen werden, weil die Dokumentation niedrig priorisiert ist.

weshalb in der vorhandenen Literatur die Prognoseverfahren auch meist einen Schwerpunkt bilden (vgl. [Pau98], [Hag00], Erwähnungen in [Tra00], [Dom01]). Der wichtige Teilaspekt der Prognoseverfahren wurde schon früher durch MEYNA [Mey94] und PAULI [Pau98] behandelt. Sie beschäftigen sich grundsätzlich mit der technischen Zuverlässigkeit von Kfz-Elektronikkomponenten und leiten daraus ein Prognoseverfahren für Endbevorratungsmengen ab. Aus dem Hause Siemens wird eine Softwarelösung für die Prognoseermittlung vorgestellt [Lam01b], die aber gänzlich anders arbeitet, als es MEYNA und PAULI vorschlagen. Auch von anderen Kfz-Herstellern und Zulieferern ist bekannt, dass sie sich zunehmend mit spezialisierten Prognoseverfahren und konkreten Werkzeugen beschäftigen. Ein frühes Beispiel für ein OES-seitiges Prognoseverfahren stellt die Arbeit von FINKENWIRTH [Fin93] dar. Er zeigt das Potential optimierter Lagerhaltungsstrategien im OES-Bereich von Kfz-Herstellern auf.

Verkürzt dargestellt kann man drei Klassen von Prognoseverfahren unterscheiden: qualitative Expertenschätzung, quantitative Trendprognosen und Indikatorprognosen. Die Indikatorprognoseverfahren bieten die beste Aussicht auf genaue Vorhersagen, aber sie benötigen auch die meisten Eingangsdaten [Hag00].

Im Hinblick auf die Ersatzteilbevorratung gibt es umfangreiche Untersuchungen über Bevorratungsstrategien mit dem Ziel, ein Optimum zwischen Bestands- und Fehlmengekosten zu erzielen. BIEDERMANN [Bie95, S. 33ff] gibt einen umfassenden Überblick über etablierte Strategien.

Dennoch wird das Grundproblem durch Verbesserung der Prognosen und OES-Lagerhaltungsstrategien nicht grundsätzlich gelöst, weil die Bestellungen beim Kfz-Zulieferer immer noch gebündelt und durch Dispositionsparameter verfälscht auftreffen. Durch diese Unzulänglichkeiten in der Informationsversorgung liegt das Hauptproblem bei der Etablierung aussagefähiger herstellerseitiger Prognoseverfahren. So wird ein Beobachtungszeitraum von mindestens 3-5 Jahren zum einzelnen Ersatzteil benötigt, um gesicherte Aussagen treffen zu können [ZVEI02, S. 10]. Dieser Zeitraum ist jedoch in vielen Fällen nicht gegeben, weshalb man in solchen Fällen zu wie auch immer gearteten Stückzahlaussagen oder -vereinbarungen zwischen Kfz-Hersteller und Elektronikzulieferer im Rahmen von Auslaufgesprächen [ZVEI02, S. 10] kommen muss, die durch ein geeignetes Auslaufprojektmanagement [Hag00] vorbereitet werden können.

Eine wesentliche Verbesserung dieser Situation ist nur durch stärkere Kooperation zwischen Werkstätten, Kfz-Herstellern und Elektronikzulieferern zu erreichen (vgl. [Bou00, S. 36ff]). Diese kann verschiedene Felder betreffen: Datenaustausch relevanter Eingangsinformationen für Indikatorprognoseverfahren (Fahrzeugaufbau- und Absatzzahlen, genaue Laufleistungsverteilung einzelner Modelle etc.), Offenlegung von Bestandsinformationen und Lagerbewegungsdaten [Hag00] oder verbessertes Instandhaltungsdatenmanagement (vgl. [VDI 2246, Blatt 1, S. 26-29]) zwischen Werkstätten, Zwischen- und Zentrallagern der jeweiligen OES-Organisation.

Durch das Critical Parts Management (CPM) der Automobilhersteller (s. Kap. 4.6, S. 77ff) sind Verbesserungen in Sicht, indem die Automobilhersteller proaktiv bei Abkündigungen die Restbedarfe ermitteln wollen – aber diese Verbesserungen sind noch nicht greifbar und helfen auch nur im Fall von Bauelementabkündigungen.

SPÖTTL ([Spö97], [Spö99]) untersucht die Notwendigkeit einer besseren Qualifikation der freien Werkstätten und zeigt im Rahmen eines Pilotprojekts die Möglichkeiten einer Schulung über das Internet. Eine ideale Möglichkeit wäre, die Prüfanweisungen und Instandhaltungsanleitungen allen Beteiligten verfügbar zu machen und die Bestellung eines

Ersatzteils ebenfalls sofort mit dem gleichen Medium abzubilden. Dadurch ließen sich sämtliche Informationen einer Instandhaltungsmaßnahme als ein geschlossenes Objekt handhaben und z.B. bei Fehldiagnosen gleichzeitig die Prüfanweisung für die Werkstätten vereinfachen. Eine derartige Offenheit der Beteiligten ist aber mit Sicherheit noch Zukunftsmusik.

Ein weiterer Bereich für Lösungsansätze sind die Kunden-Lieferanten-Beziehung und die zugehörige Vertragsgestaltung auf allen Ebenen. Dabei sind die Festschreibung von Lieferverpflichtungen oder die lieferantenseitige Löschung von Artikeln keine echte Lösungen des Problems sondern nur ein Abwälzen des Risikos und der damit verbundenen Kosten auf einen anderen Partner. Das Risiko selbst wird nicht geschmälert. Wegen der betriebswirtschaftlichen Implikationen wurden im ZVEI-AK [ZVEI02] jegliche Empfehlungen über Verantwortungsverteilung innerhalb der Supply Chain nach langer Diskussion fallen gelassen. Es bleibt den einzelnen Vertragspartnern überlassen, sinnvolle Regelungen zu treffen.

So könnte man durch geeignete Preispolitik Versorgungsrisiken durch einen Preisaufschlag auf alle Produkte gleichmäßig abwälzen oder Nachserienlieferverpflichtungen und damit Risiken auf eine bestimmte Anzahl von Jahren begrenzen.

Interessanter als das Abwälzen der Risiken durch Verträge ist die grundlegende Neugestaltung der Kundenbeziehungen. FUJIMOTO [Fuj00] stellt das Konzept des „service-oriented product“ vor: An die Stelle von Produkten tritt Service. ‚Individuelle Mobilität mit dem Fahrgefühl einer S-Klasse‘ wäre demnach das Produkt – nicht mehr das Auto selbst. Ähnlich könnte nach entsprechender Schnittstellendefinition und Modularisierung ein Kfz-Elektronikzulieferer die Funktion ‚Fensterheber‘ bereitstellen.

Derlei Lösungsansätze werden bereits bei Kopierern und anderen Produkten erfolgreich betrieben. Im Kfz-Bereich gibt es Anzeichen, die in diese Richtung deuten, z.B. Leasingverträge inklusive aller Steuern, Versicherungen und Servicekosten. Durch solche Konzepte ließen sich Versorgungsprobleme einfach durch die Bereitstellung eines anderen Fahrzeugs der entsprechenden Klasse beheben. Das defekte Fahrzeug könnte der Aufarbeitung zugeführt werden.

Für die Zukunft mag es sinnvoll sein, solche Ansätze zu verfolgen. Bezüglich der vorhandenen Steuergeräte in bereits verkauften Autos stellt sich diese Frage jedoch nicht.

Markt- und Servicemodul bieten demnach außer der kompletten Umgestaltung der Produktdefinition und den Pseudo-Strategien der Vertragsgestaltung keine konkreten VS. Allerdings kann es durch die korrekte Aufnahme des True-Demand-Signals einen unschätzbaren Dienst für das ETM leisten. Dazu können verbesserte Instandhaltungskonzepte (z.B. Update der Software mit jedem Serviceintervall oder Tausch der kompletten Elektronik im Kfz [FAZ01]) mit entsprechender Informationstechnik zum Einsatz kommen.

4.5 Versorgungspotentiale und –strategien der Entsorgung

Das Entsorgungsmodul leistet ebenfalls keinen direkten Beitrag zur heutigen Versorgung, außer man akzeptiert das Ausschachten von Altfahrzeugen als direkte Versorgungsquelle. Im Falle der Automobilelektronik ist aber in jedem Fall eine Requalifizierungsprüfung anzustreben. Deshalb haben die relevanten Automobilzulieferer im Rahmen von PARTS-LIFE und CLEPA bzgl. der EU-Altautoverordnung durchgesetzt, dass Kfz-

Elektronikkomponenten weitestgehend als sicherheitsrelevante Teile eingestuft wurden und eine Wiederverwendung nur unter entsprechenden Bedingungen möglich sein soll ([CLE00], [PAR00]).

Das Entsorgungsmodul ist jedoch in mehrerlei Hinsicht wichtig für andere VS. An erster Stelle steht hierbei die Rückführung von Altteilen zum Aufarbeiten bzw. Reparieren und zur Wiederverwendung mit Requalifikation. Ein weiterer wichtiger Aspekt ist die Retourenabwicklung und der Umgang mit retournierten Kfz-Elektronikkomponenten. Auch die Entsorgung selbst in Form von Recycling, thermischer Verwertung oder Beseitigung spielen eine gewichtige Rolle bei der wirtschaftlichen Bewertung von VS.

Als exotische VS im Rahmen der „Service-oriented products“ (s.o.) käme noch der Wiedereinsatz von fahrtüchtigen Altfahrzeugen als Ersatzfahrzeuge für andere Kunden mit defekten und fahruntüchtigen Fahrzeugen in Frage.

Die Rückführung von Altteilen ist ein schwieriges Unterfangen. Die Gestaltung der Rückführsysteme ist ein genauso komplexes Thema wie die Distribution (vgl. [Ros00], [Han99, S. 40ff], [Ste00]). Die APRA [APR85] beschreibt bereits sehr früh und detailliert die Gestaltung von Pfandsystemen als Anreiz zur Rückführung und zeigt Kalkulationen an Beispielmengengerüsten. Entscheidend ist der Angebotsverlauf der Altteile. Zu Beginn des Servicezyklus sind sie Mangelware, und am Ende entsteht ein Überangebot. Das Management eines Altteilelagers, d.h. vor allem seine Bewertung, und die bedarfsgerechte Steuerung des Rückflusses über Anreizsysteme ist somit entscheidend für die Wirtschaftlichkeit der Aufarbeitung.

APRA zeigt den Status quo bei mechanischen und elektromechanischen Komponenten, d.h. Verbrauchsteilen auf. Für Elektronikkomponenten, also Reserveteile, müssen noch geeignete, d.h. kostengünstige Logistikstrategien ausgearbeitet werden. Die Logistikkosten machen einen der größten Kostenanteile aus ([ZVEI02, S. 17]), weil das Volumen geringer und die eigentlichen Aufarbeitungskosten relativ zu mechanischen Teilen niedriger sind (vgl. [Ste98a, S. 58]). Es müssen Anreizsysteme entwickelt werden, die dem Wettbewerb⁴⁴ um die Altteile gerecht werden [ZVEI02, 19f]. STOLZE [Sto01] sichert durch die Marktstudie in ihrer Diplomarbeit die Erkenntnis ab, dass die Werkstätten professionelle Holsysteme bevorzugen. RUNGE [Run99] entwickelt in seiner Diplomarbeit die Eckpunkte eines Tauschteilesystems für Kfz-Elektronikkomponenten. Dieses besteht im wesentlichen aus einem zweistufigen Lagerhaltungskonzept mit einer Instandhaltungsnahen Lagerung der Tauschteile und der Rückläufer und einer weltweiten Logistikzentrale. Die Zweistufigkeit ist notwendig, um die geforderten Lieferservice zu erreichen und ein Holsystem finanzierbar zu halten.

Allerdings ist bei vielen Kfz-Elektronikkomponenten aufgrund von Codierungen lediglich ein 1:1-Tausch möglich, der nur sinnvoll durch ein Bringsystem mittels Paketdiensten realisiert werden kann. Es versteht sich von selbst, dass sich letzteres Verfahren nur bei teuren bzw. seltenen Ersatzteilen eignet.

Schon in den ersten Phasen des Servicemoduls kommt es zu Instandhaltungsmaßnahmen an Kfz-Elektronikkomponenten. Die ausgebauten Altteile werden dann durch den Kfz-Hersteller zumeist zur Befundung an den Kfz-Elektronikzulieferer zurückgeliefert. Eine Retourenanalyse kann wertvolle Informationen über die Qualitätslage der Kfz-Elektronikkomponente im Feld liefern und ggf. zu Veränderungen des Produktes insge-

⁴⁴ Es kommt vor, dass ein Kfz-Hersteller trotz hohen Pfandes keine Altteile zurück erhält, weil in Übersee jemand den gleichen Betrag nur in Dollar, d.h. das Doppelte gewährt.

samt führen. Normalerweise verfolgt eine Retourenanalyse auch das Ziel, die Anerkennungsquote für Garantie- und Kulanzfälle festzulegen, wozu meist eine Prüfung auf normalen Prüfmitteln der Serienproduktion stattfindet. Kfz-Elektronikzulieferer kommen häufig zu dem Schluß, dass kein Fehler feststellbar ist (vgl. Kap. 2.2, S. 16ff). Aber ein erneuter Einsatz der Altkomponenten im Fahrzeug wird dabei nicht in Erwägung gezogen.

Für die ETV ist die Beurteilung der potentiellen Ausbeute bei Wiederverwendung als VS wichtiger als diese auf laufende Serienproduktion ausgerichteten Maßnahmen. Dazu muss eine Retourenanalyse mit speziellem Fokus durchgeführt werden. Will man in eine Wiederverwendung einsteigen, so muss man zunächst andere Qualitätsmaßstäbe anlegen, denn man übernimmt erneut die haftungsrechtlichen Verpflichtungen bei Wiederverwendung eines Altteils. Denkbar sind hier Grenzlagenprüfungen (Niedrigtemperatur mit Unterspannung und Hochtemperatur mit Überspannung) oder Prüfungen unter mechanischer Belastung (Rütteltest). Durch diese detaillierte Prüfung bekommt man Gewissheit darüber, dass ein Produkt noch weiteren einen Lebenszyklus durchstehen kann. Die Prüftiefe kann mit zunehmender Erfahrung angepasst werden.

Will man in Reparatur oder Aufarbeitung als VS einsteigen, so ist die Ermittlung von Ausfallursachen und ihrer Häufigkeit extrem wichtig, um einen Überblick über die Reparaturaufwendungen und benötigten Fremtteile zu bekommen. Sollte zum Beispiel immer der Mikrocontroller ausfallen und muss man damit rechnen, dass dieser früh im Produktlebenszyklus abgekündigt wird, würde eine Aufarbeitung als VS keine Versorgungssicherheit bieten.

Durch eine gründliche Retourenbearbeitung lassen sich auch die wesentlichen Eingangsdaten für ausgefeilte Indikatorprognoseverfahren ermitteln (vgl. [Pau98], [Alt00]). Man benötigt dazu nicht unbedingt die eigentlichen Ausfallteile sondern im wesentlichen die genauen Ausfalldaten (Inbetriebnahme und Laufleistung des Kfz, exakte Ermittlung der Variante). Diesem Aspekt sollte größtmögliche Aufmerksamkeit durch alle Versorgungspartner geschenkt werden [Hag00].

Alte Kfz-Elektronikkomponenten können evtl. auch als „Bauteilespeicher“ verstanden werden, um Versorgungslücken bei Fremtteilen zu schließen [ZVEI02, S. 16]. Einfache Teile wie Gehäuse oder Steckerleisten lassen sich leicht wieder einsetzen. Zur Zeit will die Kfz-Industrie noch nicht weiterdenken:

„Ein Recycling auf [Halbleiter-] Bauelementebene ist nicht möglich und nicht zuletzt aus Gründen der Qualität nicht erstrebenswert.“ [ZVE02, S. 24]

Die Forschung beschäftigt sich aber auch bereits mit diesem Thema: Die FhG IZM untersucht, inwieweit Auslöten und Wiedereinsatz von großen Mikrocontrollern möglich ist ([Pöt99], [Dem00]) und entwickelt Beurteilungsverfahren für die Restlebensdauer von alten Halbleiterbauelementen im verbauten Zustand ([Pöt99], [Mid00]).

Die abschließende Entsorgung der Kfz-Elektronikkomponenten im PLZ ist ein nicht unerheblicher Kostenfaktor. MAUEL [Mau00] untersucht in ihrer Diplomarbeit eingehend die Kosten- und Erlössituation an beispielhaften Kfz-Elektronikkomponenten und kommt bei gängigen Standardverfahren auf Kosten von 150 €/t (Stand 2000). Im schlimmsten Fall schätzt sie Kosten von bis zu 500 €/t ab, wenn weitere Stoffverbote greifen. Heute variieren die Entsorgungskosten bei einer Auswahl an Kfz-Elektronikkomponenten zwischen 3 und 20 Cent pro Komponente, dies könnte sich aber auch erheblich verteuern

(13 bis 50 Cent). Durch geschickte Verfahrenswahl lassen sich die schadstoffhaltigen Teile leichter separieren [Sch99] und damit das Verhältnis zwischen Erlösen aus Stoffrecycling und Kosten für Beseitigung optimieren. Geeignete Produktionsplanung führt zu weiteren Rationalisierungen [Mei99].

Das Entsorgungsmodul kann somit einen sehr wichtigen Beitrag zur ETV leisten. Die Gestaltung von Rückführsystemen ist der Schlüssel zu VS mit Wiederverwendung von Altteilen; Retouren von Felddausfällen stellen eine sehr wichtige Informationsquelle für die Verbesserung des Serienproduktes und die Planung der gesamten Nachserienversorgung dar. Sollen Elektronikkomponenten wiederverwendet werden, zieht das eine Menge Konsequenzen für die Produktgestaltung nach sich: Allein der beschädigungsfreie Rücktransport von Kfz-Elektronikkomponenten kann den Einsatz von teuren Spezialverpackungen unumgänglich machen, wenn man nicht von vornherein auf ein unempfindliches Äußeres geachtet hat.

4.6 Etablierte Lösungsansätze in der Automobil- und Halbleiterindustrie

Der Stand der Technik wurde im wesentlichen aus Telefoninterviews des Autors mit den relevanten Ansprechpartnern bei deutschen Automobilherstellern und Zulieferern gewonnen. Diese Abfrage ist insoweit nicht repräsentativ, als dass die befragten Unternehmen alle im ZVEI AK mitwirkten und somit für dieses Thema sensibilisiert sind. Es ist nach Einschätzung mehrerer Experten⁴⁵ davon auszugehen, dass andere Firmen eher hinter diesem Stand zurückliegen. Die folgenden Tabellen geben einen Überblick über den Stand der Technik in der Automobilindustrie beim Umgang mit dem Thema der Langfristversorgung mit elektronischen Komponenten. Die Sammlung erhebt keinen Anspruch auf Vollständigkeit – allerdings sind die Interviewpartner jeweils die zuständigen Ansprechpartner für diese Themenstellung in ihren Unternehmen.

Die Kfz-Elektronikzulieferer haben vielfach eigene Organisationseinheiten für das ETM geschaffen, die sich der gesamten Thematik annehmen, oder bauen diese gerade auf. Aus den vielen persönlichen Gesprächen des Autors mit Firmenvertretern ist deutlich geworden, dass die Ersatzteilmanager bei den Kfz-Elektronikzulieferern ihre Aufgabe auch in weiten Teilen so begreifen, wie sie für die Zwecke dieser Arbeit definiert wurde.

Die Kfz-Hersteller haben die Problemlage ebenfalls erkannt und bemühen sich aktiv um Lösungen.

Die Automobilhersteller DaimlerChrysler und BMW betonen unabhängig voneinander, dass sie bei aufbereiteten Kfz-Elektronikkomponenten Fehlerraten von 200-500 ppm bzw. 300 ppm wie bei Serienteilen für absolut realistisch und bereits nachgewiesen halten. Allerdings ist der Umgang mit Teilen, an denen auf Anhieb kein Fehler feststellbar war, entscheidend für dieses Qualitätsziel. Der Autor kennt die heftigen Diskussionen zu diesem Thema aus den Arbeitsgruppensitzungen zur Aufbereitung im Rahmen des ZVEI-AK Langfristversorgung ([ZVE00], [ZVE02]).

Das Critical Parts Management von DC, VW und BMW ist ein sehr weitreichender Ansatz: Ziel ist die Sicherstellung der Versorgung mit Halbleiterbauelementen durch Erhöhung der kritischen Masse bei wenigen HL-Herstellern, die sich im Gegenzug stärker als

⁴⁵ Teilnehmer des ZVEI AK mündl. auf Plenumsitzungen und Arbeitsgruppentreffen

bisher auf die Forderungen der Automobilindustrie einstellen müssen (s. auch Kap. 6.3, S. 127). Weiterhin soll die Reaktionszeit auf Bauelementabkündigungen erhöht werden, indem die Kfz-Hersteller selbst die PCNs/PTNs (s. Kap. 3.1, S. 37ff) bewerten und dann eine abgestimmte Aussage zu Restbedarfen an die HL-Hersteller geben können.

Unternehmen	Entstehungsmodul	OEM- und OES-Modul	Versorgungsmodul
DaimlerChrysler	<p>Standardisierung von Schnittstellen (z.B. Blue Tooth⁴⁶ für den Fahrzeuginnenraum) und Bauelementen</p> <p>Standardlastenheft mit detaillierten Forderungen zur Aufarbeitbarkeit von Elektronikkomponenten</p> <p>Sensibilisierung der gesamten Entwicklung</p>	<p>30 Jahre Lieferzusage</p> <p>Kunde bekommt Tauschteile als Mischung aus Neu- und aufbereiteten Teilen</p> <p>=> immer Neuteilqualität, aber zu reduzierten Preisen</p>	<p>CPM – Critical Parts Management als Kooperation von Einkauf, Logistik, Produktplanung und Qualitätssicherung unter Federführung der Entwicklung (s.u.)</p> <p>Ausgründung von RMCTec zur Unterstützung der konzernweiten Koordination des „Past Model Support“ und weiterer Problemstellungen in der Automobilelektronik; vertragliche Verpflichtung der Werkstätten zur Altteilerückführung als Ziel</p> <p>Pfand auf Altteile als Unterstützung und Motivation</p> <p>Rückführung wird über ausgegründetes Unternehmen RMCTec realisiert, das ein eigenes Lager für Altteile verwaltet</p>
BMW	<p>Auswahl der Ersatzteile durch das Produktmanagement</p> <p>Teilweise extra Produktvarianten mit Flash-Rechnern anstelle von Masken zur Reduzierung der Variantenvielfalt in der Nachserie</p> <p>Redesign von Komponenten für die Nachserie nach Kostenabschätzung</p>	<p>Teilweise sehr lange (50 Jahre) Ersatzteillieferung als Marketingargument benutzt</p> <p>Üblicherweise 10 Jahre Bevorratung für „Ausstattungssteile“ und 15 Jahre bei „TÜV-Teilen“</p>	<p>Teilnahme an CPM (s.u.)</p> <p>Spezialisierte Mitarbeiter für Langzeitprognosen auf Basis von Lagerabgängen innerhalb der Standarddispositionsprogramme</p> <p>Rückführung von Altteilen erprobt, aber nicht aktiv</p> <p>10 Jahre lang Betrieb einer Pilot-Aufbereitung als Basis zur Prozessbeherrschung und Wissenstransfer an Zulieferer</p> <p>Eigenständiges Ersatzteilproduktmanagement im Rahmen des Vertriebs Teile/Zubehör</p>
VW	<p>Vielfalt der Bauelemente reduzieren</p> <p>Standardlastenhefte für Entwicklung und Zulieferer mit Ergänzungen um Bauteilkataloge</p> <p>Bauelementedatenbank für Neuprojekte</p> <p>Strategische Bauteilauswahl und Designauslegung</p>	<p>Austauschprogramm mit Aufarbeitung von Elektronikkomponenten (ca. 800 Steuergeräte freigegeben) im Ausbau begriffen</p>	<p>CPM aufgehoben beim Einkauf und mit zahlreichen Schnittstellen in die Organisation</p> <p>Prozesse für Bauelementabkündigung werden zertifiziert</p> <p>Erweiterung der Bauelementedatenbank um laufende Projekte</p> <p>Rückführlogistik wird nachhaltig ausgebaut mit stärkerer Integration des Fahrzeugrecyclingprozesses</p> <p>Ausbau der Redistributionslogistik zum weltweiten Händlernetzwerk</p>

Tabelle 4-1: Stand der Technik bei ausgewählten Kfz-Herstellern

Dieser Prozess setzt die Offenlegung der Komponenten-Stücklisten der Kfz-Zulieferer voraus. Die drei Fahrzeughersteller haben sich auf das einheitliche Stücklistenformat CSV (Comma Separated Value) zur Datenübernahme geeinigt.

In den Rahmen dieses Konzeptes fällt auch die Global Microsourcing Strategy von DC: Es wird im Vorfeld versucht, mit drei Herstellern von Microcontrollern spezielle Verträ-

⁴⁶ Blue tooth: genormtes Kommunikationsprotokoll, wird in erster Linie für die schnurlose Datenübertragung im Nahbereich eingesetzt; kann insbesondere verwendet werden, um Geräte mit kurzen und Geräte mit langen Lebenszyklen zu verknüpfen.

ge mit besonderen Bedingungen zu Lieferzeiten und Garantie über die Zulieferer hinweg abzuschließen. Die ausgehandelten Konditionen sollen dann in Standardlastenheften an die Zulieferer weitergegeben werden.

Dies genannten Konzepte werden von den Automobilzulieferern eher kritisch beäugt – um es vorsichtig auszudrücken. Es läuft bisherigen Tendenzen zu immer stärkerer Vergabe von Komplettmodulen inkl. der Entwicklungsleistung zuwider (vgl. Kap. 2.3, S. 22). Zur Zeit scheint es, dass der Widerstand gegen das CPM derartig groß ist, dass die Kfz-Hersteller eine alternative oder abgeschwächte Version verfolgen.

Ebenso wie die Kfz-Hersteller verfolgen die verschiedenen Hersteller von Automobil-elektronik ähnliche Strategien zur Sicherstellung der Ersatzteilversorgung. Grundsätzlich stehen alle Kfz-Elektronikzulieferer vor dem gleichen Problem, zahlreiche Artikel alter Technologie in kleinsten Losen fertigen zu müssen. Alle Unternehmen berichten von gelegentlichen Redesigns aufgrund von Bauelementabkündigungen.

Unternehmen	Entstehungsmodul	Herstellerseitiges ETM	Versorgungsmodul
SiemensVDO Automotive	Einbindung der Nachserie in die Planung des Produktlebenszyklus: Konkrete Reviewfragen zu den Meilensteinen des Standardproduktentstehungsprozesses Standardeinkaufsbedingung fordert Ersatzteilversorgung auch von HL-Herstellern Standardisierung auf Bauelementseite: teilweise bewusster Verzicht auf Integrationsdichte	Zentrale Aftermarket-Organisation für OES, Kooperation mit Hella für IAM, eigene IAM-Organisation durch die Übernahme von VDO Ersatzteildatenbank mit Prognosetools Etablierter Prozess für Bauelementabkündigungen Kategorisierung der Produkte nach relativen Risikoklassen und Nähe zur Serienproduktion: 1. Parallel zur Großserie 2. Konzentration an einem Standort 3. Outsourcing der Kleinmengenproduktion an Firmen in unmittelbarer Nähe zum Hauptproduktionsstandort und Entwicklung	Fertigung von Mehrjahresbedarfen Keine eigenständige Rückführlogistik Einlagerung von Allzeitbedarfen in Standardlagersysteme mit entsprechender Kennzeichnung Second Source für HL-Bauelemente, wo möglich
Conti Temic	Abwärtskompatibilität und Lagerfähigkeit als Leitziele Aufnahme in Reviewfragen zum Standardproduktentstehungsprozess Alterungsversuche zur Lagerhaltung Risikoabschätzung Bauelementabkündigung (zukünftig) Redesigns kommen vor	Keine organisatorische Bündelung der Produktverantwortung für Ersatzteile Ausgestaltung des Qualitätsmanagements um den Punkt Ersatzteilwesen: Formblatt bei Bauelementabkündigung aus dem Einkauf Staffelung der Kundenvereinbarung nach Risiko für das Unternehmen: 1. Kunde kauft Allzeitbedarf ab und verzichtet auf weitere Lieferansprüche 2. Kunde kauft Allzeitbedarf ab und verzichtet auf weitere Lieferansprüche, Lagerung und Refresh bei ContiTemic 3. Kunde garantiert Abnahme Allzeitbedarf, Abnahme nach Bedarf, Qualitätsrisiko bei Zulieferer 4. Kunde geht nur auf Mindestabnahmeverpflichtung ein Outsourcing in Einzelfällen	Abwicklung der ET-Versorgung in der Großserienproduktion

BOSCH	Produktlebenszyklusplanung vorgesehen Produkt- und technologieabhängige Lösungsansätze werden gesucht: Reparaturfähigkeit generelles Ziel Standardisierung der HL-Bauelemente zur Verbesserung der Langfristverfügbarkeit Rückwärtskompatible Produkte zwar nicht bei Steuergeräten, aber schon bei Sensoren Redesigns kommen vor	Zentrale Aftermarket-Organisation für Produktmanagement, Logistik und Vertrieb Stabsstellen für Krisenmanagement und In-house-Beratung Prognosetool für Endbevorratung in Access und Excel Neue Verfahrensanweisungen	Tauschteilsysteme in eigener IAM-Organisation als auch für OES etabliert Kleinmengenproduktion und Aufbereitung (Steuergeräte-Instandsetzung, Einzelreparaturen) in Spanien Aufbereitung für Lichtmaschinen und Anlasser im Konzern Kundenspezifische Endbevorratung von Bauelementen möglich durch erhöhten Aufwand im ERP-System
HELLA	Bauelementdatenbank mit umfangreichen Informationen zu Halbleitern und Anbindung in das PDM Konstruktionsrichtlinie verabschiedet Redesigns kommen vor	Eigene weltweite IAM-Organisation Produkte für OES und OEM werden noch zentral vertrieben Aufbau einer Produktlinie und einer spezialisierten Konstruktionsgruppe für Produktpflege Prozessbeschreibungen für Bauelementabkündigungen	Eigenständige Rückföhrlogistik für Starter und Anlasser Kundenspezifische Endbevorratung von Bauelementen möglich durch erhöhten Aufwand im ERP-System Bündelung der Kleinmengenproduktion an einem Standort mit integrierter Aufbereitungskapazität Aufbereiter für Lichtmaschinen und Anlasser in Konzern integriert

Tabelle 4-2: Stand der Technik bei ausgewählten Kfz-Elektronikzulieferern

Aus beiden Tabellen wird deutlich, dass sich alle Beteiligten bereits mit dem Thema intensiv beschäftigen. Alle Automobilhersteller treffen Vorbereitungen, in die Aufbereitung von Kfz-Elektronikkomponenten einzusteigen. Die großen und etablierten Zulieferer Bosch, SiemensVDO Automotive und Hella haben bereits Erfahrungen mit diesem Konzept.

Die Bestrebungen in Richtung eines softwaregestützten Ersatzteilmanagements sind klar erkennbar. Allerdings hat noch keiner der Versorgungspartner eine ausgereifte Logik hinterlegt oder ein fertiges Konzept der Datenstrukturen entwickelt. Die existierenden Datenbanken beschränken sich auf Stamm- und Strukturdaten der betroffenen Elektronikkomponenten und der Marktteilnehmer und bieten relativ einfache Abfragemöglichkeiten. Wenige benutzen spezielle Prognoseverfahren, die aber dann auch nicht im Detail kommuniziert werden.

Bemerkenswert ist der Ansatz von SiemensVDO Automotive. Man unterscheidet „design/development cycle“, „make/market cycle“ und „after-sales cycle“. Diese Zyklen werden durch entsprechende Reviews strukturiert, und sie überlappen sich; die Übergänge sind durch Meilensteine gekennzeichnet. Dieses Konzept kommt dem erarbeiteten PLZ nach KEMMINGER für Kfz-Elektronikkomponenten am nächsten (s. Kap. 3.2, S. 43ff). Ein passendes PLZ-Modell hilft also bei der Bewältigung der ETM-Aufgaben.

Die HL-Hersteller zeigen keine Neigung, die Forderung der Automobilhersteller nach 15 Jahren Nachserienlieferverpflichtung zu erfüllen, was sehr deutlich aus mündlichen Diskussionsbeiträgen im ZVEI AK ([ZVEI00a], [ZVEI02]) hervorgeht. Sie verweisen vielmehr auf die Angebote spezialisierter Firmen wie Rochester Electronic Corp (RE) oder

Consumer Electronics AG (CE), oder sie schlagen Spezialverpackungen für Langzeitlagerung vor – ohne jedoch Gewähr für die Weiterverarbeitbarkeit ihrer Produkte zu übernehmen. CE [Neg01] ist ein Chip-Broker, der sich auch auf die Beschaffung abgekündigter Komponenten spezialisiert hat. RE [Bew00] bietet die Fortführung der Halbleiterherstellung in Kleinserienproduktion an. Dazu werden Restfertigungsbestände und alte Maschinen und Werkzeuge von Halbleiterherstellern übernommen und nach Bedarf reaktiviert. RE tritt aber nur in Vorleistung, wenn Bauelemente eine entsprechende Verbreitung haben und eine entsprechende Nachfrage absehbar ist. Bei Kfz-Elektronikbauelementen müssten konkrete Zusagen über Restbezugsmengen und Preise getroffen werden, damit RE einsteigt. Die Kfz-Industrie beurteilt beide Ansätze als zu kostspielig und scheint die Endbevorratung der Halbleiterbauelemente in Spezialverpackungen zu bevorzugen [ZVEI02, S. 11ff].

Ingesamt kann man sagen, dass die Industrie das Problem der ETV mit Kfz-Elektronikkomponenten erkannt hat, aber noch um Lösungsansätze ringt. Dazu werden nicht unerhebliche Personalressourcen auf das Thema angesetzt. Es fehlt aber scheinbar bei den meisten Firmen noch eine saubere Problemstrukturierung und –beschreibung, die als Ausgangsbasis für eine nachhaltige Lösung unerlässlich ist.

IT-Systeme zur Unterstützung von ETM-Aufgaben

Bei der Befragung der Firmen zum Stand der Technik war ein Augenmerk auch auf die Unterstützung der Ersatzteilmanager durch Softwaresysteme gerichtet. Da solche Systeme auch teilweise unter die Geheimhaltung in den Firmen fallen und ständig neue Systeme dazukommen, ist es dem Autor nicht möglich, ein umfassendes Bild zu liefern. Es entstand jedoch der Eindruck, dass die Firmen maximal über kleinere ‚selbstgestrickte‘ Datenbanksysteme zur reinen Auflistung und Sortierung der Ersatzteile verfügen. In zwei Fällen (BMW, SiemensVDO Automotive) wurden Hilfsmittel zur Bedarfsermittlung erwähnt. Im Falle von BMW handelt es sich um eine spezielle Transaktion im Dispositionssystem, die durch spezialisierte Mitarbeiter ausgewertet werden. SiemensVDO Automotive hat sein System bereits in einem Artikel [Lam01b] vorgestellt. Bei derartig geringer gezielter Unterstützung der speziellen Fragestellungen einer Langzeitversorgung bleibt die Frage, mit Hilfe welcher Systeme im Unternehmen ein Ersatzteilmanager heute arbeiten kann.

Die Automobilindustrie arbeitet insgesamt nach sehr hohen und einheitlichen Qualitätsmaßstäben (VDA 6.3 oder QS9000), und die Zulieferbetriebe unterliegen einem starken Wettbewerb und Kostendruck. Die Zulieferer für Kfz-Elektronik haben in den meisten Fällen starke Überschneidungen bei den wichtigsten Kunden und Lieferanten. Es ist anzunehmen, dass auch die Logistikprozesse den gleichen Anforderungen genügen müssen und daher ähnlich gestaltet sind.

Das Referenzmodell von SCHEER mit dem Y-Modell der IT-gestützten Geschäftsprozesse [Sch97a, S. 93] trifft also auf die meisten Firmen zu – die Infrastruktur hat sich seit 1997 höchstens weiterentwickelt. Innerhalb dieses Modells sind PPS-Systeme die wichtigste Grundlage für die Disposition. Sie bilden somit das Rückgrat eines jeden ETMs. PPS-Systeme können in unterschiedlichen Formen auftreten; bekannte Schlagworte sind: MRP I, MRP II, ERP, SCM. Obwohl die Logistikstrukturen relativ ähnlich sein dürften, kann man aber mitnichten von einer einheitlichen Basis ausgehen:

LAMADE [Lam01a] stellt die Verbreitung von SAP R3 in der Automobilindustrie vor. Zwar hat SAP 2045 Kunden aus der Automobilindustrie, von diesen sind aber nur 926

„live“. Diese Zahlen sind im Vergleich zu der Gesamtzahl an Zulieferern und Automobilherstellern ein geringer Bruchteil. Den deutschen Automobilherstellern lieferten 1988 ca. 30.000 Betriebe zu [Rie95, S. 228]; in Japan mit vergleichsweise wenigen direkten Lieferanten gibt es in der ersten und zweiten Linie ca. 5400 Lieferanten [Mei94b, S.179]. Trotz der Bemühung zur Senkung der Lieferantenzahlen in den letzten Jahren wird deutlich, dass die Marktdurchdringung des weltweit größten Anbieters von ERP-Systemen und somit die Vereinheitlichung noch nicht allzu hoch ist. Es ist allerdings die Tendenz zu einer stärkeren Nutzung von SAP R3 gerade bei den großen Automobilzulieferern zu erkennen⁴⁷. Trotz der wachsenden Verbreitung von SAP R3 darf man aber nicht von einer identischen Abbildung der Unternehmen in R3 ausgehen. Jede Installation wird im Hinblick auf Prozesse und Funktionen unterschiedlich „gecustomized“, was auch automatisch Auswirkungen auf Datenstrukturen hat. Man muss also in der Unternehmensrealität von einer gewachsenen zerklüfteten Softwarelandschaft ausgehen, in der eigenentwickelte Alt-/Legacy-Systeme neben neuesten Versionen von SAP R3 (4.6c, IS Automotive 3.0) eingesetzt werden.

Da es bei ETM aber auch um Fragen der Produktgestaltung geht und die Informationen nicht allein in den Logistiksystemen hinterlegt sind, sind auch die Softwaresysteme der Leistungsgestaltung relevant. Im besten Fall handelt es sich um eine integrierte Datenhaltung aller Produktdaten in einem Produktdatenmanagementsystem.

Ein weiterer wahrscheinlich vernachlässigter Ansatzpunkt sind die tatsächlichen Schnittstellen zwischen den Versorgungspartnern. In der Automobilindustrie gibt es allgemein eine sehr hohe Integration in der Auftragsabwicklung. DFÜ für Lieferabrufe, Lieferscheine und Gutschriften sind Standard in der OEM-Abwicklung. Diese werden auch in der OES-Abwicklung fortgeführt – auch wenn dann ein Lieferabruf die Qualität einer Einzelbestellung bekommt. Da es sich bei diesen Datenbeständen um archivierungspflichtige Daten mit dem Status von Geschäftsbriefen handelt und diese weitestgehend genormt sind, ist hier evtl. eine wertvolle Datenquelle verborgen, die eine relativ genormte und detaillierte Basis für das ETM darstellen kann.

