

Fachgebiet Raumfahrttechnik
Technische Universität München

Nutzenorientierte Einführung eines Produktdatenmanagement-Systems

Pamela Wehlitz

Vollständiger Abdruck der von der Fakultät für Maschinenwesen
der Technischen Universität München
zur Erlangung des akademischen Grades eines

Doktor-Ingenieurs

genehmigten Dissertation.

Vorsitzender: Univ.-Prof. Dr.-Ing. Jean K. Gregory
Prüfer der Dissertation: 1. Univ.-Prof. Dr.-Ing. Eduard Igenbergs
2. Univ.-Prof. Dr.-Ing. Klaus Bender

Die Dissertation wurde am 20.06.2000 bei der Technischen Universität
München eingereicht und durch die Fakultät für Maschinenwesen
am 11.12.2000 angenommen.

Danksagung

Die vorliegende Arbeit entstand parallel zu meiner Tätigkeit als Projektleiterin für die Einführung eines Produktdatenmanagement-Systems im Fachprozess Elektrik/Elektronik bei der BMW AG.

Ich möchte daher zunächst meinem Vorgesetzten, Herrn Günter Rittmann, Leiter der Qualitätssicherung Elektrik/Elektronik bei der BMW dafür danken, daß er sich stets für das Projekt und meine Arbeit eingesetzt hat. Mein Dank gebührt insbesondere auch Herrn Dr. Peter Thoma, vormals Bereichsleiter der Entwicklung Elektrik/Elektronik bei BMW, der mein Vorhaben stets wohlwollend unterstützt und diese Arbeit gefördert hat.

Besonders bedanken möchte ich mich auch bei den Mitgliedern des Projektteams, die sich mit großem Engagement und Freude eingesetzt haben. Namentlich möchte ich insbesondere die Herren Armin Peter Schulz und Dr. Ernst Fricke, Mitarbeiter des Fachgebiets Raumfahrttechnik und Herrn Dr. Ralf Wellniak, Geschäftsführer der Firma RCOM hervorheben, die mir nicht nur wertvolle Anregungen gegeben haben sondern auch tatkräftig im Projektteam mitgewirkt haben.

Sehr herzlich möchte ich mich bei meinem Doktorvater Herrn Prof. Dr.-Ing. Eduard Igenbergs bedanken, der den Inhalt der Arbeit durch interessante Diskussionen, viele Anregungen und auch kritische Bemerkungen positiv beeinflußt hat. Herrn Prof. Dr.-Ing. Klaus Bender danke für die Übernahme der Mitberichterstattung und die Durchsicht der Arbeit. Weiterhin danke ich Frau Prof. Dr.-Ing. Jean Gregory für die Übernahme des Prüfungsvorsitzes.

Zu guter Letzt möchte ich mich ganz herzlich bei meiner Familie für die stete und liebevolle Begleitung auf meinem bisherigen Lebensweg bedanken.

Pamela Wehlitz, Dezember 2000

INHALTSVERZEICHNIS

1. Einleitung und Zielsetzung	1
1.1. Ausgangssituation und Problemstellung	1
1.2. Zielsetzung und Aufbau der Arbeit	3
2. Anforderungen an das Produktdatenmanagement in der Prozesskette Elektrik/Elektronik	5
2.1. Prozesskette Elektrik/Elektronik am Beispiel eines Steuergerätes	5
2.2. Trends und zukünftige Anforderungen an die Prozesskette Elektrik/Elektronik	10
2.3. Anforderungen des Fachprozesses Elektrik/Elektronik an das Konfigurations-/Änderungsmanagement	12
2.4. Produktdatenverwaltung als Basis für ein leistungsfähiges Konfigurations-/Änderungsmanagement	17
3. Datenverwaltung mit Produktdatenmanagement-Systemen	21
3.1. Abgrenzung des Begriffes 'Produktdatenmanagement'	21
3.2. Aufbau und Struktur der zu verwaltenden Daten	21
3.3. Aufgaben, Aufbau und Funktionalitäten eines PDM-Systems	24
3.4. Nutzenpotentiale eines PDM-Systems	28
3.5. Datenverwaltung mit einem PDM-System	29
4. Ableitung eines Vorgehensmodells zur Auswahl und Einführung eines PDM-Systems	32
4.1. Bekannte Vorgehensmodelle zur Systementwicklung	32
4.2. Ableitung eines geeigneten Vorgehensmodells für die PDM-Auswahl und -Einführung	36
4.2.1. Generische Phasen eines PDM-Projektes	36
4.2.2. Projektbegrenzung: Klärung der Zielsetzungen und Identifikation der Randbedingungen	41
4.2.3. Systemauswahl: Definition der Anforderungen und Auswahl eines geeigneten PDM-Systems	44
4.2.4. PDM-Einführung: Anpassung des PDM-Systems an die Unternehmensbelange	52

4.2.5. PDM-Betrieb: Produktivbetrieb, Wartung und Pflege	59
4.2.6. Projektmanagement: Planung und Steuerung des PDM-Projektes	59
4.3. Erfahrungen aus der Einführung eines PDM-Systems im Fachprozess Elektrik/Elektronik	63
5. Methode zur Optimierung der Einführung eines PDM-Systems aus Anwendersicht	77
5.1. Erfolgsfaktoren bei der PDM-Einführung	77
5.1.1. Die Wirtschaftlichkeit eines PDM-Systems	78
5.1.2. Die Brauchbarkeit eines PDM-Systems	79
5.1.3. Die Akzeptanz eines PDM-Systems	81
5.2. Zusammenhang zwischen dem Nutzen eines PDM-Systems aus Anwendersicht und dem Datenbefüllungsgrad	85
5.2.1. Prinzipielle Herleitung des Anwendernutzens	85
5.2.2. Einfluss der Vernetzungen zwischen den Informationsobjekten	87
5.2.3. Berücksichtigung der Wichtigkeit der Informationsobjekte aus Anwendersicht	90
5.2.4. Relativer Nutzen eines PDM-Systems in Abhängigkeit vom Datenbefüllungsgrad in allgemeiner Form	94
5.2.5. Diskussion der Zusammenhänge	95
5.3. Zusammenhang zwischen dem Nutzen eines PDM-Systems und der Zeit	102
5.3.1. Berücksichtigung ausgewählter Einflussgrößen auf die Implementierungsplanung	102
5.3.2. Berücksichtigung der Einflussgrößen an einem Beispiel	102
5.4. Ableitung einer Methode zur Optimierung der PDM-Einführung aus Anwendersicht	105
6. Beispielhafte Anwendung der Methode bei der PDM-Einführung im Fachprozess Elektrik/Elektronik	108
6.1. Beispiel 1: Steuergeräte-Codierung	109
6.1.1. Herleitung der Eingangsgrößen für die Berechnung	110
6.1.2. Berechnungsergebnisse Beispiel 1: Steuergeräte-Codierung	113

6.2. Beispiel 2: Steuergeräte-Konstruktion	119
6.2.1. Herleitung der Eingangsgrößen für die Berechnung	119
6.2.2. Berechnungsergebnisse Beispiel 2: Steuergeräte-Konstruktion	122
6.3. Beispiel 3: Steuergeräte-Softwareentwicklung	126
6.3.1. Herleitung der Eingangsgrößen für die Berechnung	126
6.3.2. Berechnungsergebnisse Beispiel 3: Steuergeräte-Softwareentwicklung	131
6.4. Zusammenfassung und Bewertung der Ergebnisse	140
6.5. Berücksichtigung der Ergebnisse bei der PDM-Einführung im Fachprozess Elektrik/Elektronik	142
7. Zusammenfassung und Ausblick	144
7.1. Zusammenfassung	144
7.2. Ausblick auf mögliche weiterführende Untersuchungen	145
7.2.1. Rückschlüsse aus der Verfolgung der Zugriffshäufigkeit auf die Informationen im PDM-System	145
7.2.2. Ableitung von Workflows aus der Reihenfolge der Datenzugriffe	147
7.2.3. Erarbeitung geeigneter Methoden zur Abbildung von Vernetzungsinformationen im PDM-System	148
Verzeichnisse	
Abbildungsverzeichnis	151
Gleichungsverzeichnis	157
Tabellenverzeichnis	159
Literaturverzeichnis	161

1. Einleitung und Zielsetzung

1.1. Ausgangssituation und Problemstellung

Die effiziente Verwaltung von Produktdaten nimmt in den Unternehmen einen immer höheren Stellenwert ein. Zurückzuführen ist dies einerseits auf eine zunehmende Komplexität der Produkte, andererseits auf vermehrte Anstrengungen zur Optimierung der Geschäftsprozesse. Die steigende Produktkomplexität hat zur Folge, dass neben einer ständigen Zunahme der Produktdaten auch deren Vernetzung weiter zunimmt. Die Optimierung der Geschäftsprozesse, in der Regel mit dem Ziel die Entwicklungszeit zu verkürzen, bewirkt eine stärkere Parallelisierung der Abläufe (z. B. KIENINGER [1], BULLINGER, WASSERLOOS [2]). Infolge dessen haben sich auch die Tätigkeiten des Entwicklers vom kreativen Gestalten hin zum teamorientierten Entscheiden verlagert (EIGNER [3]). Eine wichtige Voraussetzung für den Entwickler, fundierte Entscheidungen treffen zu können, ist hierfür die termingerechte Bereitstellung *aller* benötigten Daten, z. B. auch Fertigungs- und Serviceinformationen. Daneben werden auch in immer stärkerem Maße die von der Entwicklung generierten Produktdaten von nachfolgenden Fachstellen im Produktentstehungsprozess benötigt bzw. verarbeitet. Zur effizienten Abwicklung der Arbeitsabläufe reicht es daher nicht mehr aus, die Daten nur auf lokalen Speichermedien abzulegen. Vielmehr muss eine Möglichkeit geschaffen werden, sowohl die Verknüpfungen zwischen zusammengehörigen Daten transparent zu machen als auch den Anwendern den Zugang zu allen für sie relevanten Informationen auf einfache Weise in kürzester Zeit zu ermöglichen (KARCHER, WIRTZ [4]). Diese Anforderungen sind nur durch leicht zugängliche, klar strukturierte, vernetzte und bereichsübergreifende Datenablagen zu erfüllen (BENDER [5], SIEGL [6]).

In der Automobilbranche verschärft sich die globale Wettbewerbssituation zunehmend. Die Automobilhersteller sind gezwungen, ständig neue Innovationen in den Fahrzeugen umzusetzen, um die Attraktivität ihrer Produkte zu erhalten. Bereits heute wird ein Grossteil der Innovationen im Auto von der Elektrik/Elektronik bestimmt (SCHWAB, [7]). Die Fortschritte auf den Gebieten der Mikroelektronik und der Mechatronik ermöglichen, dem Kunden mit jeder neuen Fahrzeuggeneration nicht nur bekannte Funktionen in verbesserter Form, sondern darüber hinaus völlig neue Funktionalitäten anbieten zu können. Es wird generell davon ausgegangen, dass die Elektrik/Elektronik zukünftig noch weiter an Bedeutung zunehmen wird. Für die Automobilunternehmen ist diese Verschiebung der Wertschöpfungsanteile nicht ohne Auswirkungen.

Waren bis vor wenigen Jahrzehnten die Automobilunternehmen im wesentlichen maschinenbauorientiert mit vergleichsweise langen Innovationszyklen, sind die Automobilhersteller heutzutage gezwungen, die schnellen Innovationszyklen der Elektronik zu beherrschen. An die Geschäftsprozesse in den Unternehmen werden daher erhöhte Anforderungen an Qualität, Schnelligkeit und nicht zuletzt an Flexibilität gestellt (z. B. [8], [9]). Sie müssen daher kontinuierlich weiterentwickelt werden, um hinsichtlich Kosten, Qualität und time to market weiterhin konkurrenzfähig zu sein. Einen zunehmend wichtigeren Beitrag zur Bewältigung dieser Anforderungen liefern die geeignete Verwaltung von Produktdaten, die Integration von Systemen und die elektronische Vernetzung mit Kunden, Lieferanten und/oder Partnern [10].

Für die Bewältigung dieser Aufgaben werden in vielen Unternehmen zunehmend sogenannte Produktdatenmanagement-Systeme (PDM-Systeme) eingesetzt. Hierbei handelt es sich um Standard-Software, die speziell für die Verwaltung produktrelevanter Daten konzipiert wurde. Diese Systeme weisen im Gegensatz zu eigenentwickelten Datenverwaltungen in der Regel umfangreichere und ausgereifere Funktionalitäten auf. Die offenkundigen Vorteile des Einsatzes eines marktgängigen PDM-Systems sind wirtschaftlicher Natur und liegen in der Reduzierung des Aufwandes für die Systemerstellung und -pflege. Trotzdem die PDM-Systeme einen grossen Umfang an Standardfunktionen beinhalten, ist vor ihrem Einsatz eine Anpassung an die spezifischen Unternehmens- bzw. Fachprozessbelange erforderlich. Hierbei zeigt sich recht schnell, dass die Arbeitsabläufe, die mit dem PDM-System unterstützt werden sollen, in der Regel komplex und stark vernetzt sind und sich über Bereichsgrenzen hinweg erstrecken. Erschwerend kommt bei der Einführung eines PDM-Systems hinzu, dass die späteren Nutzer nur eingeschränkt in der Lage sind, ihre Anforderungen an ein PDM-System im Vorfeld zu konkretisieren. Dies resultiert daher, dass die Arbeit mit einem PDM-System eher abstrakt ist im Vergleich zu beispielsweise der mit einem CAD-System, welches ein greifbares Ergebnis liefert.

Die Auswahl und Einführung eines PDM-Systems ist daher als komplexes Grossprojekt zu betrachten, welches schwer kommunizierbar, interdisziplinär und mit Unsicherheiten behaftet ist (MÜLLER [11]). Die Vielzahl an Vorgehensmodellen, die für die Entwicklung von Systemen entwickelt worden sind, geben hier nur eine erste Orientierungshilfe, da sie nicht auf den speziellen Fall der Auswahl und Einführung eines PDM-Systems zugeschnitten sind.

In der Praxis zeigt sich, dass neben Wirtschaftlichkeit und Funktionalität eines IV-Systems einer der kritischen Erfolgsfaktoren bei der Einführung die Anwenderakzeptanz ist (GRUDIN [12]). Viele funktional durchaus geeignete IV-Systeme werden von den Anwendern z. B. aufgrund zu geringem Nutzen

während der Einführungsphase, nicht ausreichender Einbindung bei der Systemgestaltung bzw. Systemanpassung oder unzureichender Betreuung nicht akzeptiert. Dies führt in der Regel zu langen Implementierungszeiten bis hin zu dem Umstand, dass das IV-System trotz aller Einführungsbemühungen und unbestreitbarer Vorteile nicht genutzt wird. Da bei einem PDM-System eine Vielzahl von Produktdaten und Anwendungssysteme zu integrieren ist, erfolgt die PDM-Einführung meist schrittweise. Es ist daher hierbei besonders wichtig, neben einer ausreichenden Unterstützung schon von Beginn der Implementierung an den Anwendern einen hohen Nutzen zu bieten. Bei den diversen in der Literatur beschriebenen Methoden zur PDM-Implementierung steht meist der wirtschaftliche Nutzen aus Unternehmenssicht im Vordergrund, nicht aber der Nutzen bzw. die Akzeptanz der Anwender. Diese Methoden sind daher nur bedingt für die Festlegung einer Implementierungsstrategie geeignet.

1.2. Zielsetzung und Aufbau der Arbeit

Ziel dieser Arbeit war daher zum einen, ein Vorgehensmodell zu entwickeln, das speziell auf ein komplexes PDM-Projekt in einem Grossunternehmen zugeschnitten ist. Bestandteile dieses Vorgehensmodells sind neben der Projektabgrenzung insbesondere die PDM-Auswahl und -Einführung. Die Basis dafür bildeten die in zahlreichen Abhandlungen beschriebenen Vorgehensmodelle der Systemtechnik bzw. diverse Projektmanagementmethoden.

Zum anderen wurde eine spezielle Methode zur PDM-Einführung entwickelt, mit deren Hilfe die Reihenfolge der Implementierungsschritte eines PDM-Systems aus Nutzersicht optimiert werden kann. Unter der Prämisse, dass während der PDM-Einführung die Akzeptanz der Anwender vom jeweiligen Datenbefüllungsgrad abhängt, wurde der Zusammenhang zwischen Anwendernutzen und Datenbefüllungsgrad analytisch beschrieben. Die Auswertung dieses Zusammenhanges kann, neben weiteren Aspekten, zur Optimierung der Implementierungsschritte herangezogen werden.

In Abbildung 1 ist der Aufbau der vorliegenden Arbeit mit den inhaltlichen Verknüpfungen der einzelnen Abschnitte in graphischer Form dargestellt. Die Arbeit basiert auf Erkenntnissen aus der Literatur und auf den Erfahrungen, die bei der Einführung eines PDM-Systems im Fachprozess Elektrik/Elektronik bei der BMW AG gewonnen wurden (Arbeitstitel des Projektes: ECCO als Abkürzung für Electric/Electronic Change & Configuration Management). Als Einführung wird zunächst in [Kapitel 2](#) ein Überblick über Aufbau und Umfang der Elektrik/Elektronik im Automobil gegeben. Hieraus werden zukünftige Anforderungen an die Elektrik/Elektronik und die daraus abgeleiteten Randbedingungen für den Entwicklungsprozess beschrieben. Ausgehend von dieser Basis werden anschliessend die Anforderungen an eine leistungsfähige Verwaltung von Produktdaten abgeleitet. Zur Erfüllung dieser Anforderungen

bietet sich der Einsatz von PDM-Systemen an. Daher wird im [Kapitel 3](#) zunächst auf die Funktionalitäten, den Aufbau und den Nutzen von PDM-Systemen näher eingegangen. Weiterhin wird in diesem Kapitel dargestellt, wie vorliegende Produktdaten der Verwaltung eines PDM-Systems unterstellt werden können. [Kapitel 4](#) hat die Zielsetzung, ausgehend von bekannten Methoden der Systemtechnik und des Projektmanagements unter Berücksichtigung der Anforderungen eines PDM-Projektes ein spezielles Vorgehensmodell für ein PDM-Projekt herzuleiten. Im [Kapitel 5](#) wird die im Rahmen dieser Arbeit entwickelte Methode dargestellt, die die Optimierung der PDM-Implementierungsschritte unter Berücksichtigung des Anwendernutzens ermöglicht. Dazu wird ein analytischer Zusammenhang zwischen Anwendernutzen und Datenbefüllungsgrad hergeleitet und ausgewertet. Im [Kapitel 6](#) sind Ergebnisse von Beispielrechnungen zusammengestellt, bei denen diese Methode bei der PDM-Einführung in der Prozesskette Elektrik/Elektronik bei BMW angewendet wurde. [Kapitel 7](#) bildet die Zusammenfassung der vorliegenden Arbeit und gibt einen Ausblick auf mögliche weiterführende Arbeiten.

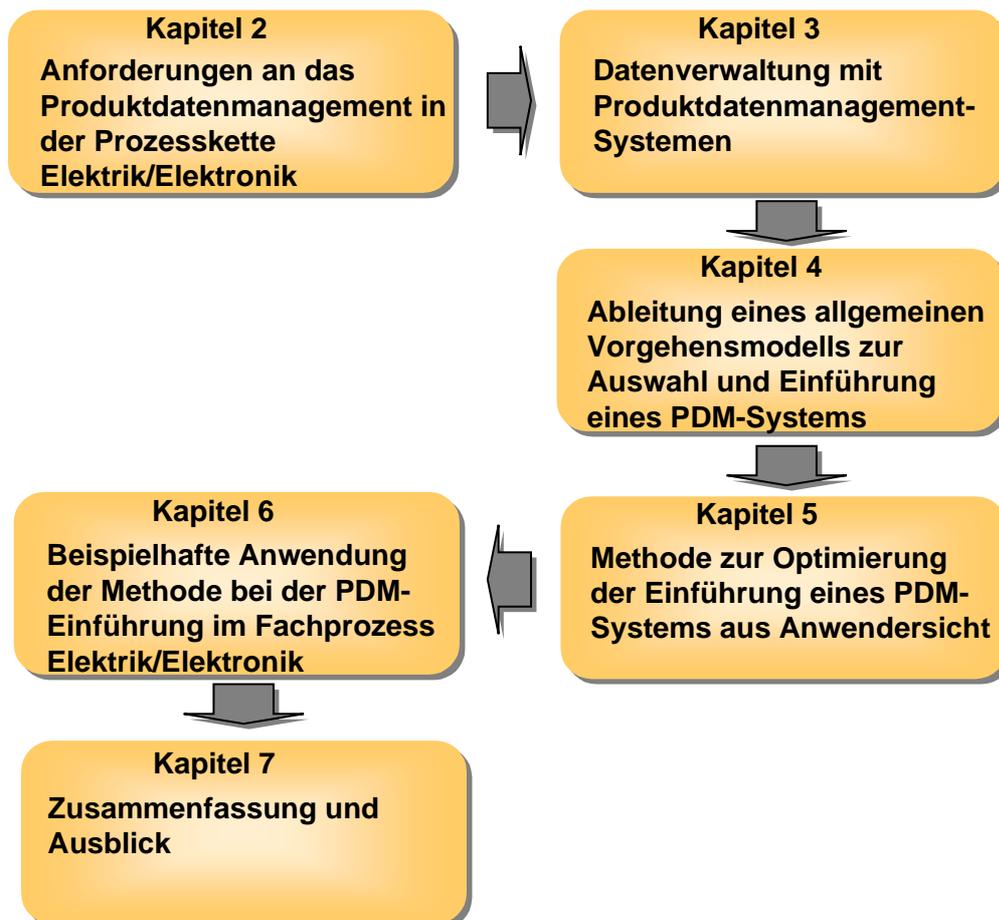


Abbildung 1: Aufbau und Inhalt der vorliegenden Arbeit

2. Anforderungen an das Produktdatenmanagement in der Prozesskette Elektrik/Elektronik

2.1. Prozesskette Elektrik/Elektronik am Beispiel eines Steuergerätes

Unter der Prozesskette Elektrik/Elektronik (E/E) soll im folgenden die Gesamtheit aller Aktivitäten verstanden werden, die notwendig sind, das Gesamtsystem Elektrik/Elektronik und seine Komponenten zu entwickeln, zu fertigen und zu warten (Abbildung 2). Das Gesamtsystem Elektrik/Elektronik im Fahrzeug besteht aus Steuergeräten, Sensoren, Aktuatoren und dem Kabelbaum. Je nach Ausstattung befinden sich im Fahrzeug z. T. über 600 E/E-spezifische Komponenten, davon allein ca. 60 Steuergeräte.

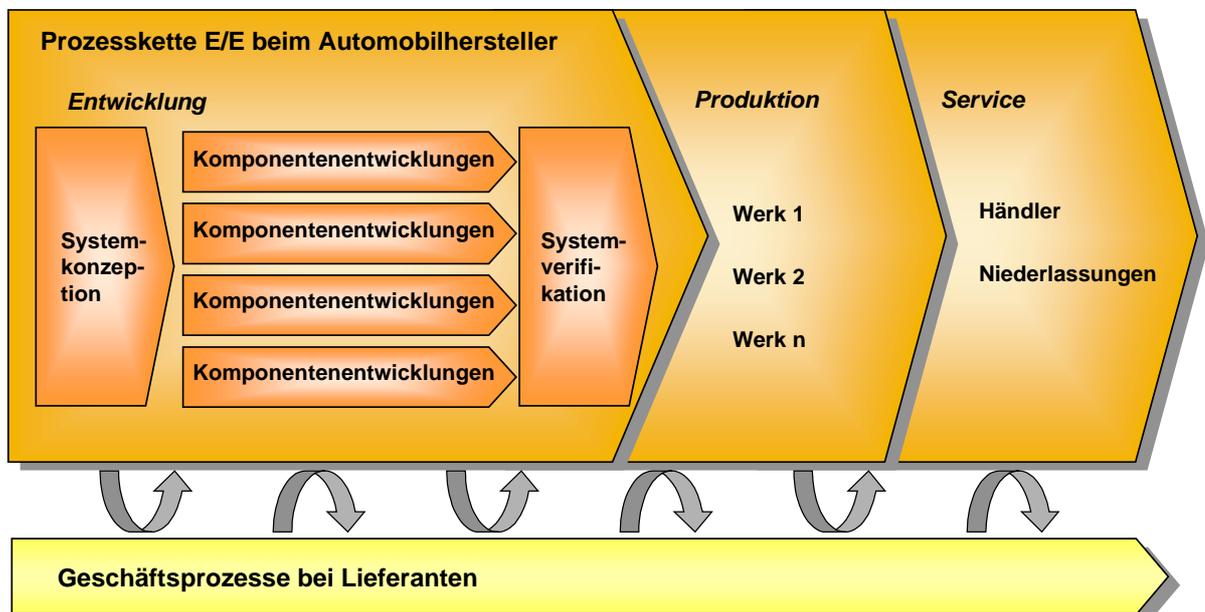


Abbildung 2: Prozesskette Elektrik/Elektronik

Nachdem ein grosser Teil der Prozesskette E/E bei Lieferanten abgewickelt wird, muss zur Beherrschung der Komplexität eine geeignete Strukturierung des Gesamtsystems in Komponenten und Subsysteme durchgeführt werden. Zielsetzung dabei ist, eindeutige Anforderungen aus Gesamtsystemsicht an die Systemkomponenten zu definieren sowie die zwischen ihnen bestehenden Schnittstellen festzulegen. Dadurch kann eine effiziente Steuerung des Systementwicklungsprozesses und der Komponentenentwicklungsprozesse ermöglicht und eine störungsfreie Funktion sowie die Erreichung der Kosten-, Gewichts- und Qualitätsziele des Gesamtsystems E/E gewährleistet werden.

Der Ausgangspunkt der Entwicklungstätigkeiten ist die Gesamtkonzeption des elektrischen und elektronischen Bordnetzes. Diese stützt sich auf dem Zielkatalog des Fahrzeuges ab und beginnt mit einer Beschreibung der geforderten Funktionen (z. B. Motorsteuerung, Niveauregelung) sowie der zwischen den Funktionseinheiten ausgetauschten Signale (z. B. Aussentemperatur), (s.a. [13]). In einem zweiten Schritt leitet sich daraus die Aufteilung der Funktionen auf die Steuergeräte („Partitionierung“, Abbildung 3) ab. Zudem werden in diesem Schritt die Vorgaben hinsichtlich des Signalaustausches zwischen den Steuergeräten festgelegt.

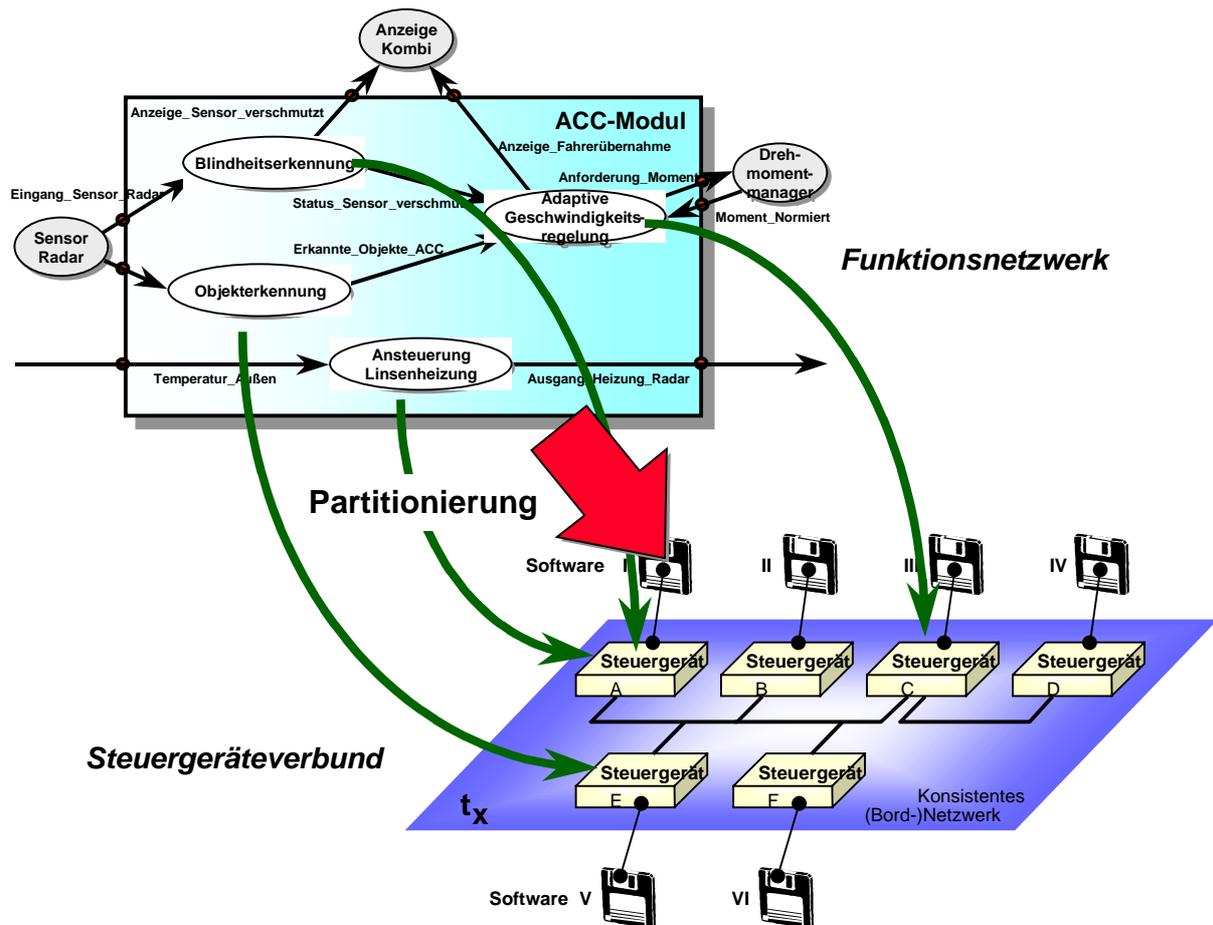


Abbildung 3: Aufteilung der logischen Funktionen auf Steuergeräte

Anschliessend erfolgt die Festlegung des Einbauortes der Steuergeräte unter Berücksichtigung der elektrischen und physikalischen Randbedingungen (z. B. elektromagnetische Verträglichkeit, Wärmeeinwirkung, Service-/Wartungsfreundlichkeit). In der Konzeptphase eines Fahrzeugentwicklungsprojektes wird der beschriebene Ablauf in der Regel mehrfach durchlaufen, bis die Konzeption des elektronischen und elektrischen Bordnetzes abgeschlossen ist (Abbildung 4). Zielsetzung dabei ist, ein Optimum des

Gesamtsystems Elektrik/Elektronik in Anbetracht aller Anforderungen wie z. B. Kosten, Qualität, Gewicht und Wartbarkeit zu erreichen.

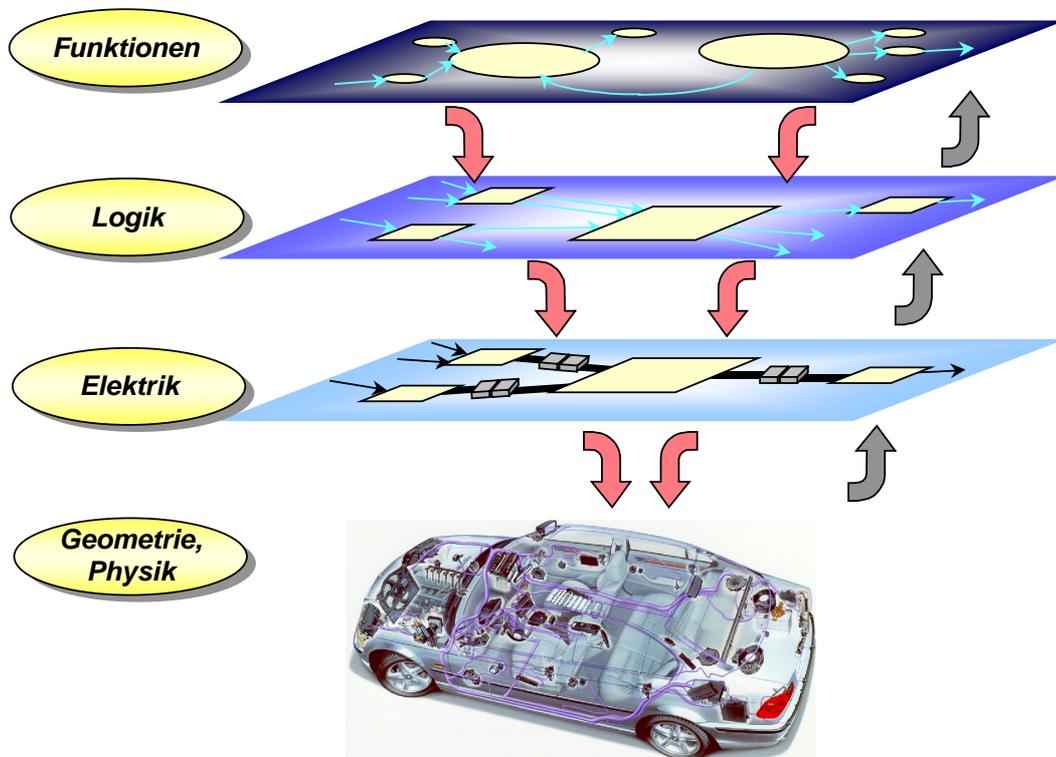


Abbildung 4: Iterativer Prozess der Gestaltung des Bordnetzes ausgehend vom Funktionsnetzwerk

Bei der Auslegung der einzelnen Komponenten müssen die Vorgaben aus der Gesamtsystemkonzeption berücksichtigt werden. Auch hier gilt es wiederum, eine Vielzahl von Randbedingungen zu erfüllen.

Der Anteil der Steuergeräte-Software am Gesamtsystem Elektrik/Elektronik, durch den ein wesentlicher Teil der steuerungs- und regelungstechnischen Funktionen abgebildet wird, wird auch zukünftig überproportional steigen. Die Bedeutung der Prozesskette ‚Steuergeräte-/Softwareentwicklung‘ wird daher weiter zunehmen. Aus diesem Grund sollen im folgenden am Beispiel eines Steuergerätes die Produktstruktur und die Anforderungen an die spezifische Prozesskette näher erläutert werden.

Ein Steuergerät setzt sich zusammen aus der Steuergeräte-Software mit dem Betriebssystem, dem ausführbaren Programm und den Parameterdaten, sowie der Steuergeräte-Hardware, bestehend aus Mikrochip, Platine, Stecker und Gehäuse (Abbildung 5). Der ständig steigende Anteil an Steuergeräte-Software und deren zunehmende Vernetzung im Fahrzeug erfordert auch im Softwarebereich den Einsatz von Standards, z. B. im Hinblick auf das Betriebssystem, das Netzwerkmanagement oder die Diagnose.

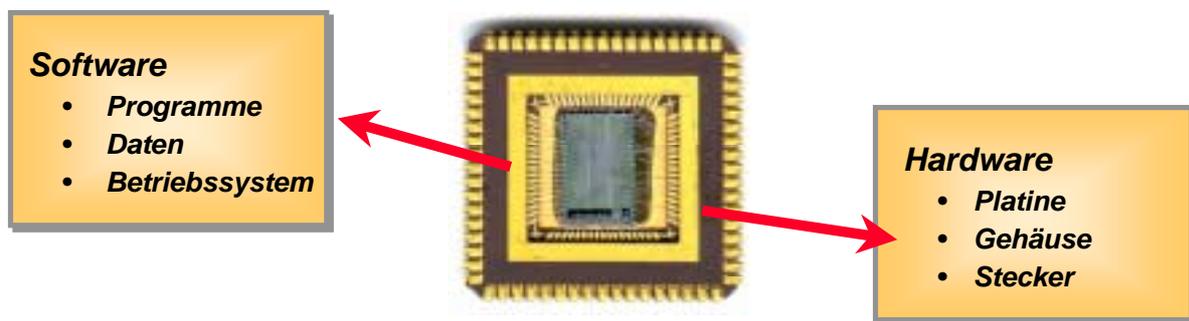


Abbildung 5: Aufbau eines Steuergerätes

Wie auch bei anderen Komponenten, erfolgt die Entwicklung der Steuergeräte-Komponenten grossenteils bei Zulieferern. Nur in spezifischen wettbewerbsrelevanten Umfängen wird die Steuergeräte-Software bei BMW selbst entwickelt. Der überwiegende Teil der Software, meist Standardsoftware wie z. B. für Fensterheber oder ABS, entsteht bei Zulieferern. Meist ist ein Lieferant für die Entwicklung der kompletten Software eines Steuergerätes zuständig, in einigen Fällen wird allerdings die Steuergeräte-Software von verschiedenen Lieferanten entwickelt. Die Entwicklung und Produktion der Steuergeräte-Hardware sowie die Integration von Software und Hardware erfolgt in der Regel ebenso bei Zulieferern (Abbildung 6). Ein geeigneter Informationsaustausch zwischen allen Beteiligten, auch über Unternehmensgrenzen hinweg, ist daher für die Koordination der Tätigkeiten unabdingbar.