Bezüglich der Datenhaltung relevanter Informationen gilt als Erfahrungswert: *„Die eingesetzten Datenbanksysteme sind häufig zweckmäßigerweise relational, außer in der Entwicklung, wo mittlerweile stärker auf Objektorientierung gesetzt wird“* [Bal99, S. 370].

Man muss davon ausgehen, dass viele existierende Lösungen mit Verbindung zum ETM allein stehende Systeme („*data silos*“ [Eco02c, S. 6]) sind, die im guten Fall über eine offene Schnittstellenarchitektur verfügen. Zwar gibt es zur Zeit Tendenzen in eine stärkere Harmonisierung der Systemlandschaft – sei es durch den Einsatz von großen Standardsoftwarepaketen wie SAP R3 („*integrated, but nonetheless restrictive enterprise silos*“ [Eco02c, S. 7]), Enterprise Application Integration [Eco02c, S. 7] oder Portallösungen mit Web Services im Intra-, Extra- oder Internet [Eco02c, S. 7] – aber man kann davon gerade für einen so stiefmütterlich behandelten Bereich wie das Ersatzteilmanagement nicht ausgehen.

⁴⁷ Zur Zeit laufen größere Einführungsprojekte z.B. bei der Robert Bosch GmbH und Hella.

4.7 Versorgungsstrategien und -potentiale als Objekte des ETM

Am Ende des Kapitel 3 wurde eine modulare Sichtweise auf die ETV entwickelt und auf deren Basis in den vorangegangenen Abschnitten des Kapitel 4 die Versorgungsstrategien (VS) und Versorgungspotentiale (VP) erarbeitet und diskutiert. Dieser Abschnitt fasst nochmals die VS und VP zusammen und zeigt die gegenseitigen Abhängigkeiten auf, die für die spätere Modellierung des ETMSS wichtig sind.

Die beschriebenen VS und VP müssen noch in vielen Teilbereichen weiterentwickelt, auf- und ausgebaut werden. In einem früheren Beitrag nennt der Autor [Hag00] eine ganze Reihe an Aktionspunkten für die Versorgungspartner, die in ähnlicher Weise auch in anderen Beiträgen besprochen werden (vgl. [ZVEI02], [Tra00], [Dom01], [Dom02]).

Vor allem bei den aktuell relevanten VS Endbevorratung auf Komponenten- oder Bauelementebene sowie Wiederverwendung bzw. Aufarbeitung sind noch große Defizite vorhanden. Es mangelt an ausreichenden Lagerkapazitäten für Langzeitlagerung und dementsprechendes Lagermanagement. Redistributionssysteme sind auch nur in wenigen Fällen überhaupt eingerichtet, und es ist nicht sichergestellt, dass die erforderlichen Rücklaufquoten zuverlässig erreicht werden. Man kann daher sagen, dass viele VP noch nicht so weit entwickelt sind, dass alle VS ausreichend unterstützt werden. Viele VS sind also für den sofortigen Einsatz noch nicht ausreichend ausgebaut. Abbildung 4-1 stellt die VS modulweise und in ihrer zeitlichen Einsatzwahrscheinlichkeit bzw. -möglichkeit nach Einschätzung des Autors dar. Im Folgenden wird sich die Darstellung auf die etablierten bzw. zeitlich naheliegenden, wahrscheinlichen VS konzentrieren.

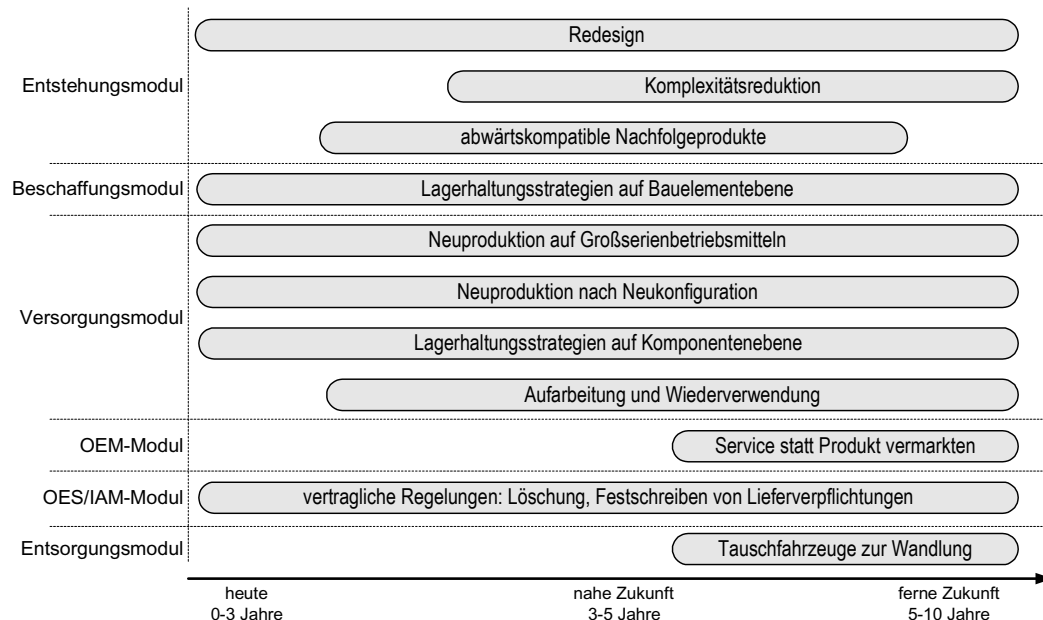


Abbildung 4-1: Versorgungsstrategien und Ansätze im Überblick

Durch zahlreiche Gespräche mit Industrievertretern entstand Abbildung 4-2. Sie zeigt eine Idealvorstellung eines Versorgungsszenarios für Kfz-Elektronikkomponenten. Über dem Produktlebenszyklus mit Serien- und Ersatzteilbedarf sind verschiedene Versorgungsstrategien mit An- und Auslaufphasen aufgetragen. Nach dem Ende der Großserie übernimmt ein Kompetenzzentrum die Versorgung. Lagerhaltung findet zur Überbrückung und zur Endbevorratung statt. Reine Wiederverwendung wird erst im letzten Abschnitt des PLZ eingesetzt.

Der Autor hat bzgl. der Bereitstellung von Kfz-Elektronikkomponenten eine Untersuchung angestellt, wie viele Strategiekombinationen sinnvoll in Frage kommen. Zur Auswahl standen Neuproduktion in Großserien-Produktionssystemen, Neuproduktion auf neukonfigurierten Produktionssystemen, Lagerhaltung und alle Formen der Wiederverwendung. Ergebnis ist, dass bis zu vier VS sinnvoll parallel zum Einsatz kommen können und dass es mehrere hundert Alternativen gibt, wenn man die entsprechenden Vorbedingungen berücksichtigt: Z.B. ist es absolut denkbar, Bedarfsanteile durch Endbevorratung, Aufarbeitung, Reparatur und Wiederverwendung zu decken und dazu vorher noch ein kleineres Redesign bzw. eine Produktänderung und eine Bevorratung von Halbleiterbauelementen durchzuführen.

Das bedeutet für das zu entwickelnde ETMSS, dass es in der Lage sein muss, nicht nur die optimale zeitliche Abfolge von einzelnen Strategien sondern auch den gleichzeitigen Einsatz verschiedener Strategien darzustellen, wenn das ETM ideale Strategiekombinationen festlegen soll.

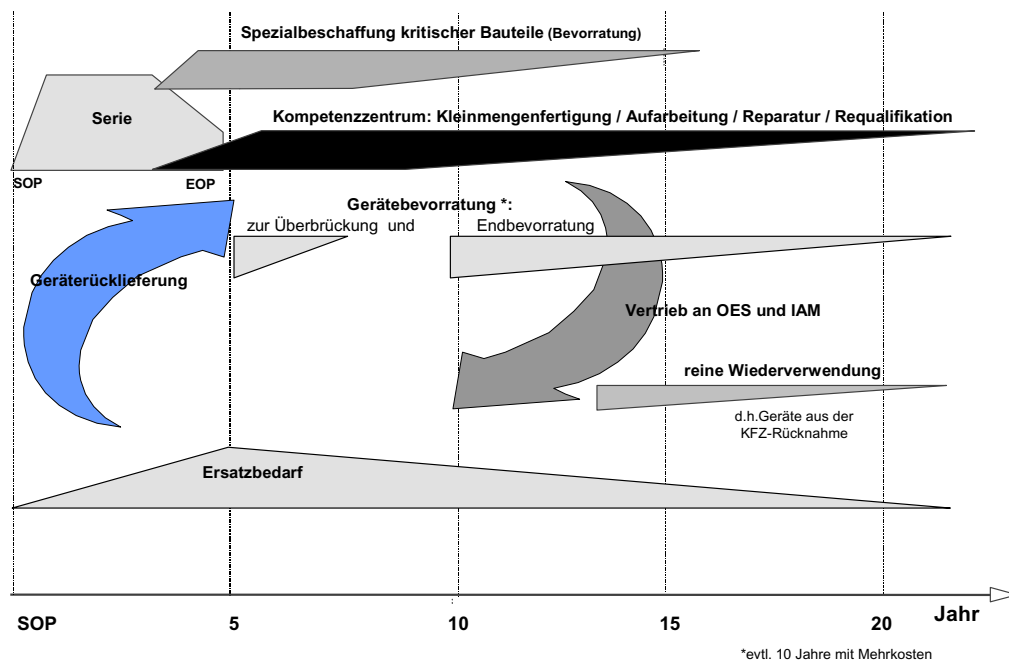


Abbildung 4-2: Gängige Vorstellung eines idealen Versorgungsszenarios (weiterentwickelt nach [Hag00], siehe auch [ZVE02])

Zur eingehenden Analyse und zur gegenseitigen Bewertung von VS ist ein umfassendes Prozessverständnis der VS erforderlich. Die bisherige Beschreibung der VS und der Versorgungspotentiale war allgemeiner Art. Für den praktischen Einsatz ist die Verknüpfung von VS mit Versorgungspotentialen interessant, denn eine Strategie unterliegt als Kombination einzelner Versorgungspotentiale nur selten direkten Einflüssen, z.B. externen Risiken. Die Auswirkungen können vielmehr nur auf der Ebene der Potentiale ermittelt werden. Tabelle 4-3 stellt die bereits ermittelten und weitere selbstverständliche Versorgungspotentiale den Versorgungsstrategien gegenüber. Die einzelnen VS greifen teilweise auf die gleichen Potentiale zu. So benötigen eigentlich alle VS eine wie auch immer geartete Funktionsprüfung der Kfz-Elektronikkomponenten vor Auslieferung, und alle Komponenten werden zu guter Letzt entsorgt. Die VS unterscheiden sich in diesen Punkten nur in Häufigkeit oder Intensität des Potentialeinsatzes.

Aufgrund dieser Darstellung kann ein Unternehmen für sich die Prioritäten bei der Gestaltung von VP vergeben. Für eine exakte Priorisierung der VS müsste erst eine Portfolioanalyse des Ersatzteilspektrums durchgeführt werden, um die sinnvolle Verteilung der Kfz-Elektronikkomponenten auf einzelne VS zu ermitteln und dadurch die wichtigsten VS herauszufiltern. Das ETMSS muss die Zusammenhänge zwischen VP und VS für die wesentlichen VS abbilden, um eine saubere Bewertung der einzelnen VS gegeneinander zu ermöglichen.

		Versorgungsstrategien	Entstehung			Bereitstellung					OEM	OES	Ent.
			Redesign	Komplexitätsreduktion	Abwärtskompatible Nachfolgeprodukte	Neuproduktion	Endbevorratung	Wiederverwendung	Reparatur	Aufarbeitung	Service statt Produkt	Vertragliche Regelungen	Tauschfahrzeug
schwarz = starke Relation grau = schwächere Relation weiss = keine Relation ++ sehr wichtig bis - weniger wichtig													
Versorgungspotentiale		Priorität für ETV	++	+	+	++	++	0	+	+	-	-	-
Entstehung	freie Entwicklungskapazitäten	++	■	■	■								
	Variantenmanagement	+	■	■	■			■		■			
	LCC-Kostensimulation	++	■	■	■								
	Produktdatenmanagement	+	■	■	■					■			
Beschaffung	Bedarfskonsolidierung, Lebenszyklusbedarfsermittlung	+				■	■						
	spezialisierte strategische HL-Bauelementebeschaffung	++	■	■	■				■	■			
	Bauelementebevorratung / spezialisierte Lagerhaltung	+											
	Kontingentmanagement	+											
	Strategisches Second-Sourcing	0	■	■	■		■						
	Abkündigungsprozeduren	+	■	■	■								
Bereitstellung	Funktionsprüfung auf qualifizierten Prüfmitteln	++	■	■	■								
	Fertigung und Montage	+	■	■	■								
	Analyse und Reparatur	++				■	■						
	Make or Buy	0							■	■			
	wandlungsfähige Produktionssysteme	+											
	Allteile-Baugruppenlagerung	0											
	Demontage	0											
	Reinigung	0											
OES/IAM	Wissensmanagement	+											
	Bedarfsprognoseverfahren Fertigwaren- Langzeitlagerung	++											

Tabelle 4-3: Zusammenhänge zwischen VS und Potentialen

5 INTEGRIERTES ERSATZTEILMANAGEMENT-SUPPORT-SYSTEM

Nach der eingehenden Beschreibung der anzuwendenden Methoden und Prozesse sowie Ansatzpunkte und Handlungsspielräume des ETM muss nun das Werkzeug entwickelt werden, das den Ersatzteilmanager (ET-Manager) in die Lage versetzt, ein Versorgungsszenario (VSz) für einzelne Kfz-Elektronikkomponenten mit vertretbarem Aufwand zu generieren. Auf Basis eines Referenzmodells industrieller Geschäftsprozesse und einem Unternehmensdatenmodell [Sch97a] wird im Folgenden das Ersatzteilmanagement-Support-System (ETMSS) konzipiert, das den definierten Anforderungen an Komplexitätsbeherrschung weitestgehend genügt, und seine Wirkungsweise exemplarisch im Kapitel 6 „Systemlösungen und Realisierung“ (S. 117ff) vorgestellt. Das Ergebnis ist eine vollständige Integration von ETM-Methoden, -Daten, und -Prozessen.

5.1 Gewählter Lösungsansatz

Es wurde bereits festgehalten (vgl. Kap. 3.1, S. 37ff), dass es sich beim ETM um eine Aufgabe des Taktischen/Middle-Managements handelt, die allerdings durch die langen Zeithorizonte einen stärker strategischen Aspekt gewinnt. Die zu behandelnden Probleme des ETM sind im wesentlichen semi-strukturiert bzw. unstrukturiert, was im Widerspruch zu der üblicherweise besser strukturierten Aufgaben- und Problemstruktur im Taktischen/Middle-Management steht. Um die Komplexität für den ET-Manager besser beherrschbar zu machen, benötigt er laut der „Allgemeinen Lösungsansätze zum Umgang mit Komplexität im ETM“ (Kap. 3.2.1, S. 46ff) für die Erfüllung seiner Aufgaben ein softwaretechnisches Werkzeug, das die Lösungsansätze für komplexe Probleme ausreichend berücksichtigt. Das Ziel des ETMSS ist die Unterstützung des ET-Managers bei der Erstellung von VSz, d.h., es handelt sich im weitesten Sinne um ein „Management Support System“. Die Literatur definiert derartige Systeme wie folgt:

„Decision Support Systeme (DSS) oder Entscheidungsunterstützungssysteme (EUS) sind interaktive EDV-gestützte Systeme, die Manager (Entscheidungsträger) mit Modellen, Methoden und problembezogenen Daten in ihrem Entscheidungsprozeß bei der Lösung von Teilaufgaben in eher schlecht-strukturierten Entscheidungssituationen unterstützen.“ [Glu97, S. 168]

GLUCHOWSKI [Glu97] beschreibt verschiedene Grundlagen und Grundtypen solcher Systeme, ihre gängigen Erweiterungen und ihre Einsatzbereiche. Innerhalb dieser Gattung an Systemen kann man zwischen ‚einfachen‘ DSS und erweiterten unterscheiden. Die erweiterten tauchen unter unterschiedlichen Bezeichnungen auf: wissensbasierten Systemen (WBS), Experten-Systemen (ES/XPS) [Wer92, S. 144], wissensbasierten Entscheidungsunterstützungssystemen (WBEUS), Knowledge Based Decision Support Systems (KBDSS) [Glu97, S. 171 u. S. 258] oder Expert Support Systems (ESS)⁴⁸ [Fis94, S. 53]. Gluchowski definiert die erweiterten Systeme wie folgt:

⁴⁸ Nachfolgend wird nur noch die Abkürzung ESS benutzt.

„Programmsysteme, die über Wissen von Experten in einem bestimmten (abgegrenzten) Problembereich verfügen und fähig sind, dieses Wissen zur Lösung von Problemen anzuwenden, werden als Wissensbasierte Systeme (WBS) bezeichnet.“ [Glu97, S. 255]

Aus GLUCHOWSKIs Ausführungen lässt sich bereits schließen, dass es sich bei dem geforderten System um ein wissensbasiertes Entscheidungsunterstützungssystem handeln muss. Die Fokussierung auf ein ESS wird durch FISCHER [Fis94] weiter unterstützt, der die Gattung der wissensbasierten Systeme eingehend auf ihre Wirksamkeit in verschiedenen Entscheidungssituationen hin untersucht und klassifiziert. FISCHER zählt einige Nutzeffekte wissensbasierter Systeme auf [Fis94, S. 1]: *„Berücksichtigung von mehr Komplexität und mehr Alternativen, Sicherheit, Vollständigkeit und Fehlerfreiheit sowie eine Entscheidungsunterstützung bei strategischen Fragen.“* CREMERS [Cre91, S. 86] nennt weitere Punkte: *Entlastung des Experten, Konservierung des Wissens, gleichbleibende Qualität der Ergebnisse, Aktualität, Erklärungsfähigkeit und schnellere Problemlösung.* Diese Nutzeffekte passen zu der verfolgten Zielstellung.

WERNER [Wer92, S. 157ff] beschreibt den Unterschied zwischen den beiden Gattungen (DSS vs. ESS) treffend:

DSS sind *„Intelligenzverstärker“*, die durch ihre Analyse- und Darstellungsfunktionalitäten die Problemlösefähigkeiten des Entscheiders und dadurch die Entscheidungsgüte steigern sollen.

ESS dienen als *„Intelligenzmultiplikatoren“*, weil die Problemlösefähigkeit eines oder mehrerer Experten simuliert und dadurch vervielfältigt werden kann. Innerhalb abgegrenzter Problembereiche können Teillösungen generiert und dem Entscheider bereit gestellt werden. Dieser kann dann die Lösungen modifizieren und festschreiben. Ein ESS kann nur in Ausnahmefällen Komplett-Lösungen ermitteln, d.h. höchstens für einfache, gut definierte Problemstellungen.

Der Einsatz wissensbasierter Systeme war während der 80er Jahre ein Forschungsschwerpunkt, aber Anfang der 90er Jahre zeigte sich, dass sich viele der in sie gesetzten Hoffnungen nicht materialisierten (vgl. [Fis94, S. 1], [Wer92, S. 180], [Bul90]). Im Zuge der Forschungen zum Thema wurden von verschiedener Seite Bedingungen an die Art der Problemstellung für den erfolgreichen Einsatz wissensbasierter Systeme formuliert (vgl. [Bul89, S. 50f], [Cre91, S. 82f]): Klare Abgrenzung des Problembereichs, klare Definition der Aufgabe, Experte vorhanden und verfügbar, Aufteilung in problembereichsabhängiges und –unabhängiges Wissen möglich, Aufgabe zerfällt in natürliche Ableitungsketten / Problemwissen partitionierbar und Wissen ist (verbal) beschreibbar, Wissen ist formalisierbar, Komplexitätsgrad geeignet.

Im Laufe dieses Kapitels wird sich zeigen, dass die Problemstellung der Langzeitversorgung diesen Anforderungen genügt. Zunächst sollen Indizien ausreichen, um die Erfolgsaussichten zu unterstreichen:

- Die Aufgabenklasse ETM fällt in die Haupteinsatzgebiete von Expertensystemen: Diagnose (Klassifizierung), Selektion und Planung (vgl. [Bul89, S. 51], [Gab90, S. 184ff] [Wer92, S. 181ff]).
- Das Einsatzgebiet des ETM passt zu den durch GABRIEL beschriebenen erfolgreichen Einsatzgebieten für wissensbasierte Systeme in Bezug auf Managementebene und Aufgabentyp [Gab90, S. 173f].
- *„In der Planung und Führung von Unternehmen findet man Expertensystemanwendungen bisher überwiegend im Bereich der strategischen Unternehmenspla-*

nung. Insbesondere Portfolio-Ansätze und Expertensysteme werden häufig zu einer Anwendung verwoben.“ [Gab90, S. 190f]

Der gewählte Lösungsansatz ist demnach ein Expert Support System (ESS) zur Portfolioanalyse des Ersatzteilspektrums und weitergehende Entscheidungsunterstützung für den Ersatzteil-Manager.

Die allgemeine Struktur wissensbasierter Systeme sieht eine Wissensbasis, eine Problemlösungskomponente und verschiedene Front-Ends bzw. Dialogkomponenten vor (s. Abbildung 5-1, vgl. [Wer91, S. 146f], [Fis94], [Pic96, S. 150]).

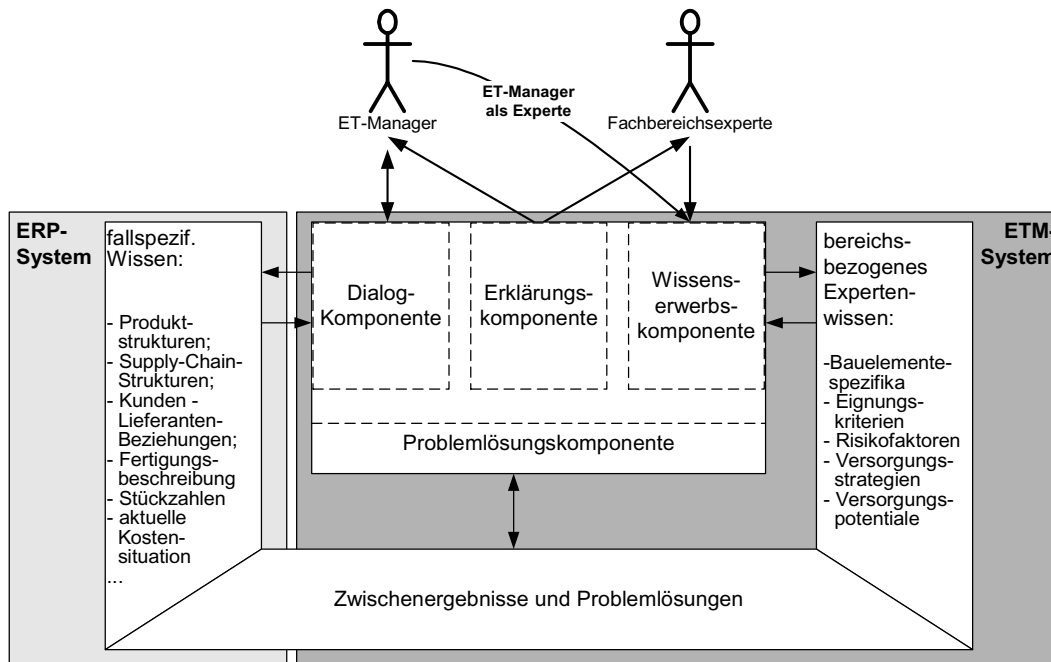


Abbildung 5-1: Grundstruktur eines wissensbasierten ETMSS (vgl. [Fis94, S. 77], [Wer92, S. 147], [Bal00a, S. 708])

Die Wissensbasis zerfällt in drei weitere Bereiche: das fallspezifische Wissen, das bereichsbezogene Wissen und die Zwischenergebnisse bzw. bereits ermittelten Problemlösungen. Bildet man die Elemente der ETV auf diese Struktur ab, dann wird deutlich, dass die fallspezifischen Wissensbestandteile die Beschreibung der Produktstrukturen mit den funktionalen Zusammenhängen und der Supply Chain sind. Diese Daten sind in den Enterprise-Resource-Planning-Systemen (ERP) der Versorgungspartner zumeist als Stammdaten abgelegt. Die anderen Wissensbereiche existieren noch nicht in geeigneter Form. Hierzu erwähnt PICOT einen Ansatz für den Umgang mit vagem Wissen, der innerhalb des ETMSS das Wissen der Fachbereichsexperten darstellt:

„Eine interessante Erweiterung des Konzeptes ist die statistische Inferenz, bei der durch Attributierung der Wissensbasis mit Wahrscheinlichkeitswerten auch Schlüsse aus vagem Wissen gezogen werden können [...]. Diese Möglichkeit bietet interessante Perspektiven in bezug auf die Annäherung an die menschliche Fähigkeit, Vermutungen zu äußern.“ [Pic96, S. 150f]

In diesem Sinne wäre die geeignete Attributierung der in ERP-Systemen hinterlegten Informationen eine gute Grundlage für ein wissensbasiertes ETMSS.

5.2 Auswahl Modellierungstechnik und Unternehmensmodell

An dieser Stelle soll die sehr gute Eignung der Modellierungstechnik „Unified Modelling Language“ (UML) zur Bewältigung des wissenschaftlichen Handlungsbedarfs nachgewiesen werden. UML ist die richtige Wahl, weil

- sich mit Hilfe von objektorientierten (oo) Darstellungsformen auch umfangreiche Wissensgebiete repräsentieren lassen und somit auch wissensbasierte Entscheidungsunterstützungssysteme entworfen werden können
- UML der Standard in der oo-Analyse und in der oo-Programmierung ist und neuere Softwaresysteme quasi nur noch oo erstellt werden,
- sich mit UML Methoden, Daten und Prozesse sowie ganze Unternehmen modellieren lassen,
- UML sich nahtlos in vorhandene Unternehmensmodelle einfügen lässt, d.h., man kann mit UML diese auch sinnvoll erweitern.

Außerdem wird aus den verschiedenen Unternehmensmodellen und –modellierungstechniken (ARIS, CIMOSA, SOM, ARIS, IUM, IPPM etc.) ARIS als passende Technik gewählt, auf deren Grundlage die Erweiterungen vorhandener Unternehmensmodelle um die Methoden-, Daten- und Prozessmodelle des ETM erfolgen kann. Die folgenden Absätze begründen kurz die einzelnen Punkte der Auswahl.

In der Literatur zu wissensbasierten Systemen werden verschiedene Hilfsmittel zur Wissensrepräsentation genannt. Nahezu jeder Autor ([Bul89, S. 32ff], [Gab90, S. 224ff], [Got90, S. 21ff], [Joh90, S. 91ff], [Cre91, S. 12ff], [Wer92, S. 149ff], [Fis94, S. 107ff], [Glu97, S. 263]) nennt dabei die folgenden: Logik, Regeln (Rules), Restriktionen (Constraints) und objektorientierte (oo) Ansätze als da wären: Semantische Netze und Frames bzw. Objekte. Letztere wurden unabhängig von der künstlichen Intelligenz (KI) im Rahmen des oo-Paradigmas entwickelt [Cre91, S. 22].

Kein System ist i.d.R. durch eine Repräsentationsform allein erfassbar, sondern man wird wahrscheinlich immer eine Kombination wählen müssen [Gab90, S. 235]. Allerdings wird den objektorientierten Repräsentationsformen (Frames/Objekte) ein großes Gewicht beigemessen (vgl. [Gab90, S. 236], [Wer92, S. 151f], [Fis94, S. 162]). Durch Objekte lassen sich deklaratives und prozedurales Wissen kapseln und beliebig große, gut strukturierte Wissensseinheiten repräsentieren [Wer92 S. 153]. FISCHER [Fis94, S. 162f] beschäftigt sich auch eingehend mit erfolversprechenden Modellierungsansätzen zu gegebenen Problemstellungen. Er zeigt, dass sich mit Hilfe objektorientierter Ansätze wichtige Probleme in der Entscheidungsunterstützung, nämlich Komplexität, Unsicherheit (Risiko), Unschärfe und Unstrukturiertheit meistern lassen, was wiederum den allgemeinen Anforderungen an den Umgang mit Komplexität entspricht (vgl. Kap. 3.2.1, S. 46ff).

Daraus lässt sich schließen, dass sich durch objektorientierte Ansätze auch die wesentlichen Aspekte des ETMSS modellieren lassen. Ferner setzt sich die oo-Programmierung

immer weiter durch, mit besonderen Vorteilen bei Anwendungen im Intranet und über Unternehmensgrenzen hinaus (Extranet / Internet)⁴⁹.

Unter den verschiedenen Modellierungstechniken für oo Software sticht die Unified Modelling Language (UML) wie keine andere hervor: „UML hat seit ihrer ersten Veröffentlichung vor wenigen Jahren einen einzigartigen Siegeszug unter den Modellierungstechniken angetreten.“ [Bal00b] (vgl. [Pic01, S 221]). Die UML [OMG99] und die oo Analyse (OOA), das oo Design (OOD) und der oo Entwurf sind umfangreich dokumentiert (z.B. [Bal99], [Bal00a], [Bal00b], [Ban99], u.v.m.). Die UML erfüllt ebenfalls die Anforderungen an Modellierungsmethodiken aus dem Systems Engineering (vgl. [Neg98, S. 54]). Abbildung 5-2 gibt hier nur einen kurzen Überblick über die umfangreichen Beschreibungsmöglichkeiten der UML: Geschäftsprozessdiagramme (Use Case Diagram) beschreiben Geschäftsprozesse und ihre Zusammenhänge im Überblick, während Aktivitätsdiagramme (Activity Diagram) die einzelnen Prozesse detaillieren; softwareseitig definieren Klassendiagramme (Class Diagram) statische Datenstrukturen; einzelne Methoden, aber auch Prozesse können mittels Aktivitätsdiagrammen, Zustandsautomaten (Statechart Diagram), Kollaborations- und Sequenzdiagrammen (Sequence und Collaboration Diagram) dargestellt werden; zur Beschreibung der Implementierung in einer realen Systemarchitektur stehen Komponentendiagramme (Component Diagram) zur Verfügung.

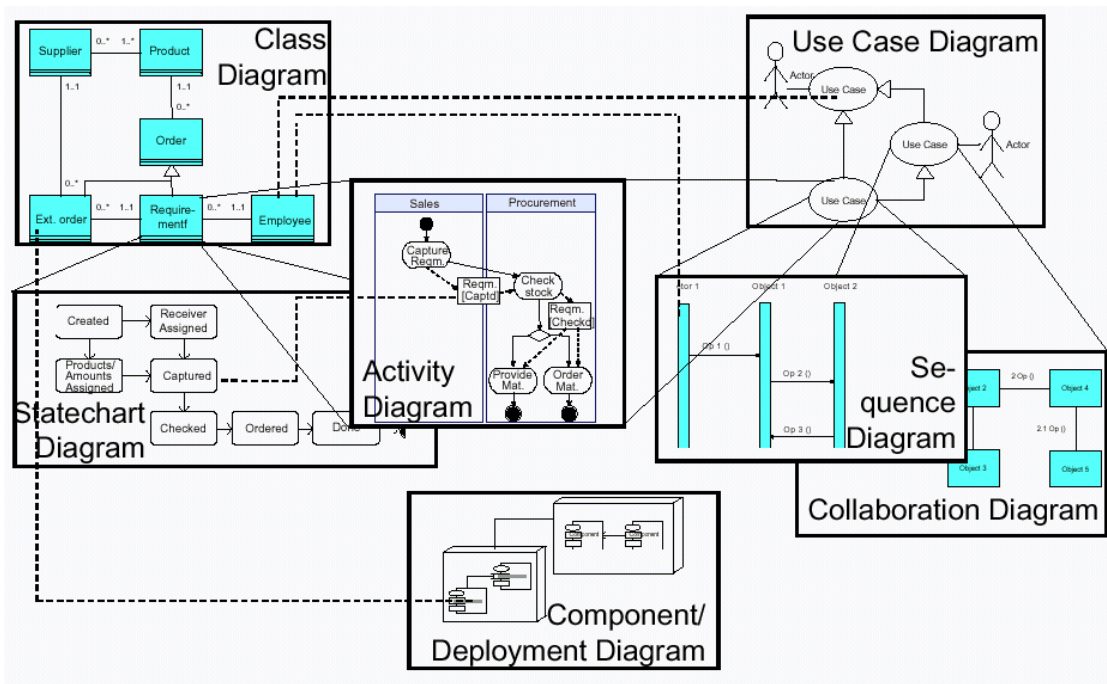


Abbildung 5-2: UML Diagrammübersicht [Loo98]

Allerdings hat UML wegen des Fehlens entsprechender Metamodelle Schwächen in der Unternehmensmodellierung aufzuweisen, obwohl sie auch dafür eingesetzt wird (vgl. [Bal98, S. 721ff]). Dies kann bei der integrierten Entwicklung von Methoden-, Daten-

⁴⁹ “[A] Trend that predates the Web, but was greatly stimulated by it, is the shift to “object-oriented” programming. [...] Another advantage of object-oriented programming is that groups of users can create and share new classes of objects. This makes object-oriented programming particularly suited to the group-based nature of the Web. It is no surprise that just about every programming language that was not object-oriented has now become so.” [ECO01]

und Prozessmodellen für das ETM störend wirken, aber dieser Aspekt wurde von verschiedenen Autoren ebenfalls beleuchtet⁵⁰ (z.B. [Kle97], [IDS01]). Trotz dieser Schwächen bei der Unternehmensmodellierung fällt die Wahl auf UML als Modellierungstechnik wegen ihrer Stärken in der oo-Programmierung und der Möglichkeit, mit ihrer Hilfe wissensbasierte Entscheidungsunterstützungssysteme zu definieren.

Da das zu beschreibende ESS nicht von Null an sondern vielmehr als integrierte Ergänzung vorhandener Unternehmensmodelle aufgebaut werden soll, muss eine geeignete Unternehmensmodellierungstechnik mit entsprechendem Modell ausgewählt werden. Vor allem aus praktischen Erwägungen fällt hierbei die Wahl auf ARIS, weil ARIS als Modellierungsmethode immer noch einen weiten Vorsprung vor anderen hat ([Kle97], [IDS01], [Krc01]). Alternative Methoden bzw. Unternehmensmodelle stehen teilweise nicht als geeignetes Referenzmodell zur Verfügung (z.B. semantisches Objektmodell [Krc01]) oder haben ein eingeschränktes Beobachtungsfeld (z.B. Aachener PPS-Modell [Fri99]). SCHEER [Sch97a] hingegen beschreibt ein vollständiges Unternehmensmodell mit Datenstrukturen, Methoden und Prozessen. Jedoch nutzt er relationale (Entity Relationship Modell ERM) und nicht oo-Techniken (UML) in der Darstellung der Datenstrukturen, was aber keinen Hinderungsgrund darstellt, denn ERMs lassen sich verlustfrei in Klassendiagramme überführen. Abbildung 5-3 verdeutlicht dies. Außerdem lassen sich die zentralen Prozessbeschreibungen aus ARIS, die ereignisgesteuerten Prozessketten (EPK), ebenso in Aktivitätsdiagramme der UML überführen und umgekehrt (Abbildung 5-4).

Statisches Modell		
Konzept	Unified Modelling Language	Entity Relationship Modell (ARIS)
Vererbung		
Assoziation mit Attributen und Kardinalitäten		
Aggregation		
Subsystem / Packungen		

Abbildung 5-3: Vergleich ERM und UML-Notation für statische Datenmodelle [Sch97b]

⁵⁰ Nebenbei bemerkt bemühen sich die Vertreter anderer Modellierungstechniken auch um Erweiterungen ihrer Techniken im Sinne der UML – z.B. die objektorientierte Umgestaltung etablierter Tools wie ARIS [Sch97b] (vgl. auch [Sch97a, S. 54ff]) – oder um den Abgleich zwischen ARIS und UML [Loo98]

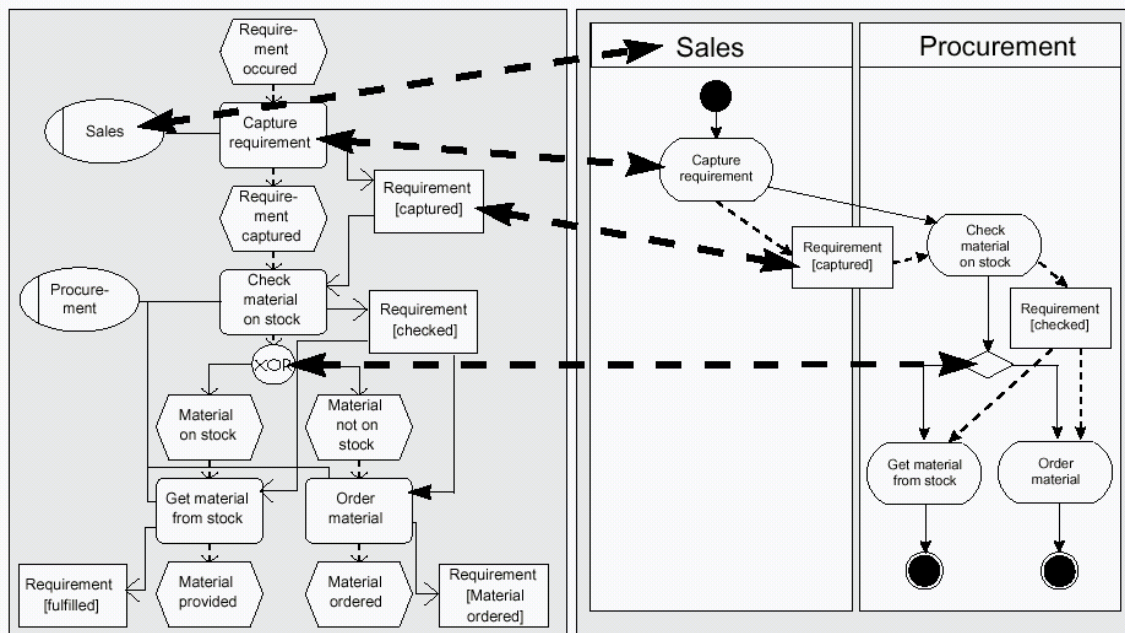


Abbildung 5-4: Übertragbarkeit von EPKs in Aktivitätsdiagramme (ARIS vs. UML) [Loo98]

Ein solches Verfahren birgt auch für die spätere Umsetzung in der realen Unternehmenswelt mit zumeist großen relationalen Datenbanksystemen keine Risiken. Die Anbindung von oo-Systemen an relationale Datenbanken ist hinlänglich untersucht worden (vgl. [Col96], [Bal99, S. 303ff]).