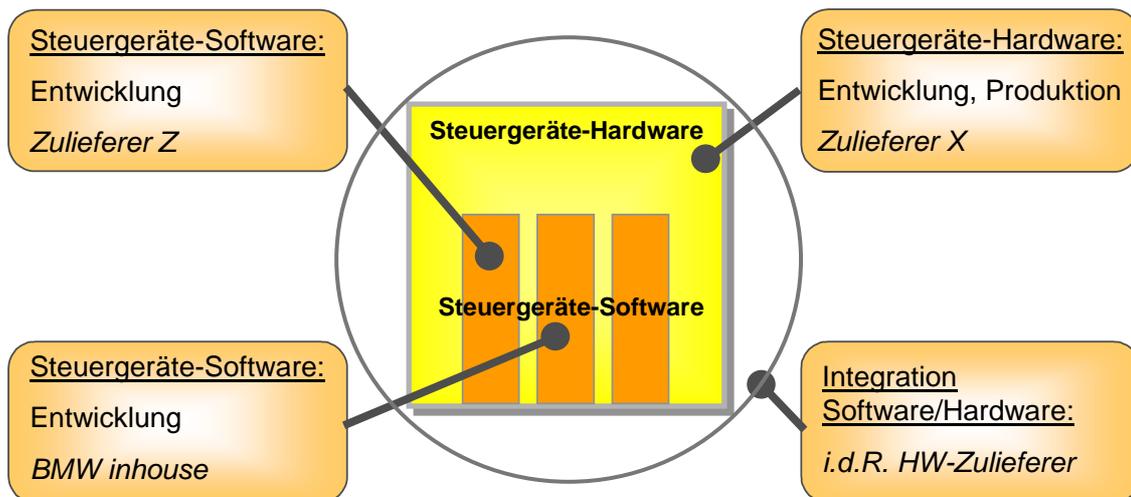


Abbildung 6: Entwicklung der Steuergeräte-Komponenten inhouse und bei Zulieferern

Bedingt durch Ausstattungs- und Motorvarianten, umfangreiche Sonderausstattungen, unterschiedliche Anforderungen und Gesetzgebungen in den einzelnen Märkten ergibt sich eine grosse Anzahl von Steuergerätevarianten. Die daraus resultierenden Probleme für Fertigung und Logistik werden durch die Entwicklung von Standardsteuergeräten gelöst, welche mit Hilfe der sogenannten Codierung an die jeweilige Fahrzeugvariante angepasst werden. In der Fertigung bzw. bei Reparatur in der Werkstatt werden die dem jeweiligen Fahrzeug zugehörigen Parameterdaten in die Steuergeräte übertragen.

Die zukünftig fast ausschliesslich eingesetzte Flashtechnologie, d.h. die Möglichkeit zum mehrfachen Beschreiben eines Mikrochips, erlaubt weiterhin, komplette Programm- und Datenstände in der Fertigung beim Lieferanten, am Montageband bzw. im Kundendienst in vorhandene Steuergeräte nachzuladen. Diese Technologie ermöglicht nicht nur die rasche und kostengünstige Behebung von Softwarefehlern, sie erlaubt auch die nachträgliche Implementierung verbesserter Funktionssoftware bzw. gänzlich neuer Funktionsumfänge in ein bestehendes Fahrzeug.

Entscheidend hierbei ist, dass das Handling von Softwaremodulen durchgängig von der Entwicklung über die Produktion hin zum Service möglich ist (Abbildung 7). Entsprechende Voraussetzungen, um diesen Prozess zu beherrschen, sind sowohl im Fahrzeug, als auch in der Logistik und insbesondere in der Datenverwaltung zu schaffen.

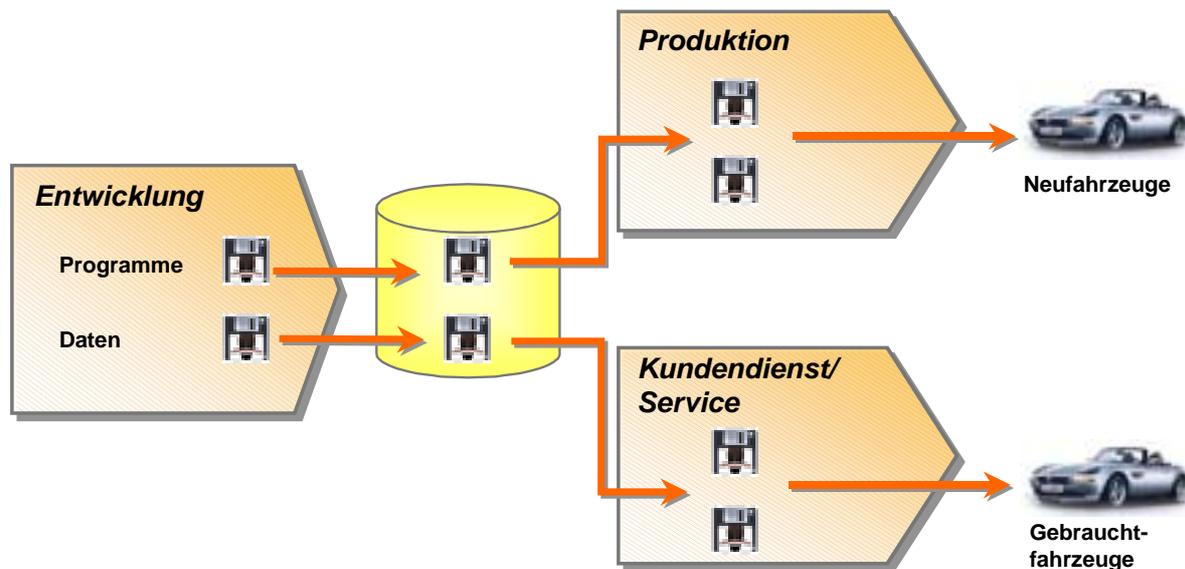


Abbildung 7: Software-Handling entlang der Prozesskette Elektrik/Elektronik

2.2. Trends und zukünftige Anforderungen an die Prozesskette Elektrik/Elektronik

Es kann davon ausgegangen werden, dass auch in den nächsten Jahren die Innovationen im Fahrzeugbau stark von der Elektronik geprägt sein werden. Optimistische Vorhersagen gehen sogar von einem Anteil von 90% der durch Elektronik beeinflussten Neuheiten im Fahrzeug aus (SENGER, [14]). Wesentliche Treiber sind hier neben zusätzlichen Sicherheits- und Komfortfunktionen u. a. Bestrebungen zur Reduzierung des Kraftstoffverbrauches (MAYER [15]).

Aus den genannten Gründen steigt der Elektronik-Anteil im Auto unabhängig von der Fahrzeugklasse seit einigen Jahren rapide an (Abbildung 8, SELANTEK [16]). Für den durchschnittlichen Anteil an Mikroelektronik am Produktionswert eines Automobils wird innerhalb von fünf Jahren eine Steigerung von 26% auf 34% erwartet. Bei BMW-Fahrzeugen beträgt derzeit der Elektrik-/Elektronikanteil an den herstellungsproportionalen Kosten ca. 25 bis 35 %, je nach Fahrzeugklasse und -ausstattung. Ein Abflachen der Kurve ist, insbesondere bei Fahrzeugen im Hochpreis-Segment, nicht abzusehen. Der grösste Wachstumsträger der Mikroelektronik ist daher nach einer Studie des VDE derzeit die Automobilelektronik mit einer weltweiten Steigerungsrate von 11% ggü. 1998 (VDE, [17]), in Deutschland betrug der Anstieg demnach sogar 34% bzw. 800 Mio. DM.

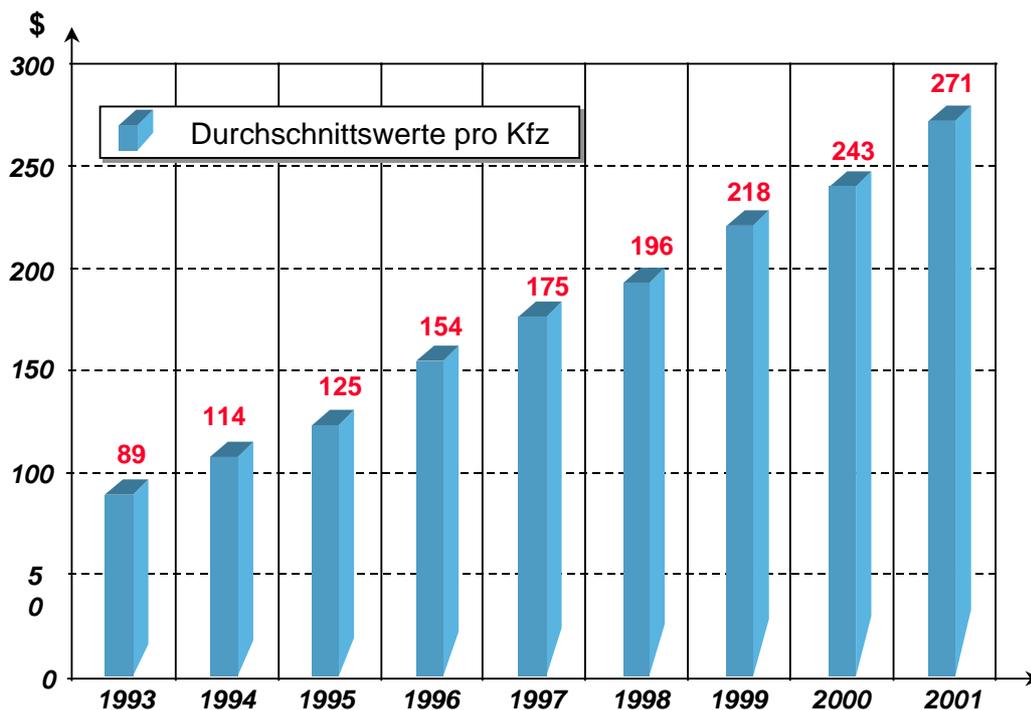


Abbildung 8: Entwicklung der Halbleiterkosten im Automobil

Aufgrund der genannten Aspekte ist auch zukünftig mit einer starken Zunahme des E/E-Umfangs im Automobil zu rechnen. Die ständig komplizierter werdenden Regelungs- und Steuerungsaufgaben, die der Markt erfordert, bedingen zudem eine intensivere Vernetzung der Komponenten, die über neue Bustechnologien realisiert wird. Die Folge davon ist eine stark ansteigende Produktkomplexität.

Hinzu kommt, dass das Innovationstempo der Elektronikumfänge im Auto viel höher ist als das des Fahrzeuges. Dieses äussert sich darin, dass einige Komponenten wie z. B. das Telefon, einen viel kürzeren Entwicklungszyklus als das Fahrzeug selbst aufweisen. Die Elektronikkomponenten sind daher geprägt durch kurze Marktverfügbarkeit, bedingt durch abnehmende Produktlebenszyklen, sowie starken Preisverfall und grosse Leistungssteigerungen bei jedem Technologiesprung (s. a. [18]).

Seitens der E/E-Entwicklung im Automobilbereich ist daher eine kontinuierliche intensive Marktbeobachtung erforderlich. Kurze Kostendegressionszyklen und damit verbundene Einsparungspotentiale erfordern zudem Flexibilität im Elektrik-/Elektronikkonzept, um erforderliche Änderungen während des Lebenszyklusses schnell und kostengünstig umsetzen zu können.

Weiterhin zwingen Kostenaspekte zur Intensivierung der Gleichteileverwendung und damit zum weiteren Ausbau der Standardisierung, in der letzten Zeit insbesondere auch bei der Steuergeräte-Hardware und -Software. Zur Beherrschung der Komplexität des Gesamtsystems wird auch in der Elektronikentwicklung verstärkt das Prinzip der Modularisierung eingesetzt (GÖPFERT, STEINBRECHER [19]).

Die genannten Randbedingungen erfordern schnelle und hochflexible Abläufe. Die zur Unterstützung der Geschäftsprozesse eingesetzten Methoden und Tools müssen daher kontinuierlich weiterentwickelt werden, um den genannten zukünftigen Anforderungen Rechnung tragen zu können. In diesem Zusammenhang werden insbesondere an die Datenverwaltung hohe Erwartungen gestellt, um die Komplexität auf der Produkt- und Prozessseite beherrschen zu können.

2.3. Anforderungen des Fachprozesses Elektrik/Elektronik an das Konfigurations-/Änderungsmanagement

Bei der Produktentwicklung ist generell die Koordination der technischen und fachlichen Inhalte von grosser Bedeutung (SAYNISCH, [20]). Insbesondere bei umfangreichen, komplexen Projekten muss im Rahmen der Projektsteuerung jederzeit die Möglichkeit gegeben sein, den Erfüllungsstand des geplanten Produktes im Hinblick auf die vorgegebenen Anforderungen zu ermitteln. Nur so kann sichergestellt werden, dass eventuelle Terminverzögerungen oder Kostenüberschreitungen rechtzeitig erkannt werden und durch Korrekturmassnahmen am zu entwickelnden Produkt gegengesteuert werden kann.

Diese Aufgaben übernimmt das Konfigurationsmanagement, das als wesentliche Teilaufgabe des Projektmanagements den gesamten Produktlebenszyklus begleitet. In der Richtlinie DIN ISO 10007 [21] wird Konfigurationsmanagement beschrieben als eine Managementdisziplin, die über den gesamten Lebenszyklus des Produktes angewandt wird, um Transparenz und Überwachung seiner funktionellen und physischen Merkmale sicherzustellen. Eine wesentliche Voraussetzung dafür ist, dass neben dem jeweils gültigen Planungsstand auch alle Änderungen an diesem Planungsstand ausreichend dokumentiert werden.

Die Hauptbestandteile des Konfigurationsmanagements sind in der Abbildung 9 dargestellt. Unter der Konfigurationsidentifizierung werden Massnahmen zur Festlegung und Verwaltung der Produktstruktur, zur Dokumentation der Konfigurationseinheiten einschliesslich der Schnittstellen, sowie die Zuweisung eindeutiger Kennzeichnungen verstanden. Die Konfigurationsüberwachung umfasst die Steuerung und Koordination sämtlicher Änderungen am Produkt

bzw. der Produktstruktur und den beschreibenden Dokumenten. Die Konfigurationsbuchführung ist die formalisierte Dokumentation und Berichterstattung im Hinblick auf die geltenden Konfigurationsdokumente sowie der laufenden und genehmigten Änderungsanträge. Die Konfigurationsauditierung schliesslich ist die formale Überprüfung, inwieweit die Ist-Konfiguration der vorgegebenen Soll-Konfiguration entspricht. Alle Teilaufgaben des Konfigurationsmanagements greifen ineinander und sind nicht isoliert zu betrachten.

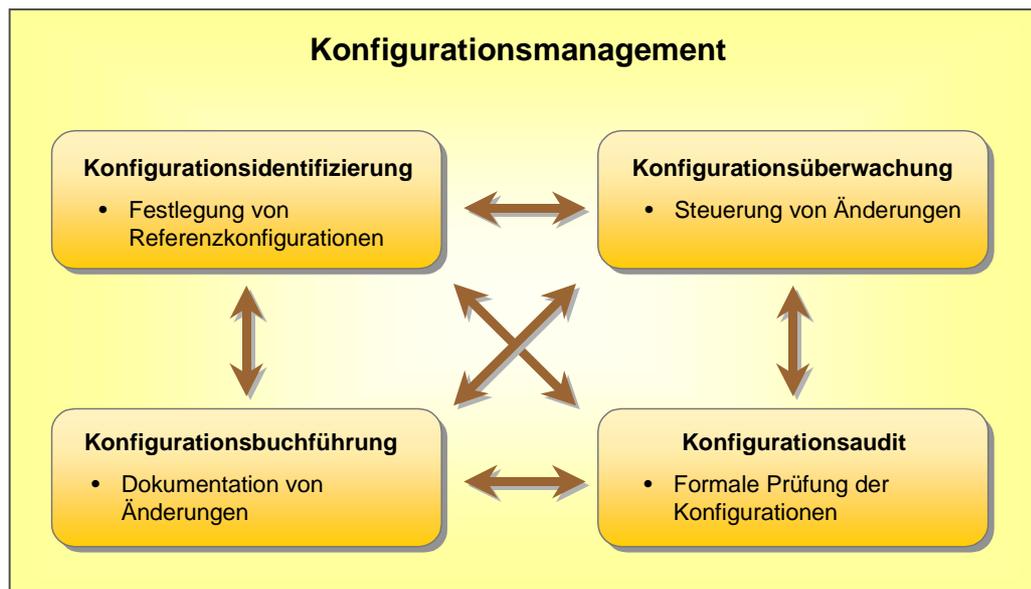


Abbildung 9: Aufgaben des Konfigurationsmanagements

Die Verfolgung und Dokumentation von Änderungen sind wesentliche Aspekte des Konfigurationsmanagements, denen insbesondere im Fachprozess Elektrik/Elektronik grosse Aufmerksamkeit gewidmet werden muss. Wie in Abschnitt 2.2 beschrieben, nimmt die Vernetzung der elektronischen Komponenten im Fahrzeug und insbesondere die Vernetzung der Steuergeräte immer mehr zu. Mit steigender Produktkomplexität wird aber auch die Beherrschung von Änderungen schwieriger.

Nur wenn für den Entwickler die Tragweite einer Änderung an seiner Komponente bzw. seinem Subsystem nachvollziehbar ist, besteht die Chance, dass er Änderungsauswirkungen berücksichtigen kann. In der Praxis sind Informationen über die Verknüpfungen zwischen den Komponenten des Systems meist nicht an einer zentralen Stelle bzw. in einem zentralen System verfügbar. In der Regel sind die einzelnen Auslegungsaspekte des Gesamtsystems, z. B. beim E/E-Bordnetz die logischen Abhängigkeiten oder die elektromagnetische Verträglichkeit, in unterschiedlichen, nicht miteinander

vernetzten Systemen oder Datenbanken dokumentiert. Für den Konstrukteur bedeutet dies, dass er sich im Falle einer geplanten Änderung zunächst in diversen Systemen einen Überblick verschaffen muss, um die aktuellen Schnittstellen zu identifizieren. Meist ist dabei auch nicht sichergestellt, dass *alle* relevanten Schnittstellen dokumentiert sind. Es bleibt daher für den Konstrukteur trotz zeitraubender Suche die Unsicherheit, ob die Informationen vollständig sind.

Darüber hinaus tritt das Problem auf, dass in der Regel die Kennzeichnung des Reifegrades der jeweiligen Information nicht abgestimmt bzw. standardisiert ist. Hat der Konstrukteur die von einer Änderung betroffenen Schnittstellen anhand entsprechender Dokumente ausfindig gemacht, muss er sich in der Regel beim Ersteller der Dokumente rückversichern, ob diese dem letztgültigen Stand entsprechen. Dies führt neben erheblichem Kommunikationsaufwand auch zu einer Verlangsamung der Prozesse.

Speziell im Hinblick auf die Steuergeräte-Software kommt hinzu, dass Änderungen, d.h. Veränderungen am Quellcode von Programmen bzw. Veränderungen der Datenstände, gegenüber physischen Änderungen an geometrischen Bauteilen schnell und einfach durchzuführen sind. In der Regel ist nur eine Person, nämlich der Softwareentwickler selbst, erforderlich, um die Änderung konkret umzusetzen. Da Softwareänderungen meist direkte kundenrelevante Auswirkungen haben, muss hier das Änderungsrisiko besonders aufmerksam betrachtet werden und die Änderung nachvollziehbar und für alle Beteiligten transparent dokumentiert werden.

Weiterhin kommt hinzu, dass wie oben beschrieben aus Wettbewerbsgründen eine ständige Verkürzung der Produktentwicklungszeit erforderlich ist (z. B. ADL-STUDIE [22]), die z. B. durch den Einsatz von Rationalisierungsmethoden wie dem „Simultaneous Engineering“ (ALLEN [23], WOMACK, JONES, ROOS [24]), dem „Concurrent Engineering“ (KUSIAK, [25], WENZEL, BAUCH, FRICKE, NEGELE [26]) oder der „Integrierten Produktentwicklung“ (EHRENSPIEL, [27]) ermöglicht werden soll. Waren die Entwicklungsprozesse bisher eher auf die Entwicklung ausgereifter Komponenten ausgerichtet, die dann zu einem Produkt bzw. Gesamtsystem zusammengestellt wurden, liegt das Hauptaugenmerk im verkürzten Entwicklungsprozess auf einer früheren Synchronisation des Gesamtsystems zu definierten Integrationspunkten (Abbildung 10).

Zielsetzung dieses Vorgehens ist, schon früh die Stimmigkeit der Komponenten zum Gesamtsystem zu überprüfen und so einen frühen Abgleich der Komponentenentwicklungen in Bezug auf das Gesamtsystem bzw. das Produkt zu gewährleisten.

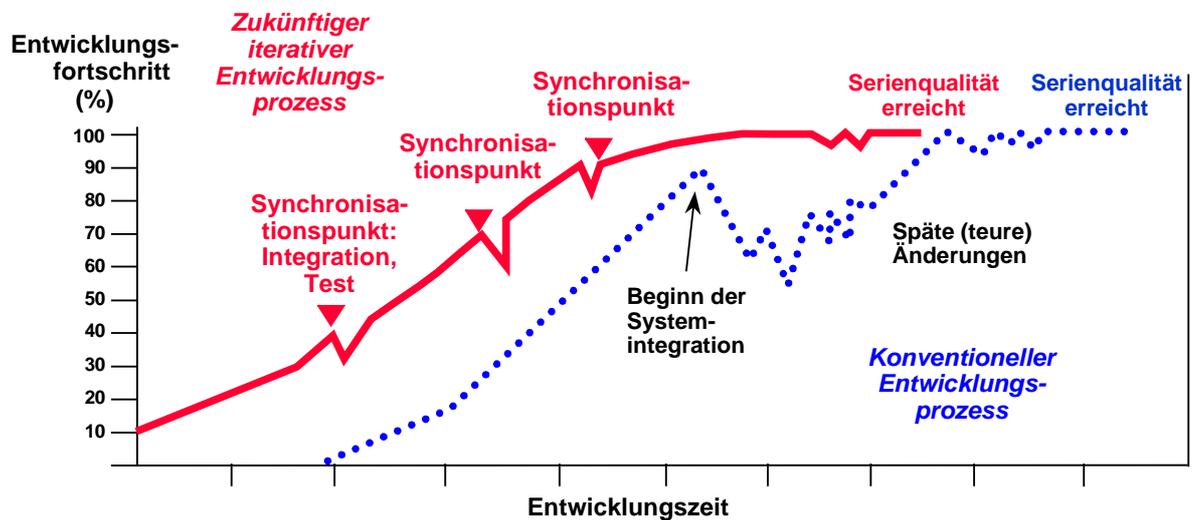


Abbildung 10: Zukünftiger Entwicklungsablauf mit frühen Synchronisationspunkten

In Folge davon müssen schon zu einem frühen Zeitpunkt im Entwicklungsablauf Referenzkonfigurationen festgelegt werden, mit denen die erforderlichen Systemtests durchgeführt werden. Dieses bedeutet wiederum, dass ab diesem Zeitpunkt auch die Änderungen dokumentiert werden müssen. Geht man davon aus, dass die Zielsetzung in jedem Entwicklungsprojekt ist, späte und teure Änderungen durch Vorverlagerung in frühe Entwicklungsphasen zu vermeiden (z. B. WILDEMANN [28], GEMMERICH [29]), wird in dieser Phase ein vergleichsweise großes Änderungsaufkommen zu bewältigen sein. Erste Abschätzungen haben ergeben, dass in der frühen Software-Entwicklungsphase im Gesamtsystem E/E ca. 100 Änderungen pro Tag auftreten werden.

Hinzu kommt, dass heutzutage die früher eher sequentiellen Arbeitsabläufe zunehmend parallelisiert sind. Wo in der Vergangenheit die Arbeitsschritte eher nacheinander und weitgehend ohne direkte Rückkopplung abgewickelt wurden, ist heute eine viel stärkere Verzahnung der Prozessschritte die Regel (REINHART, LINDEMANN ET AL. [30]). Dies hat zur Folge, dass Änderungen rechtzeitig von der Entwicklung zur Fertigungsvorbereitung bzw. dem Service kommuniziert werden müssen, damit sich die nachfolgenden Stellen auf die kommenden Änderungen einstellen können.

2. Anforderungen an das Produktdatenmanagement in der Prozesskette E/E

In vielen produzierenden Unternehmen wie auch bei BMW sind die IV-Systeme, die zur Unterstützung des Änderungsmanagements eingesetzt werden, auf die Einsteuerung der mechanisch orientierten Änderungen in die Produktionsabläufe ausgerichtet. Oft erfolgt daher die IV-technische Unterstützung des Änderungsmanagements über die IV-Systeme der Logistik. Das Änderungsmanagement setzt daher meist erst ab einem späten Zeitpunkt während der Produktentstehung ein, da in der Regel diese Systeme zu unflexibel sind, um ein Änderungsmanagement in der frühen Entwicklungsphase mit einer grossen Zahl an Änderungen auf Basis unreifer, d. h. noch nicht detaillierter und vollständig konkretisierter Daten, zu bewältigen.

Ein geeignetes zukünftiges Änderungsmanagement, insbesondere für den Fachprozess Elektrik/Elektronik, muss im Gegensatz dazu die oben genannten Anforderungen erfüllen. Einerseits ist auch schon in einer frühen Entwicklungsphase ein gewisser Formalismus zur Dokumentation von Änderungen erforderlich, andererseits dürfen die Abläufe nicht durch unnötigen bürokratischen Aufwand verlangsamt werden. Zukünftig besteht daher steigender Bedarf nach leistungsfähigen und flexiblen Methoden und Werkzeugen zur Unterstützung des Änderungsmanagements über alle Phasen des Produktlebenszyklusses (BILLINGER [31]). Sie sind im Hinblick auf die verkürzten Entwicklungsprozesse und die steigende Produktkomplexität unabdingbar (Abbildung 11).

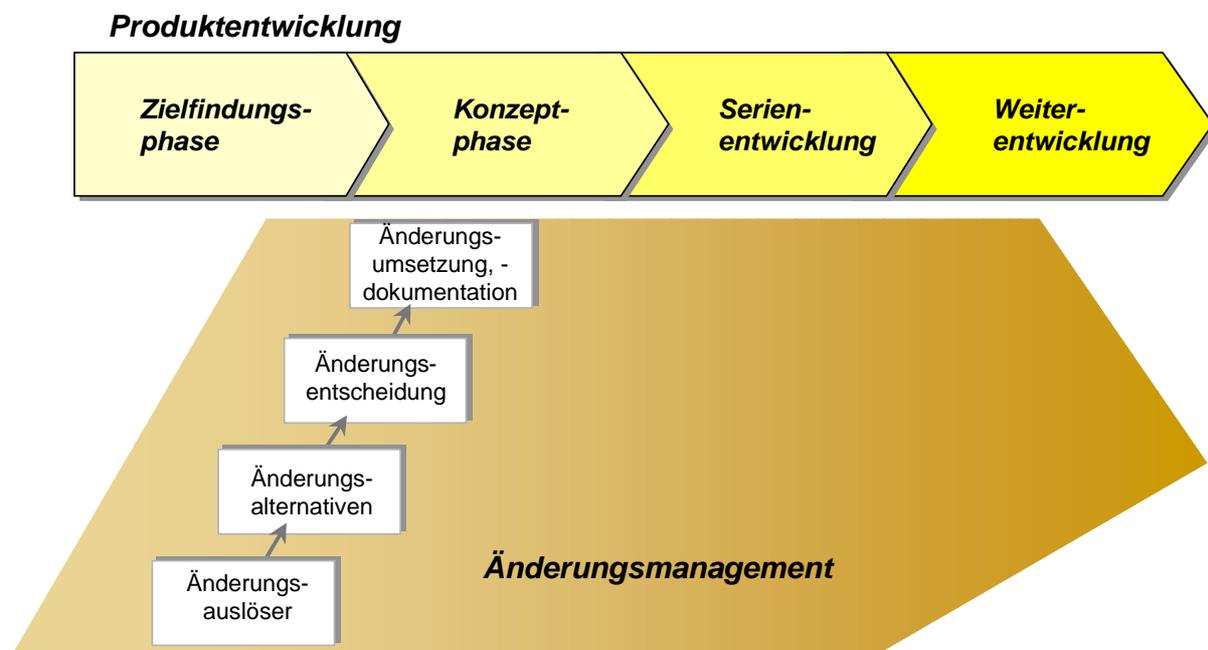


Abbildung 11: Änderungsmanagement als Unterstützung über alle Phasen der Produktentwicklung

2.4. Produktdatenverwaltung als Basis für ein leistungsfähiges Konfigurations-/Änderungsmanagement

Die relevanten Informationen zu einem Produkt sind heutzutage in der Regel über den kompletten Lebenszyklus in Form von elektronischen Dokumenten oder Datenbanken abgelegt. Ein Dokument soll hier nach der Definition in der DIN-Norm [32] verstanden werden als „eine als Einheit gehandhabte Zusammenfassung oder Zusammenstellung von Informationen, die nicht-flüchtig auf einem Informationsträger gespeichert sind“. Neben Dokumenten in elektronischer Form findet sich noch ein kleiner Anteil an Dokumenten in Papierform, wobei anzunehmen ist, dass dieser mit der weiteren Einführung der elektronischen Unterschrift zunehmend kleiner wird. Einen Überblick über die Vielfältigkeit der Dokumente, die im betrachteten Entwicklungsprozess Elektrik/Elektronik von Bedeutung sind, gibt Abbildung 12.

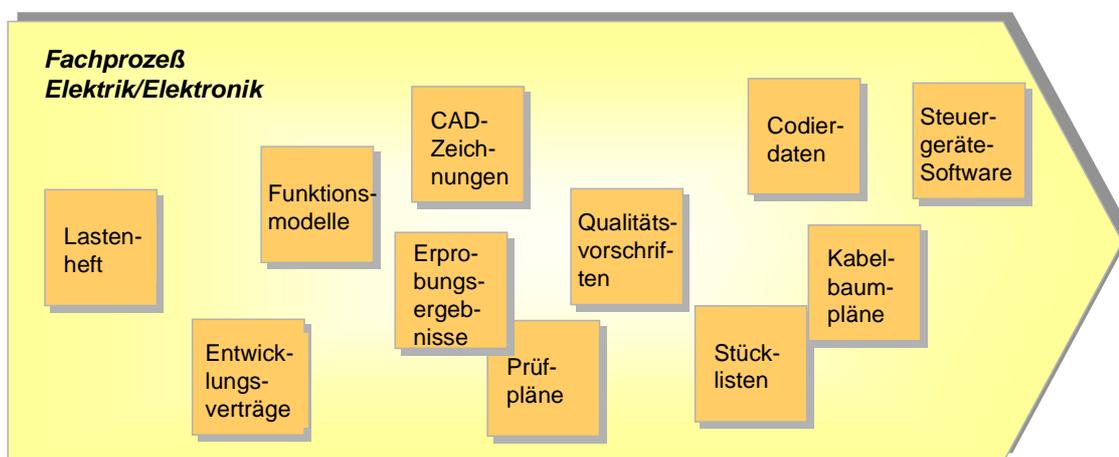


Abbildung 12: Überblick über die wichtigsten Dokumente im Fachprozess Elektrik/Elektronik

Die Projektsteuerung bzw. das begleitende Konfigurations-/Änderungsmanagement stützen sich demnach auf der Beschreibung des Produktes in Form von Dokumenten oder Datenbanken ab. Zur Vereinfachung soll den nachfolgenden Ausführungen folgende Definition zugrunde liegen: sämtliche, das Produkt beschreibende Informationen, unabhängig von Format und Erscheinungsform, sollen im folgenden als 'Produktdaten' bezeichnet werden. Im Rahmen des Konfigurations-/Änderungsmanagements sind somit schwerpunktmässig folgende Aufgaben zu bewältigen:

- Festlegung und Kennzeichnung von Referenzkonfiguration(en) auf Basis vollständiger und konsistenter Produktdaten
- Steuerung und Dokumentation von Änderungen an diesen Referenzkonfigurationen bzw. den zugehörigen Produktdaten

2. Anforderungen an das Produktdatenmanagement in der Prozesskette E/E

Diese Aufgabenstellungen können nur erfüllt werden, wenn es eine Möglichkeit gibt, die Produktdaten strukturiert und gegen unbefugte Veränderung gesichert, abzulegen. Dem Produktdatenmanagement, d.h. der sicheren Speicherung und gezielten Verteilung von Produktdaten, kommt somit eine Schlüsselrolle im Konfigurations-/Änderungsmanagement zu.

Die Produktdaten werden durch vielfältige IV-Systeme erzeugt. Als Beispiele sollen hier z. B. die CAD-Systeme zur Erzeugung von Zeichnungen, CAE-Systeme zur Durchführung von Simulationsrechnungen oder CASE-Tools zur Abbildung von Verhaltensmodellen für Software genannt werden. Gemeinsam ist diesen IV-Systemen, die spezifische Aspekte der Realität anhand von Modellen abbilden, dass sie Daten generieren, die wiederum in nachfolgenden Prozessschritten verwendet werden. Diese Systeme sollen im weiteren als Applikationssysteme bezeichnet werden.

Um sicherzustellen, dass die mit den Applikationssystemen generierten Produktdaten problemlos in weiteren Prozessschritten verwendet werden können, müssen sie in einer Form abgelegt werden, die den Berechtigten jederzeit Zugriff zu den Daten ermöglicht und die Suche nach spezifischen Daten erleichtert. Um eine adäquate Nutzung der Daten sicherstellen zu können, muss zudem der Reifegrad der Daten eindeutig gekennzeichnet sein. Die zur Unterstützung dieser Verwaltungsaufgaben eingesetzten IV-Systeme werden im folgenden in Abgrenzung zu den datengenerierenden Applikationssystemen als Datenverwaltungssysteme bezeichnet (Abbildung 13).

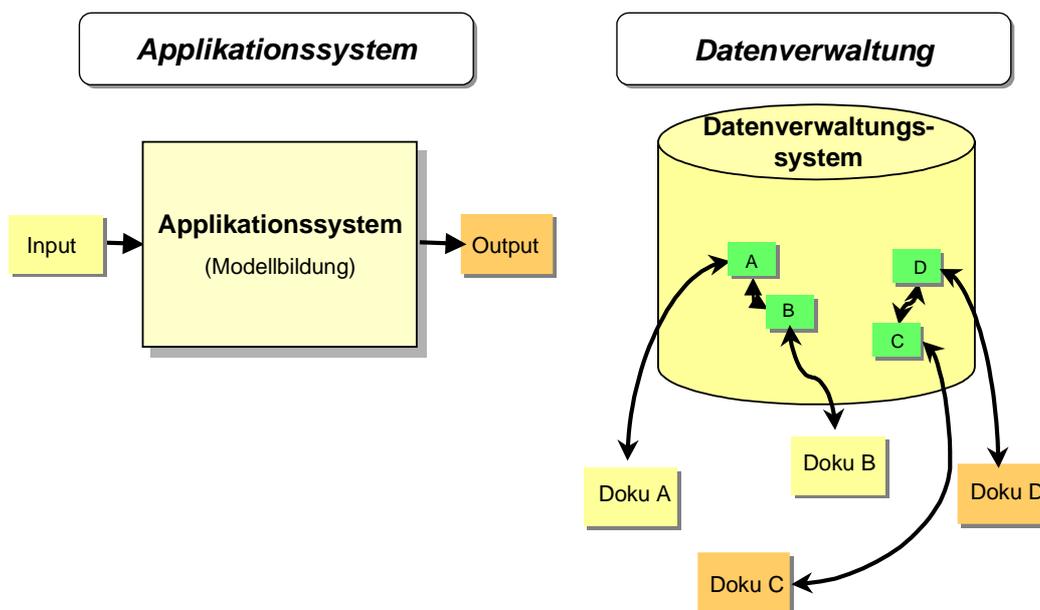


Abbildung 13: Unterschied zwischen Applikations- und Datenverwaltungssystemen

Zur Verwaltung abgegrenzter Teilumfänge der gesamten Produktdaten werden oft Standard-Office-Produkte, z. B. MS Excel oder MS-Access sowie spezifische Datenbanken, eingesetzt. Oft werden diese „lokalen“ Datenverwaltungslösungen sehr spezifisch auf eine meist kleine Anwendergruppe zugeschnitten, die damit ihre Tätigkeiten im Rahmen der gesamten Prozesskette besser bewältigen kann. So tritt häufig der Fall auf, dass Produktdaten mehrfach und ohne Synchronisation in unterschiedlichen Systemen gespeichert werden (Abbildung 14).

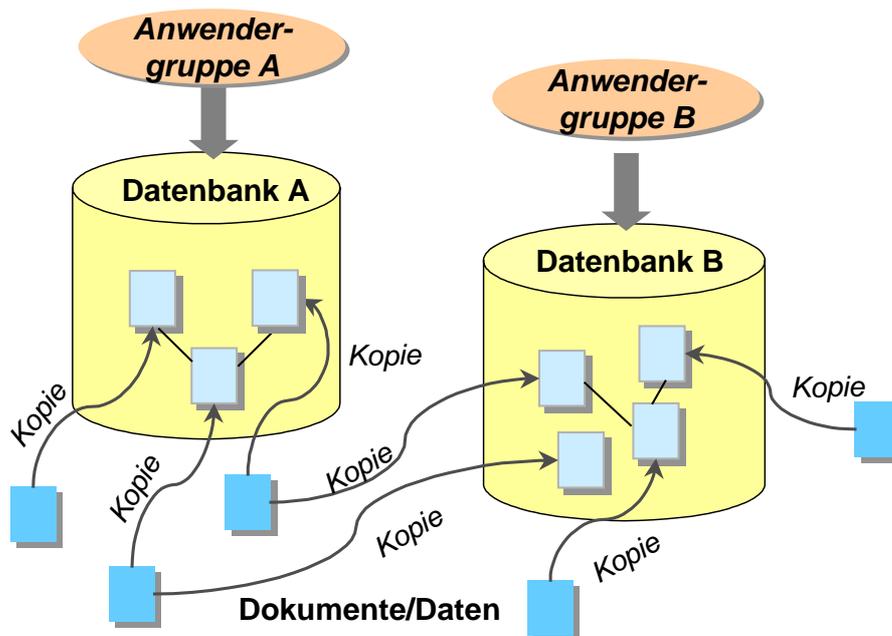


Abbildung 14: „Lokale“ Datenverwaltungslösungen

Die Nachteile die aus dem Einsatz lokaler Datenverwaltungslösungen erwachsen, sind offenkundig. Sie bestehen im wesentlichen darin, dass

- Produktdaten z. T. redundant abgelegt werden, und somit die Datenkonsistenz über die lokalen Datenverwaltungen nicht mehr sichergestellt werden kann,
- die lokalen Datenverwaltungen nicht miteinander vernetzt sind und somit Verknüpfungen zwischen logisch zusammengehörigen Daten über die lokalen Datenbanken hinaus nicht dargestellt werden können,
- die lokalen Datenverwaltungs-Insellösungen unterschiedlich gestaltet sind, woraus für die Anwender ein zusätzlicher Einarbeitungsaufwand bei der Bedienung mehrerer Systeme entsteht,
- Funktionalitäten (z. B. Zugriffsberechtigungen) mehrfach entwickelt werden,
- Datenbankpflegeaufwand an mehreren Stellen im Unternehmen entsteht.

Aufgrund der ständig zunehmenden Datenmenge, die verwaltet werden muss, der Häufigkeit und Schnelligkeit der Änderungen an diesen Daten und der zunehmend vernetzten Datennutzung stossen die eigenentwickelten lokalen Datenverwaltungslösungen mehr und mehr an ihre Grenzen.

Dieser Bedarf wurde von den Herstellern von IV-Systemen schon vor einigen Jahren erkannt. Es sind daher seit einigen Jahren IV-Systeme am Markt verfügbar, die speziell dafür konzipiert wurden, eine durchgängige Produktdatenverwaltung zu unterstützen. Diese Systeme sind z. B. bekannt unter Bezeichnungen wie ‚Produktdatenmanagement-Systeme (PDM-Systeme)‘ oder ‚Engineering Data Management Systeme (EDM-Systeme)‘. In den letzten Jahren wurde die Funktionalität dieser Standard-Software ständig weiterentwickelt, so dass ihr Einsatz in der Regel wirtschaftlicher ist als individuelle Eigenentwicklungen (ABRAMOVICI ET AL., [33]). Die Funktionen dieser IV-Systeme und die Vorteile ihres Einsatzes werden im folgenden Kapitel detaillierter beschrieben.

3. Datenverwaltung mit Produktdatenmanagement-Systemen

3.1. Abgrenzung des Begriffes 'Produktdatenmanagement'

Wie erwähnt, gibt es unterdessen eine Reihe von IV-Systemen, die sich mit der integrierten Verwaltung von Daten entlang des Produktentstehungsprozesses befassen. Diese Systeme tragen eine Vielzahl von Bezeichnungen, z. B. Document Management Systems (DMS), Engineering Data Management Systems (EDMS) oder Produktdatenmanagement-Systeme (PDM-Systeme) (s. a. [33]). Gemeinsam ist all diesen Systemen, dass ihre Hauptaufgabe in der Verwaltung, Speicherung und Verteilung von Daten liegt. Unterschiede bestehen jedoch hinsichtlich der Konzepte, der Entwicklungsziele und der Leistungsmerkmale dieser Systeme. Für die weiteren Ausführungen im Rahmen dieser Arbeit wird der Begriff „PDM-System“ als Synonym für ein IV-Tool zur Verwaltung produktrelevanter Daten verwendet, allerdings lassen sich die Grundideen ohne weiteres auch auf die Verwaltung anderer Daten, z. B. projekt- oder prozessrelevanter Daten, übertragen.

Der Begriff „produktrelevante Daten“ oder kurz Produktdaten soll in dieser Unterlage breit gefasst werden und alle relevanten Daten, die zur Entwicklung, Herstellung und Vertrieb/Service des Produktes erforderlich sind, beinhalten. Eine Einschränkung vorweg soll nicht vorgenommen werden. Hintergrund dieser Definition ist, dass sich die Verwendung produktrelevanter Daten nicht mehr nur auf einen Teilbereich des gesamten Produktlebenszyklusses beschränkt. In der Regel sind in den meisten Unternehmen schon umfangreiche Business Process Reengineering-Projekte durchgeführt worden, die meist eine Verkürzung der Entwicklungszyklen und eine Parallelisierung der Arbeitsabläufe zur Folge hatten. Daher sind heute vielfach die Fachprozesse in den Unternehmen so eng miteinander verknüpft, dass ein fachprozessübergreifender Datenaustausch über den gesamten Lebenszyklus des Produktes die Regel ist.

3.2. Aufbau und Struktur der zu verwaltenden Daten

Die von den Applikationssystemen erzeugten Produktdaten weisen in der Regel eine einheitliche Struktur auf. Man unterscheidet dabei zwischen

- den Metadaten
- den Modelldaten oder Nutzdaten.

3. Datenverwaltung mit Produktdatenmanagement-Systemen

Unter Metadaten werden Informationen verstanden, die den Dateninhalt kennzeichnen bzw. zu anderen gespeicherten Informationen in Beziehung setzen. Metadaten sind z. B. der Dateiname, die Attribute und die Strukturinformationen. Die Metadaten werden im PDM-System gespeichert (Abbildung 15).

In Abgrenzung dazu werden die Daten selbst bzw. der Dateiinhalt mit dem Begriff Modell- oder Nutzdaten bezeichnet. Hierbei kann es sich z. B. um einen CAD-Datensatz, ein Lastenheft oder ein Simulationsmodell handeln. Die Modelldaten werden entweder ebenso wie die Metadaten in der PDM-Datenbank gespeichert, oder sie verbleiben auf den originären Speicherplätzen, zu denen dann vom PDM-System aus verwiesen wird (,Verlinkung').

Sowohl Meta- als auch Nutzdaten können entweder zentral oder verteilt gespeichert werden. Anhand dieser Ablagestrukturen können die existierenden EDM-/PDM-Systeme in drei Kategorien (verteilt, gekoppelt oder föderiert, s. [36]) eingeteilt werden. Da diese Unterschiede für die weiteren Ausführungen im Rahmen dieser Arbeit keine Rolle spielen, soll allerdings hier nicht näher darauf eingegangen werden.

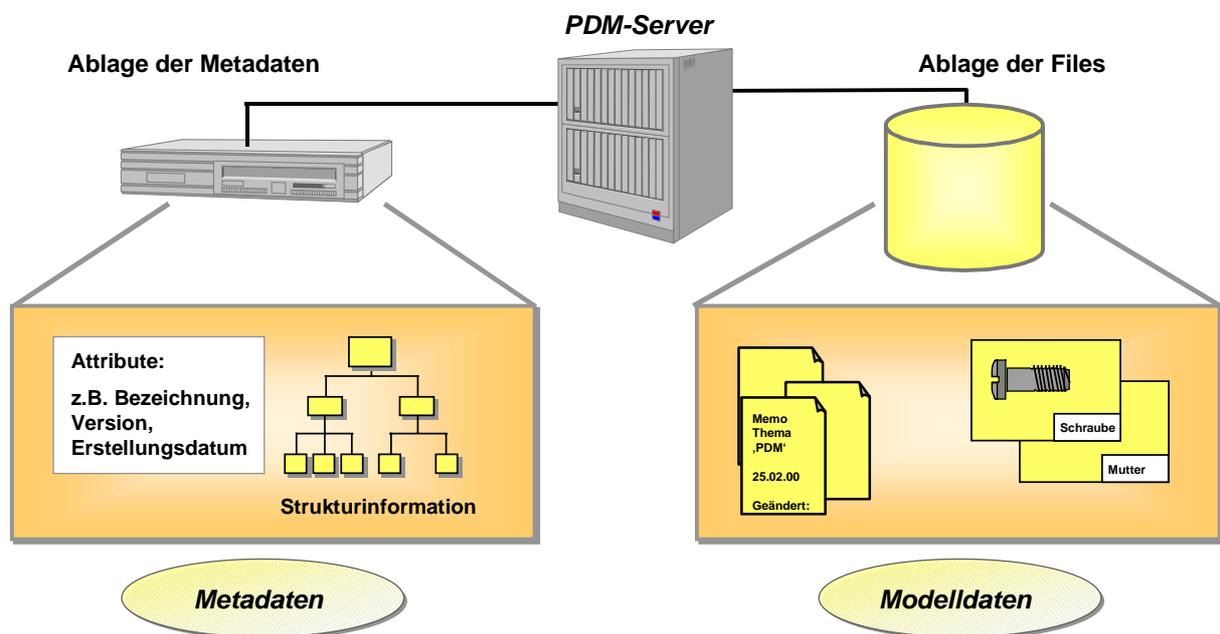


Abbildung 15: Aufbau und Struktur der im PDM-System verwalteten Daten

Ein wesentlicher Vorteil eines PDM-Systems ist, dass neben den eigentlichen Produktdaten selbst auch Verknüpfungen zwischen den Produktdaten abgebildet werden können. Diese Verknüpfungen zwischen den Produktdaten können unterschiedlicher Art sein (Abbildung 16). Anhand von zwei Beispielen sollen diese Verknüpfungen verdeutlicht werden.

- (1) Zwischen einer CAD-Zeichnung und dem Lastenheft zu einer Komponente besteht eine logische Verknüpfung: die Zeichnung dokumentiert die ‚Lösung‘ für die im Lastenheft beschriebenen Anforderungen. Die entsprechende Verknüpfung zwischen CAD-Zeichnung und Lastenheft könnte lauten ‚... basiert auf ...‘.
- (2) Zwischen den Prüfdaten und dem Lastenheft einer Komponente besteht ebenso eine logische Verknüpfung: die Prüfdaten werden mit den Vorgaben aus dem Lastenheft verglichen, bei Erfüllung der Anforderungen kann eine Freigabe der Komponente erfolgen. Die entsprechende Verknüpfung könnte in diesem Fall lauten ‚... ist geprüft gegen ...‘.

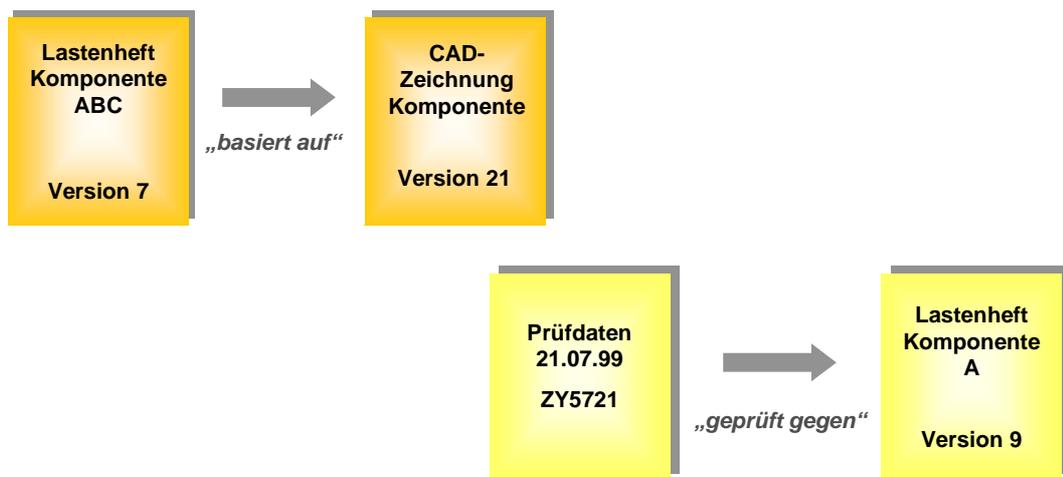


Abbildung 16: Beispiele für Verknüpfungen zwischen den im PDM-System verwalteten Daten

3.3. Aufgaben, Aufbau und Funktionalitäten eines PDM-Systems

Ein PDM-System dient in der Regel dazu, die unterschiedlichen Bereiche der Prozesskette mit ihren spezifischen Applikationssystemen (z. B. CAD, CAE, CAM) über eine gemeinsame Datenbasis mit aktuellen und konsistenten Produktdaten zu versorgen. Dies ist eine wesentliche Voraussetzung für eng verzahnte, stark parallelisierte Unternehmensabläufe (s. a. [5]).

Einen wichtigen Beitrag leisten PDM-Systeme auch bei der Speicherung und insbesondere Langzeit-Archivierung von Produktdaten. Zusammengefasst kann ein PDM-System somit als Informationsdrehscheibe für die Speicherung, die Verwaltung, den Transfer und die Bereitstellung aller relevanten Produktdaten und ihrer Verknüpfungen bezeichnet werden.

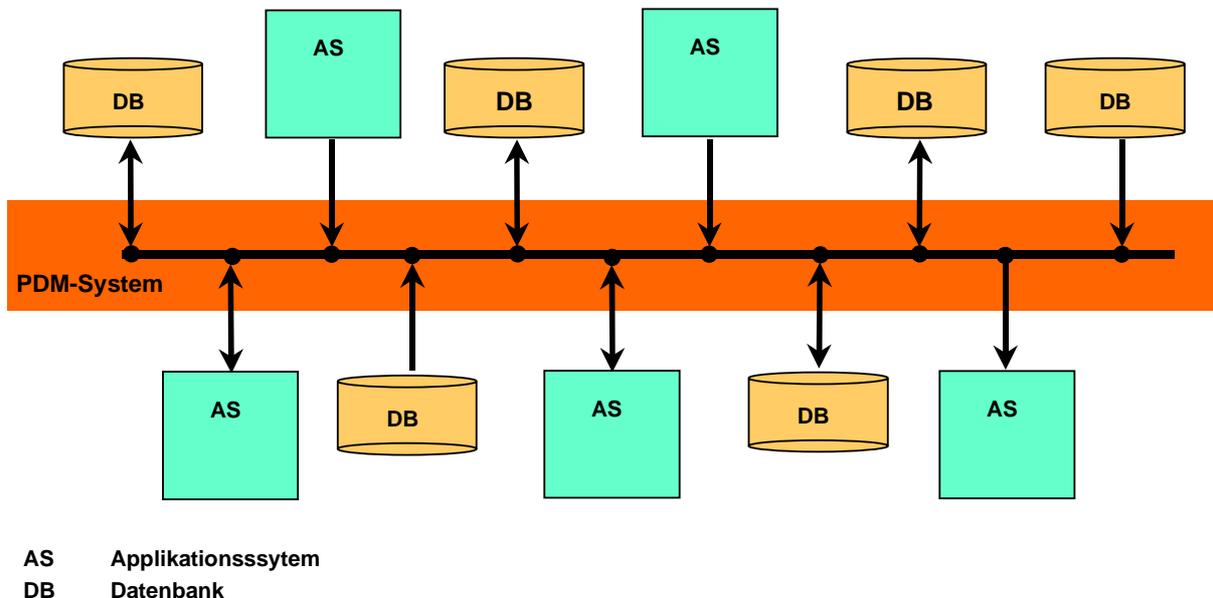


Abbildung 17: Das PDM-System als Informationsdrehscheibe im Fachprozess

Mit einem PDM-System können prinzipiell alle in elektronischer Form vorliegenden Daten verwaltet werden, unabhängig davon, mit welchen IV-Systemen sie erstellt wurden und in welchem Datenformat sie vorliegen. In ihrem grundlegenden Aufbau unterscheiden sich die PDM-Systeme nur wenig. Eine Übersicht über die Grundbausteine eines PDM-Systems ist in Abbildung 18 dargestellt [VDI 34]. Sie werden nachfolgend kurz beschrieben (s. a. CIMDATA [35], ABRAMOVICI [36]).

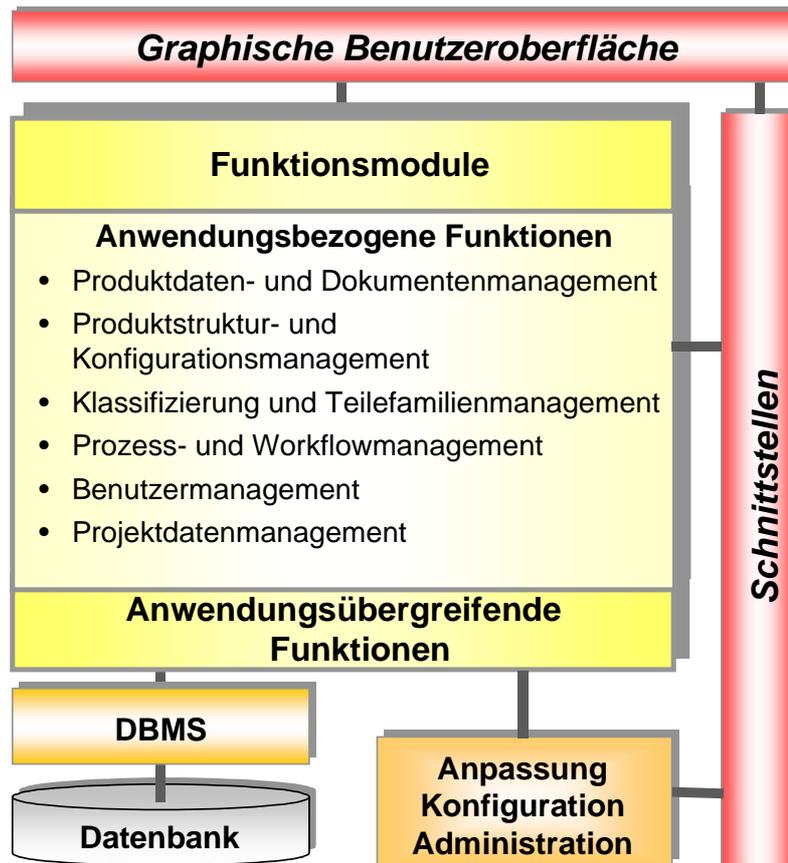


Abbildung 18: Grundlegender Aufbau eines PDM-Systems

Der Kern eines PDM-Systems ist das elektronische Datendepot, auch elektronischer Tresor oder „Vault“ genannt, der in der Regel auf einer leistungsfähigen relationalen oder objektorientierten Datenbank basiert. Über eine Zugangskontrolle können alle Änderungen an den abgelegten Daten verfolgt werden. Eine unbemerkte Manipulation der Daten von 'ausen' ist somit nicht möglich.

Die im PDM-System umgesetzten Funktionen lassen sich in zwei Gruppen einteilen (s. a. MATTHES, MARCIAL, HARTMANN [37]). Man unterscheidet

- anwendungsbezogene Funktionen
- anwendungs- bzw. systemübergreifende Funktionen

Anwendungsbezogene Funktionen unterstützen das applikationsspezifische Datenmanagement, wie z. B. Zeichnungs- oder Stücklistenverwaltung. Unter applikationsspezifisch wird in diesem Zusammenhang verstanden, dass die klassischen Datenverwaltungsanforderungen wie z. B. Konfigurationsmanagement erweitert sind, um die spezifischen Anforderungen des Bereiches

abbilden zu können. Weitere anwendungsbezogene Funktionalitäten sind z. B. das Daten-/Dokumentenmanagement, Produktstruktur- und Konfigurationsmanagement, Klassifizierung, workflow bzw. Prozessmanagement oder die Benutzer- und Zugriffsverwaltung. Die einzelnen Funktionen werden nachfolgenden beschrieben.

Unter Daten-/Dokumentenmanagement versteht man z. B. das Anlegen und Suchen von Objekten in beliebigen Strukturen. Durch vielseitige Suchmechanismen, wie z. B. die Verknüpfung verschiedener Suchkriterien, lassen sich Informationen schnell und zielgerichtet auffinden.

Mit Hilfe von Strukturierungsfunktionen lassen sich beliebig komplexe Produktkonfigurationen sowie Abhängigkeiten zwischen unterschiedlichen Objekttypen abbilden. Dies ermöglicht den Aufbau verschiedener Stücklistenarten und Teileverwendungsnachweise. Durch Setzen von Variantenbedingungen und/oder Gültigkeiten lassen sich aus einer Gesamtkonfiguration aller möglichen Komponenten beliebige konkrete Produktkonfigurationen ableiten.

Über die Vergabe von Attributen bzw. Objektmerkmalen können neben der herkömmlichen Klassifizierung über Nummerungssystematiken, Objekte zu Gruppen oder Merkmalsklassen strukturiert werden. Damit wird u. a. eine schnelle Datensuche ermöglicht.

Zur Modellierung und Steuerung von Geschäftsprozessen, z. B. dem Freigabe- oder Änderungsprozess, bieten die PDM-Systeme spezielle Funktionen an. Neben der Statusvergabe beinhalten diese Funktionen zum Teil ausgereifte graphisch unterstützte Prozessmodellierungsmöglichkeiten.

Die Benutzer- und Zugriffsverwaltung baut in der Regel auf der Definition von Benutzerprofilen und -rollen auf. Entsprechend den projektspezifischen Aufgaben bzw. Verantwortlichkeiten, z. B. Konstrukteur, Steuergeräteentwickler oder Freigabeverantwortlicher werden Rollen definiert, denen Rechte und Privilegien zur Bearbeitung der Daten zugewiesen werden.

Anwendungs- bzw. systemübergreifende Funktionen stellen die anwendungsübergreifende Infrastruktur für das Datenmanagement bereit. Darunter fallen z. B. Funktionen für die Archivierung, Steuerung von Ein- und Ausgabegeräten, Viewing oder Kommunikationsmöglichkeiten.

Neben diesen Basisfunktionalitäten stellen die meisten der marktgängigen PDM-Systeme spezielle Methoden und Tools, sogenannte „Customizing-Tools“ zur Verfügung, mit denen das PDM-System an die unternehmensspezifischen Belange angepasst werden kann. Diese Tools ermöglichen neben der

Erweiterung des Datenmodells u. a. auch die Anpassung der graphischen Benutzeroberfläche.

Um das PDM-System adäquat auf die jeweiligen Belange zuschneiden zu können, ist eine umfassende Kenntnis der Arbeitsprozesse unabdingbar (siehe auch Kapitel 4.2.2). Zur Verdeutlichung, welche Umfänge im PDM-System Standardfunktionalität darstellen und welche Anpassungsarbeit erfordern, ist in Abbildung 19 ein Vergleich mit der Einrichtung des Standard-Officesystems MS Excel dargestellt.

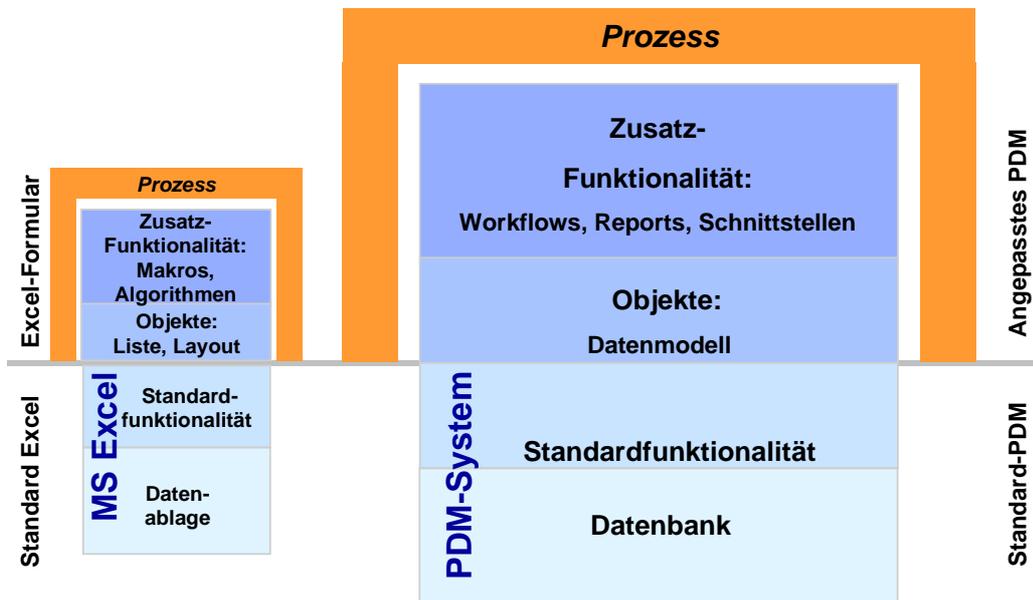


Abbildung 19: Anpassung eines PDM-Systems an die Arbeitsabläufe im Vergleich mit dem Standard-Office-System MS Excel

Über eine geeignete graphische Benutzeroberfläche können auch komplexere und umfangreichere Informationen ohne Zeitverlust jedem berechtigten Anwender zur Verfügung gestellt werden. Durch Nutzung der Webtechnologie kann der Datenzugriff auch bei räumlich verteilten Unternehmensstrukturen mit unterschiedlichen IV-Plattformen sichergestellt werden.

In der Regel sind im Basisumfang eines PDM-Systems auch schon diverse Schnittstellen zu gängigen Applikationssystemen, wie z. B. CAD-Systemen, beinhaltet. Darüber hinaus sind aber meist zusätzliche Schnittstellen zu den unternehmens- bzw. fachprozessspezifischen Systemen einzurichten.

3.4. Nutzenpotentiale eines PDM-Systems

Durch den Einsatz eines PDM-Systems kann eine Reihe von Nutzenpotentialen erschlossen werden (s. a. [37], Hewlett-Packard [38]). So kann ein PDM-System durch Bereitstellung eines schnellen, effizienten Datenzugriffs, durch Unterstützung eines gemeinsamen Datenzugriffs mehrerer Beteiligter sowie durch Bereitstellung eines geordneten workflow-Managements wesentlich zur Verkürzung der Entwicklungszeit beitragen.

Zahlreiche Untersuchungen belegen, dass der Zeitbedarf eines Ingenieurs für die Informationssuche zwischen 20 – 50 % beträgt. Durch Einsatz eines PDM-Systems können die Mitarbeiter von diesen administrativen Aufgaben entlastet werden, wodurch ihnen mehr Raum für ihre eigentlichen Tätigkeiten zur Verfügung steht. Positiv ist weiterhin, dass der Zugriff auf frühere Arbeitsergebnisse über das PDM-System relativ einfach möglich ist. Diese Aspekte bewirken eine Steigerung der Produktivität sowie eine verstärkte Nutzung von Gleichteilen.

Durch Verfolgung der Änderungshistorie und Vergabe eines abgestimmten Reifegrades für die Daten wird mit Hilfe eines PDM-Systems ein geordnetes Änderungsmanagement wesentlich erleichtert. Dies führt unter anderem auch zu einer besseren Beherrschung von Änderungen mit einer Reduktion von Änderungsschleifen und reduzierten Änderungskosten.

Zudem bieten PDM-Systeme im Vergleich zu eigenentwickelten lokalen Datenverwaltungslösungen eine Reihe weiterer Vorteile. So ist der Einsatz eines PDM-Systems zur durchgängigen Datenverwaltung in der Regel kostengünstiger als eigenentwickelte Datenverwaltungen, da im PDM-System schon zahlreiche Grundfunktionalitäten beinhaltet sind (siehe Abschnitt 3.3), die nicht extra entwickelt werden müssen.

Bei Einsatz einer zentralen Datenverwaltungslösung verringern sich zudem insgesamt die Wartungs- und Pflegekosten, da entsprechendes Know how nicht an mehreren Stellen im Unternehmen vorgehalten werden muss (zentrales Betreuungsmodell).

Wenn im günstigsten Fall ein PDM-System als Standardsystem für alle Datenverwaltungsanforderungen im Unternehmen eingesetzt wird, können Synergiepotentiale dadurch erschlossen werden, dass Schnittstellen zu relevanten Applikationssystemen mehrfach genutzt werden. Dadurch reduziert sich die Gesamtanzahl der zu realisierenden Schnittstellen zwischen Datenverwaltungs- und Applikationssystemen und in Folge davon der Erstellungs- und Pflegeaufwand drastisch gegenüber lokalen Datenverwaltungen.

Ein grosser Vorteil bei der Einführung eines durchgängigen PDM-Systems besteht weiterhin darin, dass durch den Zwang, ein konsolidiertes Datenmodell festzulegen, auch ‚Ordnung‘ in die bestehende Produktdatenlandschaft gebracht werden kann. Ein PDM-System fungiert in diesem Sinne als Katalysator für die Neustrukturierung der Daten, der Applikationssysteme und nicht zuletzt für die Unternehmensprozesse selbst. Studien belegen, dass die Unternehmen, die bei der Einführung von Standardsoftware auch die Prozessketten optimieren und die Komplexität begrenzen, einen grösseren wirtschaftlichen Erfolg aufweisen [39].

3.5. Datenverwaltung mit einem PDM-System

Um die Daten im PDM-System verwalten zu können, müssen in der PDM-Datenbank zumindest die Metadaten der zu verwaltenden Produktdaten gespeichert werden (vergl. Abschnitt 3.2). Zwischen den Metadaten und den Modelldaten besteht eine eindeutige Verbindung. Die Metadaten repräsentieren somit die jeweiligen Produktdaten. Sie werden im folgenden als Informationsobjekte bezeichnet. Der Zugang zu den Modelldaten, z. B. bei Informationssuchen, erfolgt über die Informationsobjekte (Abbildung 20).

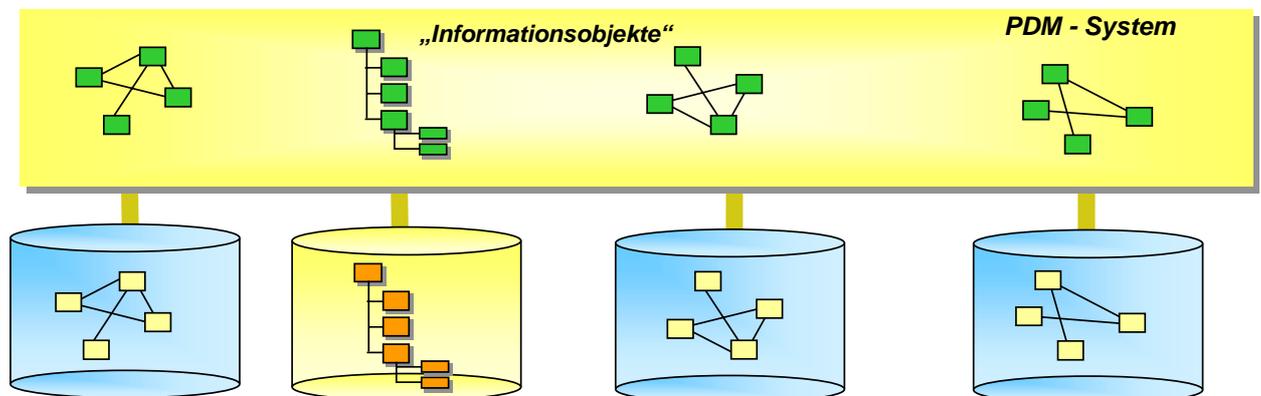


Abbildung 20: Repräsentation der Original-Daten im PDM-System durch Informationsobjekte

Um vorliegende Daten unter die Verwaltung des PDM-Systems zu stellen (‚check-in‘), gibt es je nach Ausprägung der Schnittstelle zwischen PDM-System und Applikationssystem mehrere Möglichkeiten (Abbildung 21). Diese unterscheiden sich einerseits in der Funktionalität, andererseits aber auch im Realisierungsaufwand. Nachfolgend werden die Kopplungsmöglichkeiten zwischen PDM- und Applikationssystem beschrieben.

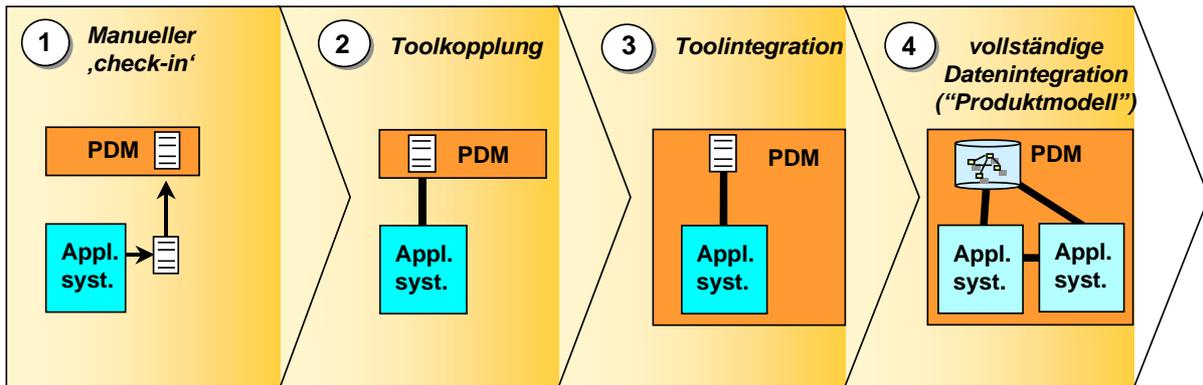


Abbildung 21: Kopplungsmöglichkeiten zwischen Applikationssystem und PDM-System

1. „Manueller check-in“

Eine Möglichkeit die generell anwendbar ist, um einen Datensatz der Verwaltung des PDM-Systems zu unterstellen, ist die manuelle Eingabe der jeweiligen Metadaten in das PDM-System. In der Regel ist diese Möglichkeit der Datenverwaltung eine Grundfunktionalität der PDM-Systeme, so dass weder am PDM-System noch am Applikationssystem Eingriffe erforderlich sind.

Der Nachteil dieser Vorgehensweise liegt darin, dass zusätzlicher Aufwand erforderlich ist, um die schon vorhandenen Daten der Kontrolle des PDM-System zu unterstellen. Zudem kann nicht sichergestellt werden, dass der manuelle Übertrag der Metadaten fehlerfrei ist. Weiterhin ist es dem Anwender selbst überlassen zu entscheiden, ob er die Daten in das PDM-System einstellen will. Dadurch kann sich das Problem ergeben, dass Informationen oft erst dann dem PDM-System unterstellt und damit ‚öffentlich‘ zugänglich gemacht werden, wenn sie schon einen hohen Reifegrad aufweisen. Dieser Umstand würde einer zunehmenden Parallelisierung der Abläufe, die einen intensiven Austausch auch unreifer Daten erfordert, entgegenwirken.

2. Toolkopplung:

Eine aufwendigere Lösung im Vergleich zum manuellen check-in besteht in einer IV-technischen Kopplung des jeweiligen Applikationssystems mit dem PDM-System. In der einfachsten Ausprägung bietet eine solche Schnittstelle die Möglichkeit, beim Einchecken des Datensatzes automatisch die vorhandenen Metadaten in das PDM-System zu übertragen bzw. weitere Metadaten komfortabel hinzuzufügen.

Vorteilhaft ist hierbei, dass der manuelle Eintrag der Metadaten und die damit verbundenen Nachteile entfallen. Wenn seitens des PDM-Systems standardmässig keine Schnittstelle zu dem jeweiligen Applikations- oder Datenverwaltungssystem besteht, ist ein entsprechender Konzeptions- und Realisierungsaufwand für die Schnittstelle zu berücksichtigen.

3. Toolintegration:

Die tiefste Integration zwischen PDM- und Applikationssystem besteht, wenn der Zugang zum Applikationssystem nur noch über das PDM-System möglich ist, mit anderen Worten das Applikationssystem von dem PDM-System gekapselt wird. In diesem Fall ist es für die Anwender nicht mehr möglich, Daten mit dem Applikationssystem zu generieren, die nicht der Verwaltung des PDM-Systems unterliegen. Der Nachteil ist hier, wie auch bei der Alternative (2) darin zu sehen, dass eine Schnittstelle zwischen Applikations- und PDM-System einzurichten ist, was sich in einigen Fällen aufwendig gestalten kann.

4. Vollständige Datenintegration:

Diese Möglichkeit stellt die tiefste Integration eines PDM-Systems mit einem Applikationssystem dar. Bei dieser Alternative wird davon ausgegangen, dass alle relevanten Produktdaten, d. h. das gesamte Produktmodell (vergl. WELLNIAK [40]) in der entsprechenden Granularität im PDM-System verwaltet werden. Hierbei werden auch interne Abhängigkeiten zwischen den Daten aus dem Applikationssystem extrahiert und mit dem PDM-System synchronisiert (JUNGFERMANN [41]).

Der Vorteil dieser Alternative ist, dass bestehende Verbindungen zwischen Informationen, die im Applikationssystem bereits eingegeben wurden, auch direkt im PDM-System genutzt werden können. Nachteilig ist der hohe Konzeptions- und Realisierungsaufwand für die Schnittstelle. Diese Stufe stellt daher eher eine Vision dar, deren Realisierung man in Betracht ziehen kann, wenn die Stufen 1, 2 und 3 schon realisiert sind.

Je nach Zielsetzung und Randbedingungen muss im Rahmen der PDM-Einführung überprüft werden, in welcher Form bzw. in welchen Stufen die jeweiligen vorhandenen Applikations- und Datenverwaltungssysteme an das PDM-System gekoppelt werden sollen (s. a. Abschnitt 5.3).