Die in dieser Arbeit angestrebte Modellierungstiefe ergibt sich entsprechend dem Ablauf einer oo-Programmierung und dem mehrschichtigem Aufbau moderner Softwaresysteme (vgl. Abbildung 5-5). BALZERT (HEIDE) beschreibt den Zusammenhang zwischen Software-Entstehungsprozess und –Aufbau (s.u.).

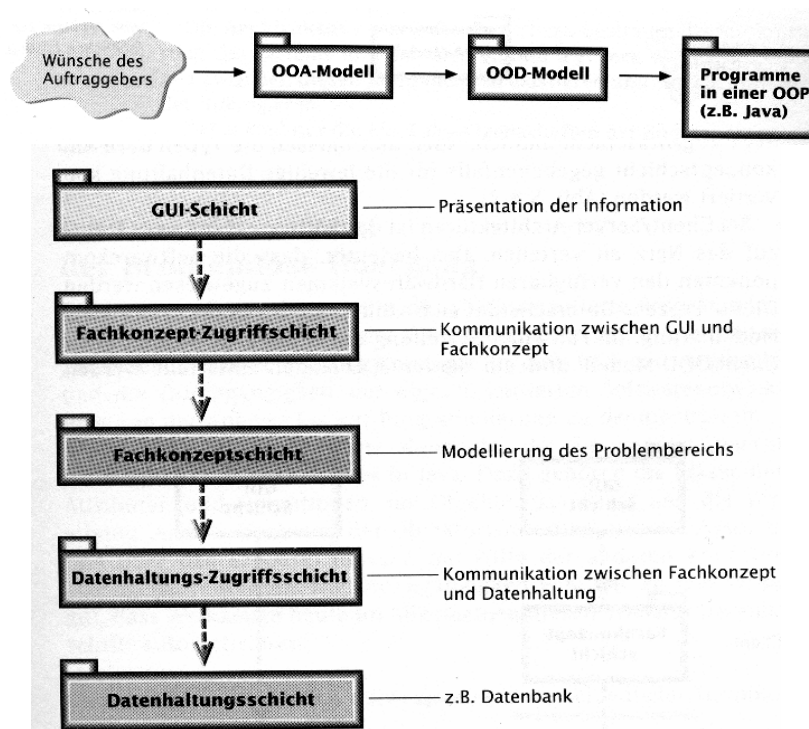


Abbildung 5-5: Ablauf oo-Programmierung [Bal00b] und moderne Mehr-Schichten-Architektur für oo-Programmierung [Bal99, S. 376]

„Das OOA-Modell [oo-Analyse] bildet die erste Version der Fachkonzeptschicht, die unter den Aspekten des Entwurfs verfeinert und überarbeitet wird. Diese Aufgabe wird erheblich dadurch vereinfacht, dass von der Analyse zum Entwurf kein Paradigmenwechsel stattfindet. Das OOA-Modell hat die Aufgabe, das zukünftige System aus Benutzersicht fachlich korrekt zu modellieren, wobei die Effizienz keine Rolle spielt.[...] Das OOD-Modell [oo-Design] hat dagegen das Ziel, eine effiziente Anwendung zu modellieren, die auf einem Computer ausgeführt werden kann. Das OOD-Modell ist also ein Modell des Lösungsraums. Viele Verfeinerungen erfolgen daher unter dem Gesichtspunkt der Effizienz. Wie bei der klassischen Entwicklung sollte sich die Effizienz der guten Struktur unterordnen. Außer der Effizienz müssen Aspekte der Wiederverwendbarkeit berücksichtigt werden.“
[Bal99, S. 377]

Das Ziel dieses Kapitels ist demnach ein erstes Modell der Fachkonzeptschicht. Das entspricht im Sinne des Grundmodells (s. Abbildung 5-1) der Strukturierung der Wissensbasis und der Beschreibung der Problemlösungskomponente. Der Schwerpunkt liegt also auf den Modellierungsansätzen für die ETV-Zusammenhänge und -Probleme und der statischen Struktur des Systems, d.h. der Objekte in der Wissensbasis. Allgemeine Prozesse im Zusammenspiel mit dem ETMSS werden ebenfalls erörtert.

Im folgenden Kapitel „Systemlösungen“ (Kap. 6, S. 117) wird dann ein Kernprozess des integrierten ETM an einem durchgängigen Beispiel vorgeführt.

Da im Folgenden die Begrifflichkeiten der UML vermehrt zum Einsatz kommen, werden zur besseren Erkennung die festgelegten UML-Begriffe im Text *kursiv* dargestellt. Die Klassennamen und weitere Modellbestandteile werden in ‚Anführungszeichen‘ gesetzt.

5.3 Modellierung der ETV für ein integriertes ETMSS mit Hilfe der UML (Überblick)

Die Ersatzteilversorgung ist eingebettet in die Gesamtstruktur eines Unternehmens. Abbildung 5-6 zeigt ein Unternehmensmodell auf oberster Ebene. In oo-Darstellung geschieht dies durch die Strukturierung in *Pakete* (oder *Subsysteme*). Das Unternehmen teilt sich analog der durch SCHEER [Sch97a] gewählten Aufteilung in Logistikprozesse, Leistungsgestaltungsprozesse und Informations- und Koordinationsprozesse. *Pakete* aus allen Bereichen müssen *kollaborieren*, um das gewünschte Ergebnis „langfristige kostenoptimale Ersatzteilversorgung unter Berücksichtigung von Versorgungszielen und -risiken“ zu gewährleisten. Die Schlüsselrolle kommt dabei dem *Paket* Ersatzteilmanagement (ETM) zu, das das avisierte ETMSS beinhalten soll.

Kunden und Lieferanten sind als *Akteure* außerhalb des Unternehmensmodells dargestellt. Kunden treten mit den *Paketen* Marketing, Qualitätsmanagement, Entwicklung und Konstruktion und Vertriebslogistik in Kontakt; die Lieferanten sind über Entwicklung und Konstruktion sowie Beschaffungslogistik angebunden.

Die einzelnen *Pakete* unterhalten eine Vielzahl von Beziehungen untereinander, diese stehen jedoch nicht im Fokus dieser Arbeit und werden daher nicht objektorientiert modelliert.

Außer den dargestellten *Paketen* sind sinnvolle Erweiterungen denkbar, aber nicht zwingend erforderlich, z.B. in den Logistikprozessen ein *Paket* für eine gesonderte Langfrist- oder Grobplanung unter Einsatz eines Advanced Planning Systems (APS) (vgl. [Sta00])

oder eine integrierte Haltung der Beschreibungsdaten in einem Produktdaten-Management-System (PDM) in den Leistungsgestaltungsprozessen.

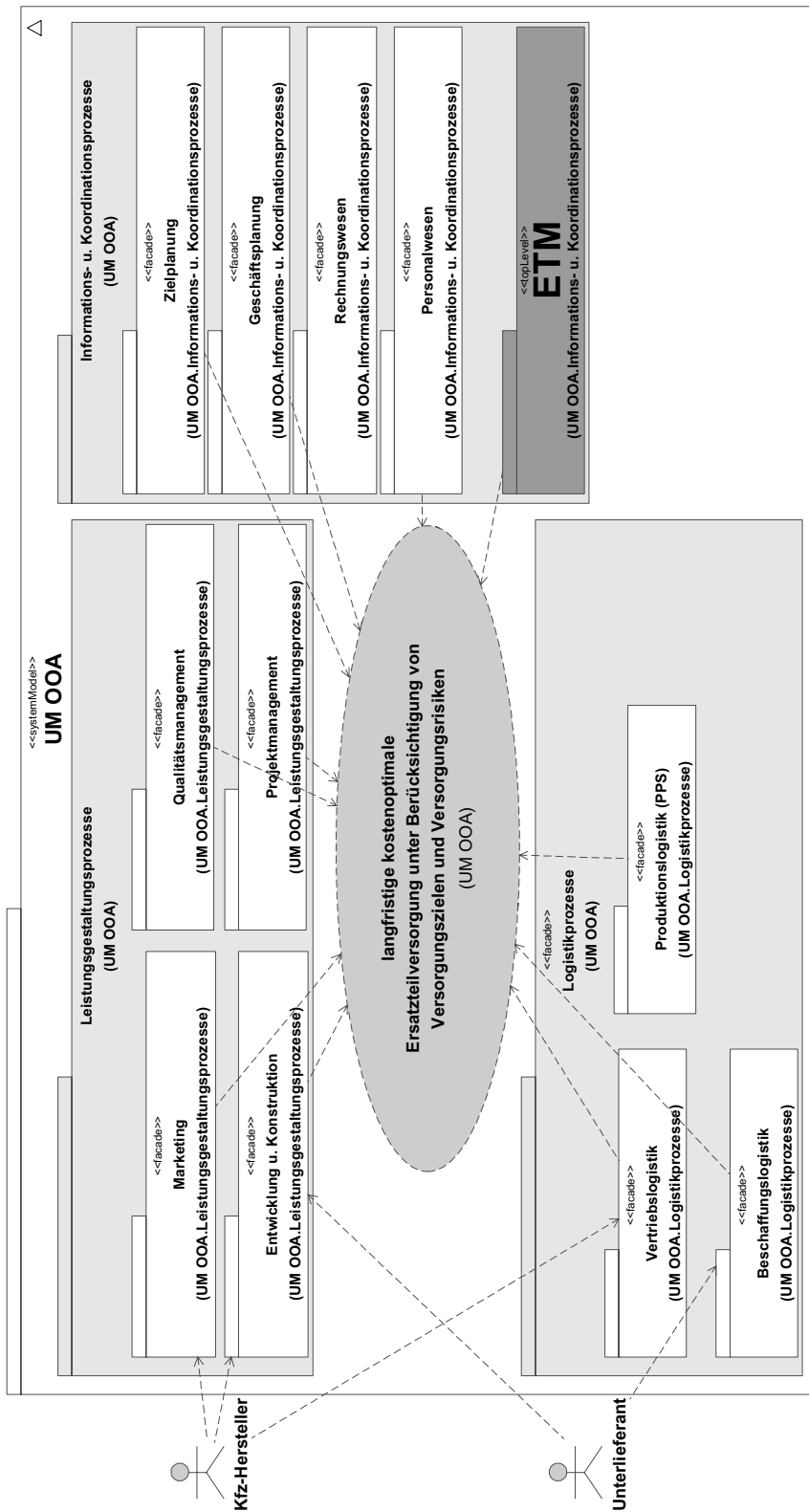


Abbildung 5-6: Unternehmensdatenmodell in UML modelliert in Anlehnung an SCHEER [Sch97a]

Durch die Einbettung der ETV und des ETM in ein Unternehmensmodell und damit auch in ein zugrundeliegendes Unternehmensdatenmodell lassen sich Prozesse, Methoden/Werkzeuge und Datenstrukturen integriert modellieren.

5.3.1 Modellierungsansatz für das ETMSS

Nachdem die methodische Basis für die *Kollaboration* in Sachen ETM bereits in Unterkapitel 3.2.2 (S. 50ff) geklärt wurde, kann nun das ETMSS formalisiert werden (vgl. [Neg98, 66 ff.]). Zunächst werden die Systemelemente und ihre Ordnungsrelationen (Aufbaustrukturen) für die Wissensbasis identifiziert. Dies geschieht in der OOA mit Hilfe eines *Klassendiagramms*. Die wichtigste *Klasse* für die Modellierung ist der Betrachtungsgegenstand für das LCC nach KEMMINGER (s.o.) – in diesem Fall die ‚Kfz_Elektronikkomponente‘ (Komponente). KEMMINGER lässt verschiedene Interpretationen der Komponente innerhalb einer Produktsystematik zu [Kem99, S. 148ff]. Bezogen auf die Sicherstellung der Ersatzteilversorgung muss die Wahl der Ebene in der Produktsystematik flexibel je nach Kompatibilitäten hinsichtlich „Form, Fit und Function“ der Komponenten erfolgen. Die Kfz-Elektronikkomponente ist im Sinne von SCHEER [Sch97a, S. 513] eine Planmaterialgruppe aus Eigenteilen. Man könnte sie auch als ‚Montagefamilie‘ o.ä. bezeichnen. Die Klassifizierung in Kfz-Elektronikkomponenten geschieht unter versorgungstechnischen und Produkt-Gesichtspunkten: Baugleiche Eigenteile mit unterschiedlicher Software lassen sich beispielsweise zusammenfassen, aber auch kompatible und nicht baugleiche Produktgenerationen. Bei der versorgungstechnischen Abgrenzung sollte darauf geachtet werden, dass alle Eigenteile innerhalb eines abgegrenzten Produktionssystems hergestellt werden. Dies ist im Falle der Kfz-Elektronik kein sonderliches Problem, weil – vielleicht abgesehen von der Leiterplattenbestückung – meist kundenspezifische Montagesysteme existieren, oder die Varianten erst durch Software erzeugt werden. Eine gute Einstiegsmöglichkeit, ein Produktionssystem zu definieren, besteht in der Suche nach den fast immer spezialisierten Endprüfplätzen. Viele PPS-Systeme weisen bereits Klassifizierungen der Arbeitsplätze auf, allerdings kann man nicht grundsätzlich davon ausgehen. Somit muss ggf. eine einmalige Zuordnung der Eigenteile auf Kfz-Elektronikkomponenten manuell vorgenommen werden. Demzufolge ist die Komponente eine *Komposition* aus ‚Eigenteilen‘ eines Kfz-Elektronikzulieferers.

Eigenteile sind eingebettet in die Beschreibungsdaten des *Paketes* ‚Produktionslogistik‘. Über die Stücklistenstruktur lassen sich die Beziehungen zu einfließenden ‚Fremdteilen‘ und bedarfstragenden ‚Enderzeugnissen‘ ermitteln. Ferner ist mit dem ‚Teil‘ nicht nur die Aufbaustruktur verknüpft, sondern auch die Zeit- und Kapazitätsplanung (vgl. [Sch97a, S.210ff]). Für eine detaillierte Kostenaussage ist dieser Bereich mit abzubilden. Da nicht zwingenderweise eine 1:1-Beziehung zwischen Komponente und Eigenteil besteht, müssen diese Informationen sinnvoll in der *Klasse* ‚Produktionssystem‘ gebündelt werden. Abbildung 5-7 gibt diese Systemstruktur wieder.

Die *Klasse* ‚Enderzeugnis‘ hat eine *Assoziation* zu der *Klasse* ‚Kunden‘ aus dem *Paket* ‚Vertriebslogistik‘ und ‚Fremdteile‘ über die ‚Herstellertypen‘ zu den ‚Herstellern‘ aus dem *Paket* ‚Beschaffungslogistik‘. Allerdings ist anzunehmen, dass in der ‚Beschaffungslogistik‘ hauptsächlich aktuelle und vergangene Einkaufsbeziehungen abgebildet sind. Für die Suche nach Alternativbauteilen sind aber mögliche zukünftige Beziehungen interessant. Die Fa. Hella besitzt z.B. zu diesem Zweck eine Bauelementdatenbank.

Wenn diese nicht vorhanden ist, sollten die Strukturen im ETM abgebildet werden. Auf dieser Grundlage sind die logischen Zusammenhänge der Supply-Chain in der Wissensbasis abgebildet – und zwar in der aktuellsten, umfassendsten Form, die einem Kfz-Elektronikzulieferer zur Verfügung steht. Die ‚Kfz_Elektronikkomponente‘ ist weiterhin *assoziiert* mit ‚Langfrist_Bedarfsverlauf‘, ‚Produktionssystem‘ und ‚Versorgungsszenario‘ (VSz), wobei alternative VSz, Produktionssysteme oder Bedarfsverläufe durch unterschiedlichen Stati unterschieden werden können. Das VSz wiederum ist eine *Aggregation* aus ‚Versorgungsstrategie‘ (VS). Die genaue zeitliche und anteilmäßige Zusammensetzung wird durch die *assoziative Klasse* ‚Komposition‘ geregelt.

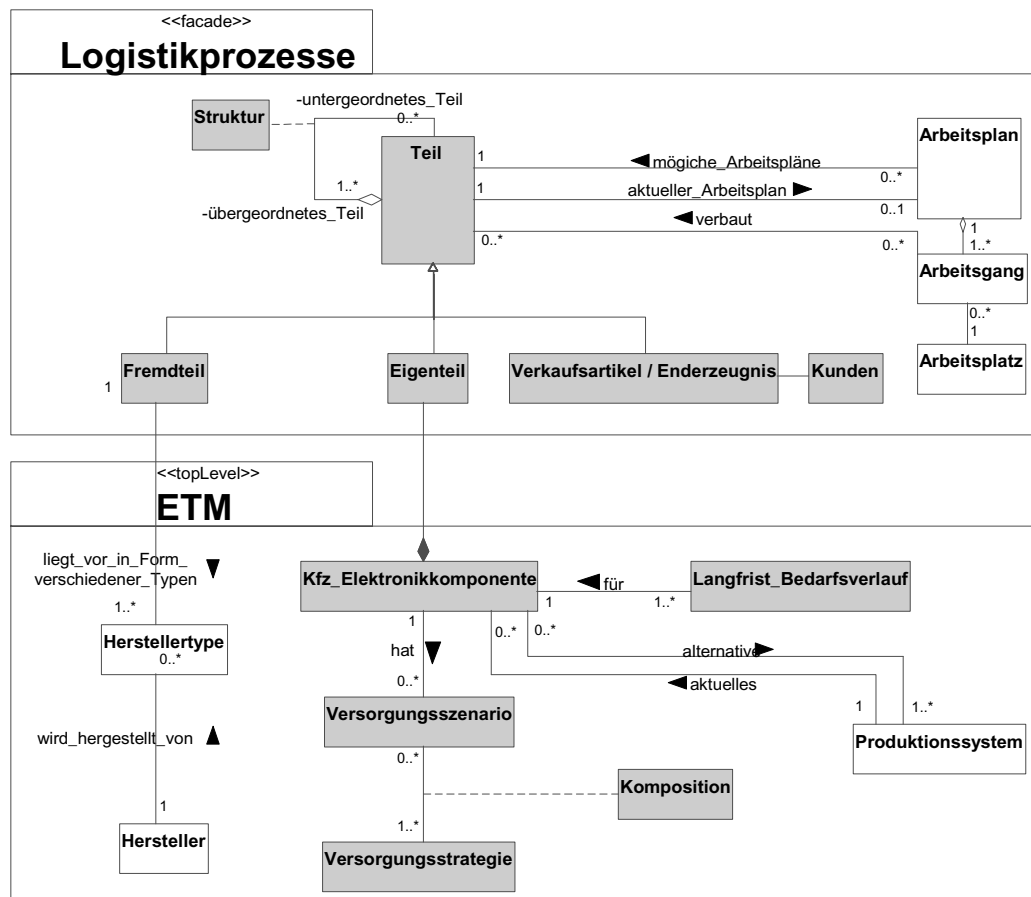


Abbildung 5-7: Basisstruktur des ETMSS

Ein weiterer wichtiger Aspekt für die Systemmodellierung ist die Untersuchung der Zeitabhängigkeiten in der ETV, weil diese großen Einfluss auf den Modellierungsaufwand hat. Da mit Hilfe des ETMSS Aussagen über lange Zeiträume von bis zu 25 Jahren (in Extremfällen⁵¹ evtl. bis zu 50 Jahren) getroffen werden sollen, ist diesem Punkt eine erhebliche Bedeutung beizumessen. Ausgangsbasis für die Wahl der Zeitbasis sind die auftretenden Zustände des Systems. Die ETV als System ist so definiert, dass sie an sich nur internen Risiken (Maschinenschaden) ausgesetzt ist. Diese sind in jeder Unternehmung eher allgemeiner Natur und werden auch durch andere Geschäftsprozesse abgedeckt. Das ETMSS an sich ist somit statisch. Die entscheidenden Einflüsse auf das System kommen aber von außen in Form von Bedarfen (prognostizierten und realen) und

⁵¹ BMW gibt aus Marketinggesichtspunkten für den Z8 eine Ersatzteilliefergarantie von 50 Jahren. DaimlerChrysler wirbt für die Marke Mercedes Benz mit 30 Jahren (Anzeige Apr. 1999).

Ereignissen, wie z.B. eine Bauelementabkündigung. Viele dieser Ereignisse kündigen sich zwar im Vorfeld an, d.h., die Wahrscheinlichkeit ihres Eintreffens steigt stetig mit der Zeit, entscheidend ist aber ihr tatsächliches Eintreffen. Die Bedarfe treten in Form von diskreten Bestellungen oder als Planung auf. Planungen werden in der Unternehmensrealität ebenfalls diskret dargestellt [Sch97a, S. 101]. Aus dieser Überlegung ergibt sich, dass es für die Belange dieser Arbeit ausreicht, wenn man für das ETMSS eine diskrete Zustandsmenge annimmt. Im Falle einer solchen ist eine diskrete Zeitbasis ausreichend und man kann auf eine wesentlich aufwendigere kontinuierliche Zeitbasis verzichten (vgl. [Neg98, S. 99 ff.]).

Weiterhin ist die Frage nach den funktionalen Zusammenhängen des Systems entscheidend für die weitere Vorgehensweise. Damit sind die Funktionen innerhalb einzelner Systemelemente und die Input-Output-Verknüpfungen zwischen den Elementen, sog. Flussrelationen, gemeint. Letztere bestimmen die Ablaufstruktur des Systems (vgl. [Neg98, S. 71ff]). Funktionen und Flussrelationen sind nach dem oo-Paradigma als *Methoden* innerhalb eines *Objekts* zu realisieren. Funktionen lassen sich deskriptiv, qualitativ oder quantitativ beschreiben. Für eine softwaretechnische Automatisierung im Rahmen eines ESS ist zumindest eine qualitative Formulierung, z.B. durch Regeln, Restriktionen (*Constraints*) oder Prozeduren, notwendig. Eine quantitative Formulierung durch mathematische Formulierungen dürfte jedoch nahezu aussichtslos sein, weil viele Zusammenhänge der ETV in einem wissensbasierten Entscheidungsunterstützungssystem zwangsläufig auf Expertenmeinungen und Einschätzungen basieren. Für das mögliche Simulationsmodell, das die Problemlösungskomponente des ESS darstellt, gilt: Es handelt sich um ein dynamisches, qualitatives, diskretes und weitestgehend deterministisches Modell, d.h. viele zu erwartende Aussagen haben einen vagen Charakter, aber evtl. stochastische/indeterministische Einflüsse und Ablaufstrukturen werden zunächst vernachlässigt bzw. durch deterministische Strukturen angenähert. Es mag zwar durchaus Sinn ergeben, zum Beispiel die zu erwartenden Bedarfe oder Bauelementabkündigungen mit Wahrscheinlichkeitsfunktionen zu versehen, aber davon wird aus Performancegründen abgesehen, weil dies die Ausführung und Speicherung zahlreicher Simulationsläufe über die gesamte (zumeist riesige) Wissensbasis im Sinne einer Monte-Carlo-Simulation bedeutet (vgl. [Neg98, S. 104]).

Für die diskrete Simulation muss eine Zeitbasis so festgelegt werden, dass die Fragestellungen des ETM abgedeckt werden, ohne die Präzision und den Aufwand zu übertreiben. Als Arbeitsgrundlage kommt folgendes Periodenraster zum Einsatz: Im Nahbereich wird mit Monaten gearbeitet. Dadurch lassen sich einzelne Ereignisse und eingeleitete Gegenmaßnahmen hinreichend genau verfolgen; z.B. werden Bauelementabkündigungen ca. ein halbes Jahr vor dem „Last-Order-Date“ angekündigt. Für die Geschäfts- und Maßnahmenplanung des laufenden und nächsten Geschäftsjahres wird mit Quartalen gearbeitet. Darauf sind Halbjahre ausreichend, um die Mittelfristplanung zu unterstützen. Der langfristige Bereich von 4-15 oder mehr Jahren kommt mit einem Jahresraster aus.

Die Ablaufstrukturen des ETMSS lassen sich nach diesen Überlegungen wie folgt darstellen: Veränderungen in den Kontextvariablen treffen als Ereignisse einer Periode auf ein im Grunde statisches Modell. Für jede Periode lässt sich somit die Anwendbarkeit von ‚Versorgungsstrategien (VS)‘ und die jeweils anfallenden Kosten für jede einzelne Komponente prüfen und vergleichen. Das ‚Versorgungsszenario (VSz)‘ stellt mittels der ‚Komposition‘ die Ergebnisse zusammen und gibt Fehlermeldungen aus, sofern sich kei-

ne sinnvolle und lückenlose Abfolge von VS je Komponente ergibt. Die aussagekräftige Definition eines Versorgungsszenarios ist daher entscheidend für die weitere Vorgehensweise.

5.3.2 Ausgestaltung eines Versorgungsszenarios im ETMSS

Ein Versorgungsszenario muss periodenweise die Kontextvariablen bzw. ihre Einflüsse auf die ETV darstellen. Wie die Analysen im Kapitel 2 ergeben haben, handelt es sich im wesentlichen um Ersatzteilbedarfe und externe Versorgungsrisiken. Diese müssen visualisiert und in ihrem Einfluss auf die Versorgungsperformance bewertet werden.

Der Bedarf schlägt sich vor allem in der Kostensituation einer VS für eine Komponente nieder (s. Kap. 5.4.5, S. 109). Die Risiken müssen nach einem sinnvollen Verfahren erfasst werden und in die Bewertung einfließen (s. Kap. 5.4.3, S. 105). Ferner muss die Eignung verschiedener VS für eine Komponente anhand von statischen Produkttypologien (vgl. [Dom01]) grundsätzlich geprüft werden (s. Kap. 5.4.2, S. 102). In allen drei Bereichen besteht die Schwierigkeit darin, verschiedene Versorgungsstrategien und die Einflüsse von Versorgungsrisiken auf die VS gleichwertig zueinander darzustellen. Dazu bedarf es Verfahren zur einheitlichen Beschreibung verschiedener VS. Diese werden jeweils bzgl. Eignung, VR und Kostensituation eingeführt. Auf Basis dieser Faktoren lassen sich mit Hilfe einfacher Plausibilitätsprüfungen (s. Kap. 5.4.4, S. 108) bereits gezielte Empfehlungen für das ETM ableiten (s. Kap. 5.4.6, S. 112).

Die genaue Verteilung der Versorgungsleistung auf einzelne Versorgungsstrategien erfolgt durch prozentuale Verteilung der Bedarfsmengen auf die Strategien. Dazu sind die generelle Verfügbarkeit von VS und deren Ausbeute entscheidend. Beide Faktoren sind zeitabhängig. Zum Beispiel kann eine Komponente für Aufarbeitung sehr gut geeignet sein. Die Aufarbeitung an sich wäre somit 100%ig verfügbar, aber die Rücklaufquoten der Altteile sind zu gering, weshalb der Gesamtbedarf nur anteilmäßig (x%ig) durch Aufarbeitung gedeckt werden kann. Mit der Zeit nimmt die Verfügbarkeit mit wachsenden Versorgungsrisiken ab (z.B. Betriebsmittelverfügbarkeit oder Verbleib von Know-How-Trägern im Unternehmen), aber die Ausbeute steigt, je älter die Fahrzeugflotte wird bzw. je mehr Altfahrzeuge entsorgt werden.

Abbildung 5-8 stellt einen VSz als Layoutbeispiel für einen druckbaren Report dar. Die dargestellten Verläufe sind dem Praxisbeispiel in Kapitel 6.1 (S. 117ff) entnommen.

Oben links wird die Definition der Kfz-Elektronikkomponente als Gruppenbezeichnung und Erstellungsdatum des VSz angezeigt. Das Datum dient auch zur Versionskontrolle.

Des Weiteren werden oben rechts die periodischen Bedarfe je Variante und gebündelt dargestellt. Der Bedarf könnte auch im Plan, Soll und Ist dargestellt werden (s. Kap. 5.4.5, S. 109), aber die genaue Ausgestaltung dieses Bereichs hängt stark vom verfügbaren Detaillierungsgrad innerhalb eines Unternehmens ab.

Als nächstes folgt die Anzeige der wesentlichen VR zur Komponente. In diesem Fall als Listanzeige mit den eingestellten Parametern (s. Kap. 5.4.3, S. 105). Denkbar wäre hier auch eine graphische Aufarbeitung wie in Abbildung 6-7 (S. 121).

Darunter wird die statische Eignung von Versorgungsstrategien für die Komponente dargestellt. Da es sich hierbei um eine Abschätzung handelt, wird die Eignung nur als Schulnote (sehr gut, gut etc.) symbolisch dargestellt.

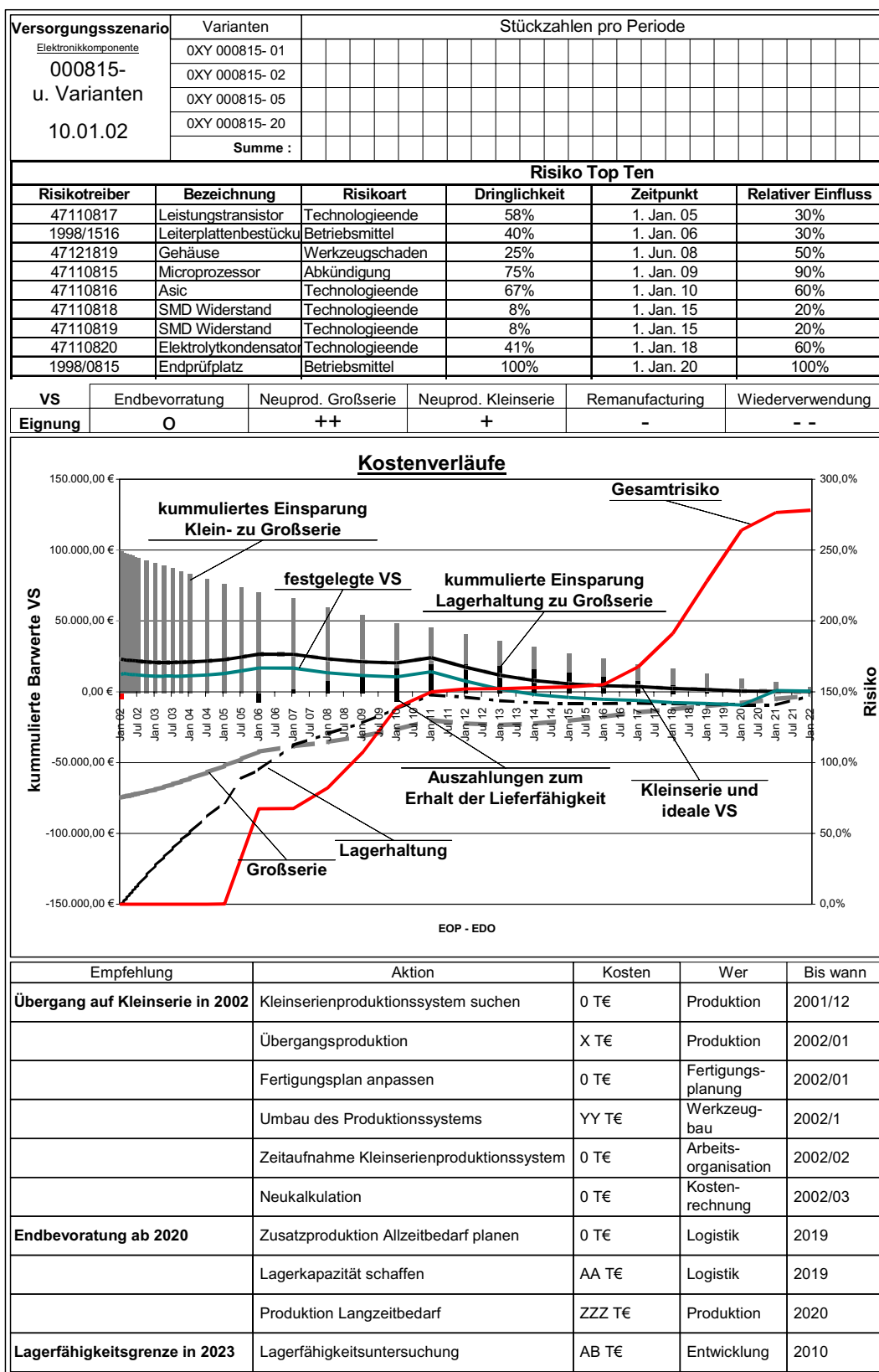


Abbildung 5-8: Layout-Beispiel eines Versorgungsszenario-Reports

Die Graphik mit den kumulierten Kosten, Erlösen und potentiellen Einsparungen entsprechend dem LCC-Konzept nach KEMMINGER (s. Kap. 3.2.2, S 50ff) ist das Herzstück des VSz. Sie basiert auf einer LCC-Kostensimulation, die bereits die angeordneten und bewerteten Maßnahmen zur Risikovermeidung und zum Strategiewechsel berücksichtigt.

Sie liefert also auf einen Blick die Aussage, welche Strategiekombination zeitlich bewertet die günstigste ist und welche Einsparpotentiale durch Strategiewechsel realisiert werden können. Wenn man zum Zwecke der Risikoabwehr die günstigste Strategiekombination verlässt und sich auf eine andere Kombination festlegt, so lässt sich dies auch sofort bewertet darstellen (s. festgelegte Strategie).

In dieser Graphik ist ein Gesamtrisikoverlauf auf einer zweiten Skala mit aufgeführt, der sich aus den einzelnen VR ergibt. Die Darstellung mit einer Prozentskala ist zwar nicht ganz logisch aber darstellungstechnisch einfacher.

Der untere Bereich des Reports ist für Empfehlungen des ETMSS und die Aufgabenplanung vorbehalten. Aus dem Periodenraster ergibt sich: Je weiter die Aktionen in der Zukunft liegen, desto ungenauer sind sie eingeplant. Eine zeitliche Detaillierung kann bei näherrückendem Termin erfolgen. Die Aktionen muss der ET-Manager aus den Empfehlungen ableiten und festlegen. Hierzu wären auch Entscheidungsunterstützungen in Form von Standardprojektplänen als Reaktion auf bestimmte Empfehlungen denkbar, was aber vorerst vernachlässigt wird, weil dazu erst Erfahrung im ETM aufgebaut werden muss.

Abbildung 5-8 ist nur eine mögliche Form der Darstellung eines VSz. Es gibt sicherlich viele sinnvolle Ergänzungen, die dann aber wahrscheinlich nicht mehr auf eine Druckseite passen. Ein anderes Medium, z.B. eine spezielle Anzeigemaske im Intranet, bietet hier eventuell mehr Möglichkeiten.

5.4 Modellierung der einzelnen Facetten eines Versorgungsszenarios

Ausgehend von der beschriebenen Zielvorstellung eines VSz wird nun die Ermittlung der einzelnen Faktoren im Detail dargestellt. Im Hinblick auf die softwaretechnische Umsetzung wird jeder Aspekt im Rahmen der OOA statisch und dynamisch beschrieben.

Bei einer manuellen Ermittlung eines VSz können viele Schritte vereinfacht werden oder entfallen bzw. durch Experteneinschätzungen ersetzt werden. Es ist aber gerade das Ziel, die Ermittlung der Faktoren so zu definieren, dass ein einheitliches, personenunabhängiges Bewertungsverfahren für alle möglichen VS entsteht.

5.4.1 Bedarf als Plan, Ist und Soll

An dieser Stelle wird auf die Darstellung eines eigenständigen Prognoseverfahrens verzichtet. Die vorhandenen Ansätze aus Wissenschaft und Technik wurden bereits in Kapitel 4.4 besprochen. Hier geht es vielmehr um die methodische und datentechnische Ausgestaltung der Ersatzteilbedarfe im VSz.

Die Ermittlung der Bedarfe im Rückgriff auf die Bedarfsplanung aus üblichen ERP-Systemen ist nur bedingt möglich, weil die betrachteten Zeithorizonte der Nachserie normalerweise nicht abgedeckt werden und weil die betrachteten Komponenten nicht zwangsläufig 1: 1 in den normalen Planungshierarchien wiederzufinden sind. Natürlich müssen die Informationen aus vorhandenen Systemen genutzt werden, aber ohne Anpassung an die Erfordernisse der ETV wird man diese nicht in ein ETMSS übernehmen können. Sollte allerdings ein spezialisiertes Instrument zur flexiblen Absatzplanung existieren, und sich die ‚Kfz-Elektronikkomponenten‘ z.B. eindeutig als Planerzeugnisgruppe (vgl. [Sch97a, S. 513ff]) wiederfinden lassen, kann auf diesen Baustein evtl. ganz ver-

richtet werden. Übrig bliebe nur ein Umrechnungstool auf das Periodenraster des ETMSS.

Die Unterscheidung verschiedener Bedarfsarten soll ähnlich der flexiblen Plankostenrechnung erfolgen (vgl. [Eve96, S. 18-83f]). Der tatsächliche Bedarf in Form von offenen oder abgearbeiteten Kundenaufträgen entspricht dem Ist. Der Plan ist die gültige Zeitreihe für Berechnungen innerhalb des ETMSS. Aus der Summendifferenz zwischen Ist- und Planbedarfen zum aktuellen Zeitpunkt und einer Prognose auf Basis der Ist-Bedarfe lassen sich neue Soll-Bedarfe für die Zukunft ermitteln, die entweder im Einklang mit dem Plan sind, oder Abweichungen aufweisen. Im Falle von Abweichungen muss der Plan ggf. angepasst werden. Diese Vorgehensweise erscheint im Hinblick auf die VS Endbevorratung auf Komponenten- oder Bauelementebene unumgänglich, weil Abweichungen entweder eine zu hohe Kapitalbindung und Lagerkosten oder Versorgungsengpässe bedeuten.