4. Ableitung eines Vorgehensmodells zur Auswahl und Einführung eines PDM-Systems

Um ein geeignetes Vorgehensmodell für ein PDM-Projekt zu erstellen, wurden zunächst die Charakteristika eines solchen Vorhabens analysiert. Anhand dieser Randbedingungen wurde anschliessend auf Basis bekannter Systementwicklungsmodelle ein spezielles Vorgehensmodell für ein PDM-Projekt erarbeitet, welches in Abschnitt 4.2 beschrieben wird. Nachfolgend wird zunächst ein Überblick über die bekanntesten Vorgehensmodelle gegeben und ihre jeweiligen Vor- und Nachteile im Hinblick auf die PDM-Einführung diskutiert.

4.1. Bekannte Vorgehensmodelle zur Systementwicklung

Das älteste und oft angewandte Systementwicklungsmodell ist das Wasserfallmodell (z. B. Royce, [42], BOEHM, [43]). Es basiert auf einer top-down Vorgehensweise und ist in 9 Prozessschritte gegliedert, die nacheinander durchlaufen werden. Die Nachteile dieser Vorgehensweise sind u. a. die lange Umsetzungszeit, vor allem aber eine Kommunikationslücke zwischen Systementwickler und Anwender. Dieses Vorgehensmodell ist daher nur dann sinnvoll anwendbar, wenn die Randbedingungen des zu entwickelnden Systems weitestgehend bekannt sind. In aller Regel ist dies bei Softwareentwicklungsprojekten und im speziellen bei der Einführung eines PDM-Systems nicht der Fall. Das Wasserfallmodell kommt daher als Vorgehensmodell für ein PDM-Projekt nicht in Betracht. Das speziell für Softwareentwicklungen aus dem Wasserfallmodell abgeleitete Vorgehensmodell vom amerikanischen Department of Defense [44] beinhaltet ähnliche Nachteile und kommt daher ebenfalls nicht als Vorgehensmodell für die PDM-Einführung in Betracht.

Das sogenannte V-Modell (JENSEN, TONIES [45], FORSBERG, MOOZ [46]) beschreibt ein Vorgehen, bei dem zunächst stufenweise die Anforderungen ausgehend vom Gesamtsystem über Subsysteme bis zur Komponente konkretisiert werden. Anschliessend erfolgt in analogen Stufen die Realisierung des Systems. Die Verifikation, d. h. der Abgleich zwischen Realisierungsstand und Anforderungen, erfolgt auf jeder Ebene. Nachteilig bei diesem Modell ist, dass nicht ausreichend abgebildet ist, wie bei unscharfen bzw. sich ändernden Anforderungen verfahren werden sollte.

4. Ableitung eines Vorgehensmodells zur Auswahl und Einführung eines PDM-Systems

Aufgrund der in der Vergangenheit gestiegenen Bedeutung von Softwareentwicklungsprojekten und der dabei erkannten Defizite der konventionellen Systementwicklungsmodelle (GIBBS [47]) wurden neue Vorgehensmodelle speziell zur Unterstützung der Entwicklung von Software abgeleitet. Wesentliche Anforderungen an diese Softwareentwicklungsmodelle sind u. a. die Sicherstellung einer schnellen Realisierung des Systems im Rahmen der vorgegebenen Ressourcen sowie die Gewährleistung, dass das System am Ende die Anforderungen der Nutzer erfüllt.

Die für diese Anforderungen besser geeigneten Systementwicklungsmodelle basieren in der Regel auf der Grundidee des Prototyping. Unter Prototyping versteht man in der Softwareentwicklung im allgemeinen die vorgezogene Entwicklung einer Teilfunktion, um deren Verhalten vor der endgültigen Realisierung unter ausgewählten Gesichtspunkten erproben zu können [48]. Ein generelles Prototypenmodell wurde von LANTZ [49] entwickelt. Der Vorteil bei der Verwendung von Prototypen besteht darin, dass die systemtechnische Umsetzung der Nutzeranforderungen mit relativ geringem Aufwand am konkreten Beispiel veranschaulicht werden kann. Durch den geringen Erstellungs- und Anpassungsaufwand der Prototypen werden schnelle Iterationsschleifen ermöglicht und der Dialog zwischen Anwender und Systementwickler optimal unterstützt. Der Nachteil ist, dass die Prototypen in der Regel eine deutlich geringere Funktionalität aufweisen als das später realisierte Produktivsystem und so nicht alle Interaktionen gleichermassen getestet werden können.

Es kann unterschieden werden zwischen explorativem, experimentellem und evolutionärem Prototyping (KARGL [50]). Beim explorativen Prototyping wird in Zusammenarbeit mit den Benutzern versucht, aus zunächst vagen Systemvorstellungen eine möglichst vollständige Systemspezifikation für das Gesamtsystem zu erarbeiten. Anschliessend erfolgt dann die gesamthafte Realisierung des Produktivsystems. Demgegenüber werden beim experimentellen Prototyping komplette Prototypen erstellt, um die softwaretechnische Umsetzbarkeit und Qualitätsaspekte zu überprüfen. Das evolutionäre Prototyping ist ein Prozess, bei dem der erste Prototyp schrittweise weiterentwickelt und verbessert wird, bis ein funktionsfähiges, den Anforderungen entsprechendes System vorliegt. Das evolutionäre Prototyping ist wie das Konzept der inkrementellen Entwicklung ein iterativer Prozess. Der Unterschied besteht darin, dass bei der inkrementellen Entwicklung zunächst *alle* Systemanforderungen spezifiziert sein müssen, bevor die schrittweise Umsetzung beginnt. Demgegenüber beginnt bei der evolutionären Vorgehensweise die Realisierung von Teilfunktionalitäten schon, bevor die Gesamtheit aller Anforderungen festgelegt ist.

4. Ableitung eines Vorgehensmodells zur Auswahl und Einführung eines PDM-Systems

Eines der bekanntesten evolutionären Vorgehensmodelle ist das sogenannte Spiralmodell (BOEHM [51], [52]; SARY [53]), bei dem der Kreislauf aus Anforderungsermittlung, Systemumsetzung, Systemtest und Systemeinführung für einzelne Teilfunktionalitäten mehrmals durchlaufen wird, bis das Gesamtsystem vollständig realisiert ist (Abbildung 22). Der Grundgedanke dieses Vorgehensmodells besteht darin, dass die bei komplexen Softwareprojekten notwendigerweise erforderlichen Lernschleifen von vornherein im Modell berücksichtigt sind. Dieses Vorgehensmodell erscheint für die Einführung eines PDM-Systems durchaus geeignet.

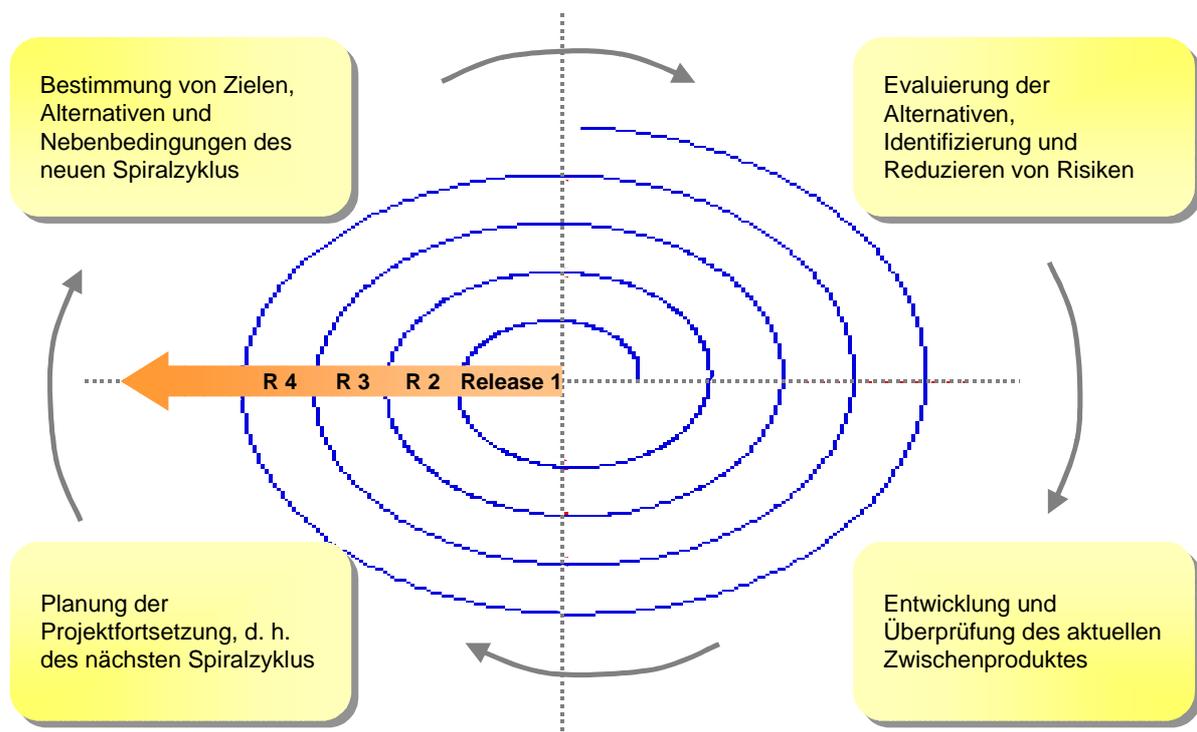


Abbildung 22: Spiralmodell der Systementwicklung

In Anlehnung an die beschriebenen evolutionären Systementwicklungsmodelle wurde das sogenannte nutzerzentrierte Systementwicklungsmodell (FRICKE, [54]) abgeleitet (Abbildung 23). In diesem Modell wird unterschieden nach Problemphase, Konzeptphase, Entwicklungsphase und Betriebsphase. Diese Phasen überlappen sich sehr stark und sind über Feedback-Schleifen verknüpft. Wie bei anderen evolutionären Vorgehensmodellen wird auch hier davon ausgegangen, dass die Gesamtfunktionalität des Systems schrittweise erarbeitet und umgesetzt wird. Die Herausforderung bei dieser Vorgehensweise besteht ebenso wie beim Spiralmodell darin, dass aus den vielen Einzelbausteinen doch ein homogenes, funktionierendes Ganzes entstehen soll.

4. Ableitung eines Vorgehensmodells zur Auswahl und Einführung eines PDM-Systems

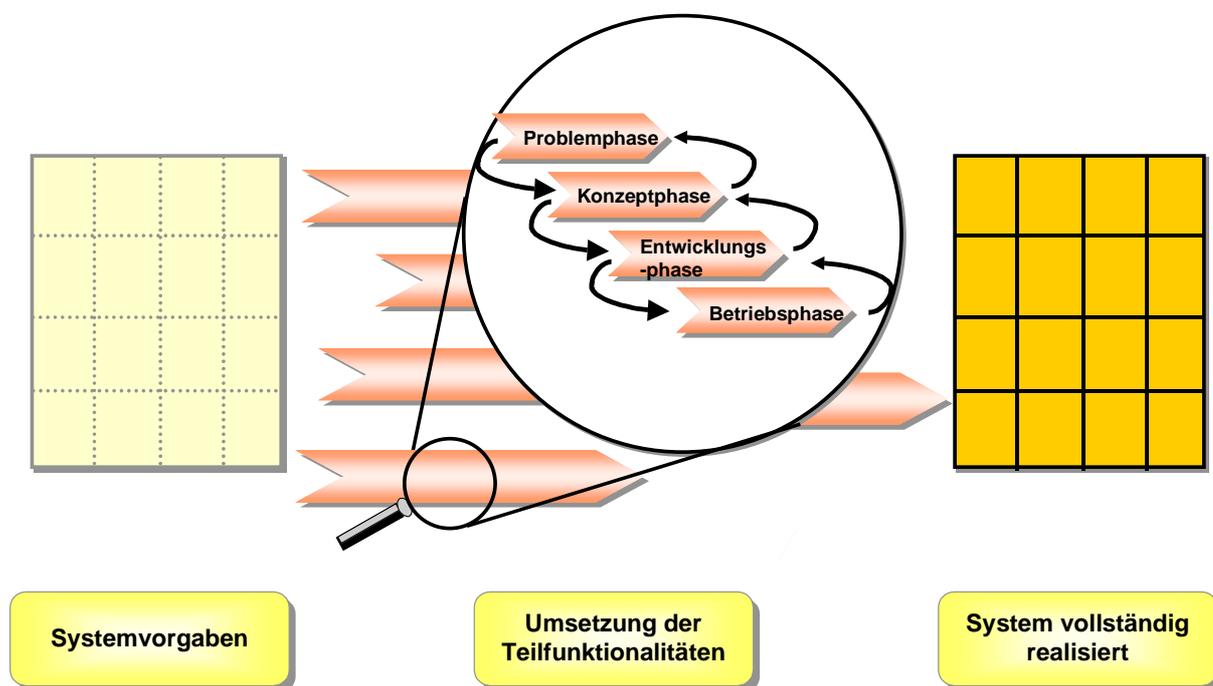


Abbildung 23: Die Phasen im nutzerzentrierten Systementwicklungsmodell

Zusammenfassend lassen sich die Kennzeichen der heutigen Vorgehensmodelle für die Systementwicklung im allgemeinen sowie für die Softwareentwicklung im speziellen wie folgt darstellen. Ein gemeinsamer Aspekt aller modernen Vorgehensmodelle ist ein schrittweises, iteratives Vorgehen, bei dem nacheinander die Teilfunktionalitäten des Gesamtsystems erstellt werden. Als ein entscheidender Aspekt für ein erfolgreiches Softwareprojekt wird der Einsatz von Prototypen zur frühzeitigen Absicherung der softwaretechnischen Realisierung in vielen Erfahrungsberichten herausgestellt. Weiterhin wird bei vielen der heutigen Softwareentwicklungsmodelle berücksichtigt, dass sich die Anforderungen an das System während der Realisierung ändern können. Daraus ergeben sich zwei wesentliche Anforderungen an das zu konzipierende System: die Systemkonzeption muss robust, d. h. auch bei Änderungen tragfähig sein und das System muss eine ausreichende Flexibilität aufweisen, damit auf diese Änderungen reagiert werden kann.

4.2. Ableitung eines geeigneten Vorgehensmodells für die PDM-Auswahl und -Einführung

In Anlehnung an die beschriebenen Vorgehensmodelle der Systementwicklung sowie an vorhandene Untersuchungen zum Projektmanagement (z. B. MADAUSS [55]; BOY, HEUNISCH, LEHMANN, WINKLER [56]) wurde im Rahmen dieser Arbeit ein Vorgehensmodell erarbeitet, das an die Anforderungen eines PDM-Projektes angepasst ist. Zunächst wurde dazu ein grober Phasenplan erarbeitet, der anschliessend verfeinert wurde. Das Ergebnis ist ein detailliertes Vorgehensmodell für die Auswahl und Einführung eines PDM-Systems in einem Grossunternehmen.

4.2.1. Generische Phasen eines PDM-Projektes

Im folgenden wird zunächst ein Überblick über die einzelnen Abschnitte eines generischen Phasenplans eines PDM-Projektes gegeben (Abbildung 24). Dazu werden die Kennzeichen der einzelnen Phasen sowie die bestehenden Anforderungen eines PDM-Projektes beschrieben und den einzelnen Phasen zugeordnet.

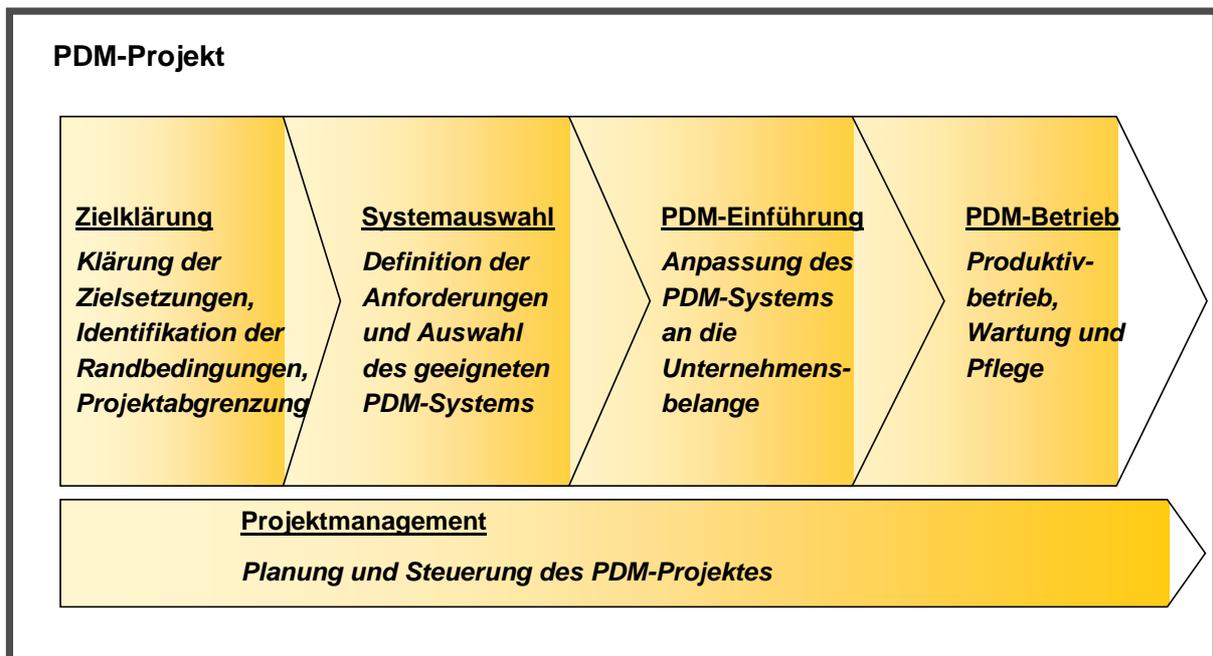


Abbildung 24: Generische Phasen eines PDM-Projektes

4. Ableitung eines Vorgehensmodells zur Auswahl und Einführung eines PDM-Systems

Die Einführung eines PDM-Systems hat wie schon beschrieben u. a. zum Ziel, die bestehenden dezentralen lokalen Datenhaltungen im Sinne eines unternehmensweiten bzw. fachprozessorientierten Daten-Rückgrats zu integrieren (MANDEMAKER [57]). In der Regel besteht die historisch gewachsene Applikationssystem- und Datenverwaltungslandschaft aus zahlreichen, zum Teil redundanten, Tools. Anders als bei der Einführung eines speziellen Applikationssystems für eine kleine Gruppe von Anwendern, sind von der Einführung eines PDM-Systems in einem Grossunternehmen daher in der Regel mehrere Abteilungen oder Organisationseinheiten betroffen und es sind meist unterschiedliche Informationsbedarfe und Arbeitsweisen zu berücksichtigen. Ein PDM-Projekt hat demzufolge einen ausgeprägten integrativen Charakter. Zu Beginn eines PDM-Projektes ist daher die Klärung unerlässlich, welche Zielsetzungen mit dem PDM-Projekt verfolgt werden sollen, welche Randbedingungen zu berücksichtigen sind und wie das Projekt gegenüber anderen Aktivitäten abgegrenzt wird. So kann z. B. schon im Vorfeld festgelegt werden, welche Applikationssysteme mit hoher Priorität an das PDM-System angekoppelt werden müssen bzw. welche anderen parallel laufenden IV-Projekte zu berücksichtigen sind.

Der nächste Schritt im Rahmen eines PDM-Projektes ist die Auswahl des am besten geeigneten PDM-Systems. Neben der Funktionalität des PDM-Systems spielen hierbei betriebswirtschaftliche aber auch unternehmensstrategische Aspekte eine wichtige Rolle. Zielsetzung in der Systemauswahlphase ist, möglichst alle relevanten Anforderungen zu erfassen und daraus Beurteilungskriterien abzuleiten, anhand derer die verschiedenen Systeme bewertet werden können. Zu Beginn eines PDM-Projektes sind allerdings die Anforderungen der Anwender meist unscharf, sie konkretisieren sich in der Regel erst mit zunehmender Erfahrung der Anwender mit dem PDM-System. Die Herausforderung bei der PDM-Auswahl besteht daher darin, anhand eines noch unvollständigen Anforderungsgerüsts ein geeignetes System auszuwählen.

Erst nachdem das geeignete PDM-System ausgewählt ist, kann mit der Einführung des PDM-Systems begonnen werden. Die Systemauswahl und die PDM-Einführung sind daher sequentielle Vorgänge. Nachdem davon ausgegangen werden muss, dass sich die Anforderungen der Anwender an das PDM-System erst im direkten Kontakt mit dem System entwickeln bzw. konkretisieren (RUDY [58]), ist ein iteratives, prototypenhaftes Vorgehen mit schrittweiser Realisierung einzelner Teilumfänge zu bevorzugen (z. B. [59], INTERNET [59], MILLER [70]). Vorteilhaft bei dieser Einführungsstrategie ist, dass die Erfahrungen der Erstanwender schnell einfließen können und das PDM-System schrittweise erweitert und auch verbessert werden kann. Zudem ist auf diese Weise gewährleistet, dass frühzeitig ein Nutzen für die Anwender bzw. das Unternehmen erzeugt wird. Nachdem PDM-Systeme als Standard-Werkzeuge

4. Ableitung eines Vorgehensmodells zur Auswahl und Einführung eines PDM-Systems

für Datenverwaltung in den verschiedensten Anwendungsfeldern unterschiedlicher Branchen konzipiert wurden, sind in der Regel die zur Verfügung stehenden Standardfunktionalitäten nur der ‚kleinste gemeinsame Nenner‘, auf dem die spezifischen anwenderbezogenen Zusatzfunktionalitäten aufgebaut werden müssen. Wie schon in Abschnitt 3.3 beschrieben, bieten moderne PDM-Systeme diesbezüglich ein hohes Maß an Flexibilität, um Anpassungen an die jeweiligen unternehmensspezifischen Arbeitsabläufe und Datenstrukturen durchzuführen. Hierbei ist allerdings auch zu beachten, dass die Anpassbarkeit eines PDM-Systems auch zur Falle werden kann: verleitet durch die schnelle und einfache Änderbarkeit, muss vor der Umsetzung von Anwenderanforderungen sehr sorgsam abgewogen werden, ob es sich hier tatsächlich um eine gesamthaft nutzbringende Funktionalität handelt, oder nur um Forderung nach den berühmten „goldenen Knöpfen“ (KRZEPINKSI [60], SCOTTI, GAMBHIR [61]). Bei der Festlegung der Implementierungsschritte sind zahlreiche Randbedingungen zu berücksichtigen, wie z. B. die im Unternehmen bestehende Daten- und IV-Landschaft, die Verfügbarkeit der Know how-Träger, die zur Verfügung stehenden Ressourcen, Anforderungen aus laufenden Produktprojekten aber auch die Motivation der Anwender. Der letztgenannte Aspekt wurde im Rahmen dieser Arbeit detailliert untersucht und wird in Kapitel 5 ausführlich dargestellt.

Nachdem schrittweise alle erforderlichen Teilumfänge realisiert worden sind, steht das PDM-System in seiner Gesamtfunktionalität zur Verfügung. In der Betriebsphase des PDM-Projektes besteht die Hauptaufgabe in der Aufrechterhaltung des Betriebes sowie der Weiterentwicklung bzw. Anpassung des PDM-Systems. Typische Aufgaben, die in dieser Phase zu leisten sind, sind z. B. die Systemadministration wie die Vergabe von Zugriffsrechten, die Einrichtung neuer Nutzer oder die Anpassung des Systems an neue Anforderungen. Wenn sich das PDM-System in einem eingeschwungenen Zustand befindet, kann das PDM-Projekt als abgeschlossen betrachtet werden. Für die weitere Pflege und Wartung des PDM-Systems müssen dann entsprechende feste Organisationsstrukturen eingerichtet werden.

Um die geordnete Abarbeitung des gesamten PDM-Projektes zu gewährleisten, ist eine straffe Projektkoordination und –steuerung erforderlich. In der Literatur finden sich zahlreiche Methoden und Hilfsmittel zur effizienten Abarbeitung von Projekten. Zudem liegen umfangreiche Erfahrungsberichte über die Anwendung dieser Methoden bei konkreten Projekten vor. In Abgrenzung hierzu sollen in dieser Arbeit speziell die Aspekte des Projektmanagements herausgearbeitet werden, die für die Einführung eines PDM-Systems von Bedeutung sind.

4. Ableitung eines Vorgehensmodells zur Auswahl und Einführung eines PDM-Systems

Auch bei einem PDM-Projekt ist der erste Schritt zur Projektsteuerung die Durchführung einer sorgfältigen Planung (FRIES [62], JUNGFERMANN [41]). Das Ergebnis dieser Planung ist ein Ablaufplan, aus dem die Dauer der einzelnen Projektphasen und die Entscheidungstermine zwischen den Phasen hervorgehen. Die PDM-Einführung wiederum beinhaltet einzelne Arbeitspakete, die sequentiell oder parallel abgearbeitet werden können. Für eine effiziente Steuerung der PDM-Einführung ist eine Priorisierung der einzelnen Arbeitspakete sowie eine klare Beschreibung der Zielsetzungen der jeweiligen Teilschritte eine wesentliche Voraussetzung. Somit kann sichergestellt werden, dass im Verlauf des Projektes erkennbar ist, wann die ursprünglich formulierte Aufgabenstellung erreicht ist. Nachdem ein PDM-Projekt wie beschrieben mit einigen Unwägbarkeiten behaftet ist, ist ein ständiger Abgleich der Zielsetzungen mit den erreichten Ergebnissen und ggf. eine Anpassung des Einführungsplans erforderlich.

Da bei der Einführung eines PDM-Systems in einem Grossunternehmen in der Regel eine grosse Anzahl von Daten zu integrieren ist und zahlreiche Schnittstellen zu bestehenden IV-Systemen realisiert werden müssen, ist die Zeitspanne zwischen dem Start eines PDM-Projektes und der flächendeckenden Produktiveinführung im Vergleich zu der Einführung eines ‚lokalen‘ Applikationssystems vergleichsweise hoch. Nach einer Anwenderbefragung in der deutschen Industrie beträgt die durchschnittliche Projektlaufzeit bei PDM-Projekten zwischen 2 und 3,5 Jahren (MATTHES, MARCIAL, HARTMANN [63]). Durch entsprechende flankierende Massnahmen muss daher im Rahmen des Projektmanagements sichergestellt werden, dass die Motivation aller Beteiligten über einen längeren Zeitraum erhalten bleibt. Zudem muss davon ausgegangen werden, dass sich die unterstützenden Arbeitsabläufe und auch die Anforderungen an die Datenverwaltung während der PDM-Implementierung weiterentwickeln. Auch dieser Aspekt muss im Rahmen der Projektsteuerung und –koordination berücksichtigt werden.

Zusammenfassend lässt sich feststellen, dass ein PDM-Projekt in einem Grossunternehmen ein komplexes, weitreichendes Softwareentwicklungsprojekt darstellt, welches von einer Vielzahl sich stetig ändernder Randbedingungen anhängt. Die Vorgehensweisen und Methoden zur Durchführung eines PDM-Projektes müssen sich an diesen Anforderungen orientieren.

4. Ableitung eines Vorgehensmodells zur Auswahl und Einführung eines PDM-Systems

Ausgehend von der groben Beschreibung der Projektphasen wurde im Rahmen dieser Arbeit ein detailliertes Vorgehensmodell für ein PDM-Projekt abgeleitet, welches in Abbildung 25 dargestellt ist. Anhand dieser Übersicht ist erkennbar, in welcher Form Anforderungs- und Realisierungsebene ineinander greifen und in welcher logischen Abfolge die einzelnen Arbeitsschritte abzuwickeln sind. Von besonderer Bedeutung sind in diesem Modell die Phasen Systemauswahl und PDM-Einführung.

In den nachfolgenden Abschnitten werden die Spezifika, die die jeweiligen Phasen charakterisieren sowie die erforderlichen Aktivitäten und Methoden pro Phase detailliert beschrieben. Die Erfahrungen, die bei der Anwendung des Modells bei der PDM-Einführung im Fachprozess Elektrik/Elektronik bei der BMW AG gewonnen wurden und die Rückschlüsse auf das Vorgehensmodell werden anschliessend in Abschnitt 4.3 beschrieben.

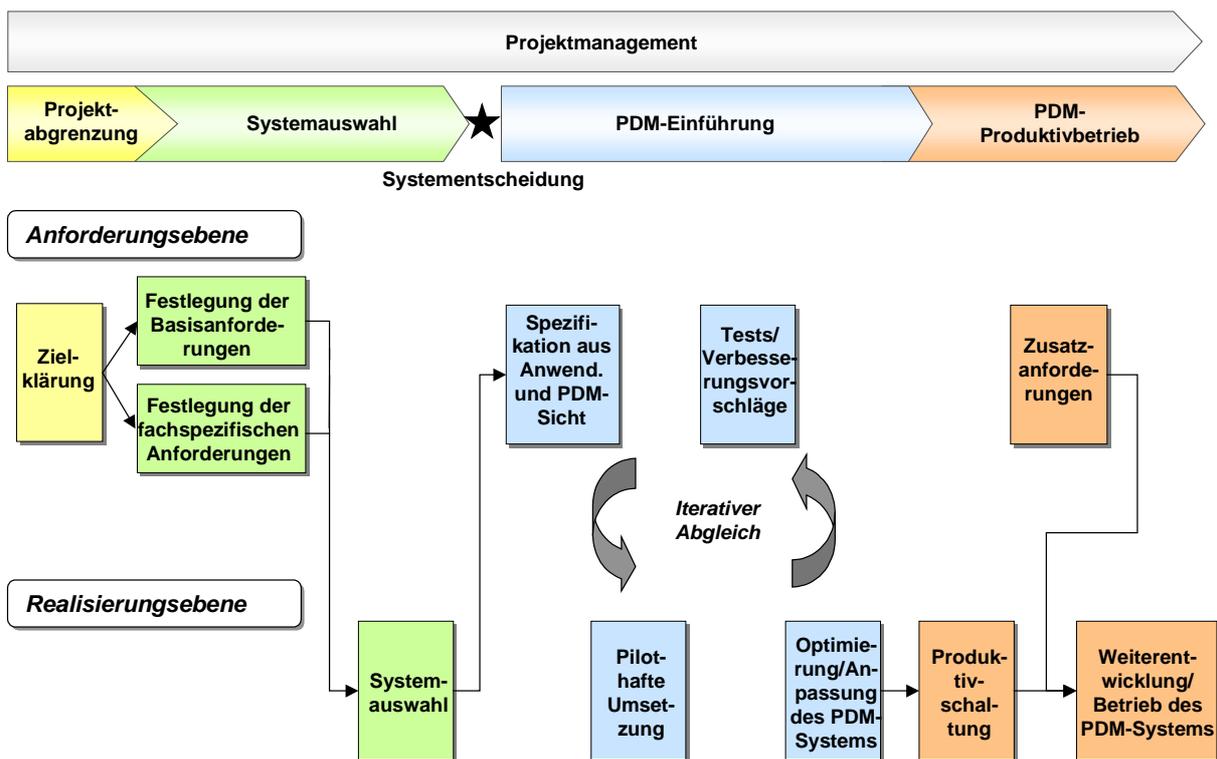


Abbildung 25: Detailliertes Vorgehensmodell für ein PDM-Projekt

4.2.2. Projektabgrenzung: Klärung der Zielsetzungen und Identifikation der Randbedingungen

Die Einführung eines PDM-Systems bedeutet meist einen weitreichenden Eingriff in die bestehenden Geschäftsprozesse (z. B. STÜMPFIG [64], [11]), da in den heutigen Unternehmen die Informationsflüsse und Arbeitsabläufe kaum noch voneinander zu trennen sind. Die Tragweite eines solchen Vorhabens ist den betroffenen Mitarbeitern meist schon von Anfang an intuitiv bewusst, nur können sie in der Regel die konkreten Auswirkungen auf ihren Tätigkeitsbereich zu diesem frühen Zeitpunkt noch nicht abschätzen. Aus diesem Umstand heraus kann Unsicherheit bei den Betroffenen resultieren, die durch kosequente Einbindung der Mitarbeiter schon in dieser Phase minimiert werden kann (KARCHER, FISCHER, VIERTLBÖCK [65]).

Vergleichbar stellt sich die Situation im Management dar. Auch hier wird der Handlungsbedarf im Hinblick auf eine Neustrukturierung der Datenverwaltung oft nur indirekt wahrgenommen und an Beobachtungen, wie z. B. einer ständig steigenden Produktkomplexität und einer damit verbundenen drastischen Zunahme des Datenmengengerüsts, festgemacht. Allerdings besteht häufig auch im Führungskreis Unsicherheit darüber, wie sich der Einsatz eines PDM-Systems konkret auf die Arbeitsabläufe auswirkt. Aus dieser Unsicherheit können sich, wie bei jedem Projekt, viele Probleme ergeben, die das PDM-Projekt schon zu Beginn belasten. Beispielsweise seien die Bildung offener oder verdeckter Fronten, das Aufkommen von Gerüchten oder auch die Entstehung zu hoher Erwartungen an das Projekt genannt (HANSEL, LOMNITZ [66], LITKE [67]).

Um diesen Schwierigkeiten vorzubeugen, ist eine frühzeitige Konkretisierung der Handlungsfelder, die Abgrenzung des Projektes gegenüber anderen laufenden Aktivitäten sowie eine, wenn auch in dieser Phase nur unscharfe, Formulierung der Zielsetzung unerlässlich. Weiterhin sollten auch in dieser Phase die wichtigsten Randbedingungen erarbeitet werden, um den Handlungsrahmen abzustecken. Die Eingangsgrößen der Zielklärungsphase eines PDM-Projektes, die Ergebnisse sowie Methoden zur Erzielung dieser Ergebnisse sind in Abbildung 26 im Überblick dargestellt.

4. Ableitung eines Vorgehensmodells zur Auswahl und Einführung eines PDM-Systems



Abbildung 26: Beschreibung der Zielklärungsphase

Die für PDM-Projekte typischen Eingangsgrößen der Zielklärungsphase sind z. B. IV-spezifische Vorgaben vom Unternehmen bzw. Management, bekannte Handlungsbedarfe zur Datenverwaltung aus dem Fachbereich oder sogar diesbezüglich realisierte Lösungsansätze. Meist liegen diese Informationen nur zu einem begrenzten Teil in dokumentierter Form vor. In der Regel ist der weitaus grössere Teil der Informationen implizites Wissen der beteiligten Personen. Aus diesem Grunde bietet sich eine intensive Einbindung der Betroffenen in Form von Diskussionsrunden oder Workshops an. Ein weiterer Vorteil dabei besteht darin, dass die Betroffenen schon frühzeitig in die Projektgestaltung einbezogen werden und ihre Wünsche und Befürchtungen artikulieren können. Wichtige Fragestellungen, die geklärt werden sollten, sind z. B.:

Situationsanalyse:

- Welche Arbeitsabläufe sind relevant und sollten im Hinblick auf eine Datenverwaltung unterstützt werden ? Wie sehen diese Arbeitsabläufe aus ?
- Welche Projekte können das PDM-Projekt beeinflussen und müssen berücksichtigt werden ?
- Welche Erfahrungen wurden mit früheren Datenverwaltungsprojekten gemacht ?

Ermittlung der Handlungsbedarfe

- Welche Handlungsbedarfe bezüglich der Datenverwaltung sind bereits bekannt, welche werden voraussichtlich in Zukunft auftreten ?
- Welche Chancen und Risiken bestehen diesbezüglich ?
- Welche Randbedingungen müssen beachtet werden ?

Konkretisierung der Zielsetzungen und der Vorgehensweise ?

- Welche konkreten Zielsetzungen sollen im Rahmen des PDM-Projektes erreicht werden, welche Aufgaben sind nicht Bestandteil des Projektes ?
- Welche Arbeitspakete sind zu bearbeiten ? In welcher Reihenfolge sollten die Aufgaben angegangen werden ?
- Welche Fachstellen bzw. Personen müssen eingebunden werden ?
- Wie kann die Kommunikation zum Management bzw. zu tangierten Projekten gestaltet werden ?

Zur Einordnung der Leistungsfähigkeit des eigenen Fachprozesses bietet sich auch ein Erfahrungsaustausch bzw. Benchmarking mit anderen Unternehmen an. Die Zielsetzung eines solchen systematischen Erfahrungsaustausches ist generell, für einen spezifischen Gesichtspunkt in anderen Unternehmen bessere Methoden oder Arbeitsabläufe zu identifizieren, um diese anschliessend zur Steigerung der Leistungsfähigkeit im eigenen Unternehmen einzusetzen (s. a. [68], MEYER [69]). Die Auswahl der Partner für einen Informationsaustausch zum Thema Produktdatenverwaltung sollte sich u. a. orientieren an der Vergleichbarkeit der entwickelten und produzierten Produkte im Hinblick z. B. auf Komplexität, Stückzahl und Variantenvielfalt, den organisatorischen Randbedingungen für Entwicklung und Produktion wie z. B. der geographischen Verteilung oder der Organisation des Unternehmens sowie spezifischen Aspekten des Konfigurations-/Änderungsmanagements, die von besonderem Interesse sind, wie z. B. Änderungsvolumen oder Änderungsflexibilität.