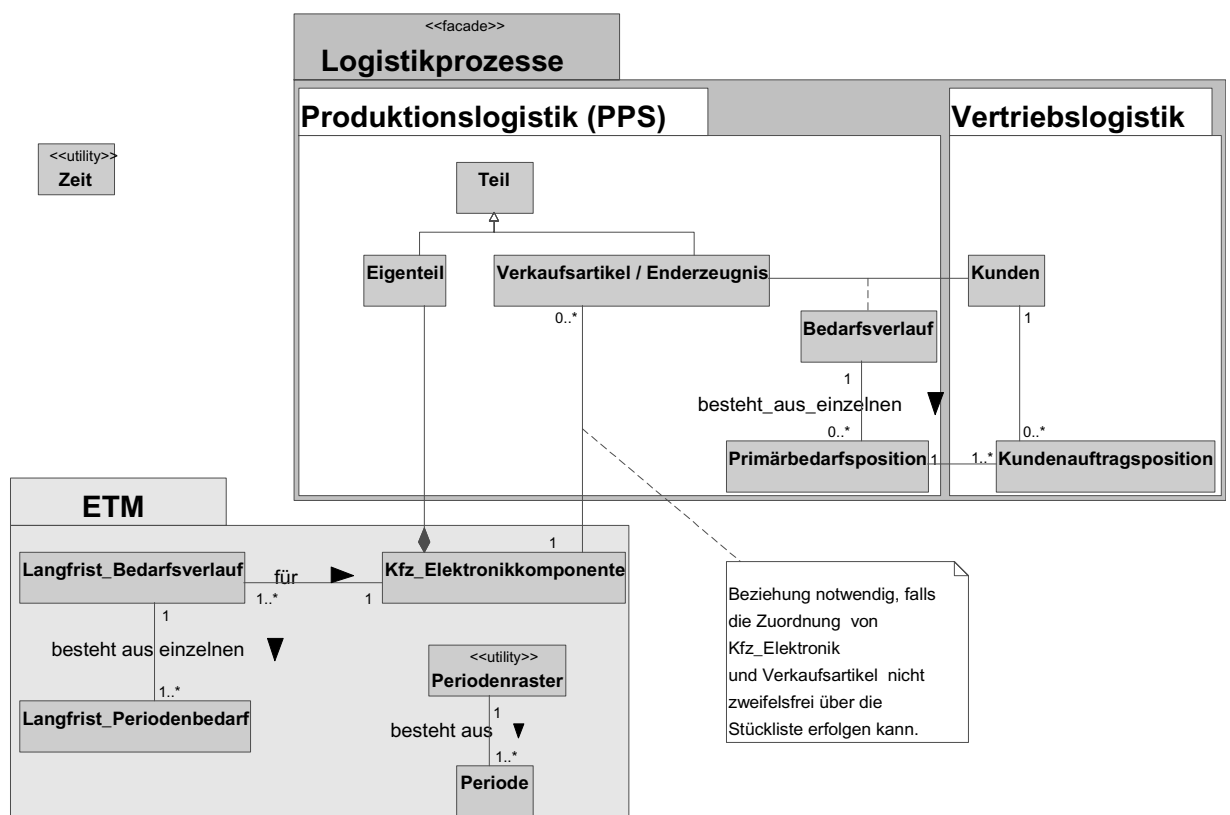


Abbildung 5-9: Statisches Modell für Bedarfe

Abbildung 5-9 zeigt das statische Modell der Bedarfsplanung im ETMSS. Die Abbildung der unterschiedlichen Bedarfsarten im ETMSS erfolgt als Menge je Periode (vgl. [Sch97a, S. 101]). Diese Art der Darstellung ist einfacher als die Darstellung einer Menge zum Termin, wie sie häufig in ERP-Systemen vorliegt. Die Wahl dieser Form ist durch die Zeitbasis des ETMSS vorgegeben.

Der Komponente werden verschiedene *Instanzen* der Klasse ‚Langfrist_Bedarfsverlauf‘ zugeordnet und diese haben wiederum eine *1:n-Assoziation* zur Klasse ‚Langfrist_Periodenbedarf‘. Die Unterscheidung zwischen Plan-, Ist- und Sollbedarfen geschieht mittels des *Attributs* ‚Planart‘. Mit fortschreitender ‚Zeit‘ wechseln die Perioden entsprechend der Festlegungen im ‚Periodenraster‘ und die Periodenmengen müssen ggf.

umgerechnet werden. Dies wird durch eine *Methode* der *Klasse* ‚Langfrist_Bedarfsverlauf‘ realisiert.

Die Ermittlung der Ist-Bedarfe erfolgt durch Datenzugriffe auf die Bedarfszahlen aus den ‚Logistikprozessen‘. Die Zusammenhänge der Absatzplanung sind hier nur verkürzt dargestellt.

5.4.2 Eignung der Versorgungsstrategien für Kfz-Elektronikkomponenten

MAUEL [Mau00] hat in ihrer Diplomarbeit am Beispiel der Aufarbeitung nachgewiesen, dass die Bewertung der Eignung von Versorgungsstrategien für einzelne Kfz-Elektronikkomponenten anhand von Produktmerkmalen möglich ist. Expertenwissen kann durch geeignete Kriterienpläne abgebildet werden. Die Herausforderung besteht nun darin, sämtliche VS nach einem einheitlichen Verfahren zu bewerten und mögliche Synergien durch Mehrfachnutzung einzelner Produktmerkmale aufzudecken.

Die Grundidee ist die detaillierte Betrachtung der VS. Jede VS zerfällt in einzelne Versorgungspotentiale, die wiederum direkt durch die Kriterien beeinflusst werden. Abbildung 5-10 stellt dieses Verfahren im Überblick dar. Im wesentlichen handelt es sich um eine Abwandlung der Nutzwertanalyse, wie sie im SE häufig zur Bewertung von Lösungsvarianten eingesetzt wird [Dae92, S. 203ff]. Auf Basis umfangreicher Kriterienpläne und Gewichtungsmatrizen können im zweiten Schritt zu jeder Kfz-Elektronikkomponente die Kriterienpunktzahl und mit den jeweiligen Gewichtungen durchmultipliziert und addiert werden. Das Ergebnis sind Nutzwertanalysen für jede VS, die untereinander nicht normiert sind. Auf Basis von Testdaten und Erfahrungswerten, kann eine weitergehende Normierung vorgenommen werden, so dass sich eine einheitliche Bewertungspunktzahl für jede VS ergibt. Diese Darstellung macht deutlich, welches Datenvolumen gehandhabt werden muss, um für ein gegebenes Ersatzteilportfolio Aussagen zur Eignung einzelner Versorgungsstrategien zu den Elektronikkomponenten zu erzielen. Das Datenvolumen stellt vor allem durch die teilweise manuellen Eingaben einen erheblichen Aufwand dar, woraus sich der Sinn der Vereinheitlichung und einer Vorselektion durch Ausschlusskriterien ergibt.

Ausgangspunkt für die Ermittlung von VSz ist eine Betrachtung der Zusammenhänge zwischen Versorgungsstrategien, deren Versorgungspotentialen und den eigentlichen Beurteilungskriterien (vgl. Kap. 4.7, S. 83). Nur in wenigen Fällen besteht ein direkter Zusammenhang zwischen Strategie und Kriterium – in diesen Fällen kann man von Ausschlusskriterien sprechen. Dieses Verfahren ist eine Möglichkeit zur Erfassung qualitativer funktionaler Zusammenhänge und Flussrelationen im SE (vgl. [Neg98, S. 72ff]) – allerdings mit dem Unterschied, dass hier durch Gewichtungsfaktoren das Expertenwissen einfließt.

Die Gewichtung $G_{n,m}$ aus Abbildung 5-10 ist also genau genommen zusammengesetzt aus der Gewichtung der Kriterien zum Versorgungspotential und der Gewichtung des Potentials für die Versorgungsstrategie.

**Ausgangsdaten:
Expertenwissen in
Form eines
umfangreichen
Kriterienplanes**

Skalierung der Kriterien	sehr gut	gut	mittel-mäßig	eher ungeeignet	ungeeignet	Gewichtungsmatrix			
Punktebewertung:	10-9	8-7	6-4	3-2	1-0	VS ₁	VS ₂	...	VS _m
Gehäuseverschluss (Kr ₁)	offen	verschraubt	verrastet	verriegelt	verschweißt	50	G _{1,2}	...	G _{1,m}
Baugruppenschutz (Kr ₂)	kein	teilw. gest./lockert	isoliert (lösbar)	isoliert (n. lösbar)	vergossen	0	G _{2,2}	...	G _{2,m}
Kriterium ₃		Ausprägungen für Kr ₃				30	G _{3,2}	...	G _{3,m}
:	:	:	:	:	:	:	:	:	:
Kriterium _n		Ausprägungen für Kr _n				20	G _{n,2}	...	G _{n,m}

$$Kr_{n,K_x} = f(\text{Ausprägung})$$

$$G_{n,m}$$

**Eine nicht normierte
Nutzwertanalyse je
Kfz-Elektronik-
komponente**

1

X

Nutzwertanalyse für K _x	VS ₁	VS ₂	...	VS _m
Kr ₁	$Kr_{1,K_1} \times G_{1,1}$	$Kr_{1,K_1} \times G_{1,2}$...	$Kr_{1,K_1} \times G_{1,m}$
Kr ₂	$Kr_{2,K_2} \times G_{2,1}$	$Kr_{2,K_2} \times G_{2,2}$...	$Kr_{2,K_2} \times G_{2,m}$
:	:	:	:	:
Kr _n	$Kr_{n,K_n} \times G_{n,1}$	$Kr_{n,K_n} \times G_{n,2}$...	$Kr_{n,K_n} \times G_{n,m}$
nicht normierte Eignung:	$E_{K_x,VS_1} = \sum_{i=1}^n Kr_{i,K_x} \times G_{i,1}$	$E_{K_x,VS_2} = \sum_{i=1}^n Kr_{i,K_x} \times G_{i,2}$...	$E_{K_x,VS_m} = \sum_{i=1}^n Kr_{i,K_x} \times G_{i,m}$

**Normierung der
Nutzwertanalysen
nach Sammeln von
Erfahrungswerten**

Kriterienplan zur Eignungen	sehr gut	gut	mittel-mäßig	eher ungeeignet	ungeeignet
VS ₁	150-95	94-66	65-50	49-30	29-0
VS ₂	1000-500	499-400	399-300	299-200	199-0
VS ₃	600-500	499-300	299-200	199-100	99-0
:	:	:	:	:	:
VS _n	300-250	249-230	229-200	199-100	99-0
Punkte:	100	80	50	30	0

**Konsolidierte
Darstellung der
Eignung jeder VS für
jede Komponente**

Eignung der VS für Komponenten	VS ₁	VS ₂	VS ₃	...	VS _n
K ₁	100	100	0	..	30
K ₂	80	50	0	..	100
K ₃	50	30	0	..	0
:	:	:	:	:	:
K _n	80	100	30	..	50

Keine gute VS verfügbar!

Abbildung 5-10: Ermittlung der Eignung von VS für einzelne Elektronikkomponenten

Hinter den Beurteilungskriterien wiederum verbergen sich recht komplexe Ausprägungen wie MAUEL [Mau00] in ihrer Diplomarbeit gezeigt hat. Die Suche nach den richtigen Ausprägungen setzt ein enormes „weiches“ Expertenwissen voraus.

Durch die Auswahl einer Ausprägung je Kriterium entsteht ein genaues Bild der einzelnen Elektronikkomponente. Diese Konfiguration muss für jede Elektronikkomponente eingegeben werden – bei Neuentwicklungen lassen sich diese Informationen evtl. sofort im Produktentstehungsprozess festhalten und auch schon zu Auswertungen nutzen.

Die Umsetzung dieses Konzepts in das ETMSS wird in Abbildung 5-11 und Abbildung 5-12 dargestellt. Die ‚Kfz_Elektronikkomponente‘ bekommt ein *Attribut* vom Typ ‚Ausprägungskatalog‘, wodurch eine Produkttypologie einer oder mehreren Komponenten mitgegeben werden kann. Die Inhalte der Matrizen werden durch *Assoziationen* ausgedrückt. Das Expertenwissen wird als *Attribut* ‚Gewichtung‘ in den *assoziativen Klassen* ‚besteht_aus‘ und hängt_ab_von‘ abgebildet. Solange eine VS nicht grundsätzlich ausgeschlossen werden kann, steht sie einer Verwendung im VSz 100%ig zur Verfügung, was in der ‚Komposition‘ abgelegt wird. Kann sie allerdings ausgeschlossen werden, wird die Verfügbarkeit auf 0% über die gesamte Zeitschiene festgeschrieben.

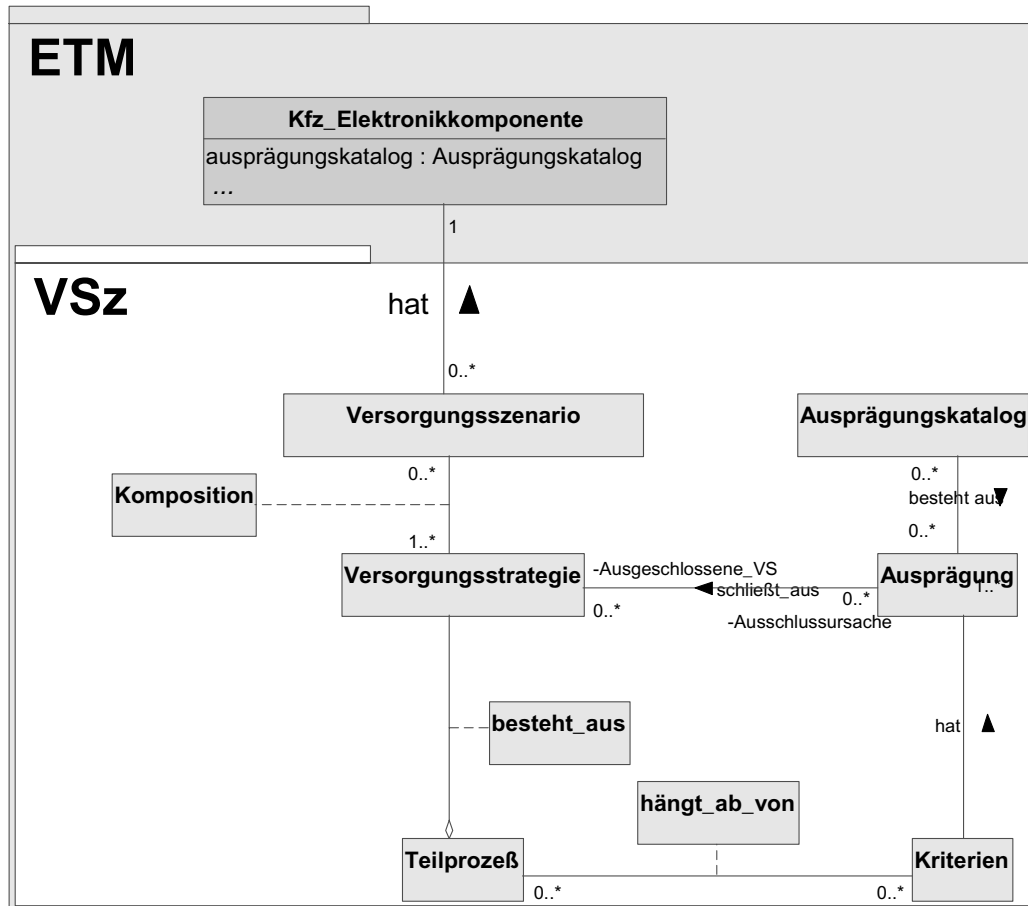


Abbildung 5-11: Statisches Modell der Eignungsermittlung

Abbildung 5-12 stellt die Dynamik der Eignungsermittlung mittels eines *Sequenzdiagramms* dar. Die beteiligten *Klassen* kommunizieren durch den Aufruf einzelner *Methoden* aus *assoziierten Klassen*. Die Komponente sammelt alle Eingangsdaten der anderen Klassen und führt schließlich die Berechnung nach dem in Abbildung 5-10 gezeigten Schema durch.

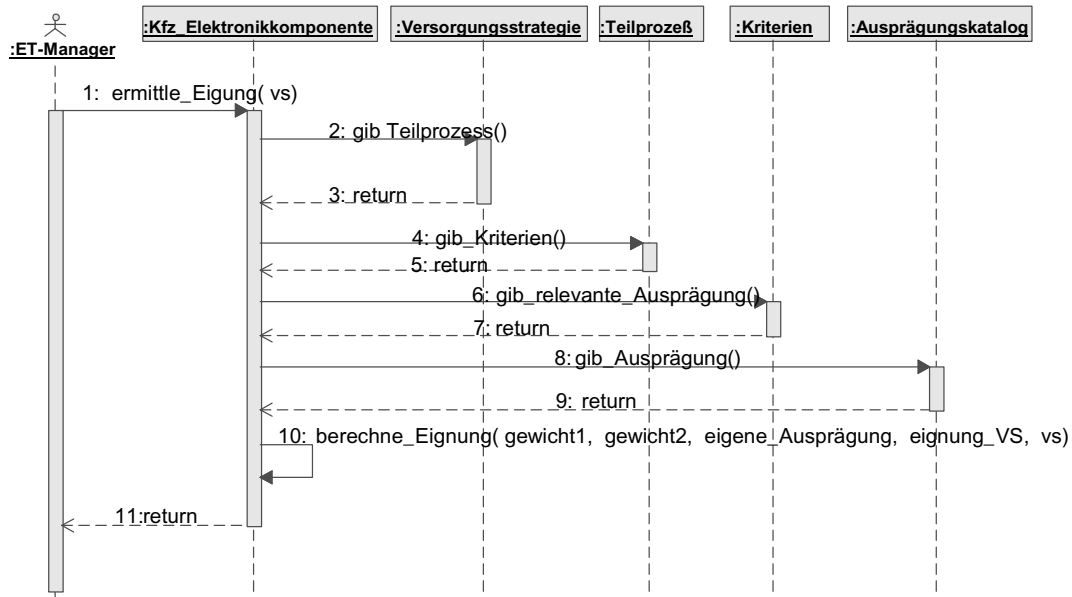


Abbildung 5-12: Dynamisches Modell der Eignungsermittlung

5.4.3 Versorgungsrisiken

Versorgungsrisiken (VR) sind wahrscheinlichsbehaftete, gewichtete Zukunftsereignisse (s. Kap. 3.2.2, S. 50ff). Ein einzelnes Ereignis, z.B. eine noch nicht eingetroffene Bauelementabkündigung, muss demnach gewichtet werden und eine Wahrscheinlichkeit erhalten. Die Gewichtung muss berücksichtigen, dass das Ereignis mehr oder weniger wichtig für die Kfz-Elektronikkomponente ist und eine Bearbeitung mehr oder weniger dringlich erfolgen muss; z.B. ist ein abgekündigter Widerstand nicht so wichtig für eine einzelne Kfz-Elektronikkomponente wie ein ASIC oder Mikrocontroller. Falls er aber früh im PLZ abgekündigt wird, besteht nicht mehr die Möglichkeit einer Endbevorratung – es müssen daher aufwendigere Lösungswege gesucht werden, die mehr Zeit in Anspruch nehmen und daher dringlicher anzugehen sind (vgl. Kap. 3.1, S. 37ff). Die Berechnungsformel für das Gesamtversorgungsrisiko einer Periode (p) zu einer Versorgungsstrategie (VS) ist somit denkbar einfach:

$$VR_{ges,p}^{VS} = \sum VR_{x,p}^{VS} = \sum (Wahrscheinlichkeit * Wichtigkeit * Dringlichkeit)_p$$

Gleichung 5-1: Gesamtversorgungsrisiko einer Periode

Das Problem ist die Ermittlung bzw. Festlegung der einzelnen Risikobestandteile. Die Wichtigkeit kann durch geeignete Klassifizierungen der Risikoverursacher erzielt werden. Die Dringlichkeit lässt sich nur durch Prozeduren ermitteln, weil Randbedingungen abgefragt und berücksichtigt werden müssen. Wahrscheinlichkeit kann als Sättigungsgrad über die Zeit dargestellt werden. Entsprechend der Risikoanalyse in Unterkapitel 2.5.3 (S. 28ff) müssen verschiedene Risikoverläufe berücksichtigt werden: Eine vorliegende Bauelementabkündigung (PCN, PTN, DOD) mit festem letzten Bestelltermin hat eine andere Eintreffwahrscheinlichkeit als die bloße Vermutung, dass eine bestimmte Halbleitertechnologie früher oder später auslaufen wird. Die genaue Parametrierung der einzelnen Faktoren ist durch Experten vorzunehmen. Der Gesamtrisikoverlauf einer VS ergibt sich als Summation der einzelnen Sättigungsverläufe.

Im statischen Modell (Abbildung 5-13) sind die VR ebenfalls klar zuzuordnen. *Instanzen* der Klasse ‚Versorgungsrisiko‘ (VR) beeinflussen die ‚Komposition‘ des ‚Versorgungsszenario‘ (VSz) (s. Abbildung 5-7, S. 96). Sie sind Bestandteil der ‚Versorgungsstrategie‘ (VS) zu einer bestimmten ‚Kfz_Elektronikkomponente‘ (Komponente). Da VS aber allgemein, d.h. für mehr als eine Komponente formuliert sind, können sie nicht allein dorthin *assoziiert* werden. Daher werden die VR auch an das jeweilige VSz der Komponente angebunden.

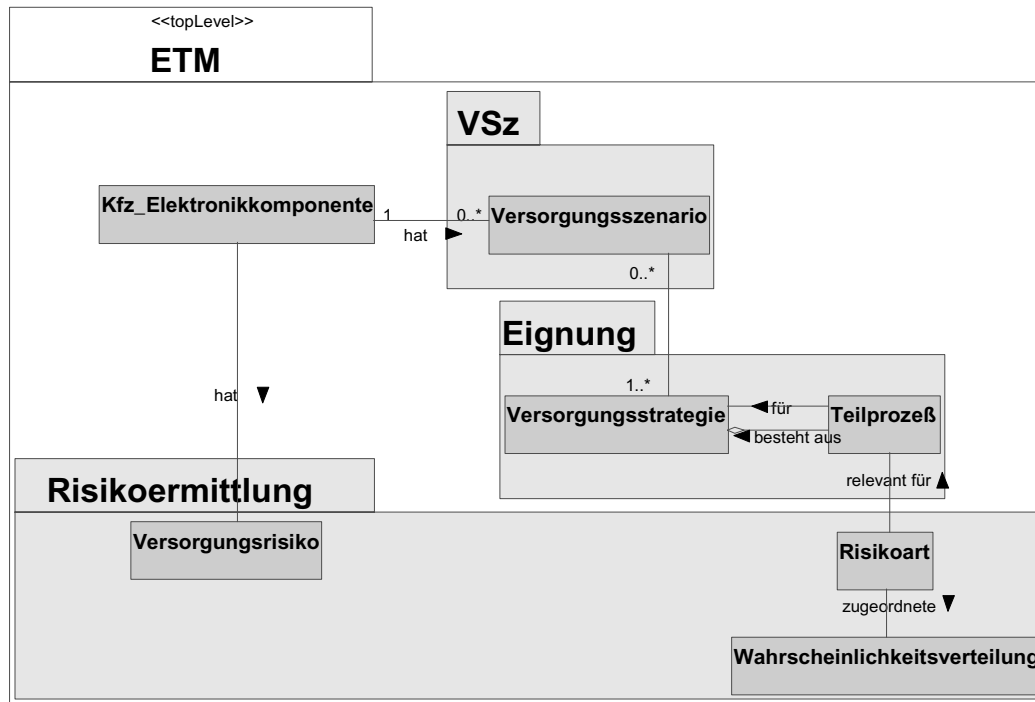


Abbildung 5-13: Statisches Modell ‚Versorgungsrisiko‘

Die dynamische Ermittlung von VR gestaltet sich hingegen wesentlich komplexer. Sie ist in etwa der Durchlaufzeitermittlung oder Terminfindung in einem PPS-System vergleichbar, denn es müssen alle Strukturelemente der Komponente nach Risikoereignissen durchforstet werden, die Wichtigkeit und der terminierte Eintrefftermin ausgelesen und dann die Ereignisse einzeln hinsichtlich ihrer Auswirkung auf die Komponente individuell mit einer Dringlichkeit belegt werden. Zu jedem Risikoereignis irgendwo in der Struktur wird dann ein neues *Objekt* als *Instanz* der *Klasse* ‚Versorgungsrisiko‘ angelegt und entsprechend der Risikoart eine ‚Risikoverlaufsart‘ als *Attribut* zugeordnet.

An dieser Stelle wird auf die komplette dynamische Modellierung in UML verzichtet. Abbildung 5-14 zeigt beispielhaft, wie das Gesamtrisiko für eine VS und eine Periode ermittelt wird. Dazu ruft die Komponente im ersten Schritt von der VS sämtliche Teilprozesse ab. Zweitens wird die Risikoart eingeholt. Darauf werden die Teilprozesse zur entsprechenden Risikoart mit den zugehörigen Wahrscheinlichkeiten für die Periode abgefragt. Aus diesen Angaben kann die Komponente mittels der Methode ‚berechne_Gesamt_Risiko‘ den Risikowert für die VS und die Periode berechnen. Diese Sequenz muss für jede VS und jede Periode durchlaufen werden, um einen kompletten Risikoverlauf für die Komponenten zu erhalten.

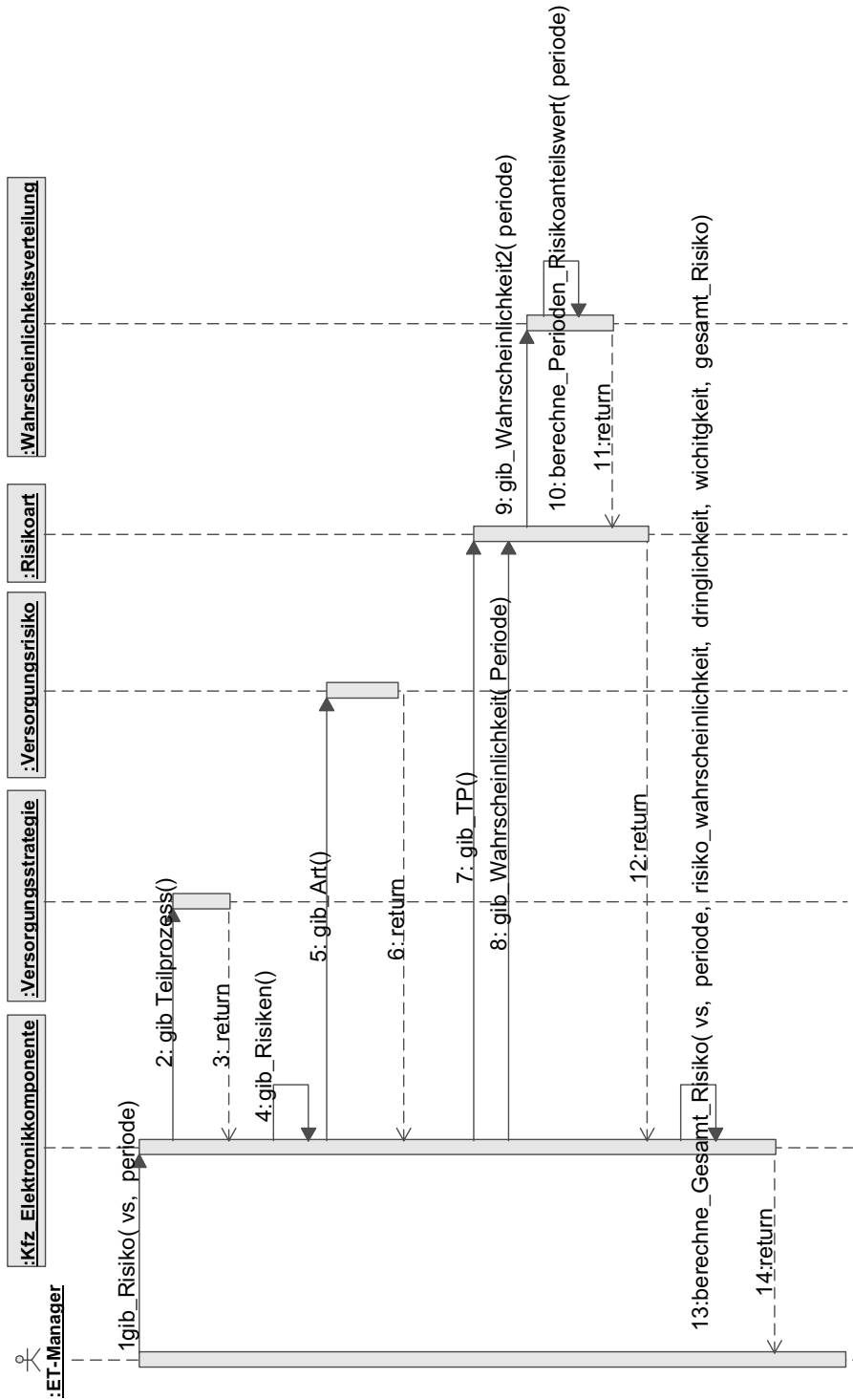


Abbildung 5-14: Sequenzdiagramm ‚Ermittlung Gesamtrisiko für Periode und VS‘

Abbildung 5-15 gibt einen Eindruck von der Dringlichkeitsermittlung bei Bauelementabkündigung mittels eines *Aktivitätsdiagramms*. Es sind drei gestaffelte Prüfungen durchzuführen, die jeweils die Stammdaten zum Lebenszyklus der Komponente und der Lagerfähigkeiten von Komponente und Bauelement gegeneinander verrechnen. Die Bedingungen (*Wächter*) zur Weiterverarbeitung werden in einem *Aktivitätsdiagramm* an die *Zustandsübergänge* von einem *Aktions-Zustand* zum anderen vermerkt.

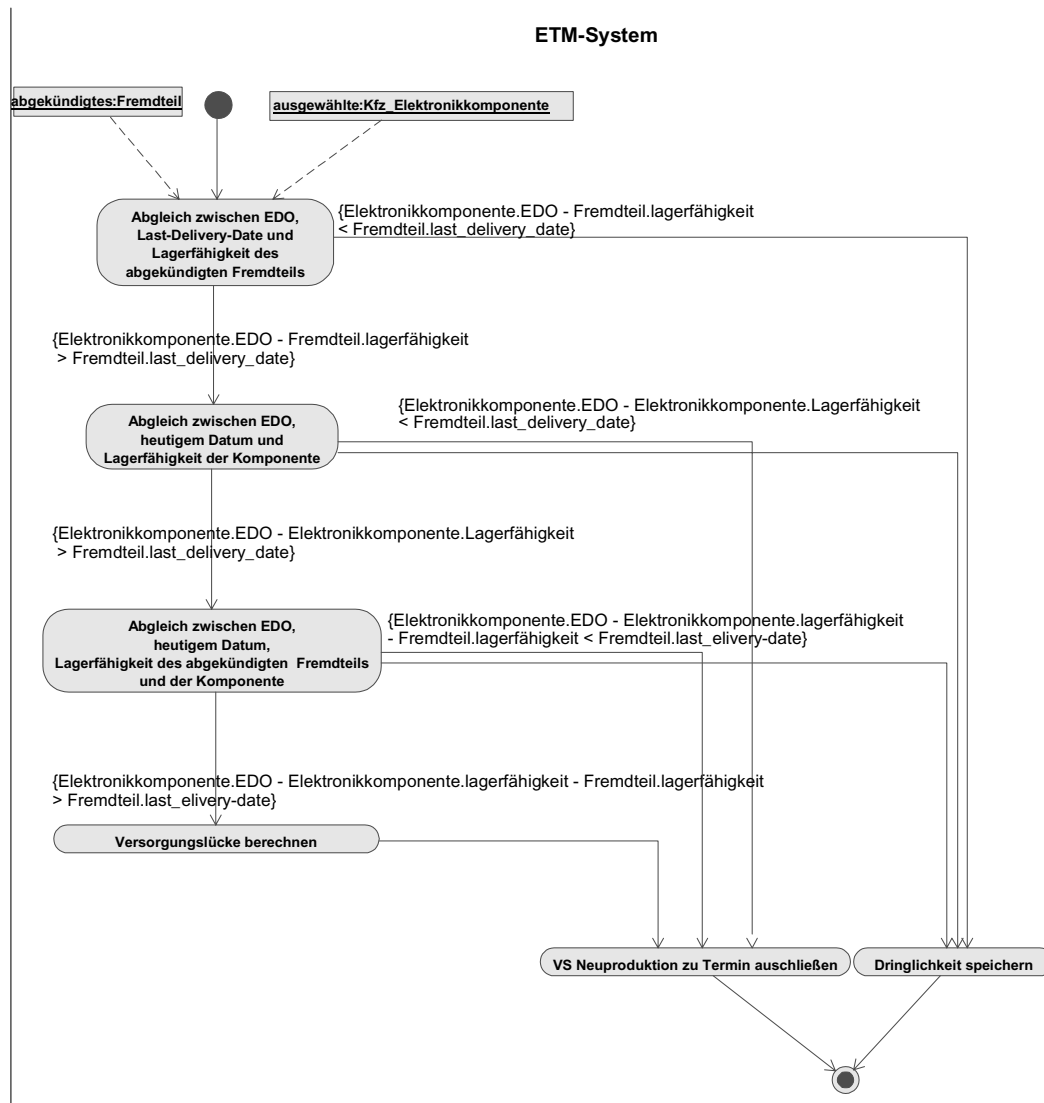


Abbildung 5-15: Aktivitätsdiagramm zur Dringlichkeitsermittlung

5.4.4 Plausibilitätsprüfungen

Nach erfolgter Risikoermittlung für die einzelnen VS kann das VSz auf Plausibilität geprüft werden. Das Verfahren ist hierbei der Vergleich des ‚gesamt_Risiko‘ mit einem erlaubten Maximalrisikowert für die Periode, der vom Ersatzteilmanager festzulegen ist. Bei Überschreitung dieses Maximalwertes wird die VS für die nachfolgenden Perioden ausgeschlossen, d.h. die Verfügbarkeit auf 0% festgelegt. In einem zweiten Prüfschritt werden die einzelnen ‚Kompositionen‘ periodenweise addiert; bei Periodenwerten < 100% ist die Versorgung gefährdet. Diese Informationen werden sodann im entsprechenden VSz abgelegt.

Die Plausibilitätsprüfungen sind *Methoden* der Klasse ‚Kfz-Elektronikkomponente‘. Eine gesonderte statische Modellierung entfällt daher.

Durch die Veränderung und Festlegung der Anteile und Festhalten von Versorgungslücken ist es bereits möglich, ‚Empfehlungen‘ zu ermitteln und dem Ersatzteilmanager zur Bearbeitung vorzulegen. Weitere ‚Empfehlungen‘ ergeben sich aus dem Kostenvergleich der VS.

5.4.5 Kosten

Über die Länge des Servicezyklus einer Kfz-Elektronikkomponente können die Periodenkosten der einzelnen Versorgungsstrategien (VS) nicht exakt vorhergesagt werden. Es reicht daher aus, ein grobes Kalkulationsschema für jede VS zu verwenden, das die wesentlichen Zusammenhänge erfasst und vergleichbar macht, solange man das LÜCKE-Theorem befolgt (vgl. 3.2.2, S. 50ff).

Der entscheidende Kostentreiber für alle VS ist die nachgefragte Stückzahl, aber viele betriebliche Kosten werden nur indirekt über die Stückzahl verrechnet. Produktionskosten werden über Bearbeitungszeiten mit dem einzelnen Stück verknüpft. Es ist daher möglich, verschiedenartige Produkte innerhalb eines Produktionssystems zu fertigen und über ihren Belegungszeitanteil mit den Kosten des Produktionssystems zu belasten (vgl. [Poh00]). Um nicht nur unterschiedliche Produktionsstrategien sondern alle VS miteinander vergleichen zu können, müssen jedoch sämtliche Kosten auf den gleichen Nenner – nämlich die Stückzahl einer Kfz-Elektronikkomponente – gebracht werden. Dies wird zusätzlich dadurch erschwert, dass häufig mehrere Kfz-Elektronikkomponenten im gleichen Produktionssystem gefertigt werden und schwer losgelöst voneinander betrachtet werden können. Eine Herauslösung der einzelnen Komponente aus dem Verbund ist jedoch unerlässlich für eine effiziente Bewertung der Kostensituation für das Versorgungsszenario (VSz). Es müssen daher für die Kfz-Elektronik vertretbare Annahmen vorgenommen werden:

- In der Nachserie bleiben die Bearbeitungszeiten für alle Komponenten einer Planerzeugnisgruppe konstant, d.h., Optimierungen wurden im wesentlichen in der Großserie vorgenommen. Die Stückzeiten weisen höchstens durch Know-how-Verlust oder verschlechterte Betriebsmittelfähigkeit eine allgemein steigende Tendenz auf.
- Produktionssysteme bestehen in der Kfz-Industrie häufig aus kunden- und fahrzeugspezifischen Betriebsmitteln, die solange in Großserie betrieben werden, bis das einzelne Kfz bzw. die Fahrzeuggeneration ausläuft. Das bedeutet, alle auf dem Produktionssystem gefertigten Kfz-Elektronikkomponenten laufen mehr oder weniger gleichzeitig aus. In der Nachserie verbleiben alle Komponenten im gleichen Produktionssystem.
- Die Anzahl der im Kfz verbauten Komponenten bestimmt maßgeblich die Ausfallraten in der Nachserie, und man kann schon während der Großserie die Ausfallhäufigkeiten der verschiedenen Komponenten eines Produktionssystems beobachten und vergleichen. Daher lassen sich die Servicestückzahlen der auf einem Produktionssystem gefertigten Komponenten in ein festes Verhältnis setzen.

Auf Basis dieser Annahmen kann man die Fixkosten eines Systems entsprechend dem ermittelten Verhältnis der Servicestückzahlen auf die einzelnen Kfz-Elektronikkomponenten herunterbrechen. Beschäftigungsabweichungen werden so ebenfalls in diesem Verhältnis verteilt. Dadurch lässt sich die Produktion einer Kfz-Elektronikkomponente losgelöst von anderen in der gleichen Planerzeugnisgruppe auf Stückbasis bewerten und mit anderen VS vergleichen.

Ein weiterer wichtiger Punkt ist die Berücksichtigung von komponentenspezifischen Sonderzahlungen im Falle von Redesigns oder Langzeitlagerungen auf Fremdteil- bzw. Komponentenebene. Diese müssen sinnvoll in das LCC eingebettet werden, um die Vergleichbarkeit der VS zu gewährleisten. KEMMINGER beschäftigt sich ausgiebig mit der Verrechnung von produktspezifischen aber nicht periodenbezogenen Kosten, sog. Vor-

oder Nachleistungskosten [Kem99, S. 219 f, S. 226 ff u. S. 238ff]. Für die Verrechnung solcher Sonderzahlungen gilt:

- Abschreibungen können innerhalb der Perioden frei gewählt werden, solange nur genau der Betrag der Investition abgeschrieben wird [Kem99, S. 239].
- „Solange die (Aus-)Zahlungsdefizite noch nicht durch die Periodengewinne gedeckt sind, ist im Investitionsprojekt Kapital gebunden“, das durch darauf anzurechnende kalkulatorische Zinsen den Periodengewinn schmälert. Diese Zinsen werden aber nicht auf die Produkte umgelegt, sondern nur vom jeweiligen Periodenergebnis abgezogen [Kem99, S. 238].
- Sollte es zu Abweichungen bei den Absatzmengen kommen und dadurch die Sonderzahlung nicht vollständig auf die abgesetzten Produkte umgelegt werden können, so kann der Restbetrag einfach auf das letzte Produkt der Periode oder der Gesamtproduktion verrechnet werden, denn mit Hilfe des LÜCKE-Theorems ist es egal, wann die Kosten verrechnet werden [Kem99, S. 242f].
- Um Doppelverzinsungen vorzubeugen, muss im Falle von Fremdfinanzierung der Sonderzahlung die erhaltene Kreditsumme als produktspezifische Einzahlung und die Tilgungszahlungen als Auszahlungen aufgefasst werden. Es entsteht dadurch erst gar keine Kapitalbindung. „Lediglich die Zinszahlungen als Preis für die Nutzung des im Rahmen der Kreditaufnahme erhaltenen Geldes sind als Kosten auf die Produkte zu verrechnen“ [Kem99, S. 244].