Die Zielklärungsphase eines PDM-Projektes kann abgeschlossen werden, wenn die gesammelten Informationen vollständig und abgeglichen sind. Sie bilden die Eingangsgrößen für die nachfolgende Phase der Systemauswahl.

4.2.3. Systemauswahl: Definition der Anforderungen und Auswahl eines geeigneten PDM-Systems

Diese Phase dient der Aufnahme der Anforderungen an ein PDM-System seitens der Anwender sowie weiterer Anforderungen aus Unternehmenssicht, um auf dieser Basis ein geeignetes marktgängiges PDM-System auszuwählen. Um diesen Auswahlprozess transparent und nachvollziehbar zu gestalten, müssen auf Basis der formulierten Anforderungen geeignete Bewertungskriterien abgeleitet werden, anhand derer die unterschiedlichen PDM-Systeme beurteilt werden können (Abbildung 27). Nachfolgend werden die einzelnen Schritte dieses Auswahlprozesses beschrieben.

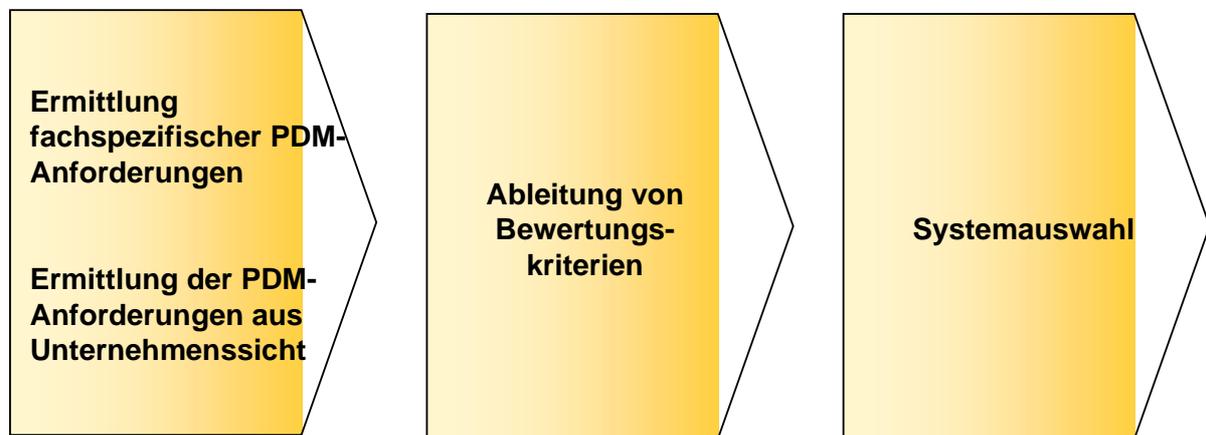


Abbildung 27: Generelle Vorgehensweise bei der Auswahl eines PDM-Systems

Bei den Anforderungen an ein PDM-System kann zwischen fachspezifischen Anforderungen und PDM-Anforderungen aus Unternehmenssicht unterschieden werden. Unter fachspezifischen Anforderungen sollen hier z. B. die Forderung nach Schnittstellen zu spezifischen Applikationssystemen oder die Abbildbarkeit fachspezifischer Datenstrukturen verstanden werden. Demgegenüber sind PDM-Anforderungen aus Unternehmenssicht z. B. Anforderungen an die Anpassbarkeit, die Performance oder auch wirtschaftliche Aspekte des PDM-Systems wie z. B. Lizenzkosten.

Zunächst soll auf die Ermittlung der fachspezifischen Anforderungen eingegangen werden. Aus den schon zu Beginn des Abschnitts 4.1 geschilderten Gründen ist eine zu detaillierte Anforderungsermittlung in dieser Phase des PDM-Projektes nicht sinnvoll. Ein Grund liegt wie schon erwähnt darin, dass die Anwender oft erst mit der Benutzung eines IV-Tools, bzw.

4. Ableitung eines Vorgehensmodells zur Auswahl und Einführung eines PDM-Systems

speziell eines PDM-Systems, Anforderungen konkretisieren können (MILLER, [70]). Zudem erfordert eine detaillierte Anforderungsanalyse im Vorfeld sehr viel Zeit, so dass der Einsatz und der eigentliche Nutzen des PDM-Systems erst spät zum Tragen kommen würde und sich u. U. die zugrunde liegenden Arbeitsabläufe zu stark verändert haben (siehe auch Abschnitt 4.2.4).

Um diesen Zielkonflikt zu minimieren bietet sich an, die fachspezifische Anforderungsermittlung in zwei Stufen durchzuführen. Zunächst sollten gemeinsam mit den Anwendern die Basisanforderungen an das PDM-System formuliert werden. Als Hilfestellung hierbei können im Vorfeld generelle PDM-Anforderungen aus der Literatur zusammengestellt und mit den späteren Anwendern diskutiert werden.

Um möglichst viele potentielle Anwender schon in dieser Phase einzubinden, bietet sich zudem eine flächendeckende Fragebogenaktion zur Ermittlung der Anforderungen an. Weitere Erkenntnisse bringt auch die Analyse von Anforderungen, die an bestehende Datenverwaltungssysteme gestellt werden, bzw. die Analyse von Anforderungen, die zur Realisierung lokaler Datenbanken oder dem Start früherer PDM-Projekte geführt haben.

Im Rahmen von Interviews mit potentiellen Nutzern des PDM-Systems lassen sich anschliessend die Arbeitsabläufe definieren, auf die bezüglich der Datenverwaltung besonderes Augenmerk gelegt werden sollte. Die einfachste Möglichkeit, diese Anforderungen zu formulieren, ist die Beschreibung in textueller Form (DEGREGORIO, NOVORITA [71]). Es ist allerdings empfehlenswert, die in dieser Phase aufzunehmenden groben Prozessbeschreibungen zusätzlich auch in formallogischer Form durchzuführen. Damit kann ermöglicht werden, dass sowohl Anwender als auch PDM-Experten gleichermaßen die Inhalte nachvollziehen können. Aufbauend auf diesen groben Prozessbeschreibungen sollten nachfolgend die für die Datenverwaltungstätigkeiten relevanten Anwendungsszenarien, sogenannte „use cases“, definiert werden.

Allgemein beschreibt ein use case aus Sicht des Anwenders die Interaktionen zwischen dem Benutzer und einem System zu einem speziellen Anwendungsfall, wobei das System als ‚black box‘ betrachtet wird. Die Zielsetzung bei der Formulierung eines use cases ist zum einen, eine detaillierte Modellierung von Geschäftsprozessen im Hinblick auf eine IV-technische Umsetzung zu erhalten. Zum anderen unterstützt das gemeinsame Ausarbeiten eines use cases massgeblich die Kommunikation zwischen Systementwicklern und Anwendern. In der Regel werden zu einem Anwendungsfall ein oder mehrere use cases aufgestellt. Auf die detaillierte Erstellung eines use cases wird nachfolgend noch bei der Beschreibung detaillierter Anforderungen an das PDM-System im Abschnitt 4.2.4 eingegangen.

4. Ableitung eines Vorgehensmodells zur Auswahl und Einführung eines PDM-Systems

Aus Unternehmenssicht werden weitere Anforderungen an ein PDM-System bzw. den PDM-Hersteller selbst gestellt. Diese lassen sich einteilen in technische, betriebswirtschaftliche und strategische Anforderungen. Im folgenden sind einige Beispiele zu den technischen Anforderungen an das PDM-System, gruppiert zu Schwerpunktthemen, zusammengestellt.

PDM-Grundfunktionen

- Leistungsfähiges Konfigurations-/Versionsmanagement
- Abbildungsmöglichkeit beliebiger Vernetzungen zwischen den Informationsobjekten, Referenzierung,
- Attributierungsmöglichkeiten
- Abbildung von workflows
- Benutzer-/Rechteverwaltung
- Reportingfunktionalitäten
- Suchfunktionen, Einrichtung von Sichten
- Informationsverteilung, Mailing
- Mehrsprachigkeit
- Im- und Exportschnittstellen für die Verbindung zu den Zulieferern – Nutzung synchroner und asynchroner Transaktionen
- Archivierungsmöglichkeiten und Backups
- Performance

Benutzerfreundlichkeit, Bedienbarkeit

- Leistungsfähiger Browser als Benutzeroberfläche (Windows- oder webähnlich)
- Identische Oberfläche von Windows und Unix-Clients
- Geringe Schachtelungstiefe der Menüs, kontextsensitive Menüs
- Ausgereifte Navigationsmöglichkeiten
- Anwendergerechte Dokumentation online und in Papierform

Anpassbarkeit, Customizing, Flexibilität

- API
- Programmierbarkeit C/C++ und Java
- Problemlose Wartung (z. B. Release-Wechsel bei updates)
- Einfache Gestaltung der Schnittstellen zu den relevanten Unternehmens-IV-Systemen (z. B. Logistik-/Stücklistensysteme)

4. Ableitung eines Vorgehensmodells zur Auswahl und Einführung eines PDM-Systems

Architektur

- Systemaufbau
- Datenhaltungskonzept
- Unterstützte Hardware-Plattformen
- Unterstützung von IV-Standards (z. B. STEP, CORBA, JAVA als API)

Neben den technischen Anforderungen an ein PDM-System müssen auch betriebswirtschaftliche Anforderungen berücksichtigt werden. Die Schwerpunktfelder der betriebswirtschaftlichen Betrachtung liegen auf der Hand. Hier einige Beispiele:

- Kosten für Customizing
- Lizenzkosten
- Wartungskosten
- Kosten für zusätzlich benötigte Hardware bzw. Infrastruktur

Unter strategischen Anforderungen werden hier Anforderungen verstanden, die an die PDM-Anbieter selbst zu stellen sind. Der Hintergrund für die Berücksichtigung dieser Anforderungen bei der nachfolgenden Systemauswahl liegt darin, dass es sich bei der Entscheidung für ein PDM-System in der Regel um ein langfristig ausgerichtetes Vorhaben handelt, bei dem eine stabile Partnerschaft mit dem PDM-Anbieter unerlässlich ist. Als Kriterien zur Bewertung des PDM-Anbieters im Markt können folgende Punkte dienen:

- Marktanteil des Produktes
- Entwicklung von Umsatz und Gewinn über der Zeit
- Anzahl der Kunden, Anzahl Lizenzen, Referenzkunden
- Grösse der Entwicklungsmannschaft
- Räumliche Nähe zum Unternehmen
- Orientierung an Belangen der jeweiligen Branche
- Innovationsfähigkeit des PDM-Systems

Die auf diese Weise formulierten Anforderungen sind in ihrer Gesamtheit die Basis für die Ableitung konkreter Bewertungskriterien, anhand derer die PDM-Systeme und die PDM-Anbieter im Rahmen des Systemauswahlprozesses bewertet werden können. Auf diese Weise kann der Auswahlprozess transparent und nachvollziehbar gestaltet werden. Die Abbildung 28 gibt beispielhaft einen Überblick über mögliche Bewertungskriterien.

4. Ableitung eines Vorgehensmodells zur Auswahl und Einführung eines PDM-Systems

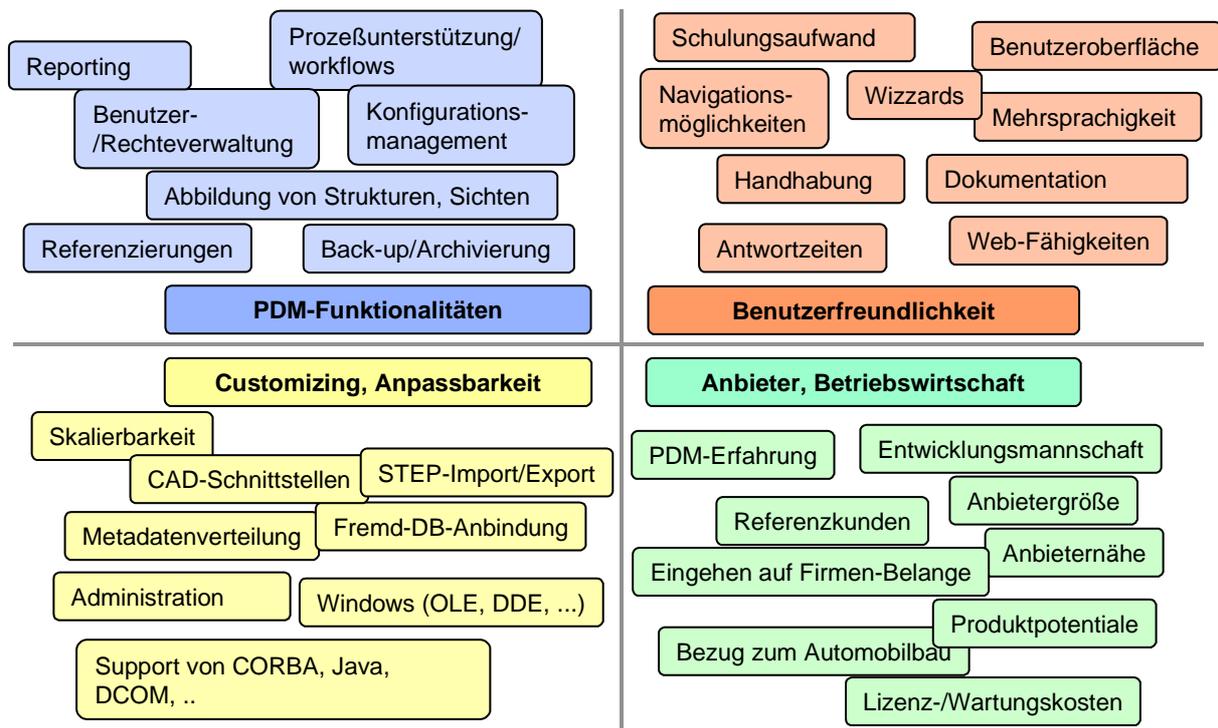


Abbildung 28: Beispielhafte Bewertungskriterien für die PDM-Auswahl

Um der Tatsache Rechnung zu tragen, dass nicht alle Bewertungskriterien die gleiche Bedeutung haben, können zusätzlich noch Gewichtungsfaktoren eingeführt werden. Aus einer Anwenderbefragung in der deutschen Industrie kann entnommen werden, dass von den Unternehmen, die sich für den Einsatz eines PDM-Systems entschieden haben, anwenderorientierte Bewertungskriterien meist stärker bewertet werden als technische Aspekte (s. a. [37]).

4. Ableitung eines Vorgehensmodells zur Auswahl und Einführung eines PDM-Systems

Eine einfache Möglichkeit, diese Aspekte zu berücksichtigen, ist eine prozentuale Gewichtung, die die Anwendersicht stärker betont (Tabelle 1).

Anforderungscluster	Prozentuale Gewichtung
PDM-Funktionalität	30
Customizing, Architektur	20
Benutzerfreundlichkeit	30
Anbieter, betriebswirtschaftliche Aspekte	20
<i>Summe</i>	<i>100 %</i>

Tabelle 1: Anwenderbetonte Gewichtung der Bewertungskriterien eines PDM-Systems

Sind alle Bewertungskriterien und Gewichtungsfaktoren abgestimmt, kann die Systemauswahl durchgeführt werden, um das am besten geeignete PDM-System zu ermitteln. An dieser Stelle sei angemerkt, dass es aufgrund der Vielfalt und Anzahl der PDM-Systeme am Markt meist nicht möglich ist, alle Systeme in detaillierter Form zu begutachten. Die heutzutage am Markt verfügbaren PDM-Systeme sind ausserdem schon so ausgereift, dass sich der Unterschied im Leistungsspektrum oft erst in Detailfragen zeigt. Es ist daher in der Regel schwierig, eine wirklich objektive Systemauswahl zu treffen.

Die Unüberschaubarkeit des PDM-Marktes für den Nicht-Experten hat dazu geführt, dass eine Reihe von Beratungsunternehmen ihre Unterstützung bei der Auswahl und Einführung von PDM-Systemen anbieten ([72], [73], [74], [75], [76]). Aus der Vielzahl der Erfahrungen, die im Rahmen dieser Beratungsprojekte gewonnen und dokumentiert wurden, kann abgeleitet werden, dass folgende Vorgehensweise bei der Systemauswahl günstig ist (Abbildung 29).

4. Ableitung eines Vorgehensmodells zur Auswahl und Einführung eines PDM-Systems

Die Systemauswahl sollte mit einer Vorauswahl beginnen die dazu dient, sich eine aktuelle Marktübersicht über die PDM-Systeme und PDM-Anbieter zu verschaffen. Aus den schon vorher festgelegten Bewertungskriterien sollten nun sogenannte ‚K.O.-Kriterien‘ definiert werden, anhand derer im Rahmen der Vorauswahl eine Reduktion auf 5 – 8 PDM-Systeme erfolgen kann.

Diese verbleibenden PDM-Systeme sollten dann einem breiteren Publikum im Unternehmen vorgeführt werden („Schaufenstertage“). Es ist günstig, dafür die PDM-Anbieter zu einer Vorführung vor Ort einzuladen, so dass sowohl das jeweilige PDM-System im Rahmen der vorhandenen Unternehmens-IV-Infrastruktur begutachtet werden kann, als auch schon etwas „Marketing“ für PDM im Unternehmen betrieben werden kann. Dabei ist es wichtig, dass der Fachkreis, dem die Systeme vorgeführt werden, sich nicht nur aus IV-Spezialisten sondern auch aus späteren Anwendern des PDM-Systems zusammensetzt. Am Ende dieser Schaufenstertage muss anhand der definierten Anforderungen wiederum die Anzahl der möglichen PDM-Systeme reduziert werden. Da anschliessend eine intensivere Auswahlprozedur erfolgt, ist es ratsam, nicht mehr als zwei bis drei Systeme in die Endauswahl zu nehmen.

Im Rahmen dieser Endauswahl werden dann die im Auswahlverfahren verbliebenen Systeme intensiv begutachtet. Zielsetzung dabei ist, gezielt wichtige und oft problematische Detailfunktionen des jeweiligen PDM-Systems zu überprüfen, aus deren Abarbeitung aber Rückschlüsse auf das gesamte Produkt gezogen werden können.

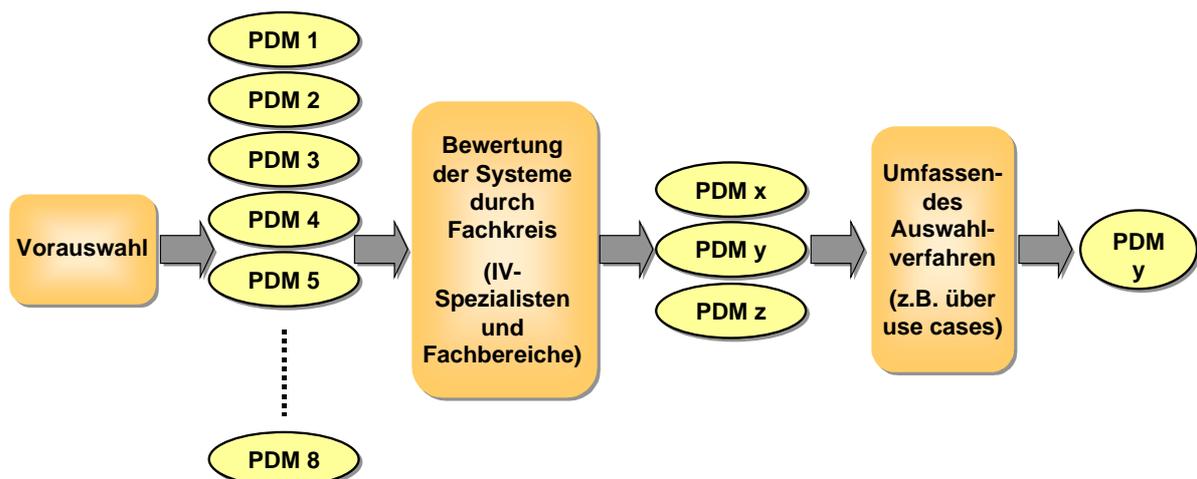


Abbildung 29: Vorgehensweise bei der Auswahl des geeigneten PDM-Systems

4. Ableitung eines Vorgehensmodells zur Auswahl und Einführung eines PDM-Systems

Die Endauswahl kann generell in drei Teile gegliedert werden: die ausführliche Vorführung des Systems entsprechend der Vorgaben, Performancetests anhand von Standardfunktionen und die Klärung allgemeiner Fragestellungen technischer, finanzieller und organisatorischer Art.

Zur Vorbereitung der Präsentationen werden den Herstellern im Vorfeld in der Regel ausgewählte use cases und ggf. erforderliche Stammdaten übergeben, die in dem jeweiligen PDM-System umzusetzen sind. Nach der Vorführung der use cases durch den jeweiligen Systemanbieter unter realistischen Randbedingungen sollte dann die Bewertung anhand vorbereiteter Beurteilungsbögen erfolgen. Es bietet sich an, zu jedem der vorgegebenen use cases einen Verantwortlichen zu definieren, der die Umsetzung aus fachlicher Sicht zu bewerten hat. Zur Begutachtung der Anpassbarkeit der Systeme sollten die PDM-Anbieter während des Benchmarks vor Ort gebeten werden, kleine Modifikationen durchzuführen („Live-Customizing“). Im Einzelfall muss geklärt werden, ob schon entsprechende Datenmodelle zu den use cases vorgegeben werden, die dann im PDM-System umzusetzen sind. Bei dieser Vorgehensweise sollte berücksichtigt werden, dass dann gegebenenfalls nicht mehr die Flexibilität des PDM-Datenmodells demonstriert werden kann, da die PDM-Anbieter ihr Datenmodell im Extremfall zu stark manipulieren müssen, um genau die vorgegebenen Anforderungen abzubilden. In der Regel ist es daher sinnvoller, den Schwerpunkt darauf zu legen, inwieweit die Systemanbieter in der Lage sind, ihr jeweiliges Datenmodell den Randbedingungen der use cases anzupassen. Hierbei besteht für die Anbieter die Möglichkeit, die für ihr System günstigste Datenmodellierung auszuwählen. Nach Sichtung aller Systeme ist anschliessend die Bewertung aller einzelnen use cases zusammenzuführen.

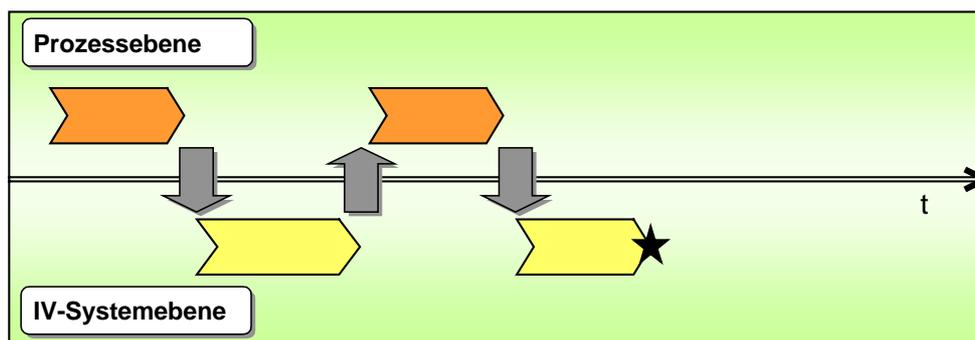
Der Performancetest dient dazu, die Leistungsfähigkeit der PDM-Systeme bei der Anwendung von PDM-Standardfunktionen zu vergleichen. Zur objektiven Überprüfung der Performance der PDM-Systeme sollten mehrere unterschiedliche Messungen durchgeführt werden.

Die Klärung allgemeiner technischer, organisatorischer und finanzieller Fragestellungen kann parallel zum Systembenchmark mit Hilfe eines Fragebogens durchgeführt werden. Neben den Systemdemonstrationen ist es auch sinnvoll, sich bei Referenzkunden ein Bild über den Einsatz der Systeme in der Praxis zu verschaffen (vergl. auch HOLL [77]). Hierbei kann sich das Besuchsteam auch einen Eindruck über die Zusammenarbeit zwischen PDM-Anbieter und Kunde verschaffen. Aus allen Einzelinformationen muss nun eine Gesamtbewertung erarbeitet werden. Als Hilfestellung hierbei bietet sich an, die Einzelbewertungen graphisch aufzubereiten. Ist das geeignete PDM-System ausgewählt, stellt sich die Frage, auf welche Weise es im Unternehmen eingeführt werden soll.

4.2.4. PDM-Einführung: Anpassung des PDM-Systems an die Unternehmensbelange

Wie schon in Abschnitt 4.2 ausgeführt, ist ein schrittweises Vorgehen bei der Einführung des ausgewählten PDM-Systems günstig. Im Gegensatz zum sequentiellen Vorgehen mit dem in der Vergangenheit IV-Systeme meist konzipiert und eingeführt wurden, d. h. zunächst einer vollständigen Definition aller Anforderungen und anschließender gesamthafter Umsetzung, werden bei einer schrittweisen Umsetzung nacheinander Teilfunktionalitäten realisiert (Abbildung 30). Wie bereits angesprochen, kann dadurch schon zu einem frühen Zeitpunkt ein Nutzen für die Anwender erzeugt werden. Ein weiterer Vorteil liegt darin, dass die Anwender im frühzeitigen Kontakt eine aktive Rolle bei der Gestaltung bzw. Anpassung des Systems einnehmen können und etwaige Bedenken gegenüber dem neuen System verlieren. Aufgrund der sich schnell ändernden Arbeitsabläufe ist ein schrittweises Vorgehen gegenüber einer streng sequentiellen Vorgehensweise auch die einzige Möglichkeit, eine Anpassung an die sich stetig ändernden Randbedingungen vorzunehmen.

Schrittweises Vorgehen



Streng sequentielle Vorgehensweise

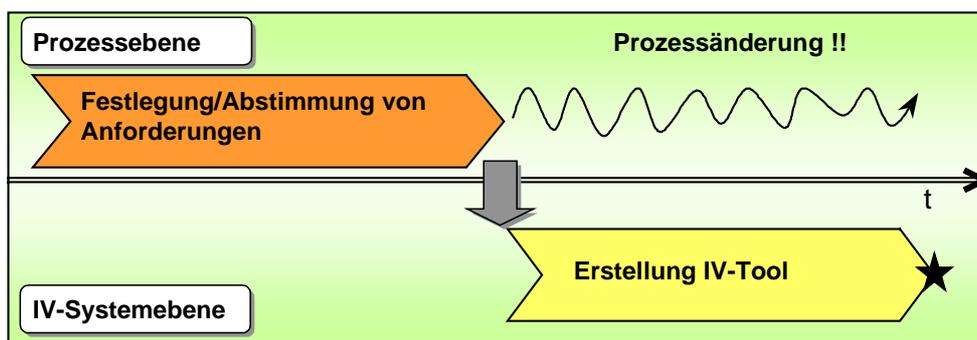


Abbildung 30: Schrittweises Vorgehen bei der Einführung eines IV-Systems im Gegensatz zur streng sequentiellen Vorgehensweise

4. Ableitung eines Vorgehensmodells zur Auswahl und Einführung eines PDM-Systems

Bei einer schrittweisen Einführung eines PDM-Systems können zwei grundsätzliche Dimensionen unterschieden werden: unter der sogenannten vertikalen Einführung wird die sukzessive Einführung einzelner Funktionsmodule eines PDM-Systems in einem Unternehmensbereich verstanden, wohingegen die horizontale Einführung eines PDM-Systems die schrittweise Einführung eines Funktionsmoduls über die Unternehmensbereiche hinweg beschreibt (s. a. [37]). Weitere Migrationsmöglichkeiten ergeben sich aus der Kombination der beiden vorgenannten Alternativen (Abbildung 31). Der modulare Aufbau eines PDM-Systems unterstützt in der Regel jede gewählte Vorgehensweise.

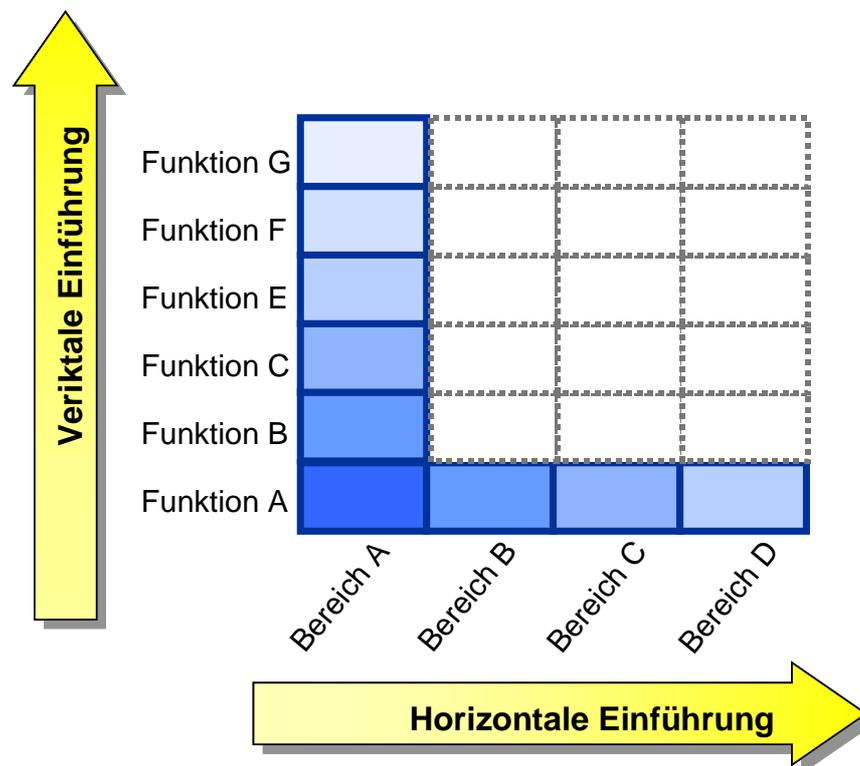


Abbildung 31: Generelle Möglichkeiten zur Einführung eines PDM-Systems

Nach einer Anwenderumfrage in der deutschen Industrie [37] beginnt der Grossteil der Unternehmen die Einführung eines PDM-Systems mit der Einrichtung einer Zeichnungs- und Dokumentenverwaltung. Erst danach erfolgt in der Regel die Realisierung von Schnittstellen zu Applikationssystemen wie z. B. zu CAD-Systemen (vergl. Abschnitt 3.4). Eine allgemeingültige Regel, welche Migrationsform für die PDM-Einführung generell zu bevorzugen ist, existiert nicht. Die Beantwortung dieser Frage hängt neben den vorhandenen Informationsstrukturen, der IV-Infrastruktur, den aktuell dringendsten Handlungsbedarfen auch von der Verfügbarkeit der Ressourcen in den jeweiligen Fachbereichen und beim PDM-Anbieter ab.

4. Ableitung eines Vorgehensmodells zur Auswahl und Einführung eines PDM-Systems

Allerdings bietet sich der Einstieg der PDM-Einführung über eine Dokumentenverwaltung aus mehreren Gründen an, insbesondere wenn die zu verwaltenden Dokumente an mehreren Stellen im Unternehmen benötigt werden. In den meisten Fällen existiert dann schon eine lokale Verwaltung für die Dokumente, bei der konkrete Datenverwaltungsanforderungen berücksichtigt worden sind. Für diese Dokumente besteht in der Regel auch schon ein Ablaufschema das beschreibt, wie die Dokumente durch die verschiedenen Stellen im Unternehmen geleitet werden. Die Umsetzung dieses Prozesses in Form eines standardisierten Ablaufschemas im PDM-System ist in der Regel einfach und bringt einige Vorteile, wie z. B. eine Zeitersparnis durch schnellere Informationsweiterleitung und eine direkte Kosteneinsparung durch geringeren Papierverbrauch. Positiv ist weiterhin, dass damit auch anschauliche Beispiele für Systemvorführungen erzeugt werden, was zur Förderung der Akzeptanz bei den Mitarbeitern und im Management beiträgt.

Schwieriger ist in der Regel, die Anforderungen an Schnittstellen zu bestehenden Applikationssystemen oder lokalen Datenbanken zu definieren. Diese Tatsache ist folgendermassen erklärbar. Die Anwender kennen meist nur die Informationen, die ihnen aus einem Applikationssystem oder aus einer Datenbank für ihre tägliche Arbeit bereitgestellt werden. Meist beinhalten allerdings die Applikationssysteme und Datenbanken daneben noch andere Informationen, die für den Anwender durchaus wertvoll sind. Meist ist es allerdings für den Anwender nicht auf einfache Weise möglich, sich ein Bild über die darüber hinaus verfügbaren Informationen zu machen, da dieses schon eine intensive Einarbeitung in die Systeme erfordert. Der Anwender ist daher meist nicht in der Lage, im Vorfeld gesamthafte Anforderungen an die jeweilige Schnittstelle zwischen Applikationssystem oder Datenbank und dem PDM-System zu definieren. In der Regel erfolgt daher die Spezifikation dieser Schnittstellen iterativ.

Zu Beginn einer PDM-Einführung ist daher wichtig, zunächst alle erforderlichen Einführungsschritte wie z. B. ‚Dokumentenintegration Lastenhefte‘ oder ‚Einrichtung einer lesenden Schnittstelle zum Stücklistensystem‘ zu definieren und ggf. vorhandene Abhängigkeiten zu beschreiben. Unter Berücksichtigung aller Einflussfaktoren kann dann eine optimale Implementierungsreihenfolge festgelegt werden, anhand derer die einzelnen Arbeitspakete umgesetzt werden sollten. Entsprechend dieser Implementierungsreihenfolge kann anschliessend für jedes Arbeitspaket eine detaillierte Analyse und Umsetzung der entsprechenden Umfänge erfolgen. Am Beispiel einer Dokumentenintegration wird nachfolgend erläutert, wie eine Konkretisierung eines Arbeitspaketes durchgeführt werden kann.

4. Ableitung eines Vorgehensmodells zur Auswahl und Einführung eines PDM-Systems

Zunächst müssen die relevanten Prozessschritte sowie die jeweils benötigten Daten festgelegt werden. Dazu bietet sich an, die zukünftigen Anwender detailliert nach diesen Informationen, z. B. Tätigkeiten, Inputs, Outputs, Datenformate, Attribute, Werkzeuge, Verantwortlichkeiten zu befragen (s. a. KARCHER, WIRTZ [78]). Auf dieser Basis können anschliessend mit den Anwendern die Verknüpfungen zwischen den Daten ermittelt und die abzubildenden Lebenszyklen der Daten definiert werden (Tabelle 2, FRICKE, SCHULZ [79]).

Teilbereich	Relevante Fragestellungen
Informationsflussanalyse	<ol style="list-style-type: none">1. Welche Daten/Informationen müssen in dem Teilprozess betrachtet werden ?2. Wie fließen diese Informationen durch die Prozesskette ?3. Wie werden die Daten generiert, in welchen Formaten liegen sie vor ?4. Welche Attribute sind zur Kennzeichnung der Daten von Bedeutung ?
Verknüpfungen zwischen den Daten	<ol style="list-style-type: none">5. Welche Abhängigkeiten gibt es zwischen den Daten ?6. In welcher Form müssen sie erkennbar sein ?
Lebenszyklus der Informationen	<ol style="list-style-type: none">7. Welche Lebenszyklen der Daten sind zu berücksichtigen ?8. Welche Reifegrade sind zu kennzeichnen ?

Tabelle 2: Teilbereiche und Fragestellungen bei der Informationsflussanalyse

Als Ergebnis dieser Informationsflussanalyse erhält man eine informationszentrierte Prozesssicht, bei der der Schwerpunkt im wesentlichen auf der Abbildung der Input- und Output-Informationen zwischen den Prozessschritten liegt. Das gemeinsam mit den späteren Anwendern entwickelte Informationsflussbild ist von grosser Bedeutung, um Transparenz über die bestehenden Abläufe zu schaffen und um Prozessverbesserungsmassnahmen zu entwickeln (BINNER, [80]). Anzumerken ist, dass die vorherige Klärung der Abläufe eine wichtige Voraussetzung für eine schnelle und erfolgreiche Einführung eines PDM-Systems ist. Der Versuch, die Einhaltung neu gestalteter Prozesse über die Einführung eines IV-Systems im allgemeinen und eines PDM-Systems im speziellen durchzusetzen, führt in der Regel nicht zum Erfolg.

4. Ableitung eines Vorgehensmodells zur Auswahl und Einführung eines PDM-Systems

Die Prozesse der Ablauforganisation müssen sich daher in einem stabilen, eingeführten Zustand befinden, bevor sie in einem PDM-System berücksichtigt werden können (s. a. [11]). Die Informationsflussanalysen und Optimierungen im Vorfeld der PDM-Einführung sind daher von hohem Stellenwert, damit die PDM-Implementierungsarbeiten auf einer stabilen Basis aufsetzen können.

Es bietet sich an, die Datenverwaltungstätigkeiten, die sich aufgrund der Informationsflussanalysen identifizieren lassen, in Form detaillierter use cases festzuhalten. Diese use cases können dann als Grundlage für die nachfolgende Umsetzung im PDM-System dienen. Diese detaillierten use cases sollten folgende Punkte umfassen

1. die genauen und vollständigen Beschreibungen der jeweiligen Datenverwaltungstätigkeit,
2. die für die jeweilige Aktion geltenden Regeln,
3. die Beschreibung definierter Systemzustände vor und nach einer Interaktion,
4. die benötigten Inputs sowie die resultierenden Outputs zum jeweiligen Prozessschritt,
5. die Schnittstellen zu Applikationssystemen bzw. anderen Datenbanken,
6. generelle Randbedingungen und Voraussetzungen.