Mit Hilfe dieses Grundgerüsts von Annahmen und Vorgaben können sämtliche VS verglichen und die Reaktionen auf Versorgungsrisiken als Sonderzahlungen abgewickelt werden. Sondermaßnahmen haben Auswirkungen auf die Kostensätze der verbleibenden VS. Bei einer Endbevorratung auf Komponentenebene entfallen jegliche Herstellkosten für die zukünftigen Perioden, und die Herstellkosten für die Bevorratungsmenge sind wegen Vollausslastung der Betriebsmittel günstiger als bei Teillast. Ähnlich verhält es sich bei Endbevorratung auf Fremdteilebene: Die Materialkosten für das Material entfallen in Folgeperioden, und der Einkaufspreis ist evtl. günstiger als bei Abnahme kleinerer Teilmengen. Ein Redesign kann (positive) Auswirkungen auf die Materialkosten und Herstellkosten haben. Tabelle 5-1 gibt einen Eindruck der verwendeten Kalkulationsformeln. Die einzelnen Kostenblöcke sind stark von der jeweiligen Ausgestaltung der VS abhängig. Beispielsweise kann eine Rückführlogistik für Wiederverwendung und Aufarbeitung je nach Stückzahlaufkommen und Empfindlichkeit der Komponenten sehr unterschiedlich ausgeprägt werden.

Neuproduktion		
Kostentreiber	Stückzahl / Auslastung; Materialpreissteigerung	
Kostenfaktoren	Instandhaltungsaufwendungen; Mitarbeiterqualifikation	
vereinfachte Berechnung	- Herstellkosten $HK_{Gro\beta}$ - Fixkosten $FIX_{Gro\beta}$ - variable Fertigungskosten $FK_{Gro\beta, prop}$ - Materialkosten MK	$HK_{Gro\beta}(t) = MK(t) + FK_{Gro\beta}(t)$ $HK_{Gro\beta}(t) = MK(t) + \frac{FIX_{Gro\beta}}{n(t)} + FK_{Gro\beta, prop}$
Neukonfiguration		
Kostentreiber	Umbaukosten, Stückzahl / Auslastung des neu konfigurierten Produktionssystems	
Kostenfaktoren	Instandhaltungsaufwendungen; Mitarbeiterqualifikation	
vereinfachte Berechnung	- Herstellkosten HK_{Klein} - Fixkosten FIX_{Klein} - variable Fertigungskosten $FK_{Klein, prop}$ - Materialkosten MK - Umbaukosten UMBK	$HK_{Klein}(t) = MK(t) + \frac{FIX_{Klein}}{n(t)} + FK_{Klein, prop} n(t)$ für t_1 = Umstellungszeitpunkt gilt: $FIX_{Klein}(t_1) = FIX_{Klein} + UMBK$

Lagerhaltung Komponentenebene		
Kostentreiber	Komponentenstückkosten, Reststückzahl, Lagerhaltungsdauer und Lagerhaltungskosten	
Kostenfaktoren	Herstellkosten der Komponente bei Vollausslastung des benutzen Produktionssystems; Rüstkosten sind zu vernachlässigen, weil Bestandteil der Herstellkosten; Lagerhaltungskosten ohne und mit Sondermaßnahmen: Haltbarkeit / Sondermaßnahmen zur Lagerfähigkeitserhaltung; Kapitalbindung	
vereinfachte Berechnung	<ul style="list-style-type: none"> - Gesamtlagerkosten $LAGK_{End}$ - Gesamtabsatzmenge n, - Einlagerungsmenge Q, - Herstellkosten $HK_{Volllast}$, - prozentuale Lagerhaltungskosten h_{Komp} 	$LAGK_{End_{Komp}} = HK_{Volllast} Q + \frac{h_{Komp} HK_{Volllast} Q^2}{2n}$ <p>[Hil97, S. 607]</p>
Lagerhaltung auf Fremdeitebene		
Kostentreiber	Fremdteilstückkosten, Reststückzahl, Lagerhaltungsdauer und Lagerhaltungskosten	
Kostenfaktoren	Einkaufspreis bei Abnahme größerer Mengen; Lagerhaltungskosten ohne und mit Sondermaßnahmen: Haltbarkeit / Sondermaßnahmen zur Lagerfähigkeitserhaltung; Kapitalbindung	
vereinfachte Berechnung	<ul style="list-style-type: none"> - Gesamtlagerkosten $LAGK_{End}$ - Gesamtabsatzmenge n, - Einlagerungsmenge Q, - Einkaufskosten EK_{Fremd}, - prozentuale Lagerhaltungskosten h_{Fremd} - Materialkosten MK 	$LAGK_{End_{Fremd}} = EK_{Fremd_{min}} Q + \frac{h_{Komp} EK_{Fremd_{min}} Q^2}{2n}$ <p>[Hil97, S. 607]</p> <p>für zukünftige Perioden: $MK_{neu} = MK_{alt} - EK_{Fremd}$</p>
Redesign		
Kostentreiber	Reststückzahl bis EDO; Einsparpotential durch Redesign	
Kostenfaktoren	Entwicklungsaufwand Einsparpotential durch Einsatz neuerer Bauelemente	
vereinfachte Berechnung	<ul style="list-style-type: none"> - Entwicklungs- u. Konstr.Kost. EKK - neue Materialkosten MK_{neu} - neue Fertigungskosten FK_{neu} 	<p>für Periode in der die Kosten anfallen:</p> $FIX(t_1) = FIX + EKK$ <p>für nachfolgende Perioden:</p> MK_{neu}, FK_{neu}
Wiederverwendung		
Kostentreiber	Anzahl Komponenten mit ‚Kein Fehler feststellbar‘, Qualität der zurückgeführten Komponenten; Verantwortungsverteilung im Prozess	
Kostenfaktoren	Logistikkosten für Rückführung; Lagerhaltung für Alteile; Ausgangsprüfung; Verschrottungskosten	
vereinfachte Berechnung	<ul style="list-style-type: none"> - Herstellkosten HK_{Wied} - Rückführlogistikkosten $LOG_{Rück}$ - Lagerstückkosten Altgeräte $LAGK_{Alt}$ - Prüfkosten FK_{Wied} - Recyclingkosten RCK_{Wied} 	$HK_{Wied} = LOG_{Rück} + LAGK_{Alt} + FK_{Wied} + RCK_{Wied}$
Aufarbeitung		
Kostentreiber	Stückzahl und Qualität der zurückgeführten Komponenten, Anzahl ‚Kein Fehler feststellbar‘; Verantwortungsverteilung im Prozess	
Kostenfaktoren	Logistikkosten für Rückführung; Lagerhaltung für Alteile; Zahlungsüberschuss aus einbehaltenem Pfand; Reparaturprozess und -tiefe; Materialeinsatz für Reparatur; Verschrottungskosten	
vereinfachte Berechnung	<ul style="list-style-type: none"> - Herstellkosten HK_{Auf} - Rückführlogistikkosten $LOG_{Rück}$ - Lagerstückkosten Altgeräte $LAGK_{Alt}$ - Prüfkosten $FK_{Auf, prüf}$ - Reparaturkosten $FK_{Auf, rep}$ - Recyclingkosten RCK_{Auf} 	$HK_{Auf} = LOG_{Rück} + LAGK_{Alt} + FK_{Auf, prüf} + FK_{Auf, rep} + RCK_{Auf}$

Tabelle 5-1: Vereinfachter Kostenansatz für Versorgungsstrategien⁵²

Insgesamt ist die Beurteilung der Kosten sehr aufwendig, weil viele Kosteninformationen zusammengetragen und aufbereitet werden müssen. Beispielsweise müssen für die Beurteilung einer alternativen Kleinserienfertigung ein neuer Fertigungsplan erstellt und die Rückbaukosten ermittelt werden (vgl. [Hag00]). Die statische Modellierung dieser Informationen ist in Form von *Attributen* innerhalb der bereits definierten *Klassen* möglich.

⁵² Sämtliche Kosten müssen ggf. nochmals mit einem Gemeinkostensatz verrechnet werden. Die genaue Definition der Berechnungssätze ist unternehmensabhängig.

Die dynamische Modellierung erfolgt als *Methode* der Klasse ‚Versorgungsszenario‘. Diese *Methode* sammelt zunächst die benötigten Informationen aus den anderen *Klassen*, verarbeitet diese in einem umfangreichen Rechenschema, wertet die Ergebnisse aus und schlägt eine Anteilsverteilung der möglichen VS vor, die in der *assoziativen Klasse* ‚Komposition‘ abgelegt wird.

5.4.6 Maßnahmenplanung

Abbildung 5-16 zeigt wieder das statische Modell der Maßnahmenplanung. Die *Instanzen* der Klasse ‚Empfehlungen‘ sind mit dem VSz der Komponente *assoziiert*. Jede Empfehlung kann wiederum mit mehreren *Instanzen* der Klasse ‚Aktion‘ verbunden sein, in welchen Kosten und Zeitpunkte hinterlegt werden können. Das VSz kann also über die ‚Empfehlung‘ die Kosteninformationen aus der ‚Aktion‘ abrufen und bei der Ermittlung der Lebenszykluskosten je VS berücksichtigen.

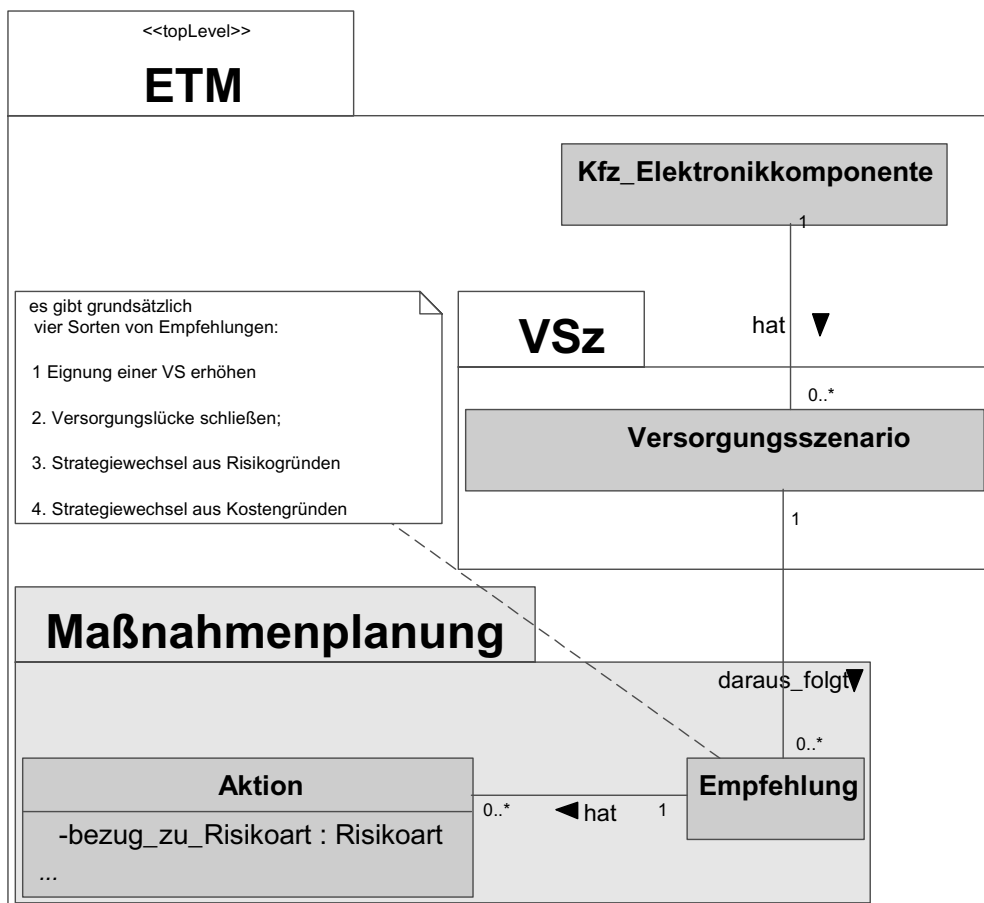


Abbildung 5-16: Statisches Modell der Maßnahmenplanung

Die Maßnahmenverfolgung ist kein ETM-spezifisches Problem. Es muss daher überlegt werden, ob man dieses Modul nicht auch durch ein Workflow-Managementsystem abbilden kann. Allerdings soll das ETMSS den ET-Manager insoweit unterstützen, als dass festgestellte Versorgungsprobleme oder Anteilsverschiebungen zwischen den VS zur weiteren Detaillierung angezeigt und die definierten Aktionen in die Bewertung aufgenommen werden. So sollte z.B. beurteilt und nachgehalten werden, inwieweit der geplante Tausch eines auslaufenden Bauelements durch ein anderes wirksam sein kann und erfolgreich durchgeführt wurde. Das geschieht, indem die ‚Aktion‘ sich gegen das

zugrundeliegende VR verrechnet und – falls ermittelbar – die anfallenden Sonderkosten in die Kostenbewertung ggf. unter Berücksichtigung der Wahrscheinlichkeit mit aufnimmt (Gleichung 5-2). Wirksamkeit, Erfüllungsgrad und Umsetzungsqualität sind *Attribute* der ‚Aktion‘.

$$VR_{ges,p}^{VS} = \sum VR_{x,p}^{VS} = \sum (Wahrscheinlichkeit * Wichtigkeit * Dringlichkeit - Wirksamkeit * Erfüllungsgrad * Umsetzungsqualität)_p$$

Gleichung 5-2: Einfluss von Aktionen auf Versorgungsrisiken

Das ETMSS kann eine Reihe von Standardempfehlungen abgeben, die dann durch den ET-Manager ausgearbeitet und zeitlich festgeschrieben werden. Die Definition von Aktionen zur Empfehlung geschehen vorerst manuell, bis man mit genug Erfahrung Standardaktionspläne zur Empfehlung erarbeiten kann. Dies kann durch eine selbstlernende Komponente im ETMSS unterstützt werden.

Aus der Maßnahmenplanung sollten sich ferner verschiedene Reports für die Geschäftsplanung und das Nachserien-Controlling generieren lassen. Sehr interessant wäre eine Auswertung über den zu erwartenden Bedarf an Entwicklungskapazitäten für Redesigns, weil hiermit die langfristige Personalplanung entscheidend unterstützt werden könnte.

5.5 Softwaregestützte Geschäftsprozesse des ETMSS als Ausgangsbasis zur Prozessoptimierung im ETW

Nach der Erläuterung einzelner methodischer Details des ETMSS geht es nun um den Gesamtüberblick über die mit dem ETMSS abzuwickelnden Prozesse. Das Prozessmodell aus Kapitel 3.3 (S. 57) wird somit an dieser Stelle detailliert.

Softwaregestützte Geschäftsprozesse werden in UML als *Use Cases* dargestellt. Dabei werden die einzelnen Geschäftsprozesse von außen als „Kapsel“ betrachtet. Zur detaillierten Beschreibung von *Use Cases* wird die Nutzung einheitlicher „Schablonen“ empfohlen [Bal00a, S.128]. Ausgangspunkt für die Formulierung der *Use Cases* mittels UML sind Ereignisse, die die Versorgungssicherheit gefährden können, und die zentralen Aufgaben des ETMSS [Bal00, S. 134ff].

Abbildung 5-17 gibt einen Überblick über die *Use Cases* des ETMSS. Der ‚ET-Manager‘, ‚die Produktion‘, der ‚Einkauf‘ sowie die ‚PCN/PDN‘ treten als abstrakte *Akteure* auf, die mit den softwaregestützten Geschäftsprozessen (*Use Cases*) des ETMSS in Beziehung stehen. Diese stehen ihrerseits in Unterbeziehungen mit weiteren *Use Cases*, d.h., sie beinhalten diese (*include relation*). So bezieht beispielsweise ‚VSz ermitteln‘ ‚Eignung ermitteln‘ usw. wie zuvor beschrieben ein. Auf Basis der dargestellten Datenstrukturen lassen sich auch die anderen *Use Cases* mit Leben erfüllen. Im wesentlichen handelt es dabei um weitere Analyseschritte und Eingabemöglichkeiten zur dezentralen Datenpflege.

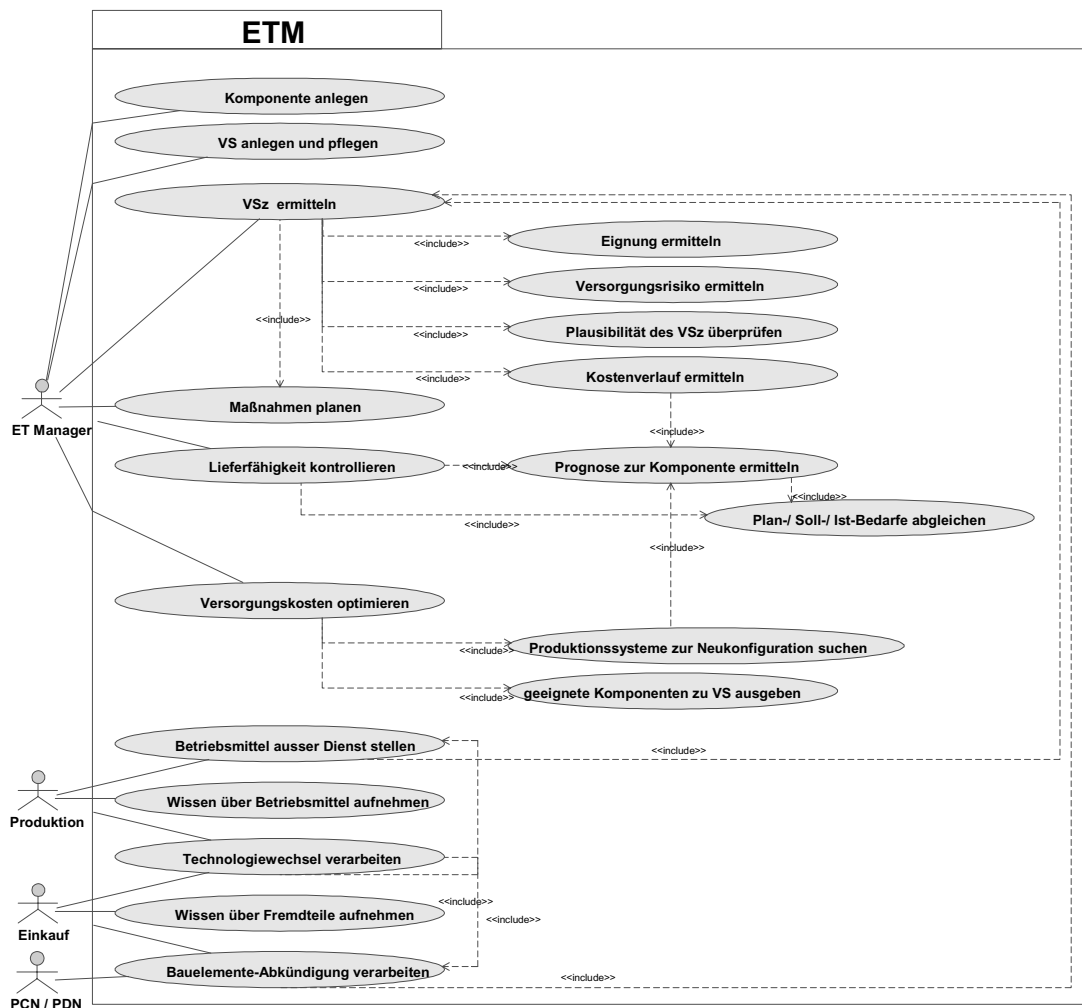


Abbildung 5-17: Use Cases des ETMSS

An dieser Stelle wird nur der zentrale *Use Case*, die Ermittlung eines VSz ausgeführt (Tabelle 5-2). Die zeitliche Abfolge von einzelnen Schritten eines *Use Case* können mittels *Aktivitätsdiagrammen* dargestellt werden. Allerdings ist die Ablaufstruktur von ‚VSz ermitteln‘ einfach sequentiell, weshalb hier auf eine Detaillierung verzichtet wird (s. Abbildung A-1).

Mit Hilfe dieser softwaregestützten Prozesse kann die Arbeit des Ersatzteilmanagers drastisch vereinfacht werden. Dadurch, dass Daten und Methoden softwaretechnisch integriert abgebildet sind, vereinfachen sich viele Geschäftsprozesse des Ersatzteilmanagements dramatisch. Die folgenden Abbildungen zeigen beispielhaft zwei Geschäftsprozesse als *Aktivitätsdiagramme*: Ein Auslaufprojektmanagement (s. Abbildung 5-18, vgl. [Hag00]) oder die Reaktion auf Bauelementabkündigungen (Abbildung 5-19) können vom Arbeitsplatz des Ersatzteilmanagers aus bearbeitet werden, ohne dass man zuerst sämtliche Wissensträger im Unternehmen befragen muss. Wenn die Eingangsdaten gepflegt sind, muss nur das VSz ermitteln werden, um einen transparenten Überblick über die Versorgungslage zu erhalten. Der Ersatzteilmanager kann sich auf seine eigentliche Aufgaben und Ziele konzentrieren, anstatt langwierige Prozesse im Unternehmen anzustoßen, bevor die notwendigen Informationen vorliegen. Im Vergleich zu üblichen Verfahrensbeschreibungen aus Unternehmen ist zudem ein Bewertungsverfahren vorgegeben, das eine einheitliche Bewertung auch bei unterschiedlichen Bearbeitern ermöglicht.

Geschäftsprozess:	Versorgungsszenario ermitteln	Akteur / include
Ziel:	Die kostenoptimale Abfolge von Versorgungsstrategien für eine oder mehrere Elektronikkomponenten ermitteln – unter Berücksichtigung des Versorgungsrisikos	
Kategorie:	Primär	
Vorbedingung:	Daten verfügbar und aktuell	
Nachbedingung Erfolg:	VSz und Empfehlungen können ermittelt und zur weitem Detaillierung durch ET-Manager angezeigt werden	
Nachbedingung Fehlschlag	VSz kann nicht ermittelt werden => Fehlende bzw. nicht aktuelle Daten möglichst mit Verantwortlichkeit dem ET-Manager anzeigen	
Akteure:	ET-Manager (Spezialisierung für Produktmanager / Experte)	
Auslösendes Ereignis:	Komponente wechselt in die Nachserie, allgemeine Anfrage durch Kunden oder interne Stellen, Veränderung des Versorgungsszenarios, regelmäßige Überprüfung, andere Geschäftsprozesse rufen die VSz-Ermittlung auf	
Beschreibung:	<ol style="list-style-type: none"> 1. Komponenten auswählen 2. Eignung der Komponente(n) für VS ermitteln 3. Risikoanalyse für Komponente(n) durchführen 4. Plausibilität von Kombinationen von VS prüfen 5. Kostenvergleich der möglichen VS durchführen 6. zeitliche Abfolge ermitteln 7. Empfehlungen aussprechen 8. VSz ausgeben und abspeichern 9. Manuelle Festlegungen zum / Veränderungen am VSz speichern und als Stand einfrieren 	
Erweiterungen:	3a Geschäftsprozess Versorgungsrisiko ermitteln 4a Geschäftsprozess Plausibilität des VSz überprüfen 5a Geschäftsprozess Kostenverlauf ermitteln 5b Prognose zur Komponente ermitteln	
Alternativen	1a Komponenten werden durch anderen Prozess übergeben 2a Komponente hat keinen/unvollständigen Ausprägungskatalog => Use Case Eignung ermitteln: Ausprägungen einpflegen 3a Risikostrukturelemente sind nicht ausreichend parametrisiert => Use Cases: Wissen über Betriebsmittel oder Fremdteile aufnehmen 3b Stammdaten zur Komponente fehlen => Use Case: Komponente anlegen; Komponente nachpflegen 5a Kosteninformationen fehlen => Use Case: Komponente anlegen: Kosteninformationen nachpflegen	

Tabelle 5-2: Geschäftsprozess-Schablone „Versorgungsszenario ermitteln“

Ein weiterer Vorteil besteht in der konsistenten Archivierung der Informationen. Verschiedene Informationsstände können abgerufen und Veränderungen verglichen werden. Somit bleibt die Entscheidungsfindung transparent und auch bei plötzlichen Veränderungen von Randbedingungen nachvollziehbar. Zum Beispiel kann die Auswirkung eines Stoffverbotes auf das gesamte Ersatzteilportfolio ermittelt werden, indem man die betroffenen Fremdteile abkündigt und sich die Auswirkung auf die Risikosituation oder auch die Kosten im Vergleich zum vorangegangenen Stand anschaut. Veränderungen in den Kalkulationsrandbedingungen können ebenso sauber nachgehalten werden. Aber nicht nur große Veränderungen können verglichen werden sondern auch schleichende Prozesse entdeckt werden, z.B. wenn von einem endbevorrateten Artikel oder Fremdteil zu viel abgenommen wird. Außerdem kann der ET-Manager bei Entscheidungen mit langen Bindungsdauern unternehmensintern oder auch gegenüber Kunden in Rechtfertigungszwänge kommen, wenn sie sich als falsch erweisen sollten. Dadurch lassen sich ggf. Kostenverteilungen gegenüber anderen Beteiligten durchsetzen, die ohne Transparenz nicht vertreten werden könnten.

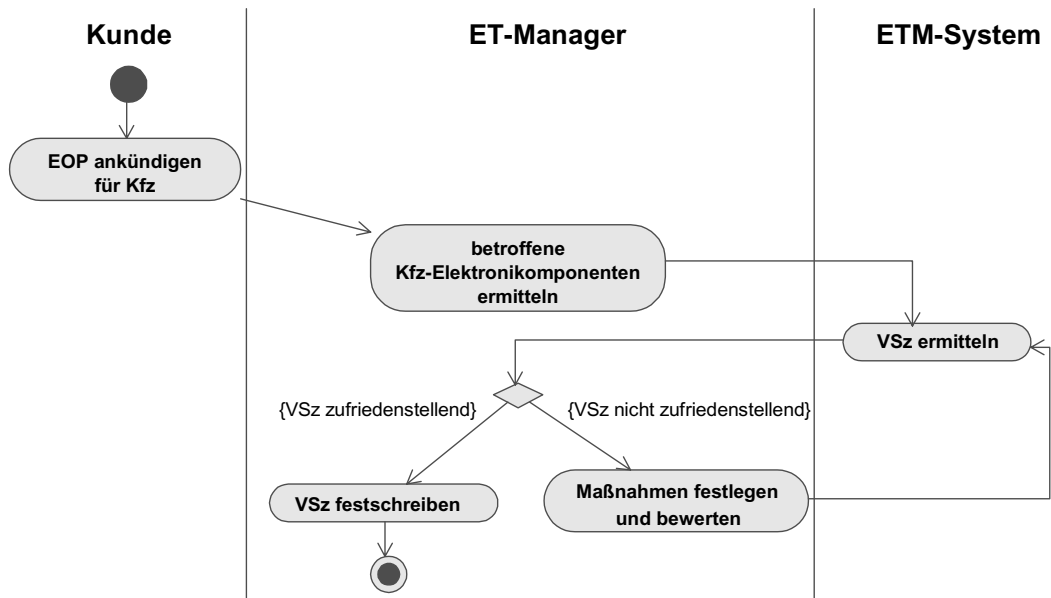


Abbildung 5-18: Beispiel 1 für integriertes ETM: Auslaufprojektmanagement

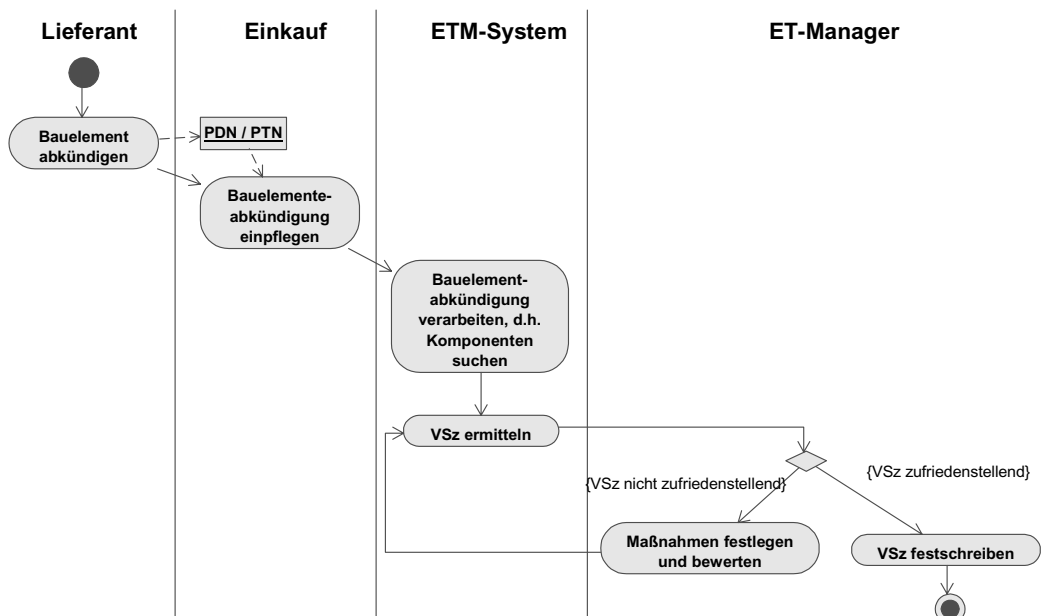


Abbildung 5-19: Beispiel 2 für Integriertes ETM: Bauelementabkündigung

6 SYSTEMLÖSUNGEN UND REALISIERUNG

Anhand eines realitätsnahen Beispiels aus der Hella KG, Hueck & Co (Hella) wird in diesem Kapitel der Gesamtprozess zur Ermittlung eines VSz vorgestellt, Realisierungsthemen behandelt und das ETMSS hinsichtlich seiner wissenschaftlichen und praktischen Bedeutung bewertet. Einige Teilaspekte werden an prototypischen umgesetzten Softwaremodulen dargestellt.

6.1 Praxisbeispiel

Abbildung 6-1 und Abbildung 6-2 zeigen das gewählte Beispielprodukt: Die Produktstruktur wurde zwar ausgedünnt, aber es wurde keine Ebene weggelassen. Da sich eine neue kompatible Version noch in Serie befindet, ist das Beispiel in Teilen konstruiert. Es werden mehrere Versorgungsrisiken angenommen.



Abbildung 6-1: Photo des Produktbeispiels

Anhand dieses Beispiels wird ein VSz für die drei VS Neuproduktion im Großserienproduktionssystem, Neuproduktion auf neukonfiguriertem Produktionssystem und Endbevorratung erstellt. Der Ablauf wird im *Aktivitätsdiagramm* Abbildung A-1 dargestellt. In den folgenden Kapiteln wird ein Baustein nach dem anderen erarbeitet bis zum abschließenden VSz, welches schon in Abbildung 5-8 gezeigt wurde.

Geldbeträge im Beispiel geben zwar in etwa die Relationen wieder, lassen jedoch keine Rückschlüsse auf das tatsächliche Produkt zu. Ferner müssen aus Gründen der Übersichtlichkeit viele Details ausgelassen werden.

Das Produktbeispiel integriert Funktionen, wie z.B. Zentralverriegelung, Funkschlüssel, elektrische Fensterheber und andere Komfortfunktionen. Das Produktbeispiel gibt es in drei Versionen (minimal, mittel und maximal) mit unterschiedlich umfassender Ausstattung. Das ausgewählte Beispielgerät ist die Maximalvariante, die zum jetzigen Zeitpunkt noch in Großserie produziert wird (im folgenden Max). Der Stückzahlanteil des Max an der gesamten Produktfamilie beträgt ca. 65 %, und durch die Produktion des Max werden ca. 68% der Kapazitäten im Produktionssystem gebunden. Der EOP wird in dem Beispiel für den 1.1.2002 angenommen.

Das Max besteht aus einer einfachen schwarzen Box aus Polycarbonat (PC) mit lose eingelegter Leiterplatte inkl. Steckerleiste. Die Schnappverbindungen lassen sich leicht

öffnen. Obwohl alle Varianten auf den ersten Blick gleich/ähnlich aussehen, sind sie bisher nicht kompatibel. Unterschiede bestehen schon im Leiterplattenlayout. Bei neuen Entwicklungen ist aber die Kompatibilität innerhalb der Produktfamilie geplant.

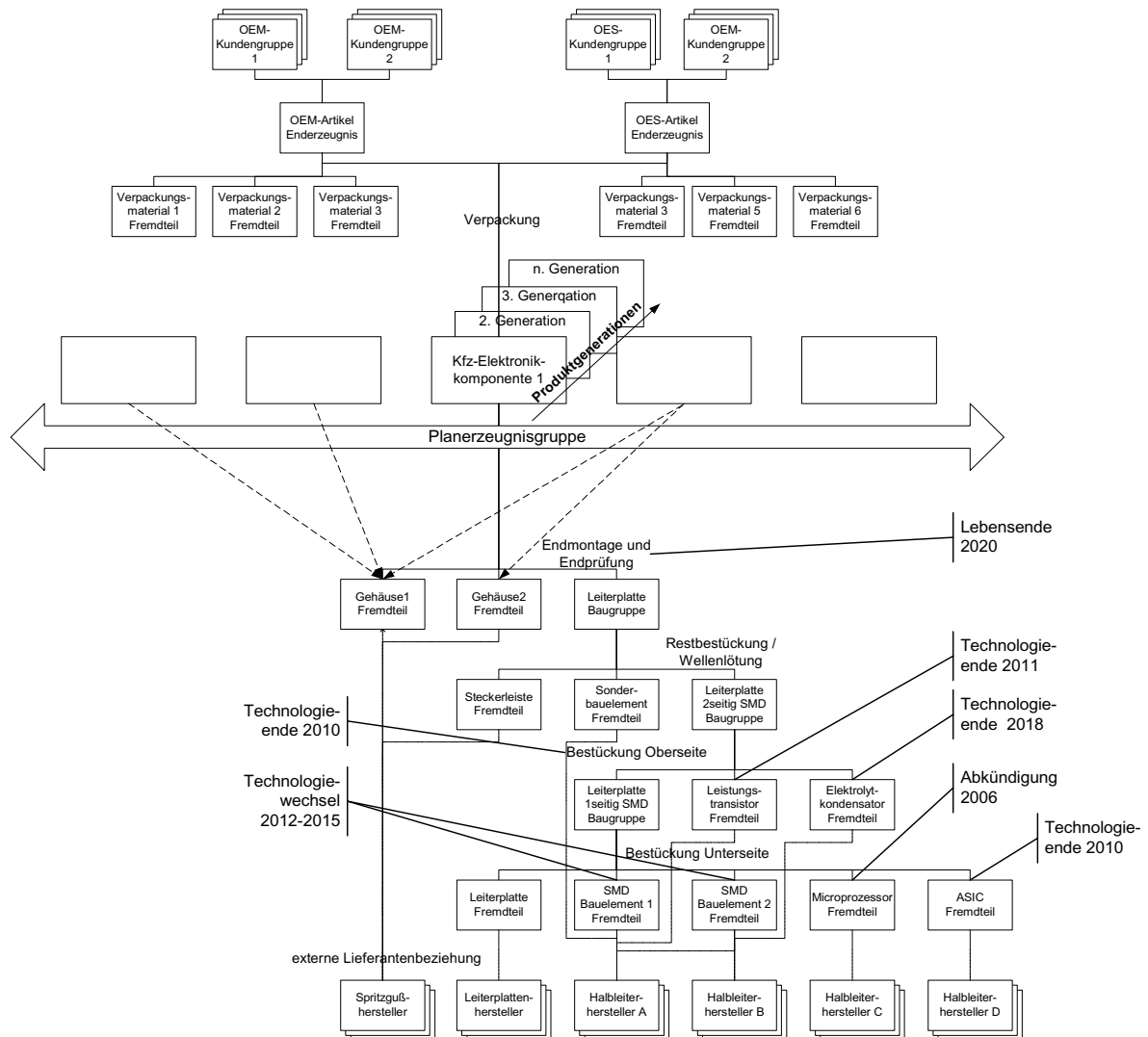


Abbildung 6-2: Produktbeispiel Zentralsteuergerät mit Beispielrisiken (s. Anm.)

Die Massenverteilung der drei Hauptkomponenten zeigt Abbildung 6-3. Bei einem momentanen Preisgefüge in der Entsorgung von ca. 150 €/t ermittelt MAUEL [Mau00] in ihrer Diplomarbeit als Entsorgungskosten ca. 0,03 € pro Max. Sie geht davon aus, dass im schlimmsten Fall dieser Kostenfaktor auf bis zu 0,11 € pro Max steigen könnte. Die Kosten sind insgesamt noch so gering, dass sie im Weiteren vernachlässigt werden. Sie sind jedoch für die detailliertere Betrachtung einer VS mit Wiederverwendung wichtig.

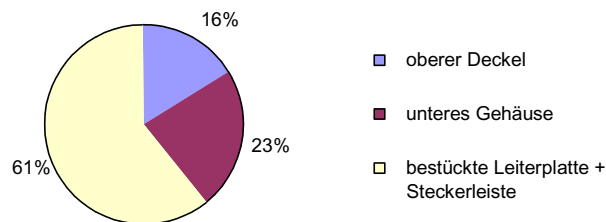


Abbildung 6-3: Massenverteilung der Hauptkomponenten des Max

6.1.1 Prognose der Nachserienbedarfe

Als Ausgangsbasis für jedes VSz dient die Ermittlung von Stückzahlen. ALTHAUS [Alt00] entwickelt und untersucht in seiner Diplomarbeit ein Indikatorprognoseverfahren (s. Abbildung 6-4), und es gelingt ihm, die Ausfallrate und somit auch die zu erwartenden Stückzahlen vorherzusagen (s. Abbildung 6-5). Allerdings handelt es sich bei dem Produktbeispiel um ein Plattformteil, und deshalb ist dieser Prozess äußerst mühsam und beim jetzigen Stand der Datenqualität auch nur unter Vorbehalt zu sehen. Die Plan-Bedarfe sind demnach regelmäßig auf ihre Übereinstimmung mit den Ist- und Soll-Bedarfen zu überprüfen. Die hier bearbeiteten Stückzahlen entsprechen einem Teilbedarf des Max für einen Fahrzeugtyp aus einem Herstellerwerk. Dieser Standort erhielt ca. 30% der Gesamtproduktion. Alle weiteren Einflussgrößen, z.B. Umbaukosten oder Änderungskosten für das Produkt, werden ab hier mit diesem Faktor verrechnet.

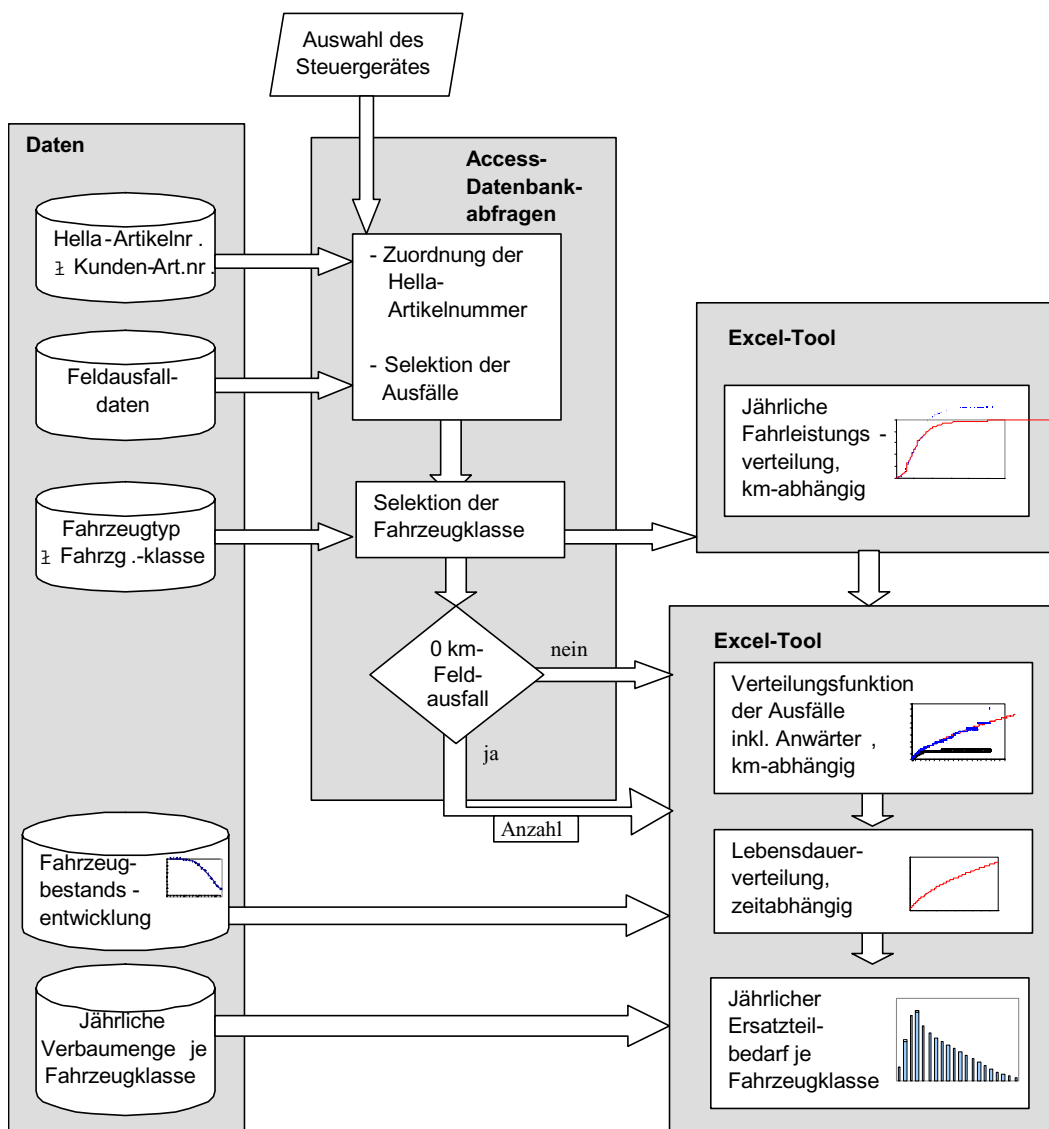


Abbildung 6-4: Ablauf der Indikatorprognose auf Basis der Feldausfälle

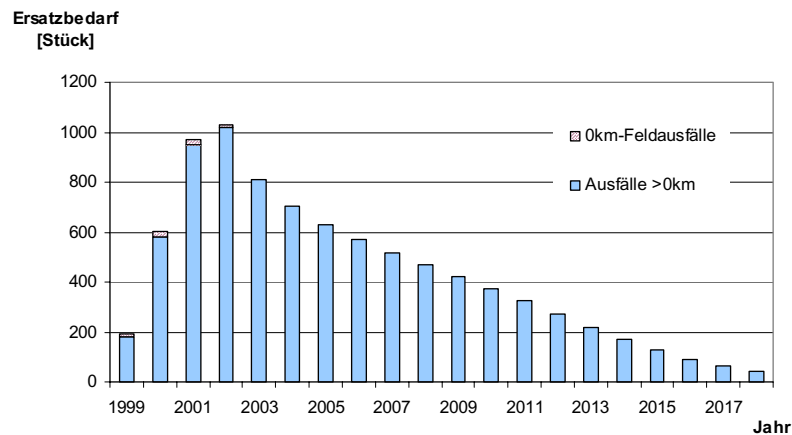


Abbildung 6-5: Ersatzbedarf des Produktbeispiels für einen Fahrzeugtyp der Fahrzeugplattform aus einem Automobilwerk [Alt00, S. 49]

6.1.2 Eignung für unterschiedliche VS

Die Eignung von Max wird durch Auswahl je einer Ausprägung zu den verschiedenen Kriterien in einer Eingabemaske (s. Abbildung 6-6) und durch die anschließende Verrechnung ermittelt. Eine hohe Punktzahl (> 500) bedeutet eine schlechte Eignung. Eine VS kann nicht eingesetzt werden, wenn die Punktzahl > 1000 Punkte liegt.

Zuordnungen

Stg-Grundnummer: 007954

Stg-Grundnummer (Neueingabe): 007954

Einsatzmöglichkeiten: herstellerübergreifend

Sicherheitsrelevanz: nein

Abartenkompatibilität: nur aufwärts

Technologiesprung innerhalb der Gerätefamilie: nein

Leiterplattentechnologie: Epoxidleiterplatte

Gehäusematerial: Kunststoff

Dichtung Gehäuse: nein

Gehäuseverschlusstechnologie: gerastet

Verbindung Gehäuse - Systemgruppe: keine feste Verbindung

Baugruppenschutz: kein Baugruppenschutz

Drahtbestückung: mehr als 10 Beinchen

SMD - Bestückung: mehr als 30 Beinchen

handbestückte Bauelemente: keine SMD - Bestückung

Software: nur bis 16 Beinchen

kundenspezifische Spezialbauteile: nur bis 30 Beinchen

mechanische Verschleißteile: mehr als 30 Beinchen

dekorative Teile: keine verwendet

überwachungsbedürftige Bauelemente: ja

Prüfmittel: nein

Einfacher Produkt-aufbau

Abbildung 6-6: Eingabemaske zur Bewertung der Eignung einer Kfz-Elektronikkomponente Max

Es wird deutlich, dass sich der einfache Produktaufbau bei fast allen Strategien positiv auswirkt (s. Tabelle 6-1). Allerdings führt der Elektrolytkondensator mit seiner eingeschränkten Lagerfähigkeit zu einer schlechteren Bewertung für die VS Endbevorratung. Die reine Wiederverwendung wird wegen der mechanischen Verschleißteile (Leiterplattenrelais) ebenfalls schlechter bewertet.

Versorgungsstrategie	Eignungspunkte	Bewertung
Neuproduktion	115	++ leicht
Neuproduktion auf neukonfigurierten Produktionssystem	121	++ leicht
Endbevorratung	543	- erschwert
Aufarbeitung	135	++ leicht
Wiederverwendung	335	+ machbar

Tabelle 6-1: Eignung der Kfz-Elektronikkomponente Max

6.1.3 Ermittlung und Bewertung von Versorgungsrisiken

Die hier gezeigte Risikoermittlung erfolgt mit einem Simulationsmodul, in dem für die einzelnen Risiken Gewichtungen und weitere Einstellungen hinsichtlich ihrer Eintreffenswahrscheinlichkeit vorgenommen werden. Im Beispiel wird nur die Risikosituation für Strategien mit Neuproduktion ermittelt. Die Abbildung 6-7 ist eine Auswertung aus diesem Modul mit zusätzlichen Referenzierungen der einzelnen Risiken hinsichtlich ihrer Art: Bauelementabkündigungen, Technologiewechsel, Betriebsmittel-Außerdienststellung und Werkzeugschäden können getrennt ausgewiesen werden. Das Gesamtrisiko baut sich mit der Zeit immer weiter auf.

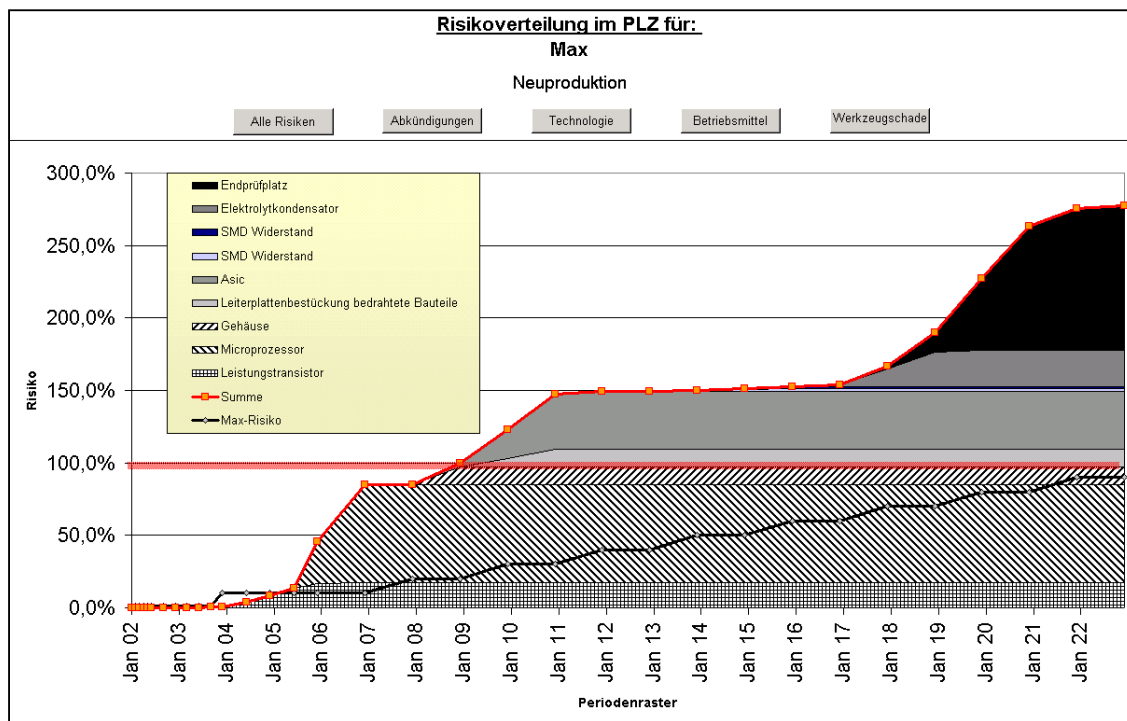


Abbildung 6-7: Risikoermittlung für Max bei der VS Neuproduktion

Es ergibt sich eine Gesamtrisikosituation, in der spätestens 2006 auf die wahrscheinliche Bauelementabkündigung des Leistungstransistors und des Mikrocontrollers reagiert werden muss. Obwohl die Bewertung dieses Abkündigungsrisikos für das Max zu diesem

Zeitpunkt noch nicht die fiktive 100%-Grenze überschritten hat, wird die durch den Ersatzteilmanager festgelegte Eingriffsgrenze „Max-Risiko“ bereits weit überschritten. Der nächste große Risikofaktor ist die wahrscheinliche Abkündigung und das voraussichtliche Technologieende bei der Herstelltechnologie des ASIC's. Ein Werkzeugschaden beim Spritzgusswerkzeug für das Gehäuse und das erwartete Ende der Leiterplattenbestückungstechnologie beeinträchtigen zwar die Produktionsfähigkeit, machen eine Neuproduktion aber nicht unmöglich, weil ein neues Werkzeug besorgt oder per Hand bestückt werden kann. Als sehr großes Einzelrisiko tritt zum Ende des PLZ der Verlust des Endprüfplatzes in Erscheinung. Hierauf kann durch Endbevorratung oder Einsatz eines neuen Endprüfplatzes reagiert werden.

6.1.4 Versorgungsszenario mit LCC-Simulator

Die Kostensimulation ist als eigenes Modul ausgeführt, das die Ergebnisse der Risikosimulation anzieht. Abbildung 6-8 zeigt eine VSz-Auswertung für das Max analog zu der Definition des VSz-Reports in Kapitel 5.3.2 (Abbildung 5-8, S. 99), in dem auch schon die Reaktionen auf die Risikoentwicklung und die Kosten für die Neukonfiguration des Produktionssystems enthalten sind. Alle Beträge sind Barwerte, d.h., sie wurden auf den Ausgangspunkt der Betrachtung hin abgezinst.

Aus dem VSz für das Max ist ersichtlich, dass nur beim Einsatz der VS Neuproduktion nach Neukonfiguration ein positiver Barwert (ca. 23.000 €) für die gesamte Nachserienversorgung zu erzielen ist. Der Kostenvorteil gegenüber der Produktion auf Großserienbetriebsmitteln beträgt ca. 100.000 €. Die optimale Strategie ist also die Neukonfiguration zum Beginn der Nachserie. Allerdings wurden aufgrund der Risikosituation zusätzliche Einstellungen vorgenommen.

Im Detail wurden als Zusatzkosten neben der Neukonfiguration in 2002 berücksichtigt: Redesign bei Abkündigung des Mikrocontrollers in 2008, Endbevorratung des ASICs in 2010, Redesign für Ersatz des Leistungstransistors durch ein ähnliches Bauelement und Endbevorratung des Elektrolytkondensators. Dem erwarteten Wegbrechen der Produktionsfähigkeit ab 2018 wird mit einer Endbevorratung des Max ab 2020 begegnet. Die Zusatzkosten werden nicht im einzelnen aufgeschlüsselt dargestellt, aber als kleine Negativ-Balken in der Graphik ersichtlich. Die Erlössituation in der Nachserie wird durch einen Multiplikator für den derzeitigen Verkaufspreis des Max abgebildet, d.h., man kann einstellen, welches Vielfache des Ursprungspreises man ab welchem Zeitpunkt im OES durchsetzen kann.

Abweichend von der idealen Strategie ist die Endbevorratung ab 2020 festgelegt worden, um dem Verlust der Produktionsfähigkeit auszuweichen. Dies führt zu einer Verringerung des erzielbaren Barwertes um ca. 10.000 € auf ca. 13.000 €.

Die Endbevorratung ist bei der angenommenen Erlössituation ein Verlustgeschäft (ca. 150.000 € Verlust), aber sie bietet dennoch ab 2012 einen Kostenvorteil gegenüber der Produktion auf Großserienbetriebsmitteln (ca. 18.500 €).

Wie man sieht, wird durch dieses VSz für das Max die Entscheidungssituation für den ET-Manager wesentlich transparenter und strukturierter. Die unterschiedlichen VS lassen sich wie alternative Investitionen in Maschinen bewerten, und die Festschreibung der Strategiekombination im VSz wird zur rein taktischen Investitionsentscheidung. Andere Strategiekombinationen oder Maßnahmen können sofort „online“ gegengeprüft werden.

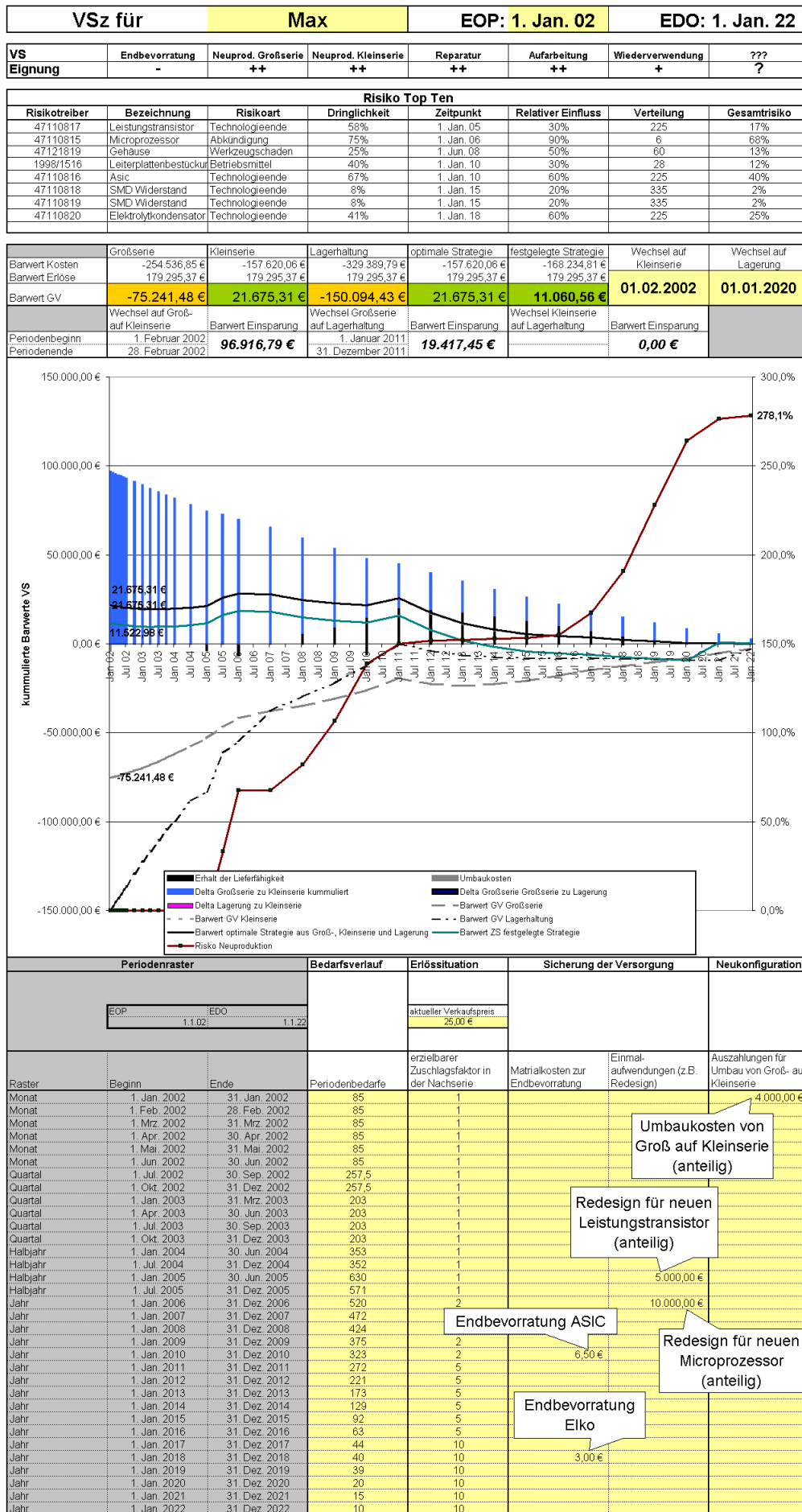


Abbildung 6-8: VSz für Max

6.2 Umsetzung von ETM-Maßnahmen in der Produktion

Die Kosten einer Kfz-Elektronikkomponente in der Nachserie hängen maßgeblich von der operativen Ausgestaltung der VS und VP ab. Dies soll hier exemplarisch an der Neuproduktion nach Neukonfiguration und den zugehörigen VP aus der Bereitstellung verdeutlicht werden (vgl. Tabelle 4-3, S. 85).

Der optimale Einsatz von Fabrikressourcen in Abhängigkeit von den Anforderungen der Ersatzteilversorgung ist ausschlaggebend für eine kostenoptimale und risikoarme Versorgung. Die Fa. Hella hat zu diesem Zweck eine spezialisierte Kleinserienproduktionsstätte aufgebaut, die sich auf die Neukonfiguration von Produktionssystemen spezialisiert hat. Abbildung 6-9 zeigt die Vorgehensweise bei der Wandlung der Fabrikressourcen. Alte Großserienproduktionssysteme werden in die Halle aufgenommen, zu Kleinserienproduktionssystemen umgebaut und bei weiter sinkender Auslastung eingelagert. Diese Arbeiten werden selbstständig durch vor Ort verfügbare Fachkräfte und Betriebsmittelspezialisten in Zeiten von Unterbeschäftigung durchgeführt, d.h., sinkt die Gesamtauslastung der Produktionshalle, werden automatisch neue Flächenressourcen geschaffen, um neue Produktionssysteme aufzunehmen. Durch die i.d.R. stetig sinkenden Bedarfe in der Nachserie sind dieser Vorgehensweise kaum Grenzen gesetzt.

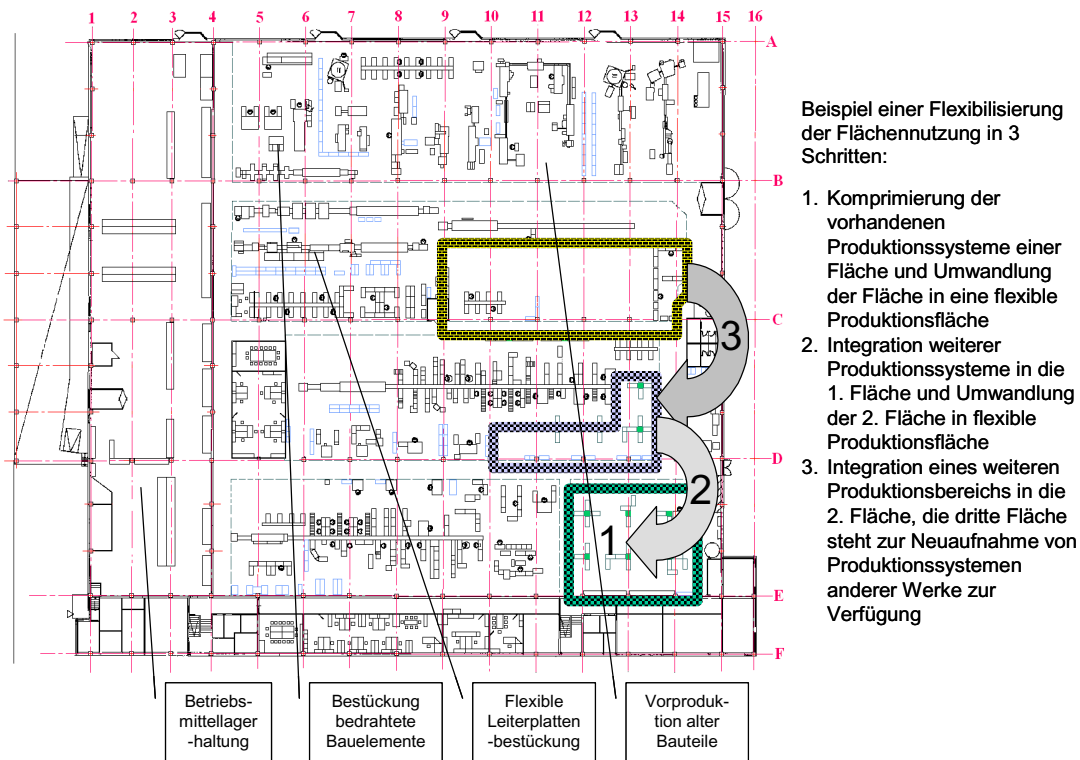


Abbildung 6-9: Flexible Flächennutzung in der Nachserienproduktion

Eingelagerte Produktionssysteme können jederzeit kurzfristig reaktiviert werden. Durch spezielle Maßnahmen (s. Abbildung 6-10) ist der Aufbau eines solchen Systems innerhalb von wenigen Minuten möglich. Dabei kann die ursprüngliche Aufbaustruktur aus der Großserie genutzt werden, um beispielweise größere Einzelaufträge schnell und kostengünstig fertigen zu können.

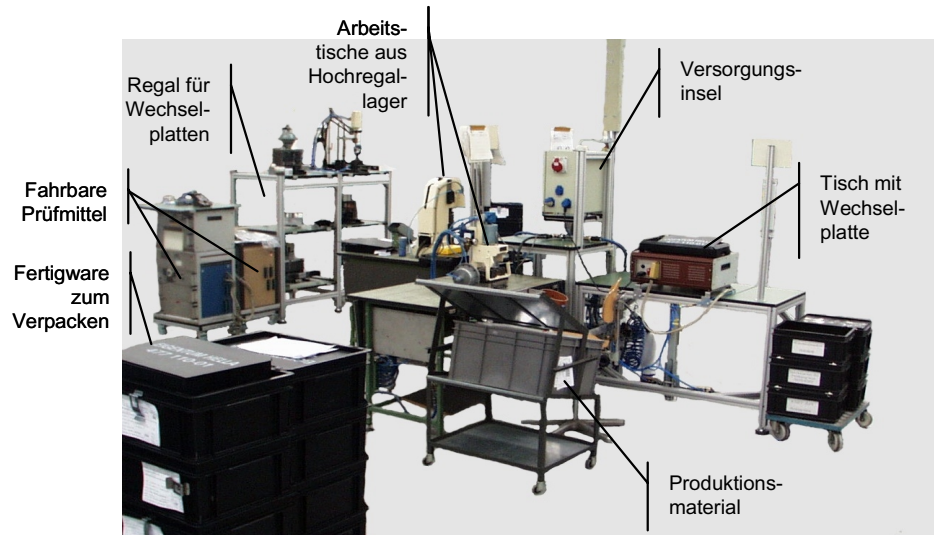


Abbildung 6-10: Flexibles Produktionssystem

Zusätzliche Potentiale werden durch die Integration von Neuproduktion und Aufarbeitung bzw. Reparatur erschlossen. In einem eigenen Reparaturbereich können die benötigten Spezialbetriebsmittel der alten Produktionssysteme genauso als flexible Montagesysteme aufgebaut werden wie in den Bereichen für Neuproduktion.

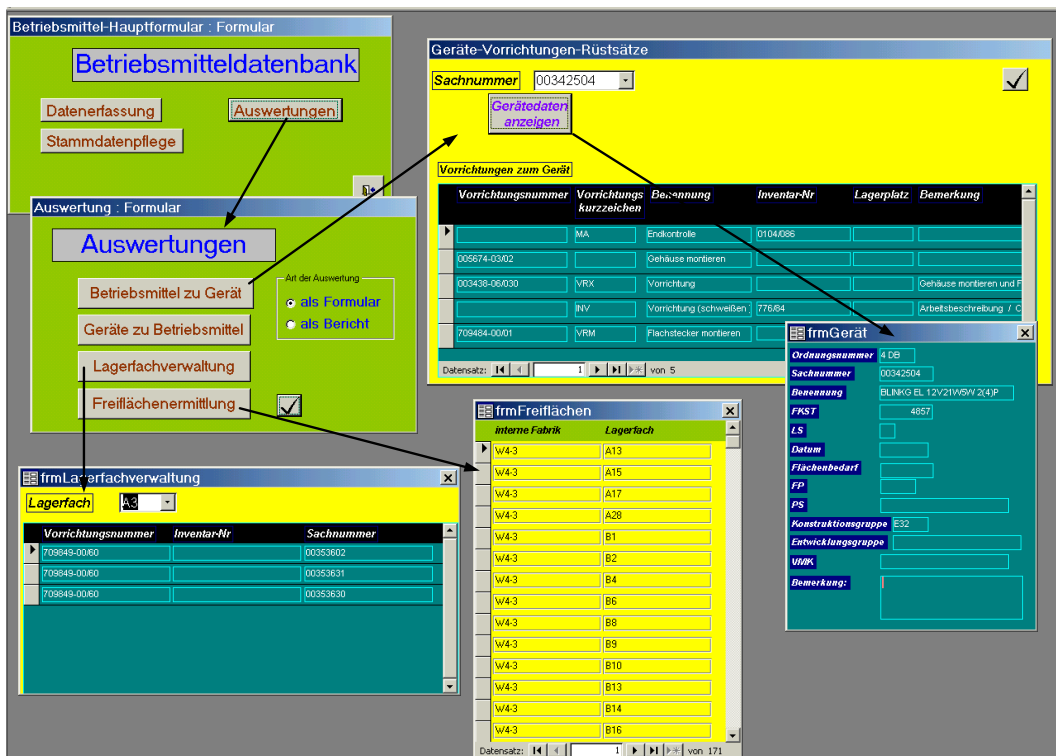


Abbildung 6-11: Betriebsmitteldatenbank in der Produktion

Die hohe Dynamik der Flächennutzung setzt entsprechende Hilfsmittel zum Wissensmanagement voraus. Die Hella verfügt hierzu über eine spezialisierte Betriebsmitteldatenbank, die mit hoher Detailschärfe die benötigten Betriebsmittel, Vorrichtungen und Rüstsätze für jedes Produkt mit ihren jeweiligen Aufenthaltsorten und Arbeitsbeschreibungen verwaltet (Abbildung 6-11). Der Detaillierungsgrad muss wegen der häufigen Mehrfachverwendung der Produktionsfaktoren gegenüber der einer Großserienfertigung wesentlich erhöht werden: ehemalige Einzweckmaschinen zerfallen durch die Neukonfiguration

häufig in einen universell einsetzbaren Maschinenteil und einen speziellen Rüstsatz – diese Zergliederung ist aber während der ursprünglichen Fertigungsplanung nicht berücksichtigt und nicht verschlüsselt worden.

6.3 Architektur des ETMSS und Integration in bestehende Softwarelandschaften

Nachdem nun anhand eines Praxisbeispiels die Wirkungsweise des ETMSS vorgestellt und produktionsseitige Umsetzungen aufgezeigt wurden, soll abschließend die softwaretechnische Umsetzung im Unternehmen erörtert werden. Um eine sinnvolle Architektur für das ETMSS entwerfen zu können, bedarf es eines Überblicks, welche Daten und Funktionen aus anderen *Paketen* eines Unternehmens benötigt werden. Das ETM greift auf zahlreiche *Klassen* und *Use Cases* aus den Logistikprozessen zurück, wie Abbildung 6-12 zeigt (vgl. [Sch97a]).

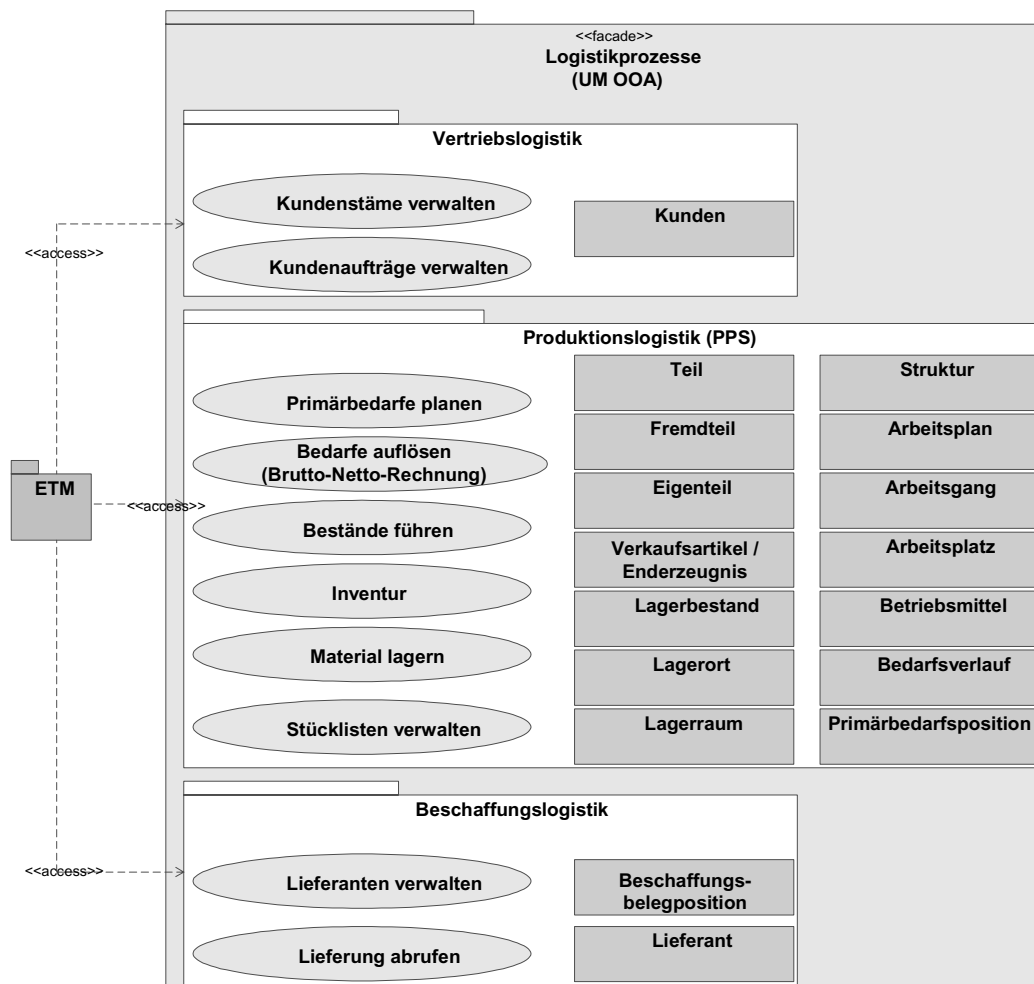


Abbildung 6-12: Benötigte Daten und Geschäftsprozesse aus Logistikprozessen des UM

Die Architektur des ETMSS hat entscheidenden Einfluss auf seine Effektivität und Effizienz. Es muss verschiedenen Anforderungen genügen, die für eine ausgereifte und moderne Strukturierung sprechen:

- Das System wird evtl. zunächst nur im Ersatzteilmereich eines Unternehmens eingesetzt, aber die Konzeption eines ganzheitlichen integrierten ETM setzt voraus,

dass sich viele Unternehmensbereiche beteiligen. Deshalb muss das ETM den Anforderungen an Unternehmenslösungen genügen [Bal00, S. 900]:

- Mehrbenutzerfähigkeit: Benutzerverwaltung, Berechtigungskonzept
 - Skalierbarkeit: Anzahl der Benutzer steigt mit Durchdringungsgrad des ETMSS, die Benutzerzahl ist nicht klar absehbar
 - Verfügbarkeit: Ausfall von Teilsystemen oder Datenanbindungen verkraften
 - Verbindung mit der Außenwelt: Nutzung durch firmenexterne Personen oder Systeme vorsehen
 - Schrittweise Migration: Harmonisierung mit vorhandenen Altsystemen und langsames Roll-out
- Das System wird sehr langfristig eingesetzt. Im Zeitraum eines Servicezyklus ist zu erwarten, dass die IT-Infrastruktur mehrfach umgestellt wird. Demnach muss das System auch mehrfach wiederverwendet [Bal98, 637ff] (portiert) werden, oder es wird zum Sanierungsfall [Bal98, S. 663ff].
 - Das System greift auf verschiedene vorhandene Pakete im Unternehmen zurück (Abbildung 6-12) und muss daher mit unterschiedlichen Datenquellen und Datenhaltungskonzepten umgehen können. Der Einsatz von Middleware-Plattformen wie ein Object Request Broker (ORB) (z.B. CORBA-Standard (Common Object Request Broker Architecture)) erscheint daher sinnvoll (vgl. [TUM00, S. 78ff], [Bal00, S. 901, S. 925]). Ferner sollte das System in verschiedenen Komponenten realisiert werden, weil dies zusätzliche Vorteile bei der Wartbarkeit und der Weiterentwicklung bringt [Bal00, S. 902].

Aus diesen Anforderungen ergibt sich eine moderne Mehrschichten-Architektur ([Bal99, S. 375f], [Bal00, S. 703], s. auch Abbildung 5-5), die den Anforderungen an Wiederverwendbarkeit, Wartbarkeit und Portabilität gerecht wird. Mit Schnellschüssen erreicht man zwar eventuell einen einmaligen Überblick über das Ersatzteilspektrum, aber das ETM sollte entsprechend seiner langfristigen Ausrichtung nicht nur mit geeigneten Methoden sondern auch mit entsprechenden Werkzeugen arbeiten.

Eine Mehrschichten-Architektur besteht aus bis zu sechs logischen Schichten: E/A-, Dialog-, Geschäftsprozess-, Fachkonzept-, logische Datenzugriffs- und physische Datenzugriffs-Schicht. Sie können als Client/Server-Architektur oder als Web-Architektur ausgeführt werden [Bal00, S. 703ff und S. 943ff]. Für eine Web-Architektur spricht, dass die Anzahl der Nutzer und ihre Systemvoraussetzungen (CAD-Workstation, Office PC, ...) für ein ETMSS noch nicht von vornherein bestimmt werden können. Das hat im Falle einer Client/Server-Architektur negative Auswirkungen auf die Verteilung der Client-Software und die Performance. Für die Web-Architektur spricht ferner die bessere Skalierbarkeit und Wartbarkeit. Somit kann das ETMSS langsam entwickelt und erweitert werden.

Unternehmensübergreifende Konzepte

Genauso, wie man durch eine Web-Architektur das ETMSS für Außenstehende öffnen kann, gibt es bereits andere Systeme im Internet, die sinnvoll mit dem ETMSS verknüpft werden können. Allerdings befinden sich die meisten dieser Systeme noch in frühen Entwicklungsphasen.

Eine Ausnahme bildet das Internationale Material-Daten-System (IMDS)⁵³, ein System zur Anzeige der stofflichen Bestandteile von Kfz-Komponenten, das im Zuge der EU-Altautoverordnung ins Leben gerufen wurde. Dieses System enthält Stücklistenstrukturen

⁵³ http://www.mdssystem.com/html/de/home_de.htm

und zu den eingetragenen Teilen die Schadstoffanteile. In dieser Datenbank sind auch die aktuellen Verbotsstoffe mit ihren Grenzwerten angegeben. Also könnte das ETMSS aus dem IMDS die Information über Abkündigungen und Technologiewechsel aufgrund von Stoffverboten abrufen. Allerdings setzt dies voraus, dass die Halbleiterhersteller ihre Bauelemente ebenso in die Datenbank einstellen wie die Kfz-Zulieferer ihre Komponenten. Dazu fehlt jedoch die Bereitschaft. Außerdem sind die Stücklisten nicht weit genug detailliert.

Viele Halbleiterhersteller halten aktuelle Spezifikationsdaten zu ihren Bauelementen im Internet vor. Der automatische Zugriff auf diese Daten wird allerdings durch die unterschiedlichen Darstellungsformen erschwert. Es gibt immerhin Distributoren und andere spezialisierte Anbieter, die diese Informationen bündeln und über viele Hersteller hinweg in einheitlichen Formaten darstellen, z.B. Arrow Inc.⁵⁴, und als Dienstleistung auf dem aktuellen Stand halten. Das Problem im Automobilbereich sind jedoch die speziellen Spezifikationen, die eine Nutzung der Standardbauelemente verbieten. Viele der spezialisierten Kfz-Elektronikbauelemente tauchen daher auch nicht in den „Line Cards“, den Angebotslisten der Distributoren auf und werden auch nicht durch diese überprüft. Außerdem bemühen sich die Kfz-Elektronikzulieferer um direkten Kontakt zu den HL-Herstellern, denn die recht gut prognostizierbaren OEM-Bedarfe und die relativ hohen Stückzahlen der einzelnen Steuergeräte lassen eine direkte Einkaufsbeziehung kostengünstiger erscheinen. Nichts desto trotz ist die Online-Anbindung von Informationen über Fremtteile der richtige Weg für die Zukunft.

Ein weiterer Ansatz, der sich in Zukunft immer stärker durchsetzen dürfte, ist die Offenlegung des True-Demand-Signals und anderer Planungsdaten zwischen Wertschöpfungspartnern. Das Pilotsystem eCap der Volkswagen AG [VW01] geht in diese Richtung, ferner auch die Überlegungen, im Rahmen von Marktplätzen wie SupplyOn [www.supplyon.com] solche Informationen auszutauschen. Da sich diese Vorstöße aber noch auf die aktuelle OEM-Bedarfssituation beziehen und nicht bzw. weniger auf den OES-Bereich, ist hier also noch keine greifbare Unterstützung in Sicht.