Zur Formulierung von detaillierten use cases sowie des entsprechenden Datenmodells hat sich der Einsatz objekt-orientierter Modellierungssprachen wie z. B. der Object Modeling Technique (OMT, RUMBAUGH ET AL. [81], OLIVER [82]) bewährt (z. B. AMBROSY ET AL. [83], KARCHER ET AL. [84]).

Zusätzlich zu den oben genannten Informationen sind für die zu verwaltenden Daten entsprechende Lebenszyklen, sogenannte ‚Workflows‘, zu erarbeiten. Unter einem Workflow versteht man die Beschreibung der einzelnen Schritte, die ein Datenobjekt entlang eines Geschäftsprozesses innerhalb eines Bereiches, z. B. zwischen Entwickler und freigebender Stelle wie auch bereichsübergreifend, z. B. zwischen Entwicklung und Produktion oder Service durchläuft. Parallel zur Aufnahme der Workflows können zudem bereits bestehende Benutzer- und Rollenkonzepte analysiert und ausgewertet werden. Bei der Festlegung der workflows und auch der Zugriffsrechte ist eine weitestgehende Harmonisierung der Einzelanforderungen und Festlegung standardisierter Prozesse anzustreben, z. B. eines einheitlichen Freigabeprozesses für alle Komponenten.

4. Ableitung eines Vorgehensmodells zur Auswahl und Einführung eines PDM-Systems

Im Anschluss an die oben beschriebene Aufnahme der Anforderungen aus Anwendersicht kann festgelegt werden, wie die Umsetzung dieser Anforderungen im PDM-System erfolgen soll. Diese Spezifikation ist die Grundlage für die softwaretechnische Realisierung im PDM-System. Die Herausforderung besteht darin, die Anforderungen derart im PDM-System umzusetzen, dass möglichst viele Standardfunktionalitäten des PDM-Systems genutzt werden können. Es bietet sich an, die Anforderungen aus Anwendersicht sowie die Spezifikation der systemtechnischen Umsetzung in einem gemeinsamen Dokument abzulegen. Dieser ‚zweisprachige‘ Anforderungskatalog kann einerseits als Kommunikationshilfe zwischen den Anwendern und Systementwicklern dienen, andererseits bietet er auf einfache Weise Transparenz über den Zusammenhang zwischen Nutzeranforderung und geplanter Realisierung im System. Die anschließende Umsetzung der Spezifikationen in PDM-Funktionalität ist eine Aufgabe von PDM- bzw. IV-Spezialisten. Diese Tätigkeit kann weitgehend ohne direkten Kontakt zu den späteren Anwendern durchgeführt werden. Zur frühzeitigen Absicherung, ob die Benutzeranforderungen vollständig von den Systementwicklern verstanden wurden, sollte allerdings parallel zur Implementierung mit der Erstellung von Benutzeranleitungen begonnen werden (s. a. [85]). Wie bei jedem IV-Projekt ist hierbei auf lückenlose Dokumentation der umgesetzten Funktionalitäten zu achten, insbesondere wenn es sich um spezielle Anpassungen des PDM-Systems handelt.

Die auf diese Weise spezifizierten Nutzeranforderungen sollten zunächst in einer Testumgebung umgesetzt und auf Funktionsfähigkeit überprüft werden. Dabei muss insbesondere sichergestellt werden, dass die notwendigen Schnittstellen in die bisherige Datenwelt lauffähig sind (s.a. [41]). Der auf diese Weise erzeugte PDM-Prototyp sollte dann mit ausgewählten Pilotanwendern getestet und diskutiert werden. In der Regel ergeben sich schon bei diesem ersten Kontakt mit dem System Verbesserungsvorschläge. Besser ist es allerdings, wenn die Pilotanwender direkt bei ihrer täglichen Arbeit Erfahrungen mit dem PDM-System sammeln können. Die Vorteile dabei liegen auf der Hand. Zum Teil klären sich einige Fragen der Anwender von selbst, die bei einer ersten Inaugenscheinnahme auftreten können; zumindest aber können die Nutzer ihre Anforderungen präziser formulieren, wenn sie das System selbst bedienen haben (z. B. GOULD [85], Hall [86]). Mit den Anforderungen, die in dieser ersten Testphase auftreten, kann das Anforderungsgerüst iterativ ergänzt und das PDM-System schrittweise verbessert werden, bevor die entsprechende Teilfunktionalität nach einer Schulung an einen grösseren Anwenderkreis übergeben wird (Abbildung 32).

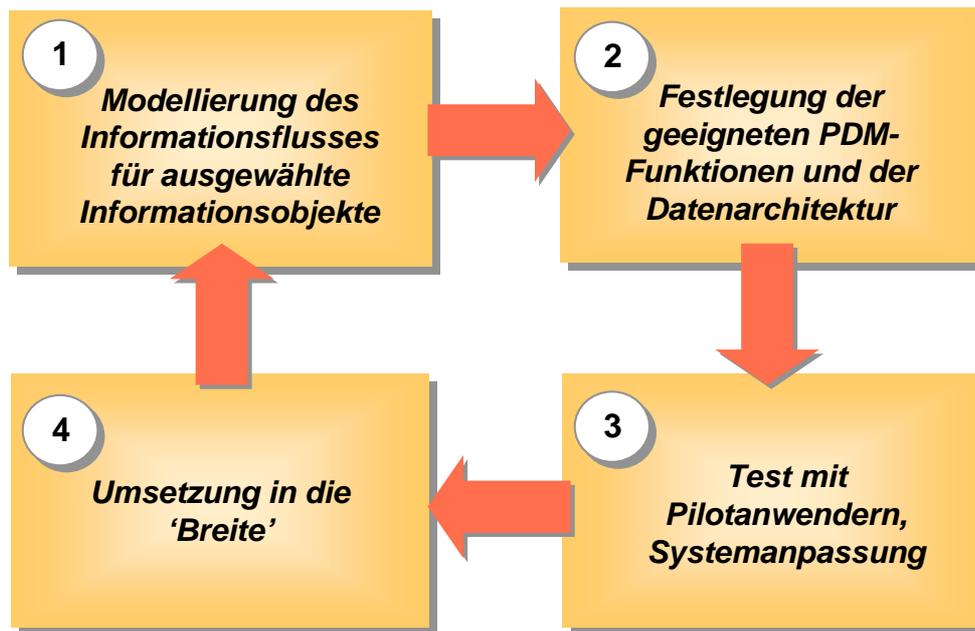


Abbildung 32: Vorgehensweise bei der Einführung der Teilfunktionalitäten

Eine wichtige Voraussetzung für die Umsetzung in die Breite ist ein ausreichendes Training der Anwender, eine umfassende und kontinuierliche Betreuung sowie die Bereitstellung geeigneter Informationsmaterialien. Wird einer dieser Punkte nicht ausreichend beachtet und kommt es daher bei den Anwendern zu Fehlbedienungen bzw. umständlicher Anwendung, nimmt die Akzeptanz der Nutzer sehr schnell ab. Um das PDM-Projekt nicht zu gefährden, sind daher ausreichende Voraussetzungen zur Betreuung und Anleitung der Anwender zu schaffen, z. B. durch Durchführung von Schulungen/Trainings, Bereitstellung von Online-Hilfen oder Einrichtung einer Betreuungshotline.

Ebenso wichtig für ein erfolgreiches PDM-Projekt ist das sogenannte Akzeptanzmanagement (s. a. MÜLLER [87] oder [41]). Unter diesem Stichwort sind Massnahmen zu verstehen, die die Kommunikation zwischen PDM-Projekt und Anwendern bzw. Management fördern und auf diese Weise Akzeptanz schaffen. Nachfolgend einige Beispiele für diesbezügliche Aktivitäten, die im Rahmen des PDM-Projektes durchgeführt werden können:

- Projektpräsentationen und Vorführungen am PDM-System,
- Regelmässige Statusberichte und Dokumentationen über den Projektstand, z. B. Broschüren oder über Intranet,
- Praxisorientierte Anwenderschulungen.

4.2.5. PDM-Betrieb: Produktivbetrieb, Wartung und Pflege

Nach erfolgreicher Umsetzung und Einführung aller Teilfunktionalitäten sowie entsprechender Schulung der Mitarbeiter schliesst sich die Phase des PDM-Produktivbetriebes des PDM-Systems an. Wesentliche Aufgaben, die in dieser Phase zu bewältigen sind, sind z. B.

- Kontinuierliche Benutzerbetreuung
- Schulung neuer Mitarbeiter
- Sicherstellung der Server- und Datenbankverfügbarkeit
- Systemadministration wie z. B. die Einrichtung neuer user
- Weiterentwicklung des PDM-Systems anhand der Nutzeranforderungen
- Planung und Durchführung der Releasewechsel

Um von Anfang an eine nutzbringende Arbeit am PDM-System zu gewährleisten, sollten schon zu diesem Zeitpunkt möglichst viele Daten im System abgebildet sein. Zur Unterstützung der Anwender bietet sich daher an, zumindest für die Anfangsphase zusätzliche Ressourcen für die Eingabe der benötigten Daten einzurichten.

4.2.6. Projektmanagement: Planung und Steuerung des PDM-Projektes

Zur effizienten Steuerung aller im Rahmen eines PDM-Projektes zu bewältigenden Aufgaben ist ein effizientes Projektmanagement, d. h. die Koordination und Steuerung aller Teilaufgaben notwendig (KURBEL, PIETSCH [88]). Von grosser Bedeutung für den Erfolg eines PDM-Projektes ist u. a. Festlegung der Reihenfolge der Implementierungsschritte (BOS-SYSTEMHAUS [89]). Ein Bewertungsschema zur Priorisierung der Implementierungsschritte muss neben dem erzielbaren monetären Nutzen (s. a. [60]) auch weitere Aspekte wie z. B. den Realisierungsaufwand, die Verfügbarkeit von PDM-Experten und Pilotanwendern [90], Randbedingungen aus laufenden Projekten und Kopplungen zu anderen Arbeitspaketen berücksichtigen (Abbildung 33). Allerdings muss auch bei sorgfältiger Festlegung der Arbeitspakete in einem PDM-Projekt davon ausgegangen werden, dass sich Anforderungen und Randbedingungen im Projektverlauf verändern. Aus diesem Grund ist eine gewisse Flexibilität bei der Projektplanung, die diesem Umstand Rechnung trägt, unerlässlich.

4. Ableitung eines Vorgehensmodells zur Auswahl und Einführung eines PDM-Systems

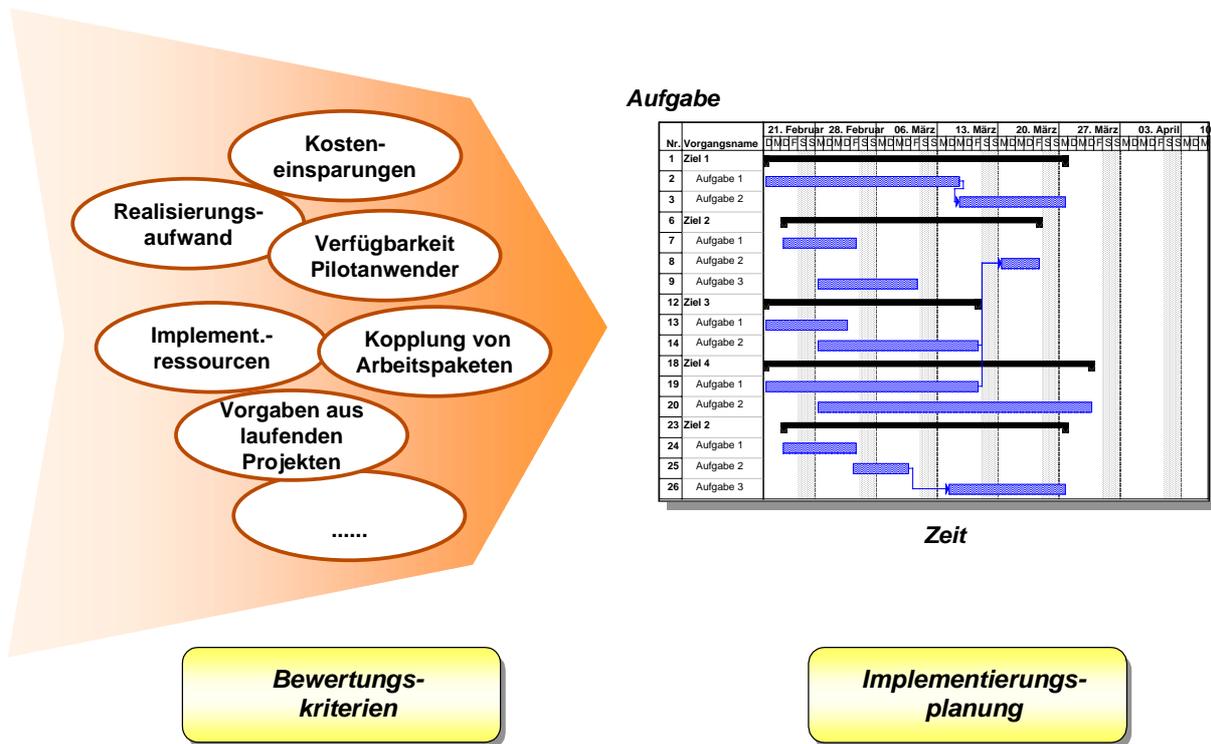


Abbildung 33: Zusammenstellung der Bewertungskriterien für die Auswahl der Implementierungsschritte

Bei der Projekt- bzw. Teamorganisation eines PDM-Projektes müssen folgende Aspekte berücksichtigt werden. Zur Bewältigung der vielfältigen Aufgaben im Rahmen einer PDM-Einführung werden viele unterschiedliche Qualifikationen benötigt, z. B. Prozess Know how, Erfahrung mit der Anforderungsmodellierung, spezielle Kenntnisse im Hinblick auf die Anpassung und Erweiterung des ausgewählten PDM-Systems. In der Regel kann aufgrund zunehmender Spezialisierung nicht eine einzige Person allein diese Qualifikationsanforderungen vollständig abdecken. Aus diesem Grunde müssen mehrere, sich ergänzende Experten bei der PDM-Einführung im Team zusammenarbeiten. Eine sinnvolle Aufgabenteilung, die sich sowohl an den Anforderungen des PDM-Projektes als auch an den verfügbaren Qualifikationsprofilen orientiert, wird nachfolgend beschrieben. Hierbei wird zwischen der Gruppe der Anwenderbetreuer und der Gruppe der Implementierer unterschieden (Abbildung 34).

4. Ableitung eines Vorgehensmodells zur Auswahl und Einführung eines PDM-Systems

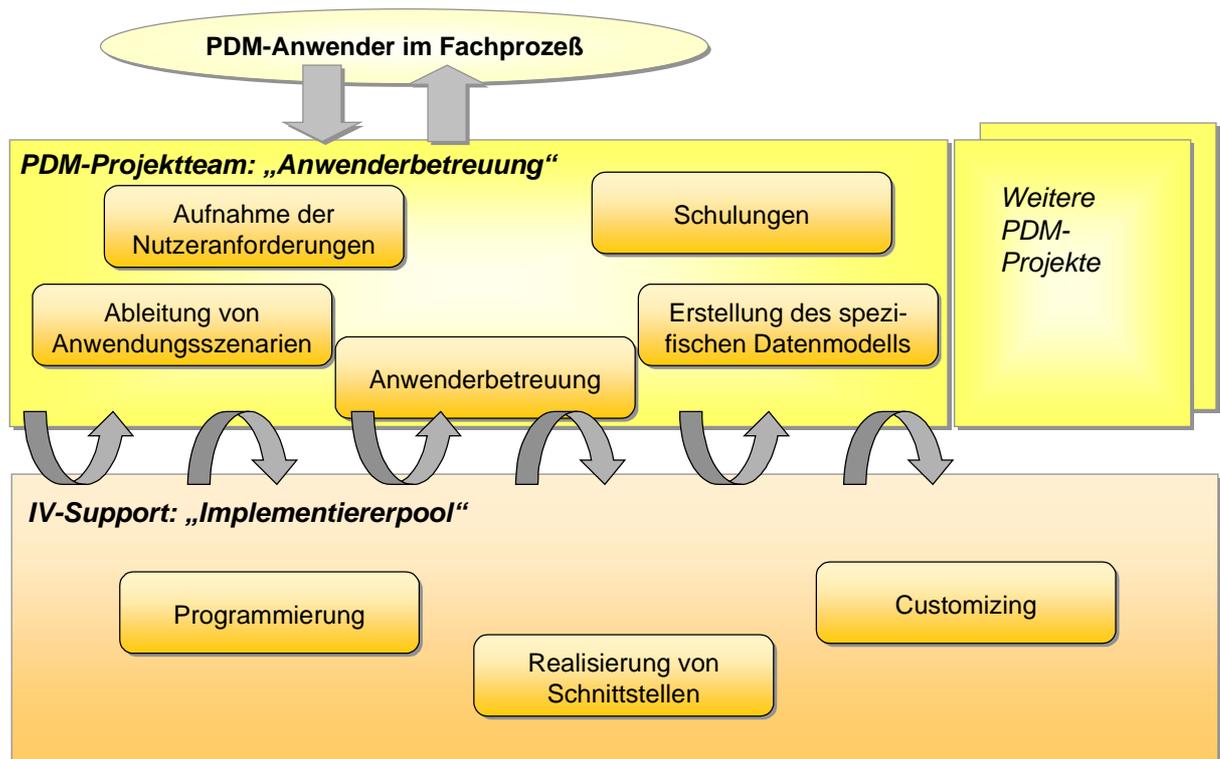


Abbildung 34: Geeignete Aufgabenteilung im PDM-Projektteam

Die Gruppe der Anwenderbetreuer hat vorwiegend die Aufgabe, im Dialog mit den späteren Anwendern deren Anforderungen zu erarbeiten und in anwendergerechter Form zu dokumentieren. Nach Umsetzung der jeweiligen Anforderungen im PDM-System haben die Anwenderbetreuer wiederum die Aufgabe, die Nutzer in die spezifischen Funktionalität am System einzuweisen und bei der Bedienung anzuleiten. Zudem sollten sie dabei die erkannten Problemfälle und Fehlermeldungen des Systems dokumentieren. Um eine optimale Anwenderbetreuung sicherzustellen, sind folgende Fähigkeiten erforderlich:

- Erfahrung bei der Aufnahme und der anwendergerechten Dokumentation der Nutzeranforderungen
- Grundlegende Kenntnisse über die jeweiligen Arbeitsabläufe
- Ausgeprägte didaktische und kommunikative Fähigkeiten

4. Ableitung eines Vorgehensmodells zur Auswahl und Einführung eines PDM-Systems

Der ‚Implementiererpool‘ setzt sich demgegenüber zusammen aus Programmierern und Experten des PDM-Herstellers. Eine der vordringlichsten Aufgaben dieses Teams besteht in der Umsetzung der notwendigen Systemanpassungen sowie der Programmierung zusätzlich benötigter Systemfunktionalitäten. Als weitere Aufgabe des Implementierer-Pools ist die Realisierung von Schnittstellen zu bestehenden Applikationssystemen (z. B. Logistik-/Stücklistensystem, CAD-System) zu nennen. Die Fähigkeiten, die dementsprechend ein Mitglied des Implementierer-Pools mitbringen muss, sind:

- Detaillierte Kenntnisse über das jeweilige PDM-System
- Beherrschung der im PDM-System beinhalteten Anpassungsfunktionalitäten
- Umfangreiche Kenntnis der benötigten Programmiersprachen, in der Regel C, C++ und JAVA

Neben der Einrichtung einer geeigneten Projektorganisation ist eine weitere wesentliche Aufgabe im Rahmen des Projektmanagements die Termin- und Aufgabenverfolgung. Für diese Tätigkeiten, die nicht spezifisch für ein PDM-Projekt sind, stehen zahlreiche Hilfsmittel aus dem Methodenbaukasten des Projektmanagements zur Verfügung. An dieser Stelle soll daher nicht näher auf diese Umfänge eingegangen werden.

4.3. Erfahrungen aus der Einführung eines PDM-Systems im Fachprozess Elektrik/Elektronik

Das in den vorherigen Abschnitten beschriebene Vorgehensmodell wurde im Rahmen der PDM-Einführung im Fachprozess Elektrik/Elektronik bei der BMW AG angewendet. Diese Aufgabenstellung wurde im Rahmen eines Projektes mit dem Arbeitstitel ECCO abgewickelt. Insgesamt waren die mit den beschriebenen Vorgehensmodell gesammelten praktischen Erfahrungen durchweg positiv und haben die theoretischen Überlegungen bestätigt. Nachfolgend werden die wichtigsten Ergebnisse aus der praktischen Anwendung beschrieben.

Im Rahmen der Projektabgrenzung wurde zur Konkretisierung der Zielsetzungen des Projektes ECCO neben diversen Workshops mit ausgewählten Mitarbeitern der Prozesskette ein Erfahrungsaustausch mit anderen Firmen im Hinblick auf das Konfigurations-/Änderungsmanagement durchgeführt. Zielsetzung des Erfahrungsaustausches war u. a. die Analyse, welche spezifischen Methoden und Werkzeuge im Konfigurations-/Änderungsmanagement verwendet werden und von welchen Randbedingungen diese Auswahl beeinflusst wurde, um Rückschlüsse auf die Produktdatenverwaltung zu ziehen. Folgende Aspekte waren bei dem Erfahrungsaustausch daher von besonderem Interesse:

1. Welche Zielsetzungen und Strategien haben erfolgreiche Unternehmen für das Konfigurations-/Änderungsmanagement entwickelt ?
2. Wie wird das Konfigurations-/Änderungsmanagement ermöglicht, umgesetzt, kommuniziert, durchgeführt und verbessert ?
3. Welche Methoden und Werkzeuge werden dazu verwendet und warum ?
4. Wie ist die organisatorische Einbindung und die Integration des Konfigurations-/Änderungsmanagements mit angrenzenden Aufgaben realisiert ?
5. Was sind die Erfahrungen (lessons learned) und kritische Erfolgsfaktoren ? Was funktioniert, was nicht und jeweils warum ? Wohin sollen zukünftige Weiterentwicklungen gehen ?

4. Ableitung eines Vorgehensmodells zur Auswahl und Einführung eines PDM-Systems

Anhand der in Abschnitt 4.2.2 beschriebenen Kriterien wurden vier Unternehmen für den Erfahrungsaustausch ausgewählt. Diese sind, zusammen mit den Kriterien für die Auswahl und den erwarteten Ergebnissen, in Tabelle 3 aufgelistet.

Unternehmen	Produkte / Besonderheiten	Erwartete Erkenntnisse für das Konfigurations-/Änderungsmanagement E/E
Rolls-Royce plc	Triebwerke mit hohem E/E-Anteil, hohe Sicherheitsanforderungen	Stringentes Konfigurations-/Änderungsmanagement aufgrund gesetzlicher Vorgaben
Softlab	Beratung bei strategischen IV-Lösungen für Grossanwender (Banken, Versicherungen, Industrie, Telekommunikation)	Konfigurations-/Änderungsmanagement für Software
Firma A	Vollelektronische Waschmaschinen und Wäschetrockner mit Update-Funktion, High-End-Anbieter "Weisse Ware"	Umgang mit Änderungen im Feld (Modellpflegemassnahmen, Updates)
Firma B	Betriebswirtschaftliche Standardsoftware	Konfigurations-/Änderungsmanagement für modulare Software

Tabelle 3: Ausgewählte Partner für den Informationsaustausch bez. Konfigurations-/Änderungsmanagement Elektrik/Elektronik

Zur Vorbereitung des Benchmark-Besuches wurde den jeweiligen Ansprechpartnern ein speziell auf die Thematik Konfigurations-/Änderungsmanagement zugeschnittener Interviewleitfaden zugeschickt, der dann in den Gesprächen beantwortet wurde. Insgesamt konnten aus den Besuchen folgende Erkenntnisse gezogen werden.

Gemeinsamkeiten bestehen im Hinblick auf die Trends bezüglich der steigenden Komplexität der Produkte und der Zunahme der Variantenvielfalt. Zur Bewältigung dieser Anforderungen gehen alle befragten Unternehmen dazu über, die Produkte stärker zu modularisieren, vor allem um eine grössere Transparenz der Schnittstellen zu erhalten und Änderungsauswirkungen zu begrenzen. In Folge davon nimmt auch die Gleichteilverwendung zu. Weiterhin werden Standardisierungsaktivitäten forciert.

4. Ableitung eines Vorgehensmodells zur Auswahl und Einführung eines PDM-Systems

Zusammenfassend lässt sich feststellen, dass das Thema Konfigurations-/Änderungsmanagement in den Unternehmen eine grössere Beachtung findet, was sich u. a. in steigenden Investitionen auf diesem Gebiet äussert. Insbesondere die Komplexitätsbeherrschung/-verwaltung rückt immer stärker in den Vordergrund. Zu diesem Zweck wird neben einer durchgängigen Beschreibung der Produktkomponenten eine entscheidende Bedeutung der eindeutigen Beschreibung und Attributierung der Schnittstellen zwischen den Systemkomponenten zugemessen. Eine wesentliche Zielsetzung für das Konfigurations-/Änderungsmanagement stellt die Unterstützung der Entwicklungstätigkeiten, insbesondere das Ermöglichen einer schnellen Produktpassung an einen sich schnell ändernden Markt dar. Fast in jedem Unternehmen ist eine Hauptanforderung an das Konfigurations-/Änderungsmanagement bzw. die dafür eingesetzten Tools, eine geographisch verteilte Entwicklung zu unterstützen.

Die Unterschiede im Konfigurations-/Änderungsmanagement sind im wesentlichen durch die Unterschiede in den Produktionszahlen, der Komplexität der Produkte und der Variantenvielfalt begründet (Abbildung 35).

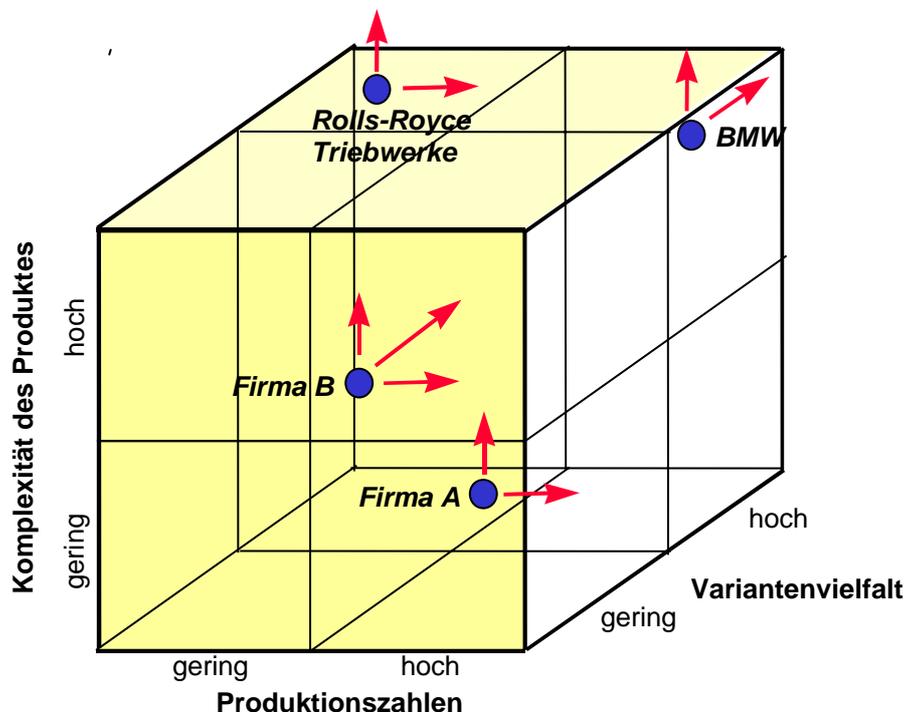


Abbildung 35: Einflussparameter auf das Konfigurationsmanagement und deren Trends im Firmenvergleich

4. Ableitung eines Vorgehensmodells zur Auswahl und Einführung eines PDM-Systems

Da diese Parameter unmittelbare Auswirkungen auf das Konfigurations-/Änderungsmanagement haben, wird es in den einzelnen Betrieben auch in unterschiedlichem Ausmass und mit unterschiedlichen Schwerpunkten betrieben. So rückt z. B. bei Firma A mit relativ hohen Produktionszahlen, jedoch weit weniger hoher Komplexität der Produkte und geringer Variantenvielfalt verglichen mit den anderen Benchmarkpartnern, die Komplexitätsbeherrschung/-verwaltung weniger stark in den Vordergrund als z. B. bei den Betrieben, die sowohl eine relativ hohe Komplexität als auch hohe Produktionszahlen aufweisen.

Bei Unternehmen mit starker Kundenorientierung stellt wiederum die schnelle Reaktion auf Kundenwünsche bzw. die schnelle Fehlerbehebung einen wesentlichen Wettbewerbsfaktor dar. Die Optimierung des Änderungsmanagements steht hier im Vordergrund. So werden in einem der besuchten Unternehmen die tatsächlichen Ist-Kosten einer Änderung inklusive des Entwicklungsaufwandes dokumentiert.

Die ausserordentlich hohe Komplexität der Triebwerke, hohe Variantenvielfalt und Qualitätsanforderungen bei gleichzeitig vergleichsweise geringen Produktionszahlen sind die ausschlaggebenden Parameter für das Konfigurations-/Änderungsmanagement bei Rolls-Royce plc. Das Konfigurationsmanagement-System ist hier z. B. sehr ausgeprägt, so dass jederzeit der Verbauzustand eines jeden ausgelieferten Systems genau festgestellt werden kann (Serialstückliste).

Die Ergebnisse der Benchmarkbesuche sowie die Ergebnisse der internen Abstimmungen wurden anschliessend zusammengefasst und abgeglichen. Die Ergebnisse der Zielklärungsphase im Projekt ECCO sind in Abbildung 36 gesamthaft dargestellt.

4. Ableitung eines Vorgehensmodells zur Auswahl und Einführung eines PDM-Systems

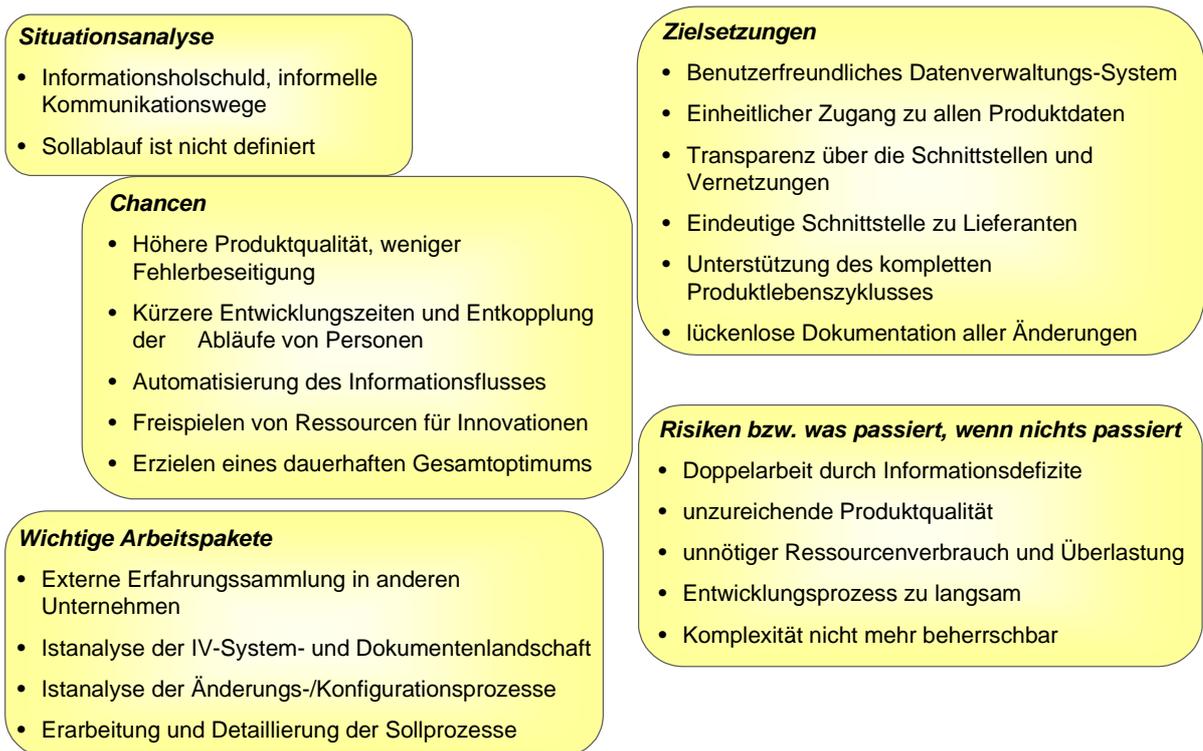


Abbildung 36: Ergebnisse der Zielklärungsphase des Projektes ECCO

Der nächste Schritt, die Festlegung der Anforderungen an das zukünftige PDM-System, wurde in Zusammenarbeit mit den späteren Anwendern sowie Mitarbeitern der IV-Abteilungen durchgeführt. So wurden z. B. aus Sicht der Mitarbeiter im Fachprozess Elektrik/Elektronik folgende Basisanforderungen an ein PDM-System formuliert (WEHLITZ, KIESEWETTER [91]):

- Umfangreiche Basisfunktionalitäten, z. B. Suchfunktionen, integrierte Problemverfolgungsmöglichkeiten, automatisierbare Informationsweitergabe, Erinnerungsfunktion
- Intuitive und benutzerfreundliche Bedienoberfläche mit benutzer- und gruppenspezifischer Anpassbarkeit
- Transparenter, einheitlicher Zugang zu allen relevanten Informationsquellen
- Gute Systemperformance bei allen Aufgaben
- Stabil laufendes System, hohe Verfügbarkeit
- Ausgereiftes Sicherheitskonzept
- Migrationsmöglichkeit für bestehende Daten
- Integrierte Archivierungsfunktionen

4. Ableitung eines Vorgehensmodells zur Auswahl und Einführung eines PDM-Systems

Use case 1: Konfiguration und Lebenszyklus eines Steuergerätes

- Anbindung an Softwareentwicklungstools (Continuus, Case Tools);
- Baselineing (Referenzkonfiguration zum Zeitpunkt t abrufbar)
- Abbildung unterschiedlicher Informationsverteiler für einzelne Objekte der Konfiguration

Use case 2: Erzeugung und Attributierung des Kabelbaums

- Abbildung elektrischer Verbindungen und Referenzierung auf bestehende Daten
- Abbildung von Modulstrukturen des Kabelbaums
- Spezifische Attributierung nach Vorgaben

Use case 3: Abbildung netzwerkartiger Bordnetzstrukturen

- Aufbau und Konfiguration eines Informationsobjekt-Netzwerkes
- Kennzeichnung von Änderungen in dieser Netzwerkstruktur
- Navigationsmöglichkeiten durch die Struktur

Anzumerken ist, dass der Schwerpunkt bei der Formulierung dieser use cases auf der Formulierung von Anwenderinteraktionen lag, weniger auf der detaillierten Abbildung der Datenmodelle. Auf diese Weise wurde es möglich, die späteren Anwender einfach und anschaulich an die Beschreibung von Anforderungen heranzuführen. Dieses war ein wesentlicher Aspekt im Hinblick auf die erforderliche Kommunikation zwischen Anwendern und PDM-Spezialisten, der sich im Projekt ECCO als sehr förderlich erwiesen hat. Eine wichtige Erfahrung, die auch in späteren Phasen des Projektes ECCO gemacht wurde, ist, dass die Mehrzahl der PDM-Anwender sich nicht selbst mit der Datenmodellierung befassen wollte. Mögliche Gründe sind wohl darin zu suchen, dass der hierbei zugrundeliegende Formalismus die Unschärfen der gelebten Abläufe deutlich zutage bringt, durch strukturiertere Abläufe zudem meist der Handlungsspielraum der Beteiligten eingeengt wird und ein gewisser Aufwand erforderlich ist, bis sich die Anwender in die Methoden der Datenmodellierung hineindenken.

4. Ableitung eines Vorgehensmodells zur Auswahl und Einführung eines PDM-Systems

Die gesamten PDM-Anforderungen des Fachprozesses Elektrik/Elektronik wurden in einem Dokument zusammengefasst. Dieser Anforderungskatalog stellte die Basis für die Systemauswahl als auch für weitere Detaillierungen in der PDM-Implementierungsphase dar.