Das umfassendste Konzept ist nach wie vor die Idee des Critical Parts Management der deutschen Automobilhersteller (s. Kap 4.6, S. 77ff). Die Grundidee, die schon in älteren Versionen des ZVEI-Weißbuchs [ZVEI02] enthalten war, wurde aufgrund des Widerstands der Kfz-Elektronikzulieferer (und Halbleiterhersteller) gestrichen. Sie beinhaltet den Aufbau einer Datenbank im Internet, die – ähnlich IMDS – komplette Stücklistenstrukturen enthalten und die einfließenden Halbleiterbauelemente im Detail auflisten sollte. Abgesehen von den verständlichen Widerständen wegen der Sorge um Geheimhaltung und Verschiebung von Machtstrukturen war dieses Vorhaben bisher zum Scheitern verurteilt, weil zwischen Halbleiterherstellern und Kfz-Elektronikzulieferern genauso komplexe Strukturen bestehen wie zwischen Kfz-Herstellern und -Zulieferern. Das Grundübel dabei ist, dass gleiche Teile nicht unbedingt gleiche Bezeichnungen tragen. Zum Beispiel wird aus verkaufstaktischen Gründen eine neue Teilebezeichnung vergeben, um einen vom Standard abweichenden Preis anzubieten. So gesehen ist es durch eine reine Auflistung von Stücklistenstrukturen nicht möglich, firmenübergreifend Risiko- oder Bedarfsanalysen durchzuführen.

⁵⁴ www.arrow.com

Die Einbeziehung externer Partner und Datenquellen steckt noch in den Kinderschuhen, aber zukunftssträchtige Ansätze sind erkennbar. Diese Möglichkeiten machen nochmals deutlich, dass ein ETMSS als allseits offenes und flexibles System ausgelegt werden muss.

6.4 Wissenschaftliche und wirtschaftliche Bewertung des ETMSS

Durch die Definition des ETMSS als ESS wurden die allgemeinen Lösungsansätze zum Umgang mit komplexen Systemen weitestgehend umgesetzt. Die Entscheidungen im Ersatzteilmanagement lassen sich durch den Einsatz des Systems drastisch vereinfachen, d.h. vor allem besser strukturieren, was den Bedürfnissen der Managementebene entgegenkommt, auf der Ersatzteilmanagement praktiziert wird (Taktisches/Middle-Management). Vom wissenschaftlichen Standpunkt her stellt somit das beschriebene ETMSS einen geeigneten methodischen Ansatz dar.

Durch die Modellierung des ETMSS als Erweiterung eines durchgängigen Unternehmensmodells gelingt ferner die Daten- und Prozessintegration mit bestehenden Systemen und Bereichen, wodurch der Erstellungs- und Pflegeaufwand minimiert und auch zugleich die Mitverantwortung anderer Unternehmensbereiche für das Ersatzteilmanagement geklärt wird.

Auf der Basis dieser Integration lassen sich die Ersatzteilmanagement-Prozesse stark vereinfachen und beschleunigen; der fallspezifische Abstimmungsaufwand zur Ermittlung eines Versorgungsszenarios wird weitestgehend reduziert, weil die erforderlichen Informationen aus allen Bereichen entweder automatisch als Basisinformationen im Unternehmen vorgehalten werden oder durch Experten einmalig in die Wissensbasis eingestellt werden können. Bei neuen Erkenntnissen können die notwendigen Informationen einmalig erfasst und für das gesamte Ersatzteilspektrum in einem Zuge ausgewertet werden. Durch den objektorientierten Aufbau sind selbst größere Veränderungen der Programmlogik möglich.

Ferner lassen sich aus den Ergebnissen der verschiedenen Versorgungsszenarien in der Wissensbasis des ETMSS beliebige Portfoliobetrachtungen anstellen (zum Beispiel eine Produktklassifikation nach Eignung für eine bestimmte Versorgungsstrategie und Produkterfolg in der Nachserie). Somit können feinere Strategien für die Nachserienversorgung entwickelt werden, als das mit den bisher vorhandenen Top-Down-Ansätzen möglich ist.

Das beschriebene ETMSS stellt demnach eine geeignete Lösung für den wissenschaftlichen Handlungsbedarf dar – soweit in dieser Arbeit erkannt und definiert. Allerdings bleibt die Frage nach der wirtschaftlichen Relevanz eines solchen ETMSS. Angesichts der weit verbreiteten Skepsis gegenüber Software als Investitionsobjekt allgemein und wissensbasierten Systemen insbesondere muss die wirtschaftliche Seite des ETMSS eingehend beleuchtet werden.

„A fool with a tool is still a fool“ [Neg98, S.198]

Dieses kleine Zitat weist etwas überspritzt auf den Umstand hin, dass der Mensch, in diesem Fall der Ersatzteilmanager, nach wie vor über Erfolg und Misserfolg im Ersatzteilmanagement entscheidet. Daran führt auch bei Einsatz eines ETMSS kein Weg vorbei, denn das ETMSS als ESS leistet lediglich wertvolle Unterstützung bei der Bewältigung komplexer Entscheidungssituationen. Allerdings muss bei einer wie auch immer im

Einzelfall ausfallenden Wirtschaftlichkeitsbetrachtung eines von vornherein klar sein: Es besteht keine Chance, Versorgungsszenarien für ein komplettes Ersatzteilspektrum manuell oder teilautomatisiert in ausreichender Qualität zeitnah zu ermitteln und zu synchronisieren. Wenn ein Kfz-Elektronikzulieferer gegen den Einsatz eines softwaregestützten ETMSS entscheidet, dann muss er gänzlich andere Lösungsansätze verfolgen. Inwieweit diese dann der Problemlage gerecht werden, müsste wiederum im Einzelfall untersucht werden.

Eine eingehende wirtschaftliche Bewertung sollte verschiedene Facetten in Betracht ziehen, die im folgenden kurz diskutiert werden:

- Strategische / organisatorische Aspekte des Informationseinsatzes: In welchen Unternehmensbereichen ist ein Informationseinsatz sinnvoll; gehört Ersatzteilmanagement dazu? Welche nicht quantifizierbaren Nutzenaspekte gibt es?
- Potentiale / Value at Risk: Welche Potentiale können durch rechtzeitige und richtige Entscheidungen im Ersatzteilmanagement gehoben werden, welche Risiken vermieden, und wie viele werden davon nach heutigem Stand gehoben?
- Prozessverbesserung: Welchen Geldwert machen die Prozessverbesserungen bei der Bearbeitung von Ersatzteilmanagement-Maßnahmen aus? Welchen Geschwindigkeitsvorteil erzielt man?
- Zusatznutzen: Welchen Zusatznutzen kann man von einem ETMSS erwarten?
- Entstehungskosten und Unterhalt: Wie teuer wäre eine softwaretechnische Umsetzung des ETMSS, seine Produktivsetzung und sein laufender Betrieb?
- Gefahren: Welche Umstände könnten die Wirksamkeit eines ETMSS verhindern oder einschränken?

Strategische und organisatorische Aspekte

PICOT diskutiert den Informationseinsatz im Unternehmen ausgiebig [Pic96, S. 181ff]. Der intensive Einsatz von Informationstechnik ist angeraten, wenn Wertschöpfungskette und Produkt eines Geschäftsfeldes informationsintensiv, d.h. im wesentlichen komplex, zeitkritisch oder erklärungsbedürftig sind sowie die Erfolgsposition des Geschäftsfeldes stark ist. Alle Faktoren treffen auf die Kfz-Elektronik insgesamt zu: starkes Wachstum, hohe Innovationsgeschwindigkeit, Preis- und Kostendruck etc. Dieses trifft vor allem auf neue und in Serie laufende Produkte zu, weniger auf die Nachserienprodukte; doch achten die Automobilhersteller zusehends auf das Thema der Langzeitverfügbarkeit und setzen die Kfz-Elektronikzulieferer unter Druck, denn das Nachseriengeschäft mit Ersatzteilen ist eine wichtige Geldquelle für Automobilhersteller und Zulieferer. Die Schwierigkeiten in der Versorgung mit Kfz-Elektronikkomponenten dürfen dieses Geschäft nicht beeinträchtigen. Durch innovative Lösungen im ETM lässt sich diesem Druck begegnen und auch Wettbewerbsvorteile im Kampf um wichtige Projekte herausarbeiten.

PICOT [Pic96, S. 189f] weist ferner darauf hin, dass die „*Beurteilung der Wirtschaftlichkeit neuer IuK-Techniken [...] in Theorie und Praxis auf Probleme [stößt]*“. Er verdichtet sechs Problemkategorien:

1. Anhand welcher Maßgrößen will man den Erfolg überhaupt messen?
2. Welchen Einfluss haben „jeweils vorliegende spezifische Situationsbedingungen“?
3. Wo treten im Unternehmensverbund die eigentlichen Nutzeffekte auf?
4. Wie können zeitlich und räumlich verteilte Wirtschaftlichkeitseffekte zugerechnet werden?
5. Wogegen kann man grundsätzlich innovative Anwendungen bewerten?

6. Wie können die komplexen Wechselbeziehungen im sozio-technischen Gesamtsystem berücksichtigt werden?

Vor diesem Hintergrund ist der Versuch einer reinen Wirtschaftlichkeitsbetrachtung ohne zusätzliche Bewertungskriterien zum Scheitern verurteilt. Deshalb sollten in eine Bewertung unbedingt auch die nicht quantifizierbaren Nutzenaspekte wissensbasierter Systeme einfließen. BULLINGER ([Bul90, S. 158f], [Bul89, S. 84f]) beschreibt diese mit folgenden Schlagworten: Wissenssystematisierung, Wissenssicherung und -dokumentation, Wissensmultiplikation, Wissensverfügbarkeit. Diese Punkte sind allesamt sehr wichtig im Bereich des ETM, weil in den Unternehmen bisher nur wenige Mitarbeiter einen ausreichenden Überblick und Erfahrungsschatz haben, um als Experte im ETM gelten zu können. Dabei mangelt es den Experten jedoch meist an einer systematischen Vorgehensweise. Zudem übersteigt die lange Nachserienphase häufig die Verweildauer der Experten im Unternehmen – dadurch bekommt auch der Aspekt Sicherung und Dokumentation eine herausragende Bedeutung. Die Wissensverfügbarkeit ist außerdem maßgeblich für die notwendigen Prozessverbesserungen (s.u.). Ferner spricht für den Einsatz einer ETMSS die lange Halbwertszeit des Wissens (vgl. [Joh90, S. 141]) in der Nachserie. Der fallspezifische Pflegeaufwand je Komponente ist daher über den Produktlebenszyklus gering.

Potential / Value at Risk

Das Beispiel aus dem Hause Hella hat bereits verdeutlicht, welche Auswirkungen Bauelementabkündigungen auf ein Unternehmen haben können: hoher ungeplanter Entwicklungsaufwand in Form von kleinen Änderungen bis hin zu kompletten Redesigns von Produkten, Endbevorratungskosten auf Bauteil- oder Komponentenebene und nicht zuletzt auch die ständige Gefahr von Fehlentscheidungen.

Schlimmstenfalls wird der Kfz-Elektronikzulieferer haftbar gemacht für die Stillstandskosten von Fahrzeugen im Feld oder auch für Schäden durch fehlerhafte Produkte, z.B. nach zu langer Lagerung.

Ein weiteres Beispiel aus dem Hause Hella soll dies nochmals verdeutlichen: Durch die zu späte und schleppende Reaktion auf eine Änderungsmitteilung eines Halbleiterherstellers, die im Grunde einer Produktabkündigung gleich kam, entstanden nicht nur unvermeidliche 1,5 Mio. € Entwicklungsaufwand sondern beinahe auch 200.000 € Zusatzmaterialkosten/Monat, weil das abgekündigte Bauelement mit Mehrkosten beschafft werden musste und das kostengünstigere Ersatzbauelement nicht einfließen konnte.

Das ETMSS hilft mit seiner Risikoanalyse-Funktion diese Situationen vorherzusehen und erlaubt daher die rechtzeitige Einplanung von Entwicklungsaufwand und anderen Aktivitäten im Unternehmen. Da es sich bei den notwendigen Produkthanpassungen häufig um unkritische Änderungen handelt, kann man hierzu bei entsprechendem Vorlauf auch externe Firmen mit der Durchführung beauftragen.

Eine rechtzeitige Planung der VS zur Komponente hilft, ferner mit wertvollen Produktionsressourcen wie Produktionsfläche bewusster umzugehen. Der Bedarf an Betriebsmitteln in der Nachserie bzw. das Freiwerden von Betriebsmitteln für den erneuten Großserieneinsatz wird prognostizierbar. Im behandelten Praxisbeispiel beläuft sich der finanzielle Unterschied zwischen der besten Versorgungsstrategie und einer Fortführung der Produktion auf Großserienbetriebsmitteln auf ca. 0.5 Mio. € – unter Beachtung aller im betrachteten Produktionssystem hergestellten Elektronikkomponenten. Solche Potentiale rechtzeitig zu erkennen und zu heben ist der Schlüssel für ein erfolgreiches Ersatzteilma-

nagement, das auch ungeplante Sonderausgaben verkraften kann, ohne den Unternehmenserfolg negativ zu beeinflussen.

Prozessverbesserung

Das Hella-Beispiel hat den großen Abstimmungsaufwand zur Festlegung von VS verdeutlicht. Durch den Einsatz des ETMSS lassen sich diese Aufwände weitestgehend reduzieren. Sind ohne ETMSS zahlreiche Wissensträger im Unternehmen zu konsultieren, so wird daraus mit ETMSS im Idealfall eine Einzelaufgabe, die von einem Arbeitsplatz ausgeführt werden kann. Die Einsparpotentiale im Prozess müssen firmenindividuell ermittelt werden. Eine überschlägige Schätzung des Autors hat jedoch ergeben, dass sich die reinen Prozesskosten zum Handling einer Abkündigung ohne ETMSS schnell auf mehr als 10.000 € belaufen können – schließlich müssen zahlreiche Abteilungen zusammenarbeiten: Einkauf, Elektronikentwicklung, Konstruktion, Prüflabore, Disposition, Vertrieb etc. Im Falle der Hella gab es im Jahr 2001 allein ca. 300 Bauteilabkündigungen (PTNs/PCNs), von denen zahllose Produkte in allen Phasen des Produktlebenszyklus betroffen waren.

Bei Einsatz eines ETMSS werden diese Kosten erheblich sinken: Der Abstimmungsaufwand sinkt und Mehrfachbearbeitungen werden vermieden, weil das System die Komplexität in ausreichendem Maße abbildet, d.h. Mehrfachverwendungen von Bauteilen und frühere VSz automatisch berücksichtigt.

Zusatznutzen

Ein wichtiger Zusatznutzen entsteht bei Verwendung eines ETMSS durch seine prinzipielle Fähigkeit zur Simulation des VSz auch schon bei Kfz-Elektronikkomponenten, die sich noch in der Produktentwicklung oder in der Serienproduktion befinden. Mit Hilfe des Systems kann man die Kosten für die Nachserie transparent darstellen und gegen Investitionen in früheren Modulen des Produktlebenszyklus aufwiegen, z.B. den Zusatzentwicklungsaufwand für ein reparaturfreundliches Produktdesign oder das Risiko bei Einsatz bestimmter Halbleiterbauelemente bewerten. In ähnlicher Weise gilt dies auch für die Prozessentwicklung: Bei der Gestaltung von Produktionssystemen kann man von vornherein betrachten, welche Auswirkungen hohe oder niedrige Kosten für eine Neukonfiguration auf die Kostensituation der Nachserie haben wird. Allgemein gesagt besteht ein Zusatznutzen also darin, die Lebenszyklusorientierung der Organisation zu verstärken. Der Produkterfolg wird nicht nur kurzfristig und mittelfristig (für die Zeit der Serienproduktion) sondern auch langfristig optimiert.

Entstehungs- und Unterhaltskosten

Zur Kostenermittlung für wissensbasierte Systeme gibt es einige Beiträge (vgl. [Bul89, S. 86f], [Bul90, S. 160], [Joh90, S. 136ff]), aber bezogen auf objektorientiertes Softwaredesign existieren neuere und ausführlichere Aufwandsschätzungsmethoden (vgl. [Bal00a, s. 73ff]). Eine sehr detaillierte Schätzung ist mit der Function-Point-Methode (vgl. [Bal00a, S. 83ff]) möglich. Auf Basis dieser Methode wurde der Entwicklungsaufwand für die Komplettlösung des ETMSS auf ca. 5 Mannjahre geschätzt. Mit diesem Aufwand wäre bereits eine ausgereifte und moderne Softwarearchitektur abgedeckt. Im Zuge einer breiter angelegten Nutzung von ETMSSen in verschiedenen Firmen lassen sich einige Softwaremodule wiederverwenden, was sich positiv auf Entwicklungsdauer und -kosten auswirkt. Allerdings wird immer ein erheblicher Aufwand für die Anpassung an die jeweili-

ge Firma bestehen, weil die anzutreffenden Softwarelandschaften sehr heterogen sind (s. Kap. 4.6, S. 81ff).

Zusätzlich müssen die Kosten berücksichtigt werden, die bei der Übernahme des Expertenwissens und der Parametereingabe zu den einzelnen Objekten des ETMSS entstehen. Letztere hängen stark von der verfügbaren Datenqualität ab, denn je nach Systemlandschaft und Grad der Datenpflege sind mehr oder weniger Zusatzinformationen für die Ermittlung der Versorgungsszenarien von Nöten.

Da das System für die Dauer der Nachserie konzipiert ist, entstehen auf diese Sicht hin mit Gewissheit Kosten für Softwarewartung und -pflege. Eine Schätzung dieser Kosten ist noch nicht möglich, aber es besteht eine direkte Korrelation zwischen Softwaredesign und dort betriebenem Aufwand und der Höhe dieser Kosten. BALZERT [Bal98, S. 651] beziffert den Zusatzaufwand in der Softwareerstellung auf ca. 60%, der sich aber nach dreimaliger Wieder- bzw. Weiterverwendung amortisiert. Da die Wartungskosten ohne Überarbeitung von Softwaresystemen kontinuierlich wachsen, ist auf die Einsatzdauer eines ETMSS eine mehrfache Sanierung (vgl. [Bal98, S. 663ff]) anzuraten. Somit lohnt es nicht nur, die allgemeinen unternehmensübergreifend einsetzbaren Softwaremodule wiederverwendbar auszulegen sondern auch die unternehmensspezifischen.

Gefahren

Eine Gefahr für das Ersatzteilmanagement allgemein oder das ETMSS insbesondere übersteigt alle anderen. In ihrer Wirksamkeit sind beide direkt abhängig von der Informations- und Datenqualität im Unternehmen – das ETMSS vor allem von der Qualität der Wissensbasis. Die Datenqualität eines Unternehmens ist ein eigenständiges Managementthema, das gerade auch vor dem Hintergrund des zunehmenden E-business eine Basisvoraussetzung darstellt:

Data quality is as much a symptom of a faulty attitude towards information as it is a problem in its own right. It may be much easier to fix the technical problem than to fix the attitudes that produce the problem. The attitude problem is that people don't give data enough respect. Too many decisions are made "by the seats of the pants" and many organizations are too busy fighting today's fires than to use the available data effectively to prevent fires in the future. Any firefighter can tell you that it is easier to stub out a cigarette than it is to put out a forest fire, but this lesson is often lost in a complex world where "management by crisis" seems the only option.

Unless hurried managers find the time to draw a deep breath and plan for a future with intelligent databases, they will not receive the benefits [...]. Intelligent databases development is more than a technological fix, it requires a new way of thinking that makes data, and more the information within the data, central to planning and decision making." [Par93, S. 72]

The quality of information interpretation and discovery depends on the quality of data. Many large databases are riddled with errors and inconsistencies. There is often a cavalier disregard for data quality, with people assuming that if large amounts of data have been collected they must be good. All too often this is wishful thinking [...]. Almost all decisions rely on data in some way. [...] If the data are misleading, then any decision based on the data is likely to be faulty. As the saying goes: "Garbage in, garbage out." [Par93, S. 175]

Der entscheidende Faktor für den Erfolg oder Misserfolg eines ETMSS ist daher – wie so häufig – *“Commitment of top-level management“* [Par93, S. 177] zum Einsatz des ETMSS und zur Datenqualität im Unternehmen allgemein. Mit oder ohne ETMSS gilt: Das Ersatzteilmanagement kann von einer guten Vorarbeit aller im Produktlebenszyklus vorgelagerten Unternehmensbereiche enorm profitieren oder durch Schlamperei vor schier unlösbare Aufgaben gestellt werden.

Ein weiterer Gefahrenbereich ist die Orientierung an kurzfristigen Erfolgszielen. Sollte ein Ersatzteilmanager daran gemessen werden, welchen Profit sein Ersatzteilspektrum im Moment abwirft, so wird er sich nicht mit evtl. auch zwingend notwendigen Lagerbeständen belasten wollen. Desgleichen kann es katastrophale Auswirkungen haben, wenn im Zuge allgemeiner Bestandssenkungsmaßnahmen Endbevorratungen leichtfertig verschrottet werden. Ähnliche Beispiele lassen sich in allen Unternehmensbereichen finden. Es sei aber nochmals darauf hingewiesen, dass die Produktentwicklung den größten Einfluss von allen ausüben kann. Ein Kfz-Elektronikzulieferer tut sich keinen Gefallen damit, ein auf die Marktphase des Kfz hin optimiertes Design anzubieten, ohne dabei die Langfristversorgung zu beachten. Gleiches gilt für den Einkauf des Automobilherstellers. Wie schwierig eine Ausrichtung am Produkterfolg über den gesamten Produktlebenszyklus ist, wird allein daran deutlich, dass viele Manager eine bestimmte Aufgabe nur wenige Jahre wahrnehmen und daher gar kein Eigeninteresse an einem Gesamtoptimum haben. Es ist deshalb fundamental wichtig, die richtigen Anreizsysteme zu schaffen.

Fazit

Den Gefahrenquellen (s.o.) kann nur durch weitsichtige und besonnene Vorgehensweise begegnet werden. Für die Automobilhersteller bedeutet dies, dass sie ggf. ihren Zulieferern mehr abverlangen müssen als einen Passus zur Langzeitversorgung im Rahmenvertrag. Z.B. könnten sie die Datenpflege und Lebenszyklusorientierung bei Auditierungen abfragen, Standards schaffen und abfordern etc.

Nach Einschätzung des Autors muss „unterm Strich“ auch bei eingehender und kritischer wirtschaftlicher Bewertung ein positives Urteil zum ETMSS ergehen. Die Aufwände rechnen sich allerdings erst längerfristig, was für die Entscheider im Unternehmen bedeutet, dass sie das ETMSS unter strategischen Gesichtspunkten beurteilen müssen. Vor dem Hintergrund der großen erkennbaren Chancen in der wirtschaftlichen Bewertung kann der Einsatz im Bereich der Kfz-Elektronik nur ausdrücklich empfohlen werden, besonders wenn es gelingen sollte, die Entwicklungskosten durch Einsatz bei verschiedenen Firmen auf mehrere Schultern zu verteilen. Hierzu sollten sich die Automobilhersteller und ihre Zulieferer zusammenfinden und einigen.

7 ZUSAMMENFASSUNG UND UNTERSUCHUNGSFORTFÜHRUNG

Den Ausgangspunkt der vorliegenden Untersuchung bildet die Feststellung, dass eine nachhaltige industrielle Entwicklung auf der Basis nachhaltiger Produktinnovation auch eine entsprechende Ersatzteilversorgung (ETV) für die normale Lebensdauer eines technischen Systems mit einschließt (Kap. 1, S. 1). Durch zunehmende Elektronikanteile in vielen technischen Systemen wird dies aber immer schwieriger, weil Elektronikkomponenten durch schnelle Innovationszyklen nicht so lange am Markt verfügbar sind wie die technischen Systeme, in die sie eingeflossen sind. Dieses Dilemma stellt das Ersatzteilmanagement (ETM) vor die teilweise schier unlösbare Aufgabe, die Verfügbarkeit großer Ersatzteilspektren entsprechend den gesetzlichen Lieferverpflichtungen (Kap. 2.1, S. 13) zu garantieren, d.h. ständig zu überwachen und durch geeignete Maßnahmen die Lieferfähigkeit jeder einzelnen Komponente zu erhalten. Außerdem ist der Service mit Ersatzteilen durch eine reibungslose ETV für viele Firmen eine lukrative Einnahmequelle, die nicht geschwächt oder gefährdet werden darf. Im Falle der Elektronik besteht sogar die Möglichkeit, dass die im Laufe eines Produktlebens erzielten Gewinne durch Maßnahmen zur Aufrechterhaltung der ETV wieder an- und eventuell auch aufgefressen werden können.

Eine nachhaltige ETV mit Elektronikkomponenten stellt also eine große Herausforderung dar, die nur im Zusammenspiel aller Versorgungspartner sinnvoll gemeistert werden kann. Unter den Versorgungspartnern nehmen jedoch die Hersteller von Elektronikkomponenten die zentrale Stellung ein. Im Falle der Kfz-Elektronik kauft der Kfz-Hersteller die Elektronikkomponenten zumeist von einem spezialisierten Kfz-Elektronikzulieferer, dessen Rolle somit im Fokus dieser Arbeit steht.

Ziel der Arbeit ist es, ein Management Support System (genauer ein Expert Support System ESS) für das ETM auf Basis eines integrierten Methoden-, Daten- und Prozessmodells zu entwickeln, das den Ersatzteilmanager bei seinen Aufgaben optimal unterstützt (Kap. 3, S. 37). Dieses Ersatzteilmanagement Support System (ETMSS) bildet dann die Grundlage für drastische Prozessverbesserungen im ETM und bildet durch sicherere Managementprozesse die Grundlage für eine sicherere Ersatzteilversorgung insgesamt.

Die gewählte Vorgehensweise (Kap. 1.2, S. 5) stützt sich auf verschiedene Sichtweisen: Systems Engineering ist die wichtigste übergreifende Methodik, unter der sich Supply Chain Management, Lebenszyklusmodell, Unternehmensmodellierung nach SCHEER [Sch97a] und Unified Modelling Language einordnen.

Mit der Definition erweiterter Begrifflichkeiten (Kap. 1.3, S. 6ff) beginnt die Systemmodellierung. Wesentliches Ergebnis ist die Aufteilung des Themengebietes in Struktur- und Abwicklungsprozesse bzw. Handlungs-, Prozess- und Objektsysteme: Das Ersatzteilwesen leistet die ETV und das ETM; ETM ist der Strukturprozess zur ETV.

Der Kontext der ETV und die Performanceanforderungen an die ETV werden im Zielsystem (Kap. 1.4, S. 9f) zusammengefasst dargestellt. Die ETV unterliegt starren Randbedingungen und weitestgehend unflexiblen Performanceanforderungen. Die Sicherstellung der Zielerreichung ist die Kernaufgabe des ETM.

Geleitet durch Vorgehensweisen der Systemtechnik bei Modellierung und Simulation [Neg98, S. 65] startet die Lösungssuche mit einer Situations- bzw. Kontextanalyse der

Ersatzteilversorgung (Kap. 2, S. 13ff). Ausgehend von der Entstehung des Ersatzteilbedarfs wird die ETV entlang der Supply Chain zurückverfolgt. Die Analyse eines Ersatzteilspektrums (Kap.2.5, S. 24ff) ergibt, dass es sich bei einem Ersatzteilspektrum um ein komplexes System an sich handelt. Zusätzlich wird aufgezeigt, dass die Begrifflichkeit des Versorgungsrisikos gegenüber der üblichen Verwendung im Supply Chain Management erweitert werden muss, um alle Risiken der ETV zu erfassen und systemtechnisch abzubilden.

Kapitel 3 (S. 37ff) wendet sich den Methoden und Prozessen des ETM zu. Anhand eines Praxisbeispiels aus dem ETM der Hella (Kap.3.1, S. 37ff) wird deutlich, dass die Entscheidungssituationen des ETM ebenfalls komplex sind – also die Komplexität der ETV noch verstärken. Die vorhandenen Lösungsansätze zum ETM werden aufgezeigt und hinsichtlich ihrer Eignung zur Komplexitätsbeherrschung bewertet. Daraus ergibt sich ein Anforderungsprofil an Methoden und Werkzeuge für das ETM (Abbildung 3-6, S. 47). Es folgt die Zusammenstellung geeigneter Methoden: Lebenszykluskostenrechnung, Risikomanagement und Supply Chain Management bilden die Grundlage für das ETM allgemein und für das ETMSS im speziellen.

Bzgl. der organisatorischen Einbindung des ETM in der Automobilindustrie wird eine Trennung von ETM und Produktmanagement empfohlen, solange bis die Belange der ETV in die Zielgrößen des Produktmanagements Eingang gefunden haben und die Automobilindustrie insgesamt Lösungen für die ETV entwickelt hat.

Das Prozessmodell (Kap. 3.3, S 57) wird zunächst auf hohem Abstraktionsniveau entwickelt. Der zentrale Schritt, das Versorgungsszenario (VSz), wird erst bei der Modellierung des ETMSS detailliert beschrieben. Um die Ansatzpunkte des ETM bei der Gestaltung der ETV identifizieren zu können, wird eine modulare Sichtweise auf ein Kfz-Elektronikzulieferunternehmen definiert. Dieser Sichtweise liegt im wesentlichen ein modulares Lebenszyklusmodell zugrunde. Mit dessen Hilfe lassen sich die zeitlichen Abhängigkeiten veranschaulichen und entsprechend der Modularisierung eine Aufgabenteilung zu unterschiedlichen Unternehmensfunktionen vornehmen. Aus dieser Analyse ergibt sich auch ein Phasenplan des ETM im Produktlebenszyklus.

Die Versorgungsstrategien (VS) und Versorgungspotentiale (VP) stehen im Fokus des 4. Kapitels (S. 64ff). VS und VP sind die Objekte, die das ETM gestaltet. Für jedes der zuvor definierten Module werden die vorhandenen Ansätze diskutiert. Der große Einfluss der Produktentstehung auf die Ersatzteilversorgung tritt klar hervor, aber gleichzeitig zeigt sich ihre Ohnmacht gegenüber den heutigen Problemen, weil diese in der Vergangenheit in die Produkte hineinkonzipiert wurden und sich die heutige Produktentwicklung zwangsläufig mit den zukünftigen Produkten beschäftigt.

Dem Stand der Technik ist ein eigenes Unterkapitel gewidmet (Kap. 4.6, S. 77ff). Das Kapitel schließt mit der Betrachtung der zeitlichen und strukturellen Zusammenhänge der VS und VP. Versorgungsstrategien sind über die Nutzung der gleichen VP stark untereinander vernetzt, und die VP sind die eigentlich risikoabhängigen und kostentreibenden Faktoren.

Auf dieser Basis können die Details des ETMSS modelliert werden (Kap. 5, S. 86ff). Als Leitgedanke wird dabei die ganzheitliche Ermittlung und Darstellung eines Versorgungsszenarios (VSz), dem Output des ETMSS, verfolgt. Durch die Darstellung sämtlicher entscheidungsrelevanter Informationen auf einen Blick ist das Versorgungsszenario das zentrale Instrument zur Integration von Methoden, Daten und Prozessen.

Die Fragen der Realisierbarkeit (Kap. 6, S. 117) werden anhand eines Praxisbeispiels behandelt und intensiv bewertet. Bezogen auf einen kleinen Teilbedarf für ein Produktionssystem wird ein Versorgungsszenario nach den entwickelten Verfahren erstellt und ausgewertet sowie die Umsetzung der empfohlenen Strategie in der Produktion dargestellt. Die Machbarkeit des Konzeptes wird dadurch nachgewiesen.

Es folgen Überlegungen zur Softwarearchitektur und zur unternehmensübergreifenden Integration des ETMSS: Insgesamt sollte das ETMSS in moderner Web-Architektur ausgeführt werden, damit die Anforderungen an heutige und zukünftige Unternehmenssoftware erfüllt und die unternehmensübergreifende Integration des ETMSS gewährleistet ist.

Die Bewertung fällt vor dem Hintergrund des wissenschaftlichen Handlungsbedarfs positiv aus. Die Praxistauglichkeit wird hinsichtlich verschiedener Faktoren intensiv mit dem Schluss beleuchtet, dass das ETMSS langfristig eine sehr sinnvolle Investition in die Effizienz und Effektivität des Ersatzteilmanagements und dadurch auch der Ersatzteilversorgung ist.

Die Integration des Ersatzteilmanagements in die Abläufe eines Unternehmens stellt eine große Herausforderung dar. Wie auch in dieser Arbeit deutlich wird, bestimmen die Entscheidungen im Vorfeld der Nachserie maßgeblich den Aufwand in der Ersatzteilversorgung. Jeder im Lebenszyklus der Ersatzteilversorgung vorgelagerte Unternehmensbereich leistet Vorarbeiten für erfolgreiches Ersatzteilmanagement und erfolgreiche Langfristversorgung. Dies wird allein schon beim integrierten Datenmodell für das ETMSS deutlich. Wie man das Ersatzteilmanagement zielführend in anderen Unternehmensbereichen einbinden kann, so dass sinnvolle Produkt- und Prozessentscheidungen gefällt und die notwendigen Daten bereitgestellt und gepflegt werden, ist eine interessante weiterführende Aufgabe für Forschung und Technik gleichermaßen.

Umgekehrt ist die Frage interessant, welche Lehren ein Unternehmen aus der Ersatzteilversorgung vor allem für die Produktentstehung ziehen kann. Die vorhandenen Richtlinien (z.B. [VDI2243], [VDI2246] oder [VDI2343]) legen noch keine Schwerpunkte bei der Langzeitverfügbarkeit, und gerade hier müssen noch etliche Erfahrungen gesammelt und eingebracht werden. Es fehlt an Komplexitätsreduktionsverfahren für zukünftige wie für existierende Ersatzteilspektren. Zwar werden Ansätze diskutiert (vgl. [Tee00], [ZVEI02]), konkrete Unterstützung ist aber noch nicht erkennbar.

Ein weiteres Untersuchungsfeld sollte sich mit der Ausgestaltung von Versorgungsstrategien und -potentialen beschäftigen. Zum Beispiel kann Wissensmanagement hinsichtlich detaillierter Fertigungsverfahren und Prozessveränderungen in der Produktion entscheidenden Einfluss auf die Produktionsfähigkeit haben. Die Aufarbeitung ist zwar ein etablierter Prozess, für den in der Automobilelektronik aber noch keine „Economies of Scale“ entstanden sind. Wie diese Strategie im Detail aussehen muss und welchen Einflüssen sie unterliegt, ist bisher nur an einzelnen Elektronikkomponenten untersucht worden. Ein besseres Verständnis für die einzelne Versorgungsstrategie lässt sich auch wieder in die Eignungsermittlung des ETMSS aufnehmen und führt damit zu einer Verbesserung der Simulationsfähigkeiten (s. Kap. 6.4, S. 132: Zusatznutzen).

Weitere wichtige Erkenntnisse sind aus einer Erweiterung des Untersuchungsbereichs bzw. einem Standortwechsel zu erwarten. Das in dieser Arbeit zugrundegelegte Verständnis des Ersatzteilmanagements ist ausschließlich herstellerseitig und auf die Kraftfahrzeugelektronik bezogen. Aus dem Blickwinkel des Kfz-Endkunden oder des Auto-

mobiler Hersteller werden wahrscheinlich neue und bereichernde Aspekte sichtbar. Andere Branchen haben vermutlich ebenso hochinteressante Besonderheiten.

Abschließend stellt Abbildung 7-1 die Idee einer kompletten Daten-, Methoden- und Prozessintegration entlang der Automotive Supply Chain dar. Angefangen beim Endkunden, der durch ein bordgestütztes Diagnosesystem in die Lage versetzt wird, Elektronikfehler genau zu erkennen, kann jede Stufe der Supply Chain einen Beitrag zur Optimierung der Ersatzteilversorgung und Instandhaltung leisten.

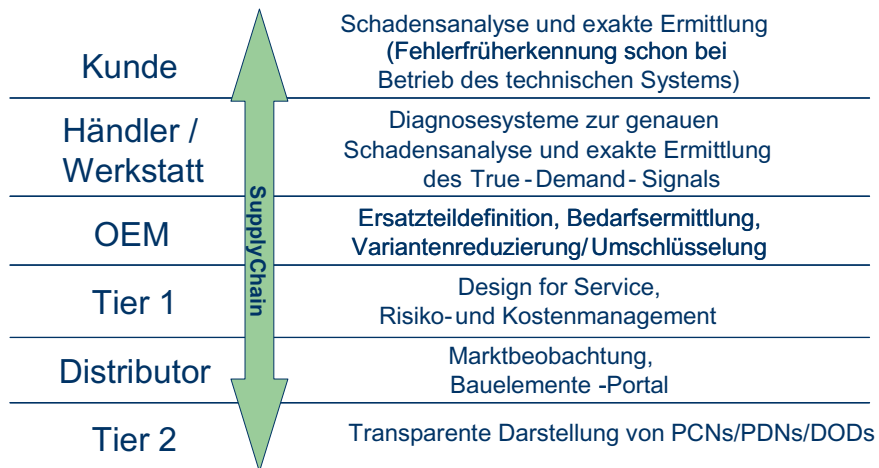


Abbildung 7-1: Softwareeinsatz für die ETV entlang der Supply Chain

Zentral für das ideale Ersatzteilmanagement sind dabei vor allem vier Faktoren:

1. sinnvolle Komplexitätsreduktion bei der Ersatzteildefinition,
2. Exakte Bedarfsermittlung, -prognose und transparente Bedarfsweitergabe,
3. komplexitätsgerechtes Ersatzteilmanagement mit Hilfe eines ETMSS und
4. schnelle Kommunikation und saubere Abbildung von Versorgungsrisiken im ETMSS.

Für die Zukunft wird es spannend sein, welche Stellung das Ersatzteilmanagement in den Unternehmen haben wird: Bleibt es Randthema, nimmt seine Bedeutung und Eigenständigkeit zu oder wird es in das Produktmanagement integriert? Eine Vision ist die Entwicklung des Produktmanagers vom Manager für Neuprodukte zum Life-Cycle-Manager aller Produkte. Eine weitere Vision ist das umfassende produktbezogene Risikomanagement durch Integration von Life-Cycle-Management und Supply-Chain-Management.

Auch wenn das in dieser Arbeit entwickelte Ersatzteilmanagement nicht die einzelnen Probleme der Ersatzteilversorgung lösen kann, steigert es doch die Qualität der Versorgung und stellt somit einen wertvollen Beitrag zu einer ganzheitlich nachhaltigen Entwicklung dar.