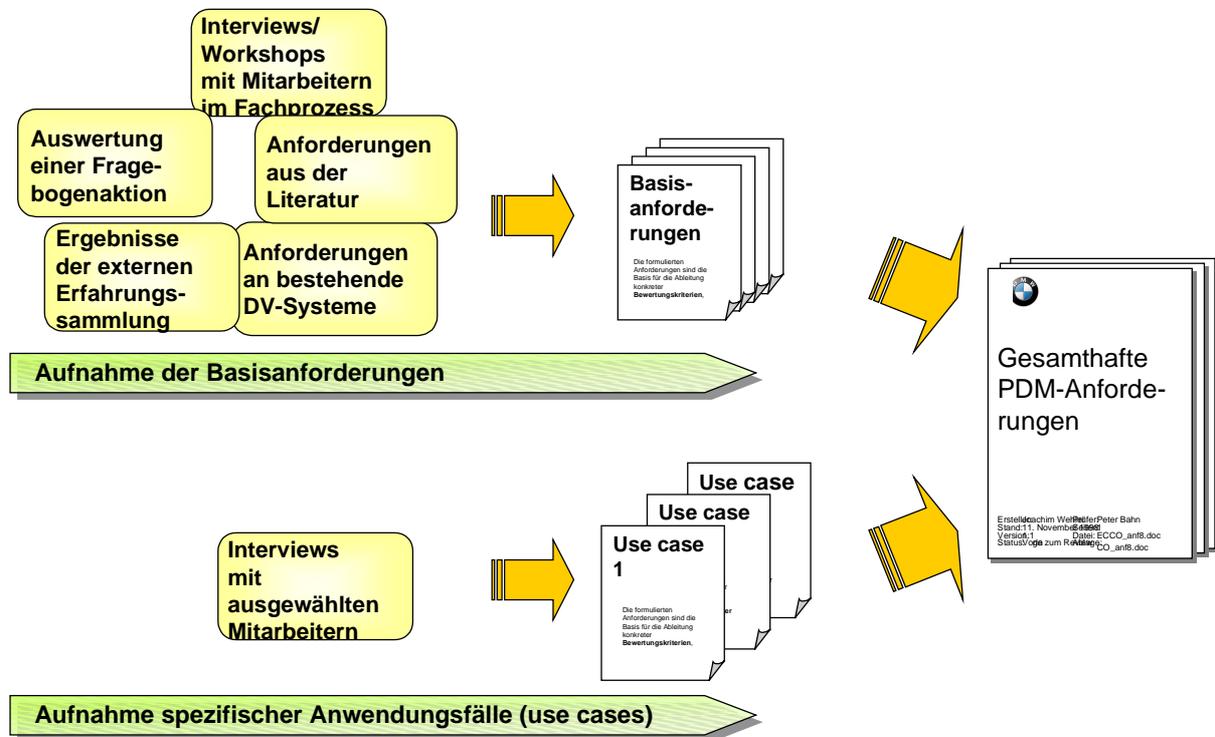


Abbildung 38: Zusammenstellung aller PDM-Anforderungen im Fachprozess Elektrik/Elektronik in Form eines Anforderungskataloges

Da sich der Anwendungsbereich des bei BMW ausgewählten PDM-Systems nicht nur auf den Einsatz im Fachprozess Elektrik/Elektronik beschränken sollte, wurden im Vorfeld zur Systemauswahl noch weitere use cases definiert, die zusätzliche PDM-Anforderungen abdeckten, wie z. B. Konfigurationsmanagement, Erstellung und Anpassung eines workflows, Dokumentenverwaltung und Anpassung von Masken. Die Systemauswahl erfolgte anschliessend im Rahmen eines gesamthaften BMW-PDM-Benchmarks. Bei diesem Benchmark wurden die PDM-Systeme u. a. anhand der Umsetzung von insgesamt 14 use cases bewertet. In Abbildung 39 ist beispielhaft die Gesamtbewertung dieser use cases zusammengefasst.

4. Ableitung eines Vorgehensmodells zur Auswahl und Einführung eines PDM-Systems

Kriterium	Gew. %	PDM "A"				PDM "B"				PDM "C"			
		Platz	gew.	Note	gew.	Platz	gew.	Note	gew.	Platz	gew.	Note	gew.
UC 01: Steuergerät	8	1	8	1,8	14,4	2	16	2,1	16,8	3	24	2	16
UC 02: Workflow	4	1	4	2,1	8,4	1	4	2,9	11,6	3	12	4,5	18
UC 03: Lastenheft	8	1	8	2,5	20	2	16	2,5	20	3	24	3	24
UC 04: IDEEA	4	3	12	4	16	2	8	3	12	1	4	3	12
UC 05: Konfigurationsmanagement	8	2	16	2,7	21,6	1	8	2,4	19,2	3	24	3,8	30,4
UC 06: IIP	4	2	8	2,5	10	1	4	2,4	9,6	3	12	3,7	14,8
UC 07: Änderungsmanagement	6	1	6	2,1	12,6	2	12	2,8	16,8	3	18	3,5	21
UC 08: DMF	10	1	10	2	20	1	10	2	20	3	30	3,5	35
UC 09: PDMCAE	7	2	14	2	14	1	7	2	14	2	14	2	14
UC 10: Xbench	10	2	20	3,5	35	1	10	2,25	22,5	3	30	5	50
UC 11: Motel	7	2	14	2,5	17,5	1	7	2	14	3	21	4,5	31,5
UC 12: Funktionsnetzwerk	10	1	10	2,5	25	2	20	3,3	33	3	30	4,3	43
UC L1: Maskendefinitionen	6	1	6	3	18	2	12	3	18	3	18	3	18
UC L2: Architektur (Corba/Java)	8	3	24	4	32	1	8	2	16	2	16	2	16
Durchschnitt/Summe:	100	1,64	1,60	2,66	2,65	1,43	1,42	2,48	2,44	2,71	2,77	3,41	3,44

Abbildung 39: Gesamtbewertung aller use cases im BMW-PDM-Benchmark

Neben der Systembewertung anhand der use cases wurde ein Performancetest durchgeführt. Dazu wurde ein Skript programmiert, in dem nacheinander zahlreiche PDM-Routinen aufgerufen wurden. Dieses Script wurde anschliessend mehrfach auf den unterschiedlichen Systemoberflächen gestartet. Anhand der Ergebnisse wurden die Antwort- und Reaktionszeiten ausgewertet. Abgerundet wurde der BMW-PDM-Benchmark durch die Bewertung der PDM-Anbieter. Die Ergebnisse wurden anschliessend zusammengefasst und entsprechend Abbildung 40 bzw. Abbildung 41 graphisch aufbereitet.

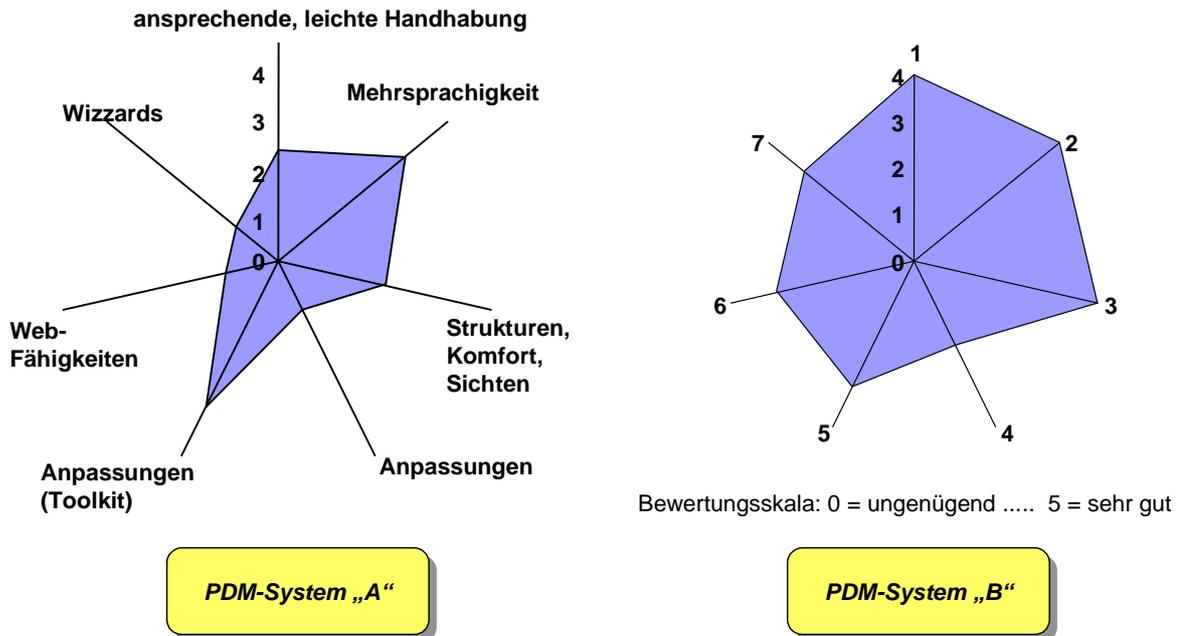


Abbildung 40: Graphische Aufbereitung der Benchmark-Ergebnisse am Beispiel ‚Customizing‘

4. Ableitung eines Vorgehensmodells zur Auswahl und Einführung eines PDM-Systems

	Architektur 20 %	Vorphase 5 %	UseCases 60 %	Fragenkatalog 15 %	Gesamt
PDM A	2	4	4	4	3,6
PDM B	4	5	4	5	4,2
PDM C	4	2	2	3	2,6

Skalierung: 1 .. Ungenügend - 5Sehr gut

Abbildung 41: Gesamtergebnis der BMW-PDM-Systemauswahl

Im Anschluss an die Systemauswahl wurde im Hinblick auf die PDM-Implementierung im Fachprozess Elektrik/Elektronik eine detaillierte Analyse der wichtigsten Informationsflüsse durchgeführt. Zur Abbildung der aufgenommenen Teilprozesse wurde dazu die sogenannte IPO (Input-Prozess-Output) Methode eingesetzt (NEGELE [93], HÄRTLEIN, NEGELE [94]). Diese Methode ist auf die Abstimmung der zwischen den einzelnen Prozessschritten ausgetauschten In- und Outputs ausgelegt und somit ideal für die Informationsflussanalyse geeignet (Abbildung 42).

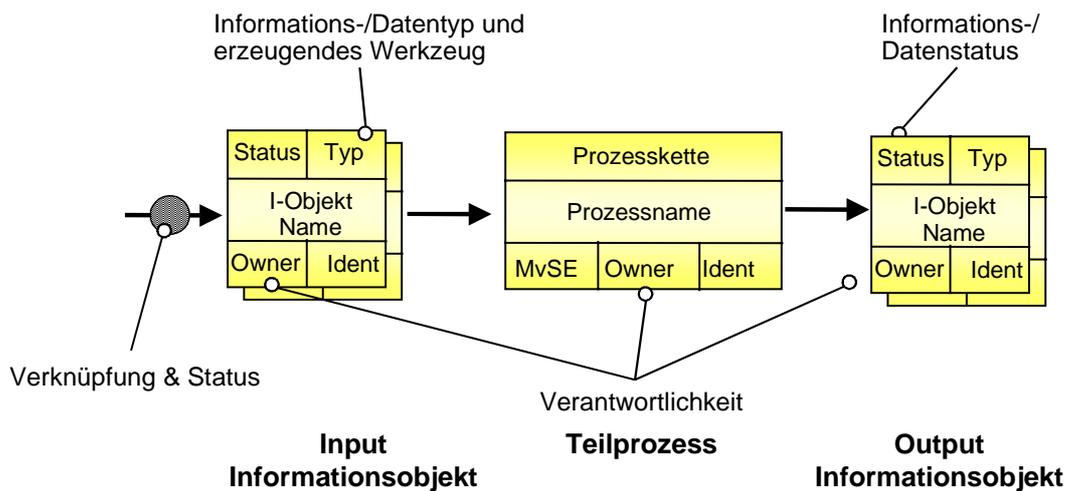


Abbildung 42: Modellierungsmethodik bei der Informationsflussanalyse im Projekt ECCO

4. Ableitung eines Vorgehensmodells zur Auswahl und Einführung eines PDM-Systems

Diese Informationsflussanalysen bildeten die Basis für die anschließende detaillierte Formulierung der use cases und des zugehörigen Datenmodellausschnittes. Bei der Erarbeitung der use cases wurden die erforderlichen Informationen zu den zu verwaltenden Objekten gesammelt und harmonisiert. Auf diese Weise wurden u. a. die zu verwaltenden Datenobjekttypen, die Attribute der einzelnen Datenobjekte sowie die Relationen zwischen den Datenobjekten festgelegt. Die Abbildung 43 zeigt beispielhaft einen Ausschnitt aus dem Datenmodell für den Fachprozess Elektrik/Elektronik, welcher mit Hilfe von UML-Standards, einer Variante der objektorientierten Modellierung, dokumentiert wurde [95].

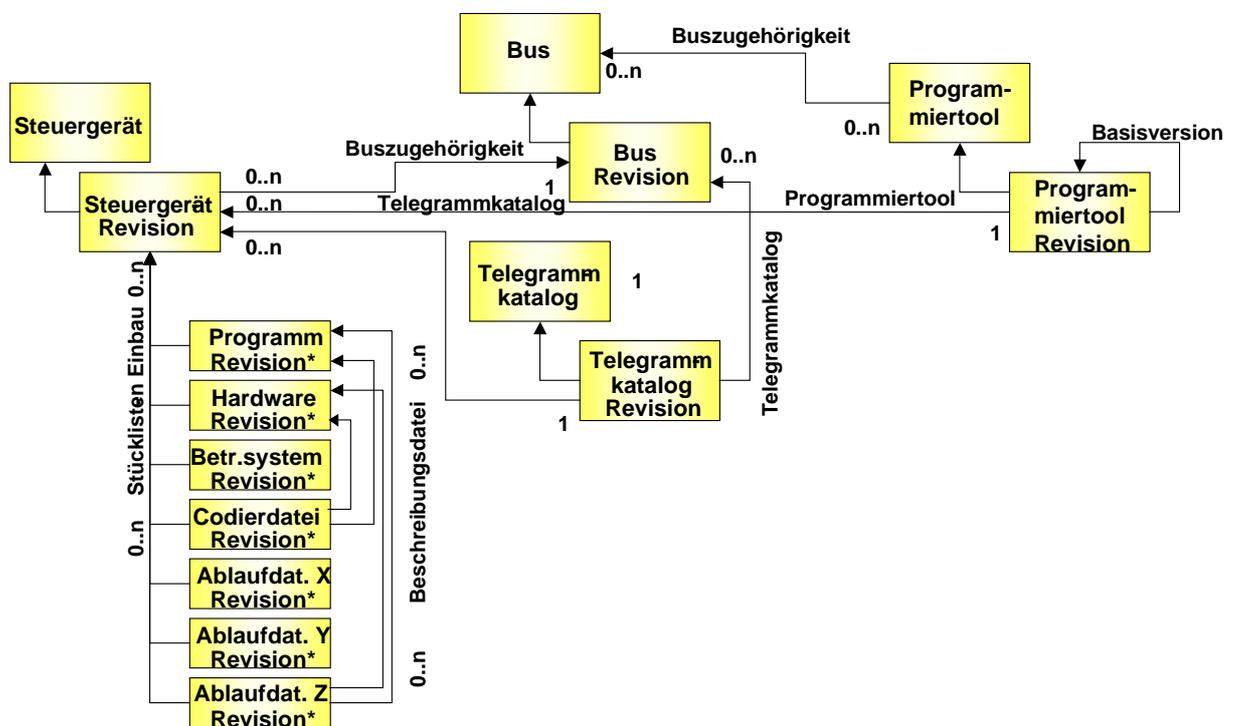


Abbildung 43: Datenmodellausschnitt im Teilprojekt ‚Softwareverwaltung für Prototypen‘

An der PDM-Einführung bei BMW waren wie erwähnt mehrere Teilprojekte mit unterschiedlichen Datenverwaltungsanforderungen beteiligt. Zur Harmonisierung der Produktdatenverwaltung über alle Teilprojekte wurde seitens der zentralen IV-Stelle ein Basisdatenmodell vorgegeben, mit dem die Datenmodelle der einzelnen Teilprojekte abgeglichen werden mussten, bevor sie im PDM-System abgebildet wurden.

4. Ableitung eines Vorgehensmodells zur Auswahl und Einführung eines PDM-Systems

Bei der Reihenfolge der PDM-Implementierungsschritte im Fachprozess Elektrik/Elektronik wurde besonderes Augenmerk auf den Anwendernutzen gelegt. Dazu wurde im Rahmen dieser Arbeit eine Methode entwickelt, die den Zusammenhang zwischen Datenbefüllungsgrad und Anwendernutzen quantitativ beschreibt. Die Methode und die damit gewonnenen Erfahrungen bei der Anwendung in der Praxis sind in Kapitel 5 und 6 ausführlich beschrieben. An dieser Stelle wird daher ein genereller Überblick über die Implementierungsphase im Projekt ECCO gegeben. Die PDM-Einführung im Fachprozess Elektrik/Elektronik wurde gestartet mit der Anpassung des ausgewählten PDM-Systems zur Verwaltung der im Zusammenhang mit der Programmierung und Codierung von Steuergeräten benötigten Daten (z. B. Steuergeräte-Hardware, -Software, Codierdaten). In diesem Zusammenhang wurde u. a. eine Schnittstelle zum unternehmensweiten Stücklistensystem eingerichtet. Weiterhin wurde die im PDM-System bestehende Konfigurationsfunktionalität für die Verwaltung von Steuergeräte-Konfigurationen im Fahrzeugkontext angepasst. Der Implementierungszeitplan orientierte sich dabei an dem Entwicklungsplan eines bereits laufenden Fahrzeugprojektes, bei dem diese Datenverwaltungsfunktionen benötigt wurden.

Entsprechend der Anwenderanforderungen wurde sukzessive das PDM-System angepasst und erweitert. Aufgrund des grossen Kreises von Betroffenen und dem Umstand, dass in den jeweiligen Teilprojekten dezentral Anforderungen umgesetzt wurden, wurden Änderungen an der Produktivdatenbank des PDM-Systems nur zu ausgewählten Zeitpunkten zugelassen („Releases“). Im Vorfeld der Produktivfreigabe eines Releases wurden die umgesetzten PDM-Funktionalitäten der einzelnen Teilprojekte zunächst auf eine gemeinsame Testinstanz gespielt. Danach stand eine begrenzte Zeitspanne für Tests, Fehlerbehebung und kleinere Anpassungen am PDM-System zur Verfügung. Nach erfolgreichen Tests erfolgte die Übernahme der neuen Funktionalitäten in die Produktivumgebung. Grössere Änderungswünsche seitens der Anwender, die während der Testphase geäussert wurden, konnten in der Regel erst in dem nachfolgenden Release umgesetzt werden. Das Hauptaugenmerk lag also trotz der Möglichkeit, zunächst in einer Testumgebung die Anwender mit dem System vertraut zu machen, auf der möglichst guten Erfassung der Benutzeranforderungen im Vorfeld.

Um die Synergiepotentiale eines gemeinsamen PDM-Systems möglichst gut ausschöpfen zu können, wurde bei BMW eine zentrale Gruppe aus PDM-Experten und Programmierern als Dienstleister für alle Teilprojekte eingerichtet. Für Anpassungen an das PDM-System, bei denen Programmierung erforderlich war, konnten so alle Teilprojekte gleichermassen die zentralen Ressourcen nutzen. Auf diese Weise konnte ein optimaler Know how-Austausch zwischen

4. Ableitung eines Vorgehensmodells zur Auswahl und Einführung eines PDM-Systems

den Teilprojekten sichergestellt und die Mehrfachnutzung schon programmierter Funktionen unterstützt werden. So wurden beispielsweise zu den wichtigsten, von allen Teilprojekten benötigten Applikationssystemen entsprechende Schnittstellen, sogenannte Basisdienste, zur Verfügung gestellt. Als Beispiel für einen solchen Basisdienst sei hier der lesende Zugriff auf das unternehmensweite Stücklistensystem genannt. Die erforderliche Spezifikationsarbeit für solche Basisdienste wurde auf mehrere Teilprojekte verteilt und durch eine zentrale IV-Stelle koordiniert und gesteuert. Insgesamt konnte auf diese Weise der erforderliche Aufwand auf mehrere Teilprojekte verteilt und die Geschwindigkeit und Qualität der PDM-Einführung deutlich erhöht werden.

Nachdem jeweils ein Release mit entsprechenden Teilfunktionalitäten des Projektes ECCO freigegeben wurde, wurde mit der Befüllung des PDM-Systems mit den entsprechenden Daten begonnen. Um die Mitarbeiter im Fahrzeugprojekt nicht in einer kritischen Entwicklungsphase zusätzlich damit zu belasten, wurde die Erstbefüllung des PDM-Systems mit Produktivdaten durch zusätzlich bereitgestellte Mitarbeiter übernommen. Neben der Aufgabe dieses Teams, bestehend aus geschulten und qualifizierten Personen, die Befüllung des PDM-Systems mit Daten zu beschleunigen, sollten sie den späteren Anwendern durch konkrete Hilfestellung und Einführung vor Ort die Unsicherheit beim Umgang mit dem PDM-System nehmen. Auf diese Weise konnten die Anwender langsam an das PDM-System herangeführt werden, was wesentlich zur Steigerung der Akzeptanz beitrug.

Auch im Projekt ECCO wurde die Erfahrung gemacht, dass eine wichtige Voraussetzung für das Gelingen eines PDM-Projektes ist, dass die Arbeitsabläufe ausreichend definiert sind. Bei BMW, wie auch in vielen anderen Unternehmen, sind die Informationsflüsse und Arbeitsabläufe kaum noch voneinander zu trennen. Ein so tiefgreifender Eingriff in das Informationsgeschehen wie die Einführung eines PDM-Systems ist daher immer auch mit einer Veränderung der Prozesse gekoppelt. Dieser Zusammenhang zwischen der Einführung eines PDM-Systems und Business Process Reengineering-Aktivitäten wurde z. B. in MILLER [70], VANJA [96], ABRAMOVICI [36], [97], SCHEER [98] oder STARK [99] beschrieben. Nachdem bei Beginn der Implementierung im Projekt ECCO offenkundig wurde, dass die Arbeitsabläufe bereichsübergreifend noch nicht ausreichend konsolidiert waren, wurde eine zusätzliche Arbeitsgruppe zur Analyse und Optimierung der Prozesse eingerichtet. Die Aufgabe dieser Mitarbeiter bestand in der Aufnahme, Abstimmung und Dokumentation der relevanten Arbeitsabläufe. Auf dieser Grundlage wurden dann die Anforderungen an die Datenverwaltung entsprechend der oben beschriebenen Vorgehensweise abgeleitet. Anschliessend wurden detaillierte Anwendungsszenarien erstellt und an das

4. Ableitung eines Vorgehensmodells zur Auswahl und Einführung eines PDM-Systems

PDM-Team übergeben. Seitens des PDM-Teams wurden wiederum konkrete Fragestellungen aus Sicht der Datenverwaltung, die bei der Umsetzung der Anforderungen auftauchten, an die Prozessgruppe zur Klärung weitergegeben (Abbildung 44).



Abbildung 44: Zusammenhang zwischen der Prozessanalyse und der Einrichtung einer Datenverwaltung

Zusammenfassend lässt sich feststellen, dass sich das im Rahmen dieser Arbeit entwickelte Vorgehensmodell bis zum jetzigen Zeitpunkt im Projekt ECCO positiv bewährt hat. Nachdem sich das PDM-System im Fachprozess Elektrik/Elektronik noch nicht in einem Gesamtproduktivbetrieb befindet, liegen über diese Phase des Vorgehensmodells noch keine Erfahrungen vor. Die Anwendbarkeit des Vorgehensmodells wurde allerdings für die Phasen Projektabgrenzung, Systemauswahl und PDM-Einführung nachgewiesen. Verbessern lässt sich das Vorgehensmodell noch dahingehend, dass berücksichtigt werden sollte, schon in einer frühen Phase des PDM-Projektes mit der Klärung und Optimierung der zugrundeliegenden Arbeitsabläufe zu beginnen. Vorstellbar ist, dass schon bei in der Zielklärungsphase verstärkte Aufmerksamkeit auf die aus Sicht der Datenverwaltung kritischen Prozesse gelenkt wird. Gegebenenfalls sollte schon in dieser Phase, parallel zu den beschriebenen Tätigkeiten zur Systemauswahl, mit der Prozessdefinition, -harmonisierung und -optimierung für die kritischsten Abläufe begonnen werden.

5. Methode zur Optimierung der Einführung eines PDM-Systems aus Anwendersicht

5.1. Erfolgsfaktoren bei der PDM-Einführung

Wie im vorherigen Kapitel beschrieben, greift die Einführung eines PDM-Systems stark in die Informationsflüsse des Unternehmens ein. Da es sich hierbei um ein sehr sensibles Themenfeld handelt, kann ein Versagen des PDM-Projektes nicht nur keinen Vorteil bringen, sondern auch Schaden anrichten. Es muss daher besonderes Augenmerk auf die Faktoren gerichtet werden, die den Erfolg eines PDM-Projektes beeinflussen. Diese werden nachfolgend erläutert.

Mitentscheidend für den Erfolg eines PDM-Projektes ist, dass die Arbeitsabläufe, die mit dem PDM-System unterstützt werden sollen, stabil und ausreichend dokumentiert sind. Sollte dies zu Beginn des PDM-Projektes nicht der Fall sein, sollte frühzeitig mit der Analyse, Optimierung und Aufbereitung der relevanten Prozesse begonnen werden.

Häufig wird in der Literatur auch mangelnde Unterstützung des Projektes durch das Top-Management als kritischer Erfolgsfaktor genannt (u. a. ABRAMOVICI [100], STANDISH GROUP [101]). Dem kann durch Formulierung eines klaren Projektauftrages und regelmässigen Berichterstattungen an das übergeordnete Management Rechnung getragen werden.

Der wahrscheinlich wichtigste Erfolgsfaktor eines PDM-Projektes ist jedoch neben den oben genannten Aspekten die Güte des PDM-Systems selbst. Zur generellen Beurteilung eines Systems werden in der Literatur zahlreiche Metriken beschrieben, anhand derer der Erfolg einer Systementwicklung bewertet werden kann (z. B. ROUSE [102], GLÖE ET AL. [103], FRICKE [54]). Der Vergleich dieser Beurteilungsgrössen ergibt, dass drei von ihnen eine essentielle Bedeutung haben: die Wirtschaftlichkeit, die Brauchbarkeit und die Akzeptanz eines Systems (Abbildung 45). Diese drei Grössen werden im folgenden, projiziert auf ein PDM-System, näher erläutert.

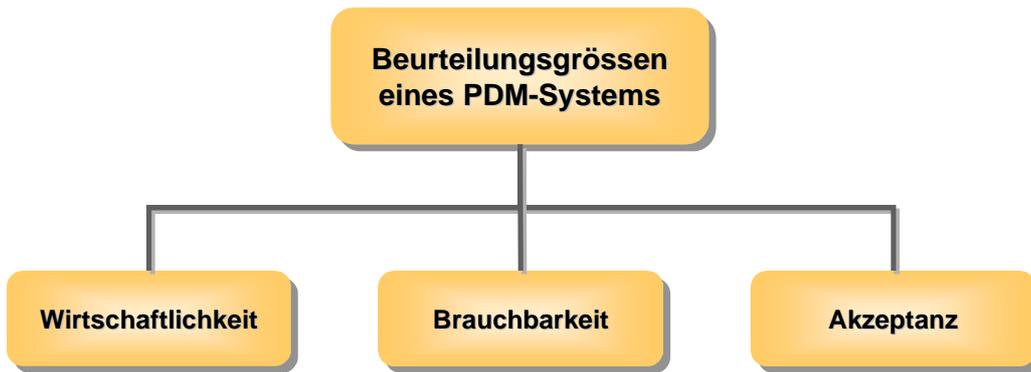


Abbildung 45: Beurteilungsgrößen eines PDM-Systems

5.1.1. Die Wirtschaftlichkeit eines PDM-Systems

Ein wesentliches Messkriterium für den Erfolg eines PDM-Systems aus Unternehmenssicht ist die Wirtschaftlichkeit, auch Viabilität genannt, die sich im Verhältnis von Aufwand zu Nutzen ausdrücken lässt. Dahinter verbirgt sich die Frage, ob das PDM-System in Anbetracht der Vorteile, die seine Nutzung mit sich bringt, mit vertretbarem Aufwand zu realisieren und zu betreiben ist.

Der Gesamtaufwand, der für die Einführung und den Betrieb eines PDM-Systems benötigt wird, lässt sich in einen direkten und einen indirekten Anteil unterteilen. Während sich der direkte Aufwand noch relativ einfach ermitteln lässt, müssen zur Abschätzung des indirekten Anteils einige Annahmen getroffen werden. Einige Punkte zur Bewertung des Aufwandes sind in Tabelle 4 zusammengestellt.

Direkter Aufwand	Indirekter Aufwand
<ul style="list-style-type: none"> • Lizenzkosten • Kosten für die Einrichtung der geeigneten IV-Infrastruktur • Aufwand/Kosten für Schulung und Betreuung • Ressourcen/Kosten für Implementierung und Betrieb 	<ul style="list-style-type: none"> • Rückgang der Effizienz während der Einführungsphase • Kapazitätsausfall aufgrund von Schulungen

Tabelle 4: Direkter und indirekter Aufwand bei Einführung und Betrieb eines PDM-Systems

Diesem Aufwand steht in der Regel ein Nutzen gegenüber, der die Einführung eines PDM-Systems rechtfertigt. Man kann hierbei zwischen dem Nutzen aus Unternehmenssicht und dem Nutzen für die Anwender unterscheiden. Auf den Nutzen für die Anwender wird im folgenden Abschnitt 5.2 detailliert eingegangen, daher soll an dieser Stelle nur der Nutzen aus Unternehmenssicht betrachtet werden.

Der Nutzen eines PDM-Systems aus Unternehmenssicht ergibt sich z. B. als Folge einer direkten Zeitersparnis, dadurch dass die Informationssuche für die Mitarbeiter durch die Einrichtung einer transparenten Datenablage wesentlich erleichtert wird (STARK [104]). Weiterhin erhöht sich in der Regel nach Einführung eines PDM-Systems im Unternehmen der Wiederverwendungsgrad von schon erstellten Informationen. Auch dieses bewirkt eine Zeit- bzw. Kosteneinsparung. Durch die Einrichtung geeigneter Workflows kann der Anteil an Informationen, die in Papierform verteilt werden müssen, meist deutlich reduziert werden. Beispielsweise lassen sich im Fachprozess Elektrik/Elektronik bei BMW nur durch Umstellung des Lastenheftverteilungsprozesses von Verteilung in Papierform auf elektronische Verteilung über das PDM-System über 2 Mio. Seiten Papier pro Jahr einsparen.

Ferner kann durch eindeutige Kennzeichnung der Informationen sichergestellt werden, dass auf die richtigen Daten zugegriffen wird. Zudem kann bei Auftreten eines Fehlers die Ursache schneller identifiziert werden, wenn ein geeignetes Versions- und Konfigurationsmanagement eingerichtet ist. In Folge davon lassen sich Nacharbeitsschleifen vermeiden und die Fehlerfolgekosten verringern.

Schwieriger quantifizierbar ist die Auswirkung einer vermutlich steigenden Motivation und aller Voraussicht nach auch zunehmenden Kreativität der Mitarbeiter, da sie die unliebsamen Datenverwaltungstätigkeiten mit einem PDM-System einfacher und schneller erledigen können.

5.1.2. Die Brauchbarkeit eines PDM-Systems

Die Brauchbarkeit eines Systems beschreibt, wie gut es den Bedarf der Anwender deckt. Allerdings ist die Brauchbarkeit nicht auf eine einzelne Kenngröße abbildbar und daher nicht direkt messbar. Es ist aber möglich, die Brauchbarkeit eines PDM-Systems in Anlehnung an [103] durch die Merkmale Zuverlässigkeit, Benutzbarkeit und Flexibilität auszudrücken (Abbildung 46). Diese Merkmale werden im folgenden, speziell unter dem Blickwinkel der PDM-Einführung, beschrieben.

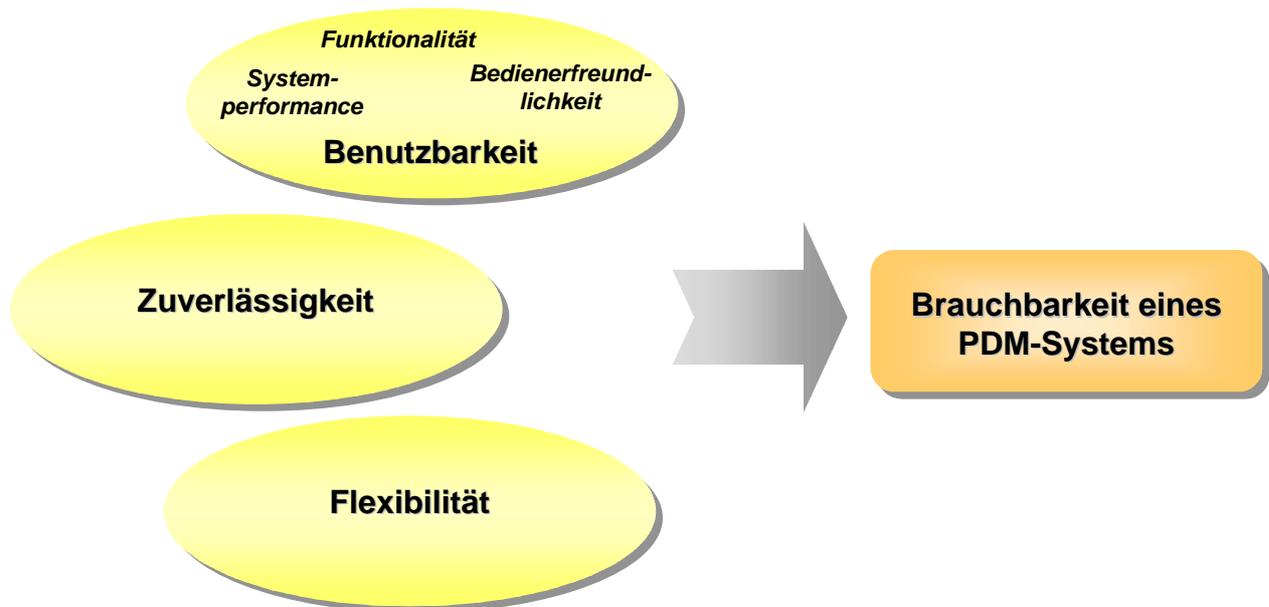


Abbildung 46: Ableitung der Brauchbarkeit eines PDM-Systems aus einzelnen Merkmalen

Unter dem Begriff Zuverlässigkeit wird gemeinhin die Verfügbarkeit eines Systems verstanden, d. h. der Anteil der Zeit, in der das System dem Anwender in seinem gesamten Funktionsumfang zur Verfügung steht. Es ist offenkundig, dass der Zuverlässigkeit eines Systems bei der Bestimmung der Brauchbarkeit eine sehr hohe Bedeutung zugemessen werden muss.

Die Kenngröße Benutzbarkeit gibt an, inwieweit ein System die Anforderungen der Anwender erfüllt. Die Benutzbarkeit setzt sich wiederum aus vielen Einzelaspekten, bei einem PDM-System z. B. aus der Funktionalität, der Bedienerfreundlichkeit oder der Systemperformance, zusammen (Abbildung 46). In diesem Zusammenhang soll kurz auf den Unterschied zwischen Verifikation und Validierung des PDM-Systems eingegangen: bei der Verifikation wird überprüft, ob das PDM-System die spezifizierten Anforderungen erfüllt, bei der Validierung hingegen, ob das PDM-System tatsächlich dem Bedarf der Nutzer entspricht. In den vorgenannten Kapiteln wurde daraufhin gewiesen, dass es oft schwierig ist, die tatsächlichen Anforderungen der Nutzer zu ermitteln, d. h. die Erfassung der konkreten Bedarfe der Anwender und Überleitung in eine umsetzbare Spezifikation stellt oftmals ein Problem dar. Eine weitere Herausforderung bei der PDM-Einführung besteht darin, dass eine Systemauswahl getroffen werden muss, ohne dass alle potentiellen Anwendungsfälle detailliert beschrieben worden sind. Auch durch eine Ausweitung der Anforderungsermittlung lässt sich dieses Problem wie beschrieben nicht lösen. Daher ist fast jedes PDM-Projekt mit einer gewissen Unsicherheit behaftet, ob die Realisierung im System wirklich den

Anforderungen der Anwender entspricht. Um das Risiko, während der Implementierungsphase einen 'unlösbaren' Anwendungsfall zu entdecken, zu minimieren, bleibt nur die Konzentration auf Festlegung und Test der kritischsten Anforderungen bei der Systemauswahl. Mit grosser Wahrscheinlichkeit lösen jedoch die marktgängigen PDM-Systeme den überwiegenden Anteil der bei der Datenverwaltung anstehenden Standardaufgaben (z. B. Klassifizierung, Attributierung, Archivierung, Suchfunktionen) zufriedenstellend, obwohl es Unterschiede in Detailfragen gibt. Bei der Ermittlung der Brauchbarkeit kommt erschwerend hinzu, dass die Anforderungen der jeweiligen Benutzergruppen unterschiedlich sein können. Während eine Benutzergruppe den Antwortzeiten eine sehr hohe Bedeutung beimisst, ist für eine andere Benutzergruppe u. U. die Konfigurationsfunktionalität des PDM-Systems wesentlich wichtiger. Die Brauchbarkeit ist somit eine subjektive Einschätzung der Anwender.

Wie schon beschrieben, handelt es sich bei einem PDM-System um eine Standardsoftware, die an die jeweiligen Unternehmensbelange angepasst werden muss. Daher bieten die meisten dieser Systeme ein hohes Maß an Flexibilität, d. h. sie sind an die entsprechenden Anforderungen anpassbar und änderbar. Unterschiede bestehen allerdings im Komfort bzw. dem Aufwand, mit der die Anpassungen bzw. Änderungen am System vorgenommen werden können. Die Bandbreite liegt zwischen einfach anpassbaren PDM-Systemen, die u. U. auch die dafür notwendigen Werkzeuge beinhalten, bis hin zu PDM-Systemen, bei denen selbst kleinere Anpassungen eine aufwendige Programmierung erfordern. Um schnelle Iterationsschleifen zu gewährleisten und den späteren Pflegeaufwand in der Betriebsphase zu minimieren, sollte schon bei der Systemauswahl der Aspekt der Flexibilität unbedingt berücksichtigt werden. Diese Changeability, wie sie von FRICKE in [54] allgemein als Grad der Einfachheit, mit dem Änderungen an einem System durchgeführt werden können, definiert wurde, ist auch eine wesentliche Voraussetzung für einen effizienten Einsatz eines PDM-Systems.