APPENDIX A ERGÄNZENDE ABBILDUNGEN

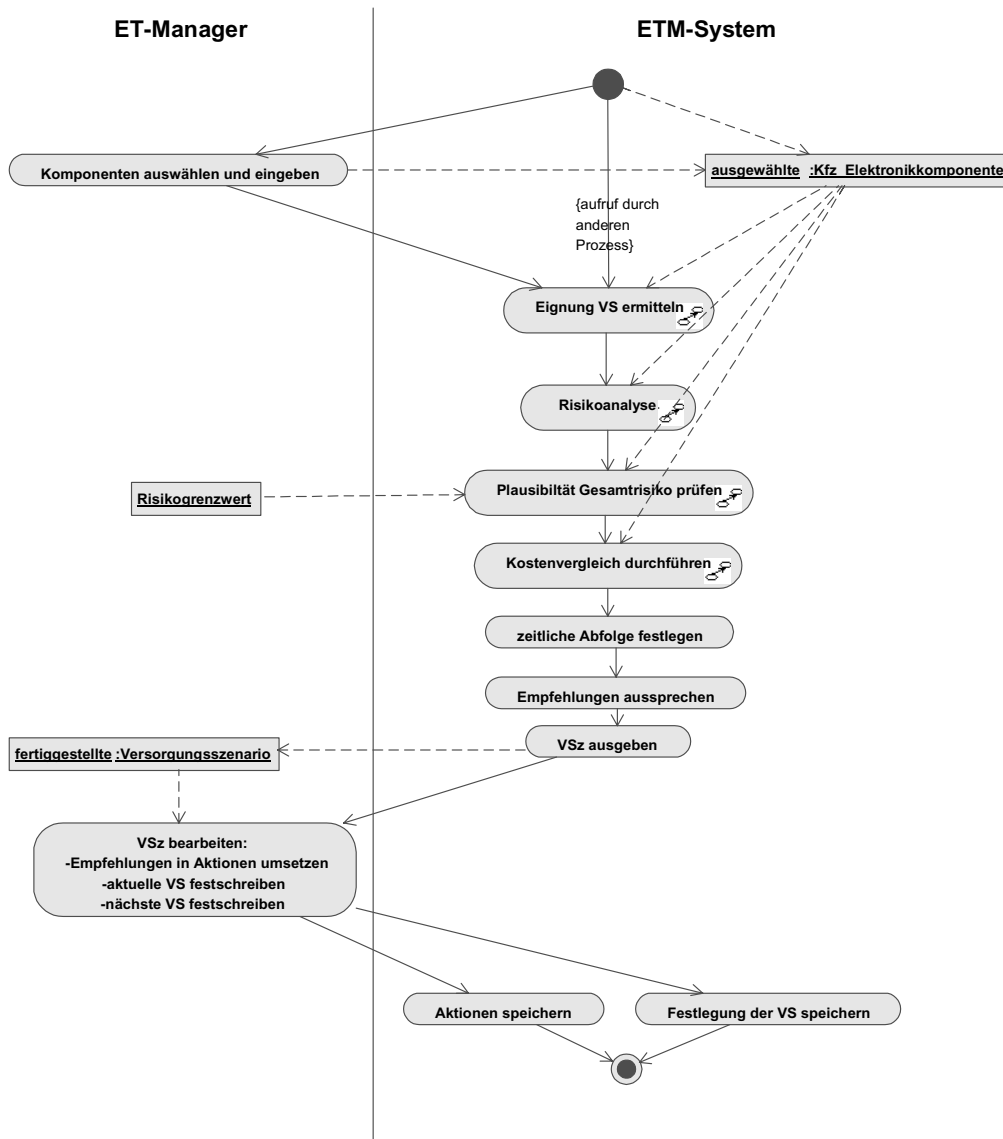


Abbildung A-1: Aktivitätsdiagramm zu Geschäftsprozess „VSz ermitteln“⁵⁵

⁵⁵ Die Unterdiagramme zum obigen Aktivitätsdiagramm verbergen sich hinter den Aktivitäten mit dem kleinen Unteraktivitäten-Symbol. Diese Zoom-Funktionalität wird bei einer starren Abbildung nicht deutlich, ist aber im UML-Standard festgelegt und in den entsprechenden Modellierungssoftwarepaketen implementiert.

APPENDIX B LITERATURVERZEICHNIS

- [Abe91] Abend, J.M.: Strukturwandel in der Automobilindustrie und strategische Optionen mittelständischer Zulieferer: eine explorative Studie. München: VVF 1992; Zugl.: Augsburg: Univ., Diss. 1991
- [AltautoV] Verordnung der Bundesregierung über die Entsorgung von Alttautos und die Änderung straßenverkehrsrechtlicher Vorschriften vom 04.07.97; BGBl. IS. 1666; BT-Drucksache 13/5998
- [Alt00] Althaus, V.: Optimierung von Prognoseverfahren für den langfristigen Ersatzteilbedarf elektronischer Steuergeräte. Paderborn: Uni.-GH, Diplomarbeit 2000
- [APM99] APME – Association of Plastics manufacturers in Europe: Plastics a Material of Choice for the Automotive Industry. Brüssel: 1999
- [APR85] Automotive Parts Rebuilder Association: Core Manual 2. McLean, Virginia, USA: 1985
- [Bai98] Baier-Welt: Bewertungsverfahren für die Recyclinggerechtigkeit elektromechanischer Produkte. Düsseldorf: VDI 1998
- [Bal98] Balzert, H.: Lehrbuch der Software-Technik, Bd. 2 Software-Management, Software-Qualitätssicherung, Unternehmensmodellierung. Heidelberg: Spektrum 1998
- [Bal99] Balzert, Heide: Lehrbuch der Objektmodellierung, Heidelberg: Spektrum 1999
- [Bal00a] Balzert, H.: Lehrbuch der Software-Technik, Bd. 1 Software Entwicklung. 2. Aufl. Heidelberg: Spektrum Akademischer Verlag 2000
- [Bal00b] Balzert, H.: Objektorientierung in 7 Tagen. Heidelberg; Berlin: Spektrum, Akad. Verlag 2000
- [Ban99] Bannert, G. Weitzel, M.: Objektorientierter Softwareentwurf mit UML. München Addison Wesley Longman 1999
- [Bel90] Bellmann, H.: Langlebige Gebrauchsgüter – Ökologische Optimierung der Nutzungsdauer, Wiesbaden 1990
- [BestbüAbfV] Verordnung zur Bestimmung von besonders überwachungsbedürftigen Abfällen. Vom 10. September 1996; BGBl. III 2129-27-2-1.
- [Bew00] Bews, M.: Firmenpräsentation Rochester Electronic. In ZVEI Arbeitskreis Langzeitversorgung. Frankfurt: 2000
- [Bie95] Biedermann, H.: Ersatzteil- Logistik: Beschaffung-Disposition-Organisation. Düsseldorf: VDI-Verlag 1995
- [Bir98] Birkhofer, H., Dannheim, F., Grüner, C.: Umwelt- und marktgerechte Produkte – Utopie oder ernsthaftes Entwicklungsziel In: VDI Berichte Nr 1400. Düsseldorf: VDI Verlag 1998, S. 1 - 17
- [Bön97] Böning, M.: Einsatzmöglichkeiten eines lebenszyklusorientierten Controlling von Produktionsanlagen. München: VVF 1997
- [Bou00] Boutellier, R., Schneckenburger, Th.: Prognosen – Praxiserprobte Konzepte aus der Logistik. München, Wien: Hanser 2000
- [Brü99] Brüggemann, H., Schimmelpfeng, K., Seufzer, A.: Lebenszyklusorientiertes Informationsmanagement in der Anlagenplanung. In: ZWF Jahrg. 94 (1999) 3, S. 100-102. München: Hanser 1999
- [Bul89] Bullinger, H.-J., Wasserloos, G.: Die Entwicklung praxisgerechter Expertensysteme: knowledge engineering. Landsberg/Lech: Moderne Industrie 1989
- [Bul90] Bullinger, H.-J., Kornwachs, K.: Expertensysteme: Anwendung und Auswirkung im Produktionsbetrieb. München Beck 1990
- [Bul99] Bullinger, H.-J., Braun, M., Zinser, S.: Unternehmenserfolg durch mitar-

- beiterorientiertes Wissensmanagement. In: ZWF Jahrg. 94 (1999) 3, S. 97-99. München: Hanser 1999
- [CLE00] Clepa- European Association of Automotive Suppliers: Reuse of Automotive Parts. Folienpräsentation. Brüssel: Clepa 2000
- [Cre91] Cremers, A.B.: Expertensysteme für die Planung der Produktion. Köln: TÜV Rheinland 1991
- [Col96] Coldewey, J., Keller, W.: Objektorientierte Datenintegration - ein Migrationsweg zur Objekttechnologie; Troisdorf: OBJEKTSpektrum Juli/August 1996, Nr. 4, Seite 20-28.
- [Cro01] Crone, J., et al.: ProMeKreis-Konstruktionsleitfaden: Ein Hilfsmittel für die recyclinggerechte Produktentwicklung. In: Konstruktion Juni 6-2001. Düsseldorf: Springer-VDI 2001
- [Dae92] Daenzer, W.F., Huber, F. (Hrsg.): Systems Engineering: Methodik und Praxis. 7. Aufl. Zürich: Industrielle Organisation 1992
- [DGQ91] DGQ e.V.: Werkzeuge der Qualitätssicherung; Frankfurt: 1991
- [Die99] Dietrich, K.-H.: Recyclinggerechte Produktgestaltung – Im Unternehmen Agfa-Gevaert AG. VDI Bericht Nr. 1479, Düsseldorf: VDI 1999
- [Die00] Dietrich, K.-H.; Dorn, Th.; Mörtl, M.; Rath, S.: Leitfaden zur recyclinggerechten Produktentwicklung: Methoden zur Verbesserung der Kreislaufefizienz von Einfach- und Komplexgeräten unter besonderer Berücksichtigung der Recyclingkosten und unter Einbeziehung innovativer Verwertungstechniken bei der Produktentwicklung. München: TU, 2000 (<http://www.pe.mw.tum.de/recyclingleitfaden>)
- [DIN 24420] Deutsches Institut für Normung e.V.: DIN 24420 Ersatzteillisten. Berlin / Köln: Beuth 1976
- [DIN 31051] Deutsches Institut für Normung e.V.: DIN 31051 Instandhaltung. Berlin / Köln: Beuth 1985
- [Dem00] Dembowski, H., et al: Automated Disassembly of PCB's for Re-use and Quality Control of Desoldered Packages. Berlin: FhG IZM. In: Electronics goes green 2000+ Proceedings Volume 1, Berlin: VDE 2000, S. 365-370
- [Dom01] Dombrowski, U., Bothe, T.: Ersatzteilmanagement – Strategien für die Ersatzteilversorgung nach Ende der Serienproduktion. Institut für Fabrikbetrieb und Unternehmensforschung (IFU) – TU Braunschweig. In: wt Werkstatttechnik online, Jahrgang 91 H. 12.: 2001
- [Dom02] Dombrowski, U., Bauer, A., Bothe, T.: Lebenszyklusorientiertes Ersatzteilmanagement. In: Industrie Management 18. Berlin: GITO 2002
- [Dro93] Droege, W.P.J., Backhaus, K., Weiber, R.: Strategien für Investitionsgütermärkte. Landberg/Lech: 1993
- [Dür98] Dürrschmidt, S.: Mit Agilen Montagesystemen marktgerecht produzieren. In: iwB newsletter März 1998, Jahrgang 6 Nr. 1/2. München: iwB 1998
- [ECO01] The Economist: A lingua franca for the Internet. In: Technology Quarterly. London: The Economist 22.09.2001
- [ECO02a] The Economist: Car Retailing: Driving a hard bargain: The European Commission's new rules will loosen car maker's hold on dealers. London: The Economist 26.01.2002
- [Eco02b] The Economist: Special Report-Car Manufacturing: Incredible shrinking plants. London: The Economist 23.02.2002
- [Eco02c] The Economist: How about now - A survey of the real-time economy. London: 02.02.2002
- [Ehr95] Ehrlenspiel, K.: Integrierte Produktentwicklung: Methoden für Prozessorganisation, Produkterstellung und Konstruktion. München Hanser 1995

- [Ehr00] Ehrlenspiel, K., Kiewert, A., Lindemann, U.: Kostengünstig Entwickeln und Konstruieren. 3. Aufl. Berlin: Springer 2000
- [Eck00] Eckerth, G.: The combination of assembly and disassembly in one production plant – A new production line design for effective product loops. Dortmund: FhG iml. In: Electronics goes green 2000+ Proceedings Volume 1, Berlin: VDE 2000, S. 359-363
- [Est97] Ester, B.: Benchmarks für die Ersatzteillogistik: Benchmarkingformen, Vorgehensweisen, Prozesse und Kennzahlen. Berlin: Erich Schmidt 1997
- [Eve96] Eversheim, W; Schuh, G. [Hrsg]: Betriebshütte Produktion und Management; Berlin; Heidelberg; New York: Springer 1996
- [EU-AltautoVO] Richtlinie des Europäischen Parlamentes und des Rates über Altfahrzeuge; Gemeinsamer Entwurf nach Billigung durch den Vermittlungsausschuß des Art. 251 Abs. 4 EG-Vertrag; PE-CONS 3627/00
- [EU-WEEE00] Vorschlag für eine Richtlinie des Europäischen Parlaments und des Rates über Elektro- und Elektronikaltgeräte; Vorschlag für eine Richtlinie des Europäischen Parlaments und des Rates zur Beschränkung der Verwendung bestimmter gefährlicher Stoffe in elektrischen und elektronischen Geräten; Kommission der Europäischen Gemeinschaften; KOM (2000) 347 vorläufig; Brüssel 13.06.2000
- [FAZ01] Frankfurter Allgemeine Zeitung: Ein Chip steuert die gesamte Unterhaltungselektronik im Auto: Künftig Software-Tausch statt Ölwechsel / Infineon stellt den 32-Bit-Mikrocontroller für Infotainment vor. Frankfurt: FAZ 17.12.2001, Seite 21
- [Fel00] Feldmann, K., Trautner, S.: Design for Environment – Methodology and Industrial Experience: Part 1: Computer Based Disassembly Planning and Design for Recycling. Erlangen: Universität In: Electronics goes green 2000+ Proceedings Volume 1, Berlin: VDE 2000, S. 231 - 236
- [Fie91] Fieten, R.: Erfolgsstrategien für Zulieferer: von der Abhängigkeit zur Partnerschaft, Automobil- und Informationsindustrie. Wiesbaden: Gabler 1991
- [Fil02] Filser, H.: Endstation Elektronik – In Zukunft drohen Autos auf dem Schrott zu landen, weil Halbleiter-Bauteile nach wenigen Jahren nicht mehr zu bekommen sind. München: SZ Ausgabe vom 08.01.2002
- [Fin70] Finger, P.: Die Verpflichtung der Hersteller zur Lieferung von Ersatzteilen. In: NJW 1970, S. 2049 - 2052
- [Fin93] Finkenwirth, A.: Ersatzteildisposition in der Automobilindustrie – mit einem System-Dynamics-Lagerhaltungsmodell. Pfaffenweiler: Centaurus 1993, zugl. Mannheim: Universität, Dissertation 1992
- [Fis94] Fischer, D.: Gestaltung wissensbasierter Systeme auf der Grundlage betrieblicher Entscheidungssituationen. Bovenden: Unitext 1994, zugl. Göttingen: Universität, Diss. 1994
- [Fra01] Franke, H.-J., Firchau, N.L.: Variantenvielfalt in Produkten und Prozessen – Erfahrungen, Methoden und Instrumente zur erfolgreichen Beherrschung. In: VDI Bericht 1645. Düsseldorf: VDI 2001
- [Fre95] Frese, E., Heppner, K.: Ersatzteilversorgung: Strategie und Organisation. München: TCW Transfer-Centrum 1995
- [Fri99] Friedrich, M., Frink, D.: Das Aachener PPS-Modell. Forschungsinstitut für Rationalisierung an der RWTH Aachen, Vorelsungskript. Münstzer Univ. 1999
- [FSV96] Freiwillige Selbstverpflichtung zur umweltgerechten Altautoverwertung (Pkw) im Rahmen des Kreislaufwirtschaftsgesetzes vom 21.02.96; Download unter <http://www.arge-altauto.de/index1.html> oder <http://www.pars.org/harf/selbstve.html>

- [Fuj00] Fujimoto, J., et al.: proposal of Service-Oriented Products Based on the Inverse Manufacturing Concept – 1st Report: Concept and business Model. In: Electronics goes green 2000+ Proceedings Volume 1, Berlin: VDE 2000, S. 205-210
- [Gab90] Gabriel, R., et al.: Wissensbasierte Systeme in der betrieblichen Praxis. Hamburg/New York: McGraw-Hill 1990
- [Gei96] Geipl-Dürasch, K.: Produktbezogenes Kostenmanagement zur Entscheidungsunterstützung in der Entwicklung und Konstruktion. Ilmenau: Technische Universität, Diss. 1996
- [Glu97] Gluchowski, P., Gabriel, P., Chamoni, P.: Management-Support-Systeme: computergestützte Informationssysteme für Führungskräfte und Entscheidungsträger. Berlin: Springer 1997
- [Got90] Gottlob, G. (Hrsg.), et al.: Expertensysteme. Wien, New York: Springer 1990
- [Gut94] Gutmannsthal-Krizanits, H.: Risikomanagement von Anlageprojekten: Analyse, Gestaltung und Controlling aus Contractor-Sicht. Wiesbaden: Gabler 1994
- [Hag97] Hagen, M.: Schnittstellen und Kommunikationsverbesserung bei einer Getriebesteuerungsentwicklung für einen asiatischen Kunden. München: TU, Lehrstuhl für Konstruktion, unveröffentlichte Diplomarbeit Nr. 748 1997
- [Hag00] Hagen, M., Iding M., Sudhoff H.: Lösungsansätze zur Sicherstellung der Nachserienversorgung in der Automobilelektronik. In: VDI Berichte Nr 1547. Düsseldorf: VDI Verlag 2000, S. 953 - 978
- [Han99] Hansen, Uwe, et al: Produktkreisläufe, Schlüssel zum nachhaltigen Wirtschaften; Fraunhofer IRB Verlag, Stuttgart: 1999
- [HEL99] Hella KG, Hueck & Co.: Situationsanalyse im Autorecycling und Auswirkungen auf die Teileindustrie aus der Sicht der Hella KG; nicht veröffentlichter interner Bericht der Hella KG Hueck & Co., Lippstadt 1999
- [HEL02] Hella KG, Hueck & Co.: Hella Telegramm – Nachrichten für den Kfz-Teile-Markt 1/2002. Lippstadt: Hella 2002
- [Her98] Hermann, A.: Produktmanagement. München: Vahlen 1998
- [Hes99] Hesselbach, J., Herrmann, C., von Westernhagen, K.: Elektro (nik) schrott – Umweltgerechte Produktgestaltung und Planung der Demontage. In: Umwelt 3/99 Düsseldorf: Springer 1999
- [Hil97] Hillier, F.S., Liebermann G.J.: Operations-Research: Einführung. München: Oldenbourg 1997
- [Hof00] Hoffmann, R. et al.: Product design methodology. Austrian society for Systems Engineering and Automation Vienna, Austria. In: Electronics goes green 2000+ Proceedings Volume 1, Berlin: VDE 2000, S. 217-221
- [Hot90] Hoth, C.: Die Pflicht zur Ersatzteilversorgung – Zugleich ein Beitrag zur Reichweite der deliktsrechtlichen Herstellerhaftung. Berlin: Freie Universität, Diss. 1990
- [IDS01] IDS Scheer: ARIS hat die Nase vorn – Fraunhofer-Institut zu Tools für das Geschäftsprozess-Management; Sonderdruck aus Computerwoche Heft Nr. 26 vom 29. Juni 2001. Saarbrücken: IDS Scheer 2001
- [Ihd99] Ihde, G., Merkel, H., Henning, R.: Ersatzteillogistik - Theoretische Grundlagen und praktische Handhabung. 3. Aufl. München: Huss 1999
- [INF01] Infineon Technologies AG: Information Note 45/01. München: 2001
- [Joh90] Johannes, P.: Expertensysteme: Entscheidungskriterien für Manager. München: Oldenbourg 1990
- [Joh00] Johannung, L., Rudolph, B.: Handbuch Risikomanagement. Bd.1 Risikomanagement bei für Markt-, Kredit- und operative Risiken.

- Bad Soden/Ts.: Uhlenbruch 2000
- [Kem99] Kemminger, J.: Lebenszyklusorientiertes Kosten- und Erlösmanagement. Wiesbaden: Gabler 1999
- [Kim97] Kim, J.-S.: Die Geschäftsbeziehungen zwischen OEM und Zulieferern: Ein Prozessmodell für das OEM-Geschäft unter besonderer Berücksichtigung der Stellung von Systemlieferanten. Trier: Uni., Diss. 1997
- [Kle97] Kleinberg, K.: BPR Tools Functionality: What you need, what they have, Gartner Group Strategic Analysis Report 1997
- [Kle95] Klenter, G.: Zeit – Strategischer Erfolgsfaktor von Industrieunternehmen. Hamburg: 1995
- [Kot94] Kotler, P.: Marketing Management: Analysis, Implementation, and Control. 8. Aufl. USA, New Jersey, Englewood Cliffs: Prentice Hall 1994
- [Krc01] Krcmar, H.: Entwurf von Informationssystemen: LE9 Vergleich von Entwurfsmethoden. Institut für Wirtschaftsinformatik, Vorlesungsskript. Hohenheim: Univ. 2001
- [Krü98] Krüger, A.: Trotz starker Stückzahlschwankungen wirtschaftlich montieren! In: iwb newsletter März 1998, Jahrgang 6 Nr. 1/2. München: iwb 1998
- [KrW-/AbfG] Gesetz zur Förderung der Kreislaufwirtschaft und Sicherung der umweltverträglichen Beseitigung von Abfällen - Kreislaufwirtschafts- und Abfallgesetz; vom 27.09.1994; BGBl. III 2129-27-2
- [Lam01a] Lamade, M.: My SAP Automotive – Lösungsportfolio eines strategischen IBM-Alliance-Partners. In: komplementäre Lösungen für die Automobilindustrie. Tagung. Stuttgart: IBM 06.11.2001
- [Lam01b] Lampe, G., Mergenthaler W.: Zufälle kalkulieren. In: Automobil-Produktion Oktober 2001. Landsberg: Moderne Industrie 2001
- [Lip99] Lippinsky, M.: Infrastructure Planning for Small and Medium Lot Size Production in the Automotive Field. Linköping, Schweden: Institute of Technology, Master's Thesis 1999
- [Loo98] Loos, P., Allweyer, T.: Process Orientation and Object-Oriented – An Approach for Integrating UML and Event-Driven Process Chains (EPC). Paper 144, Publication of the Institut für Wirtschaftsinformatik Saarbrücken: University of Saarland 1998
- [Män96] Männel, B.: Netzwerke in der Zulieferindustrie: Konzepte – Gestaltungsmerkmale – Betriebswirtschaftliche Wirkungen. Wiesbaden: Deutscher Universitäts-Verlag 1996 zugl.: München: TU, Diss. 1996
- [Mar92] Maringer, A.: Lebenszyklus-Modell einer High-Tech-Industrie, Analyse von Wachstumsverläufen und shake-out in der Computerindustrie. München: Universität der Bundeswehr, Dissertation 1992
- [Mau00] Mauel, J.: Bewertungsmethodik zur Wiederverwendung elektronischer Kfz-Steuergeräte aus laufenden und vergangenen Serien: technische und wirtschaftliche Betrachtung. Aachen: RWTH, Diplomarbeit 2000
- [Mei94a] Meidlinger, A.: Dynamisierte Bedarfsprognose für Ersatzteile bei technischen Gebrauchsgütern, Frankfurt a. M.: Europäischer Verlag der Wissenschaften 1994
- [Mei94b] Meinig, W. (Hrsg.): Wertschöpfungskette Automobilwirtschaft: Zulieferer – Hersteller – Handel. Wiesbaden: Gabler 1994
- [Mei99] Meißner, St.: Methoden zur Produktionssteuerung bei der manuellen Entfertigung elektronischer Altgeräte. In: VDI-Berichte Nr. 1479, Düsseldorf: VDI 1999, S. 77-82
- [Mey94] Meyna, A.: Qualitäts- und Zuverlässigkeitsmanagement. Braunschweig/Wiesbaden: Vieweg & Sohn 1994
- [Mey95] Meyer, L.: Ersatzteillogistische Unterstützung des Instandhaltungsprozesses durch Methoden der bedarfsgerechten Planung und kostenoptima-

- len Bereitstellung von Instandhaltungsmaterialien, Chemnitz /Zwickau: Technische Universität Chemnitz-Zwickau, Dissertation, 1995
- [Mey99] Meyer, K.: Logistikplanung für die Kleinserienproduktion bei einem Hersteller für Automobilelektronik. Bielefeld: Fachhochschule, Diplomarbeit 1999
- [Mid00] Middendorf, H., et al: Estimating the (remaining) Life Time for Maintenance and Reuse. Berlin: TU und FhG IZM. In: Electronics goes green 2000+ Proceedings Volume 1, Berlin: VDE 2000, S. 467-472
- [Mor02a] Morawitz, E.: Alte Elektronik ist kaum zu ersetzen – „Die Zeitbombe tickt“: Niemand weiß, wie lange man Chips oder Steuergeräte lagern kann. Frankfurt: FAZ Nr. 88, 16. April 2002
- [Mor02b] Morawitz, E.: Lieblinge ohne Spannung: Auto-Experten befürchten, der kurze Lebenszyklus der Chips lege Oldtimer lahm. München: Focus 12/2002
- [Neg98] Negele, H.: Systemtechnische Methodik zur ganzheitlichen Modellierung am Beispiel der integrierten Produktentwicklung. München: Utz Wissenschaft 1998, zugl. München: TU, Diss.1998
- [Neg01] Negel, M.: Abgekündigte Bauelemente – Möglichkeiten der Beschaffung: Referat der Consumer Electronic AG, Plenumsitzung Arbeitskreis Allzeitversorgung Halbleiter, Montag 29. Januar beim ZVEI in Frankfurt. München / Frankfurt: CE 2001
- [OMG99] Object Management Group: OMG Unified Modeling Language Specification - Version 1.3. WWW: www.omg.org 1999
- [Pah97] Pahl, G., Beitz, W.: Konstruktionslehre: Methode und Anwendung. 4. Aufl. Berlin: Springer 1997
- [Pan98] Pant, R., et al.: Methoden und Instrumente zur Einbindung einer vergleichenden ökologischen Beurteilung von Lösungsalternativen in den Produktentwicklungsprozess. In: VDI-Berichte Nr. 1400, Düsseldorf: VDI 1998, S. 141-170
- [Par93] Parsaye, K., Chignell, M.: Intelligent database tools & applications: hyperinformation access, data quality, visualization, automatic discovery. New York: John Wiley & Sons 1993
- [PAR00] Partslife GmbH: Einordnung von Gebrauchtteilen. Langen: 2000
- [Pau98] Pauli, B.: Zuverlässigkeitsprognosen für elektronische Steuergeräte im Kraftfahrzeug: Modellbildungen und deren praktische Anwendungen, Dissertation, Bergische Universität-Gesamthochschule Wuppertal, Aachen: Aachen 1998
- [Pel01] Peles, S., Warnecke, G.: Methoden zur systematischen Generierung von Recyclinganforderungen bei Produkten. In: Konstruktion Mai 5-2001. Düsseldorf: Springer-VDI 2001
- [Pic96] Picot, A., Reichwald, R., Wigand, R.T.: Die grenzenlose Unternehmung: Information, Organisation und Management. 2.Aufl. Wiesbaden: Gabler 1996
- [Pic01] Picot, A., Reichwald, R., Wigand, R.T.: Die grenzenlose Unternehmung: Information, Organisation und Management. 4.Aufl. Wiesbaden: Gabler 2001
- [Pfo96] Pfohl, H.-C.: Logistiksysteme betriebswirtschaftliche Grundlagen., 5. Aufl. Berlin/ Heidelberg / New York: Springer 1996
- [Poh95] Pohlmann, M., et al: Industrielle Netzwerke: antagonistische Kooperation an der Schnittstelle Beschaffung –Zulieferer. München; Mering: Hampp 1995
- [Poh00] Pohle, S.: Bewertung alternativer Fertigungsstrategien zur kostenoptimalen Nachserienversorgung von Automobilzulieferkomponenten in der Hella KG Hueck & Co., Werk Hamm Bockum-Hövel. Jena: FH, Dip-

- lomarbeit 2000
- [Pöt99] Pötter, H., Middendorf, A., Stobbe, I.: ReUse von Baugruppen und Komponenten – die höchste Form des Recyclings. In: VDI-Berichte Nr. 1479, Düsseldorf: VDI 1999, S. 27-37
- [Rau66] Raum, P.: Fortentwicklung von Verträgen, insbesondere von Lieferverträgen. München: Diss. 1966
- [Red73] Redecker, G.: Bestimmung des optimalen Lagerbestands an Instandhaltungsmaterial und Ersatzteilen. Berlin / Heidelberg / New York: Springer-Verlag, 1973
- [Rei00] Reinhart, G., et al: Virtuelle Fabrik : Wandlungsfähigkeit durch dynamische Unternehmenskooperationen. München: Transfer-Centrum 2000
- [Rei02] Reinhart, G., et al: Wandlungsfähige Fabrikgestaltung. In: ZWF Jahrg. 97 (2002) 1-2, S. 18-23. München: Hanser 2002
- [Rie95] Rieken, L.: Die situative Gestaltung des Materialflusses zwischen Zulieferer und Abnehmer – Dargestellt am Beispiel der deutschen Automobilindustrie. Köln: Josef Eul 1995
- [Ros00] Rose, C.M., Stevels, A.: Applying Environmental Value Chain Analysis. In: Electronics goes green 2000+ Proceedings Volume 1, Berlin: VDE 2000, S. 415-421
- [Run99] Runge, M.: Konzept zur Wiederaufarbeitung von Elektronikbauteilen in der Autozulieferindustrie unter besonderer Berücksichtigung der Rückführung der Altteile. Wilhelmshaven: FH, Diplomarbeit 1999
- [RISKNET] www.risknet.de
- [Sam92] Sames, G.: PPS für Zulieferer. 1. Aufl. Aachen: Augustinus-Buchhandlung 1992 Zugl.: Aachen TH, Diss. 1992
- [SCC01] Supply-Chain Council: Supply-Chain Operations Reference Model - Overview Version 5.0. Pittsburg, USA: www.supply-chain.org, 2001
- [Sch77] Schulz, E.: Grundlagen zur Planung von Ersatzteilerfertigung. Mainz: Otto-Krauskopf-Verlag 1977
- [Sch97a] Scheer, A.-W.: Wirtschaftsinformatik, Referenzmodelle für industrielle Geschäftsprozesse. 7. Aufl., Berlin: Springer 1997
- [Sch97b] Scheer, A.-W. (Hrsg.) Nüttgens, M., Zimmermann, V.: Objektorientierte Ereignisgesteuerte Prozeßkette (oEPK) - Methode und Anwendung. Heft 141, Veröffentlichungen des Instituts für Wirtschaftsinformatik (IW), Saarbrücken: Universität des Saarlandes 1997
- [Sch98] Schuh, G., Millarg, K., Göransson, A.: Virtuelle Fabrik. Neue Marktchancen durch dynamische Netzwerke. München / Wien: Hanser 1998
- [Sch99] Schöps, St.: Automatisierte Entstückung von Flachbaugruppen. In: VDI-Berichte Nr. 1479, Düsseldorf: VDI 1999, S. 83-87
- [Sch02] Schumacher, M. A. I.: Kommt das aus für die Oldtimer? Langzeitversorgung der Automobilindustrie mit elektronischen Baugruppen. In: Elektronik Automotive April 2002.
- [She00] Sherwood, M., Shu, L.H.: Supporting Design for Remanufacture through Waste-Stream Analysis of Automotive Remanufacturers. University of Toronto, Canada, In: CIRP Annals 2000. Bern: Technische Rundschau 2000
- [Spö97] Spöttl, G.; Rauner, F.; Moritz, E.F.: Vom Kfz-Handwerk zum Qualitätsservice - Der US-amerikanische Kfz-Sektor nach der Trendwende. Donat. Bremen, 1997
- [Spö99] Spöttl, G., Becker, M.: Die Rolle der Teilehersteller als Dienstleister für freie Kfz-Betriebe. Flensburg: Universität 1999
- [Spa98] Spath, D.: Absatzsynchrone Montageplanung – Investitionsentscheidungen zeitlich vorausschauend absichern. In: 12. Deutscher Montagekongress. Landsberg : Verlag Moderne Industrie, 1996

- [Spa02] Spath, D., Baumeister, M., Rasch, D.: Wandlungsfähigkeit und Planung von Fabriken: Ein Ansatz durch Fabriktypologisierung und unterstützende Strukturbaukasten. In: ZWF Jahrg. 97 (2002) 1-2, S. 28-32. München: Hanser 2002
- [Sta99] Standke, M.: Konzeption eines Lagersystems für Flexible Montagesysteme bei einem Automobilzulieferer. Paderborn: Uni.-GH, Diplomarbeit 1999
- [Sta00] Stadtler, H., Kilger, C.: Supply Chain Management and Advanced Planning: Concepts, Models, Software and Case Studies. Berlin: Springer 2000
- [Ste98a] Steinhilper, R.: Remanufacturing – The ultimate Form of Recycling. Stuttgart: Fraunhofer IRB 1998
- [Ste98b] Steinhilper, R., Friedel, A.: Neue Methoden beim Design for Environment elektronischer Produkte. In: VDI-Berichte Nr. 1400, Düsseldorf: VDI 1998, S. 171-179
- [Ste00] Steinhilper, R. Hieber, M.: Manufacturing or Remanufacturing? Decision management and Success Factors. In: Electronics goes green 2000+ Proceedings Volume 1, Berlin: VDE 2000, S. 379 - 384
- [Stö99] Stölzle, W.: Industrial Relationships. München; Wien: Oldenbourg 1999
- [Sto01] Stolze, N.: Entwicklung eines Redistributionssystems im Rahmen eines marktorientierten Umweltmanagements in der Automobilzulieferindustrie. Dresden: TU, Diplomarbeit 2001
- [Tee00] Teepe, G.: Maßnahmen zur Steigerung der Innovationsgeschwindigkeit in der Automobilelektronik ein Vergleich mit der Computerindustrie. In: VDI Berichte Nr 1547. Düsseldorf: VDI Verlag 2000, S. 439-446
- [Tho96] Thoma, P.: Risiken für die Automobilindustrie hinsichtlich der Marktverschiebungen des weltweiten Halbleiterbedarfs. In: VDI Berichte Nr. 1287, Düsseldorf: VDI 1996, S. 1-12
- [Tra00] Trapp, T.: Ersatzteil-Logistik für Kfz-Elektronik aus Sicht eines Automobilzulieferers. In: VDI-Gesellschaft FML: Effiziente Ersatzteil-Logistik. Tagung, Kassel: 2000. zugl. VDI Berichte 1573. Düsseldorf: VDI, 2000, S. 31 – 44
- [TUM00] TU München: Sonderforschungsbereich 336 – Montageautomatisierung durch Integration von Konstruktion und Planung: Arbeits- und Ergebnisbericht. München: TU 2000
- [Vah98] Vahrenkamp, R., Logistikmanagement. 3. Aufl. München/Wien: R. Oldenbourg 1998
- [VDA96] Verband der Automobilindustrie e.V. (Hrsg.) Tatsachen und Zahlen aus der Kraftverkehrswirtschaft, 60. Folge, Frankfurt 1996.
- [VDI 2221] VDI 2221: Methodik zum Entwickeln und Konstruieren technischer Systeme und Produkte. Berlin: Beuth 1993
- [VDI 2243] VDI 2243: Konstruieren recyclinggerechter technischer Produkte Blatt 1 (E): Recyclinorientierte Produktentwicklung. Berlin: Beuth 2000
- [VDI 2246] VDI 2246: Konstruieren instandhaltungsgerechter technischer Erzeugnisse:
Blatt1: Grundlagen
Blatt 2: Anforderungskatalog.
Berlin: Beuth 2001
- [VDI 2343] Recycling elektrischer und elektronischer Geräte
Blatt 1: Grundlagen und Begriffe
Blatt 2: Externe und interne Logistik
Blatt 3 (E): Demontage und Aufbereitung
Blatt 4: Vermarktung.

- Berlin: Beuth 2001
- [VDI00] VDI-Gesellschaft FML: Effiziente Ersatzteil-Logistik. Tagung, Kassel: 2000. zugl. VDI Berichte 1573. Düsseldorf: VDI, 2000
- [Vol02] Vollmer, L.: Virtualisierung und Digitalisierung bei der Fabrikplanung. In: ZWF Jahrg. 97 (2002) 1-2, S. 24-27. München: Hanser 2002
- [VW98] Volkswagen AG: Vertrieb Ersatzteile. Broschüre, Kassel: VW 1998
- [VW01] Volkswagen AG: Folienpräsentation zu eCap. Wolfsburg: VW 2001
- [Wec98] Weckenmann, A., Schwan, A.: Fuzzygestütztes Bewertungsmodell zur Entwicklung umweltverträglicher Produkte und Prozesse bei unsicheren Eingangsinformationen. In: VDI-Berichte Nr. 1400, Düsseldorf: VDI 1998, S. 85-103
- [Wer92] Werner, L.: Entscheidungsunterstützungssysteme: Ein problem- und benutzerorientiertes Management-Instrument. Heidelberg: Physica 1992
- [Wie98] Wiendahl, H.-P., Bürkner, S., Thies, J.M.: Produktionssysteme im geschlossenen Produktlebenszyklus. Hannover: Institut für Fabrikanlagen 1998. In: Werkstatttechnik Band 88 S. 318
- [Wie02] Wiendahl, H.-P., Hernández, R., Grienitz, V.: Planung wandlungsfähiger Fabriken – Erschließung von Potenzialen mit Hilfe des Szenario-Managements. In: ZWF Jahrg. 97 (2002) 1-2, S. 12-17. München: Hanser 2002
- [Wil97] Wildemann, H.: Logistik Prozessmanagement. München: TCW 1997
- [Wil01] Williams, J., Shu, L.H.: Analysis of Remanufacturer Waste Streams Across Product Sectors. University of Toronto, Canada, In: CIRP Annals 2001. Bern: Technische Rundschau 2001
- [Wöh93] Wöhe, G.: Einführung in die allgemeine Betriebswirtschaftslehre. 18. Aufl. München: Franz Vahlen 1993
- [Yas00] Yasushi, U., et al.: A proposal of design methodology for Upgradeability. Tokyo Metropolitan University. In: Electronics goes green 2000+ Proceedings Volume 1, Berlin: VDE 2000, S. 479-484
- [Zan76] Zangemeister, C.: Nutzwertanalyse in der Systemtechnik. 4. Aufl. München: Verlagskommission Wittemansche Buchhandlung
- [ZVE00] Ergebnisse aus dem Arbeitskreis Langzeitversorgung des Zentralverbands Elektrotechnik- und Elektronikindustrie e.V.: Protokolle und Folienpräsentationen der Arbeitsgruppen. Frankfurt: 2000
- [ZVE02] ZVEI: Weißbuch: Langzeitversorgung der Automobilindustrie mit elektronischen Baugruppen. Frankfurt: ZVEI 2002