5.1.3. Die Akzeptanz eines PDM-Systems

Unter Akzeptanz soll hier die Bereitschaft der Anwender verstanden werden, das PDM-System auch tatsächlich zu nutzen. Eine branchenübergreifende, breitangelegte Studie neueren Datums zeigt, dass die Anwenderakzeptanz einer der entscheidenden Erfolgsfaktoren bei der Einführung eines PDM-Systems ist (ITM, IBM, CIMDATA, [105]; LERMER, MUSCHIOL [106]).

Die Akzeptanz eines PDM-Systems wird neben der Brauchbarkeit des PDM-Systems u. a. massgeblich von der Einbindung und Betreuung der Anwender sowie dem Datenbefüllungsgrad beeinflusst. Dabei ist die Brauchbarkeit eines PDM-Systems zwar eine notwendige, aber keineswegs hinreichende Bedingung, dass das PDM-System auf Akzeptanz bei den Anwendern stösst.

Eine wichtige flankierende Massnahme um Akzeptanz zu erreichen, ist die frühe Einbindung der Betroffenen. Die Wahrscheinlichkeit, dass das System später auch wirklich benutzt wird steigt in dem Maße, in dem die Nutzer an der Gestaltung des Systems beteiligt werden. Zurückhaltung bei der Kommunikation der Zielsetzung bzw. der geplanten Vorgehensweise ist daher nicht zu empfehlen (DOPPLER, LAUTERBURG [107]). Ebenso nachvollziehbar ist, dass durch ausreichende Betreuung der Anwender die Akzeptanz eines Systems positiv beeinflusst werden kann.

Kennzeichnend für ein PDM-System ist, dass es im Produktivbetrieb von einer grösseren Anzahl von Anwendern genutzt wird und auch erst dann seinen vollen Nutzen für das Unternehmen entfaltet. In Bezug auf diese Aspekte sind PDM-Systeme mit sogenannter „Groupware“, d. h. IV-Systemen, die von einer grossen Anzahl von Anwendern in einem Unternehmen gemeinsam benutzt werden, vergleichbar. Zur Groupware zählen z. B. elektronische Mailing-Systeme oder elektronisches Calendering. Weiterhin vergleichbar zwischen PDM-System und Groupware ist, dass der Befüller des Systems nicht in jedem Falle auch derjenige ist, der den grössten Nutzen aus dem System ziehen kann. Zur Identifizierung der kritischen Erfolgsfaktoren bei der PDM-Einführung ist daher sinnvoll, die Erfahrungen bei der Einführung von Groupware zu betrachten, da sich diese aufgrund der geschilderten Analogien durchaus auf die Einführung eines PDM-Systems übertragen lassen.

Als eine wesentliche Randbedingung, die auf den Erfolg bei der Implementierung von Groupware direkten Einfluss hat, wird die sogenannte „kritische Masse“ beschrieben (GRUDIN [108], EHRlich [109]). Darunter wird das Phänomen verstanden, dass für eine nutzbringende Arbeit *eines* Anwenders mit dem System eine gewisse Zahl an *weiteren* Nutzern mit dem System arbeiten muss. Am Beispiel der Einführung eines elektronischen Informationsverteilungssystems (eMail-System) lässt sich dieses veranschaulichen. Vor der Einführung eines eMail-Systems wird für den Austausch von Informationen im Unternehmen in der Regel die interne Hauspost benutzt. Zu Beginn der Einführung eines eMail-Systems sind daher zwar alle Mitarbeiter über die Hauspost, nicht alle aber über das eMail-System erreichbar. Für den Verteiler einer Information, der sichergehen will, auch alle Adressaten zu erreichen, ergibt sich dadurch ein Mehraufwand: er wird, auch wenn er das eMail-System anwendet, parallel den herkömmlichen Weg der Hauspostverteilung nutzen.

Erst wenn sichergestellt ist, dass alle Mitarbeiter des Unternehmens per eMail-System erreichbar sind, kann dieser Zusatzaufwand entfallen. Bei der Einführung eines eMail-Systems muss daher versucht werden, die Zeitspanne der Einführung so klein wie möglich zu halten, d. h. alle Mitarbeiter in kürzester Zeit an das System anzuschliessen. Andernfalls besteht die Gefahr, dass die Anwender zur Vermeidung des Zusatzaufwandes wieder nur ausschliesslich die herkömmliche Hauspostverteilung benutzen, obwohl diese im Einzelfall aufwendiger ist als die Versendung der Information auf elektronischem Wege. Dies bedeutet, dass die Gefahr besteht, dass das eMail-System von den Anwendern ignoriert bzw. abgelehnt wird, wenn es in einer gewissen Einführungszeit nicht eine „kritische Masse“ an Anwendern erreicht.

Ein weiterer Aspekt, der auch im Zusammenhang mit der Einführung von Groupware beschrieben wurde, ist das sogenannte „Gefangenendilemma“ (MARKUS, CONNOLLY [110]). Dieses Phänomen lässt sich in etwa so beschreiben: jeder Anwender ist nur in dem Maße bereit, bei der Benutzung eines Systems einen Aufwand zu betreiben, indem er auch einen entsprechenden Nutzen daraus ziehen kann. Nachdem der Anwender, der Daten im Groupware-System bereitstellt, meist nicht in gleichem Masse profitieren kann wie ein Anwender, der diese Daten nutzt, muss dieser Nachteil durch Zusatzmassnahmen kompensiert werden, um trotzdem eine schnelle flächendeckende Nutzung des Systems zu erreichen. Sonst würde, wenn jeder Anwender strikt nach seinem eigenen Vorteil handelt, ein Groupware-System nie flächendeckend zum Einsatz kommen, da ohne eigenen Nutzen kein Anwender den Aufwand der Erstbefüllung übernimmt.

Diese Gesichtspunkte lassen folgende Schlussfolgerungen für die Einführung eines PDM-Systems zu:

- die flächendeckende Einführung muss schnell erfolgen
- die Anwender müssen frühzeitig einen möglichst grossen Nutzen aus der Anwendung des PDM-Systems ziehen können.

Nachdem die grundlegende Aufgabe eines PDM-Systems die Datenverwaltung ist, wird der Nutzen für die Anwender massgeblich von der Qualität und der Quantität der im PDM-System abgebildeten Daten beeinflusst. Unter dem Begriff Qualität der Daten soll hier im wesentlichen die Aktualität und die Konsistenz der Daten verstanden werden, wohingegen die Quantität die Menge der abgebildeten Daten bezeichnet.

5. Methode zur Optimierung der Einführung eines PDM-Systems aus Anwendersicht

Geht man davon aus, dass die Anwender das PDM-System, wenn überhaupt, mit aktuellen und konsistenten Daten befüllen, verbleibt als wesentliche kritische Erfolgsgrösse bei der Implementierung eines PDM-Systems die Datenmenge bzw. der Datenbefüllungsgrad.

Diese These wird auch durch frühere Erfahrungen bei BMW mit einem eigenentwickelten Datenverwaltungssystem für die Elektrik/Elektronik-Produktdaten untermauert. Hierbei hat sich gezeigt, dass der Hauptkritikpunkt der Anwender ein unzureichender Datenbefüllungsgrad des Systems war. Das System musste letztendlich aufgrund mangelnder Datenbefüllung eingestellt werden.

Aus dieser Erkenntnis heraus wurde im Rahmen dieser Dissertation eine Methode entwickelt, mit der während der Implementierungsphase der Nutzen des PDM-Systems aus Sicht der Anwender in Abhängigkeit vom Datenbefüllungsgrad ermittelt werden kann. Im Vorfeld der PDM-Einführung können mit dieser Methode verschiedene Implementierungsschrittfolgen durchgespielt und diejenige mit dem grössten Nutzen für die Anwender ausgewählt werden. Im nachfolgenden Abschnitt 5.2 wird diese Methode detailliert beschrieben.

5.2. Zusammenhang zwischen dem Nutzen eines PDM-Systems aus Anwendersicht und dem Datenbefüllungsgrad

Aus den im vorherigen Abschnitt geschilderten Gründen wurde im Rahmen dieser Arbeit eine Methode entwickelt, mit Hilfe derer sich der Anwendernutzen während der Implementierungsphase eines PDM-Systems in Abhängigkeit vom Datenbefüllungsgrad darstellen lässt. Wie schon in Kapitel 3 erläutert, werden im PDM-System zwei unterschiedliche Arten von Informationen abgebildet: die als Informationsobjekte bezeichneten Repräsentanten der Metadaten, die die Produktdaten selbst beschreiben sowie die Verknüpfungen zwischen den Produktdaten (Abbildung 47).

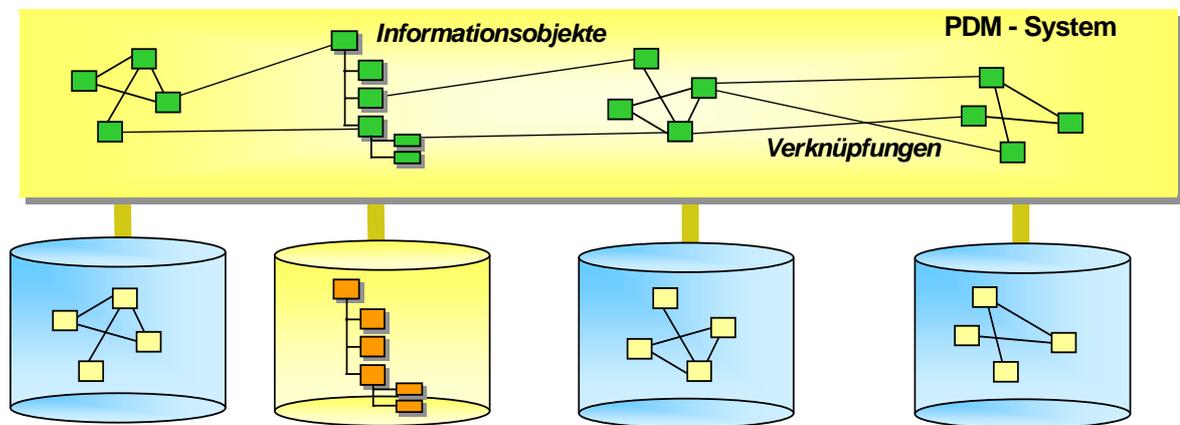


Abbildung 47: Abbildung der Produktdaten und deren Verknüpfungen im PDM-System

5.2.1. Prinzipielle Herleitung des Anwendernutzens

Es kann daher von der Annahme ausgegangen werden, dass sich während der Implementierungsphase des PDM-Systems der relative Nutzen eines PDM-Systems aus Anwendersicht additiv aus zwei Anteilen zusammensetzt. Ein Anteil ergibt sich aus der Möglichkeit, die im PDM-System verwalteten *Informationsobjekte* zu identifizieren, der zweite aus der Möglichkeit, die abgebildeten *Verknüpfungen* zwischen den *Informationsobjekten* zu identifizieren (Gleichung 1).

$$\text{Relativer Nutzen}_{\text{Gesamt}} = \text{Relativer Nutzen}_{\text{Objekte}} + \text{Relativer Nutzen}_{\text{Vernetzungen}}$$

Gleichung 1: Relativer Nutzen eines PDM-Systems aus Anwendersicht in allgemeiner Form

Der erste Anteil in dieser Gleichung ergibt sich aus dem Verhältnis der abgebildeten Informationsobjekte zur Gesamtanzahl der vorhandenen Informationsobjekte, der zweite aus dem Verhältnis der abgebildeten Vernetzungen zwischen den Informationsobjekten zur Gesamtanzahl der vorhandenen Vernetzungen (Gleichung 2).

$$\text{Relativer Nutzen}_{\text{Objekte}} = f\left(\frac{n_{i \text{ xObj}}}{n_{i \text{ gesObj}}}, G_{Aij}\right)$$

$$\text{Relativer Nutzen}_{\text{Vernetzungen}} = f\left(\frac{V_{i \text{ abgeb. Vern.}}}{V_{i \text{ gesamt Vern.}}}, G_{Aij}\right) = f(n_{i \text{ xObj}}, n_{i \text{ gesObj}}, v_{ij}, G_{Aij})$$

$$\text{Relativer Nutzen}_{\text{Gesamt}} = f\left(\frac{n_{i \text{ xObj}}}{n_{i \text{ gesObj}}}, \frac{V_{i \text{ abgeb. Vern.}}}{V_{i \text{ gesamt Vern.}}}, G_{Aij}\right) = f(n_{i \text{ xObj}}, n_{i \text{ gesObj}}, v_{ij}, G_{Aij})$$

$V_{\text{ abgeb. Vern., i}}$	Anzahl der abgebildeten Vernetzungen
$V_{\text{ gesamt. Vern., i}}$	Gesamtanzahl der mögl. Vernetzungen
$n_{i \text{ xObj}}$	Anzahl der abgebildeten Informationsobjekte
$n_{i \text{ gesObj}}$	Gesamtanzahl der Informationsobjekte
v_{ij}	Vernetzungsdichte
G_{Aij}	Gewichtungsfaktoren aus Anwendersicht

Gleichung 2: Zusammensetzung des relativen Nutzens aus Anwendersicht

Die detaillierte Beschreibung der in diesem Zusammenhang eingeführten Vernetzungsdichte v_{ij} erfolgt in Abschnitt 5.2.2. Um die Bedeutung der einzelnen Informationen, d. h. die Informationsobjekte selbst und deren Vernetzungen, für den jeweiligen Benutzer zu berücksichtigen, wurden zusätzlich Gewichtungsfaktoren $G_{A_{i,j}}$ eingeführt (siehe Abschnitt 5.2.3).

5.2.2. Einfluss der Vernetzungen zwischen den Informationsobjekten

Für die nachfolgenden Ausführungen soll zur besseren Verständlichkeit das gedankliche Modell dienen, dass sich gleichartige Informationsobjekte in einem gemeinsamen „Datenpool“ befinden. Ausgehend von dieser Vorstellung ist die Gesamtmenge aller Informationsobjekte auf verschiedene Datenpools verteilt. Die Beziehungen zwischen den Informationsobjekten können somit modellhaft unterschieden werden in „innere“ und „äußere“ Vernetzungen (Abbildung 48). Als innere Vernetzungen sollen Beziehungen zwischen gleichartigen Informationsobjekten innerhalb eines Datenpools, z. B. eine Strukturbeziehung zwischen den CAD-Modellen untereinander, verstanden werden. Demgegenüber sollen als äussere Vernetzungen die Beziehungen zwischen den Informationsobjekten unterschiedlicher Datenpools verstanden werden, z. B. eine logische Beziehung zwischen einem Lastenheftes und einem CAD-Modell.

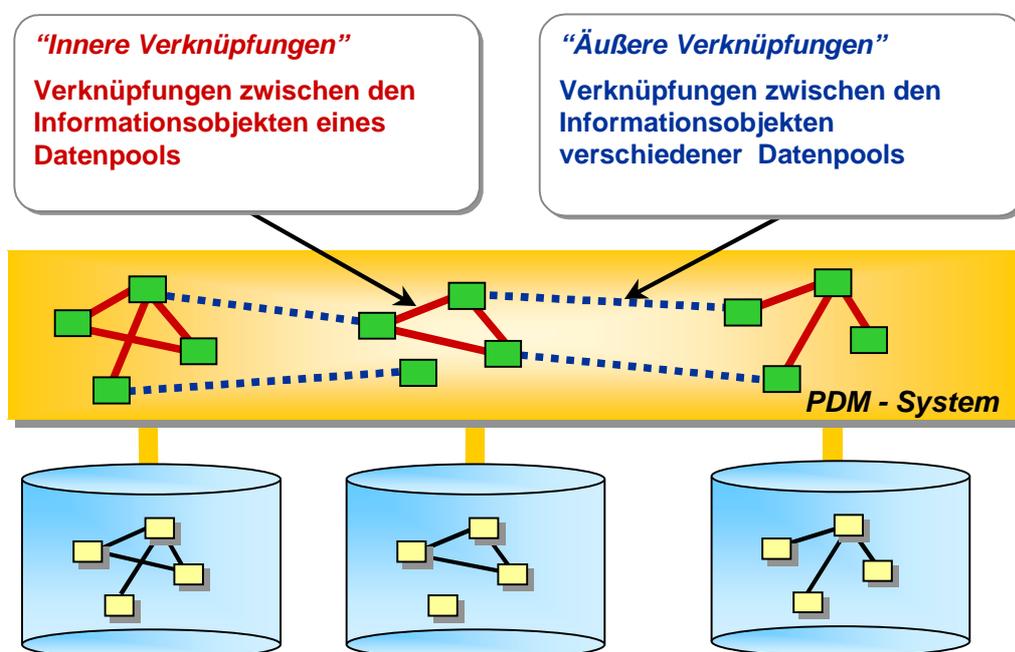


Abbildung 48: Unterscheidung zwischen inneren und äusseren Vernetzungen

5. Methode zur Optimierung der Einführung eines PDM-Systems aus Anwendersicht

Zur Quantifizierung des bestehenden Vernetzungsgrades wird die relative Vernetzungsdichte, im folgenden kurz als Vernetzungsdichte bezeichnet, eingeführt. Sie gibt an, wieviele Vernetzungen zwischen den Informationsobjekten bei gegebenem Datenmengengerüst tatsächlich auftreten im Verhältnis zur Anzahl der maximal möglichen Vernetzungen.

Für die folgenden Ausführungen soll zunächst von der Annahme ausgegangen werden, dass die Beziehungen zwischen den Informationsobjekten nicht gerichtet sind, d. h. dass nicht unterschieden wird, von welchem Informationsobjekt die Beziehung zwischen zwei Informationsobjekten ausgeht. Diese vereinfachende Annahme gründet sich auf die in der Praxis häufig vorkommenden Beziehungen zwischen Produktdaten. Bei den hier auftretenden dokumentierten Beziehungsstrukturen handelt es sich in der Regel um relativ einfache, meist hierarchische Verknüpfungen, z. B. die Zuordnung von Komponenten zu einer Stücklistenstruktur oder die Gruppierung von Lastenheftdokumenten in einer Verzeichnisstruktur. Bei der Abbildung dieser Strukturen wird die Richtung der Beziehung nicht unterschieden. Die anhand dieser vereinfachenden Annahme hergeleitete Methode lässt sich allerdings analog auf den umfassenderen Fall gerichteter Strukturen übertragen.

Zunächst soll die innere Vernetzungsdichte hergeleitet werden, die die Vernetzungen zwischen den Informationsobjekten innerhalb eines Datenpools beschreibt. Die maximale Anzahl von Vernetzungen zwischen den Elementen innerhalb eines ungerichteten, nicht reflexiven Systems mit n Elementen ergibt sich aus (s. a. IGENBERGS [111], PATZAK [112])

$$v_{\max ii} = 0,5 * n_{i \times Obj} * (n_{i \times Obj} - 1)$$

$n_{i \times Obj}$ Anzahl der vorhandenen Informationsobjekte

Gleichung 3: Maximale innere Vernetzungsdichte

Ausgehend von der maximalen möglichen inneren Vernetzungsdichte $v_{\max ii}$ wird unter Berücksichtigung der tatsächlich auftretenden Vernetzungen die innere Vernetzungsdichte v_{ij} wie folgt definiert

$$v_{ij} = \frac{v_{x ii}}{v_{\max ii}}$$

$v_{x ii}$ Anzahl der tatsächlich auftretenden inneren Vernetzungen

$v_{\max ii}$ Anzahl der maximal möglichen inneren Vernetzungen

Gleichung 4: Relative innere Vernetzungsdichte

5. Methode zur Optimierung der Einführung eines PDM-Systems aus Anwendersicht

Die äussere Vernetzungsdichte, die hier zur Beschreibung der Verknüpfungen zwischen den Informationsobjekten unterschiedlicher Datenpools eingeführt wird, ergibt sich aus dem nachfolgend beschriebenen Zusammenhang. Die maximal mögliche Anzahl von ungerichteten Vernetzungen ergibt sich zu

$$V_{\max ij} = n_{i \times Obj} * n_{j \times Obj}$$

$n_{i \times Obj}$ Anzahl der vorhandenen Informationsobjekte aus dem Datenpool i

$n_{j \times Obj}$ Anzahl der vorhandenen Informationsobjekte aus dem Datenpool j

Gleichung 5: Maximale äussere Vernetzungsdichte

Analog zur Bestimmung der inneren Vernetzungsdichte wird unter Berücksichtigung der tatsächlich auftretenden Vernetzungen die äussere Vernetzungsdichte v_{ij} definiert zu

$$v_{ij} = \frac{v_{x ij}}{V_{\max ij}}$$

$v_{x ij}$ Anzahl der tatsächlich auftretenden äusseren Vernetzungen

$V_{\max ij}$ Anzahl der maximal möglichen äusseren Vernetzungen

Gleichung 6: Relative äussere Vernetzungsdichte

Sowohl die innere als auch die äussere Vernetzungsdichte lassen sich aus den auftretenden Beziehungen zwischen den betrachteten Produktdaten bzw. Informationsobjekten herleiten. Sind die Vernetzungen zwischen den Informationsobjekten schon systemtechnisch abgebildet, z. B. in Form einer Datenbank, kann auf diese Daten bei der Ermittlung der Vernetzungsdichten zurückgegriffen werden. Im anderen Fall, d. h. wenn noch keine systemtechnische Abbildung der Strukturen existiert, können die Vernetzungsdichten durch Analyse der Beziehungen zwischen den Informationsobjekten ermittelt werden. Anhand der Berechnungsbeispiele in Kapitel 6 wird diese Vorgehensweise erläutert.

Die Erfahrungen im Rahmen dieser Arbeit haben gezeigt, dass die in der Praxis auftretenden Vernetzungsdichten relativ gering sind. Bei den in Kapitel 6 beschriebenen Beispielrechnungen bewegten sich die Werte der Vernetzungsdichten zwischen 0,0 und 0,029. Hierzu sei folgendes angemerkt. Die Vernetzungsdichte wurde definiert als das Verhältnis aus tatsächlich auftretenden zu maximal möglichen Vernetzungen zwischen den Informationsobjekten. Wie in Gleichung 3 und Gleichung 5 dargestellt, steigt die Anzahl maximal möglichen Vernetzungen stark an mit der Anzahl der Informationsobjekte. So ergibt sich trotz vergleichsweise grosser Anzahl der tatsächlichen auftretenden Vernetzungen nur eine relativ geringe Vernetzungsdichte.

Anhand der Beispielrechnungen (s. Kapitel 6) wird weiterhin deutlich, dass auch die vorliegenden vergleichsweise geringen Vernetzungsdichten einen grossen Einfluss auf den Verlauf des relativen Nutzens haben, d. h. bezüglich dieses Parameters eine hohe Sensitivität vorliegt.

5.2.3. Berücksichtigung der Wichtigkeit der Informationsobjekte aus Anwendersicht

Aus Sicht eines Anwenders sind nicht alle Informationsobjekte bzw. Vernetzungen zwischen den Informationsobjekten von gleicher Wichtigkeit. Dieser Tatsache soll mit der Einführung von Gewichtungsfaktoren Rechnung getragen werden. Für die Beispielrechnungen in Kapitel 6 wurden diese Gewichtungsfaktoren durch Befragung ausgewählter Mitarbeiter ermittelt. Dabei wurden jeweils die Informationsobjekte selbst, sowie deren Vernetzungen mit einem Gewichtungsfaktor belegt (Bewertungsskala von 1 = unbedeutend bis 10 = sehr wichtig) und anschliessend auf die Gesamtsumme der möglichen Punkte normiert (Abbildung 49).

Durch Anwendung dieser Normierungsvorschrift werden die Berechnungsergebnisse mit unterschiedlichen Gewichtungen untereinander vergleichbar.

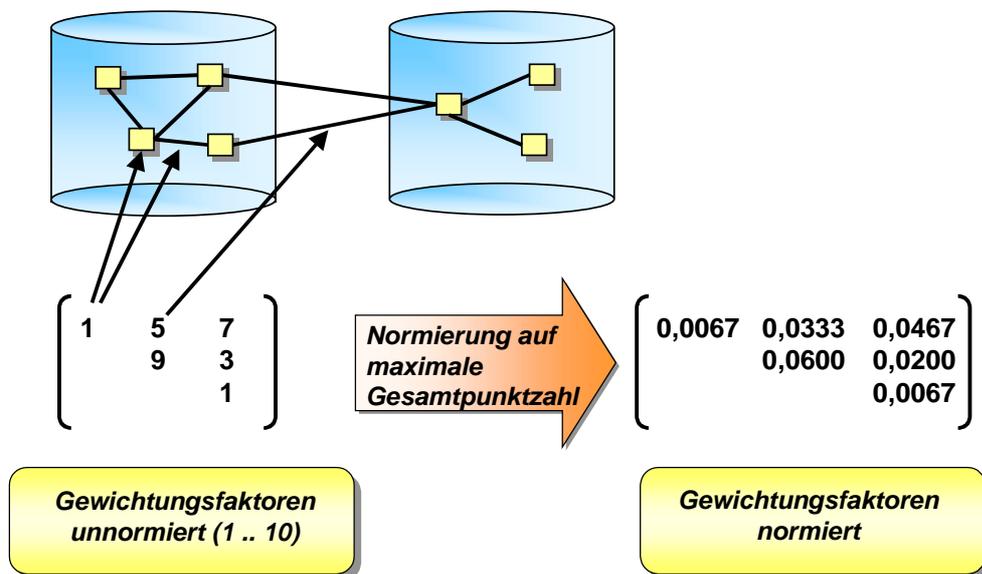


Abbildung 49: Berücksichtigung von Gewichtungsfaktoren

Die durch Befragung ausgewählter Mitarbeiter ermittelten Gewichtungsfaktoren geben nur eine subjektive Einschätzung der Befragten zu einem bestimmten Zeitpunkt wieder. Für den Fall, dass das PDM-System komplett befüllt ist und sich in einem flächendeckenden stabilen Betrieb befindet, bietet sich allerdings die Möglichkeit, anhand der Zugriffshäufigkeit auf die Daten selbst bzw. die Verknüpfungen zwischen den Daten die Gewichtungsfaktoren tatsächlich zu ermitteln. Dieses soll nachfolgend beschrieben werden.

Für die Bestimmung der Gewichtungsfaktoren im Produktivbetrieb wird von der Annahme ausgegangen, dass alle für die Anwender relevanten Informationsobjekte und Vernetzungen vollständig im PDM-System abgebildet sind („100 % Befüllungsgrad“). Geht man weiterhin davon aus, dass die Informationsobjekte oder Verknüpfungen, auf die der jeweilige Anwender zugreift für ihn von Bedeutung sind, kann eine Auswertung dieser Datenzugriffe über der Zeit einen Rückschluss auf die Bedeutung der Information für den Anwender ermöglichen. Eine Auswertung dieser Zugriffe pro Zeiteinheit auf die jeweilige Information im PDM-System, d. h. die *Nutzungsfrequenz*, kann somit als Messgröße für die Bedeutung der Daten verwendet werden. Häufig pro Zeiteinheit angezeigte Daten oder Vernetzungen müssten demnach mit einem hohen Gewichtungsfaktor versehen sein.

Bei diesen Überlegungen ist allerdings zu berücksichtigen, dass im Laufe einer Produktentwicklung die Bedeutung der einzelnen Informationen über der Zeit variiert. So ist z. B. in einer frühen Produktentwicklungsphase das Lastenheft, in dem die Anforderungen an eine Komponente beschrieben werden, eine sehr wichtige Informationsquelle. Die Sachnummern zur Logistiksteuerung hingegen sind in dieser Phase von untergeordneter Bedeutung. In einer späten Entwicklungsphase hingegen kehrt sich die Bedeutung der Informationen um (Abbildung 50).

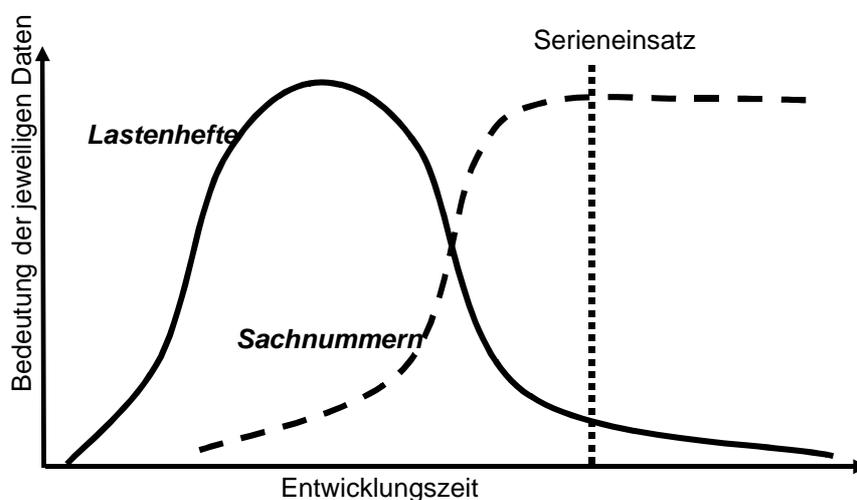


Abbildung 50: Bedeutung der jeweiligen Daten über der Entwicklungszeit (schematisch)

Da somit die Zugriffshäufigkeit auf die jeweiligen Informationen über der Zeit variieren wird, ist der daraus ableitbare Gewichtungsfaktor eine Funktion der Zeit. Nachdem allerdings in der Regel die Implementierungsphase eines PDM-Systems deutlich kürzer ist als die Entwicklungszeit des Fahrzeuges, ist in diesem Fall die Annahme konstanter Gewichtungsfaktoren je Informationsobjekt zulässig. Diese lassen sich als Momentanaufnahme zu Beginn des PDM-Projektes durch Befragung repräsentativer Mitarbeiter ermitteln und sind eine ausreichende Basis für die Bestimmung der optimalen Implementierungsreihenfolge des PDM-Systems (Abbildung 51).

5. Methode zur Optimierung der Einführung eines PDM-Systems aus Anwendersicht

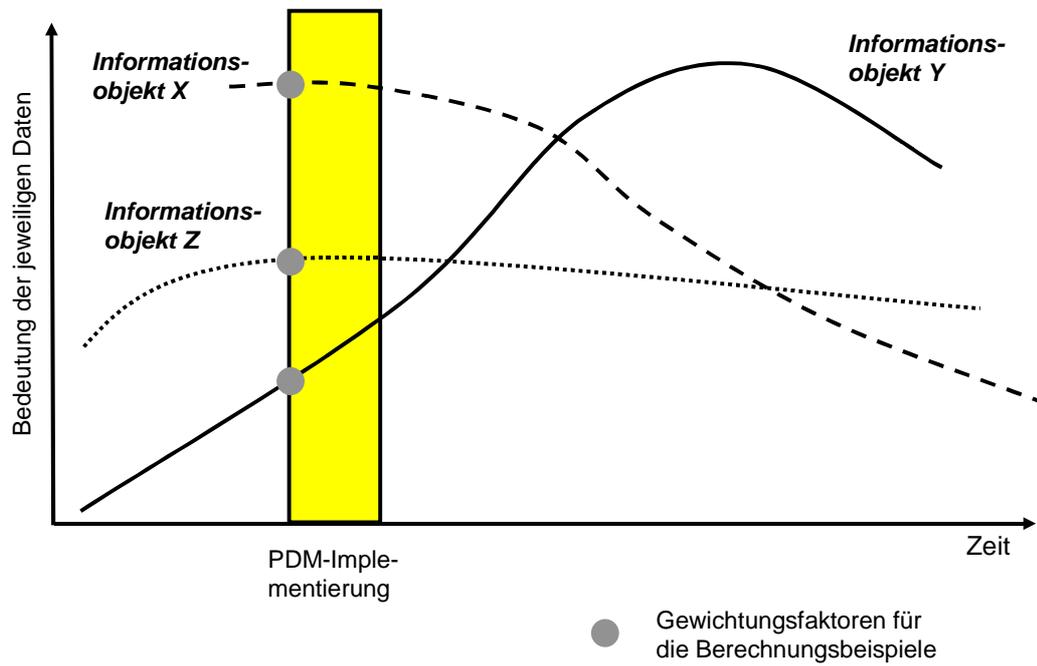


Abbildung 51: Schematische Ermittlung der Gewichtungsfaktoren für die Berechnungsbeispiele

5.2.4. Relativer Nutzen eines PDM-Systems in Abhängigkeit vom Datenbefüllungsgrad in allgemeiner Form

Unter Berücksichtigung der Gleichungen 2 – 6 ergibt sich der relative Nutzen eines PDM-Systems in Abhängigkeit vom Datenbefüllungsgrad, der Gesamtanzahl der bei der PDM-Einführung im PDM-System abzubildenden Daten, den Vernetzungsdichten und Gewichtungsfaktoren in allgemeiner Form nach Gleichung 7 zu

Relativer Nutzen_{Gesamt} =

$$\frac{\sum_{i=1}^I G_{Aii} * n_{i \times Obj} + \sum_{i=1}^I 0,5 * G_{Aii} * v_{ii} * n_{i \times Obj} * (n_{i \times Obj} - 1) + \sum_{i=1}^{I-1} \sum_{j=i+1}^I G_{Aij} * v_{ij} * n_{i \times Obj} * n_{j \times Obj}}{\sum_{i=1}^I G_{Aii} * n_{i \text{ gesObj}} + \sum_{i=1}^I 0,5 * G_{Aii} * v_{ii} * n_{i \text{ gesObj}} * (n_{i \text{ gesObj}} - 1) + \sum_{i=1}^{I-1} \sum_{j=i+1}^I G_{Aij} * v_{ij} * n_{i \text{ gesObj}} * n_{j \text{ gesObj}}}$$

Nutzenanteil
aufgrund der
Verfügbarkeit
abgebildeter
Objekte

Nutzenanteil aufgrund
interner Vernetzungen
zwischen den Daten eines
Datenpools

Nutzenanteil aufgrund
Vernetzungen zwischen
den Daten
verschiedener
Datenpools

Nutz _{rel}	Relativer Nutzen aus Anwendersicht
$n_{i \times Obj}$	Anzahl der abgebildeten Informationsobjekte je Datenpool i
$n_{i \text{ gesObj}}$	Gesamtanzahl der Informationsobjekte je Datenpool i
I	Anzahl der Datenpools
v_{ii}	Innere Verknüpfungsdichte zwischen den Daten eines Datenpools i
v_{ij}	Verknüpfungsdichte zwischen den Daten eines Datenpools i und eines Datenpools j
G_{Aij}	Gewichtungsfaktoren aus Sicht eines Anwenders A

Gleichung 7: Relativer Nutzen in Abhängigkeit vom Datenbefüllungsgrad in allgemeiner Form

Der Nenner in Gleichung 7 ist für ein spezielles PDM-Projekt eine Konstante, die sich aus den Vernetzungsdichten und Gewichtungsfaktoren sowie der Gesamtanzahl der abzubildenden Daten ergibt. Zu Beginn der PDM-Implementierung, d. h. wenn noch keine Daten im PDM-System abgebildet sind, ist der relative Nutzen aus Anwendersicht gleich 0. Mit zunehmender Datenbefüllung steigt der relative Nutzen an, bis er am Ende der PDM-Implementierung den Wert 1 erreicht, wenn alle Produktdaten und die entsprechenden Vernetzungen im PDM-System abgebildet sind ($n_{i \times Obj} = n_{i \text{ gesObj}}$).

Der Verlauf des relativen Nutzens über dem Datenbefüllungsgrad ist abhängig von der Abfolge, in der die Daten in das PDM-System eingestellt werden. Er ist unabhängig davon, ob die Informationsobjekte manuell oder automatisch über eine Schnittstelle in das PDM-System eingecheckt wurden (siehe Abschnitt 3.5). Dieser Aspekt hat allerdings einen Einfluss auf den Zusammenhang zwischen dem Anwendernutzen und der Zeit, der in Abschnitt 5.3 hergeleitet wird.

Wird wie in Kapitel 5.1.3 beschrieben von der Hypothese ausgegangen, dass zwischen dem Nutzen eines PDM-Systems aus Unternehmenssicht sowie der Akzeptanz der PDM-Anwender eine direkte Abhängigkeit zum relativen Nutzen besteht, ist eine Vorgehensweise bei der Datenbefüllung, die insgesamt einen vergleichsweise hohen relativen Nutzen aufweist, zu bevorzugen. Die Aufgabenstellung bei der Optimierung der Implementierungsreihenfolge lässt sich damit so beschreiben, dass zur Befüllung des PDM-Systems mit Daten eine Vorgehensweise gesucht wird, bei der das 'Integral' der relativen Nutzfunktion über dem Datenbefüllungsgrad maximal wird.

5.2.5. Diskussion der Zusammenhänge

Nachfolgend wird der Zusammenhang zwischen dem Anwendernutzen und dem Datenbefüllungsgrad anhand von Beispielen verdeutlicht. Anhand dieser einfachen Beispiele sollen die Zusammenhänge illustriert und erläutert werden. In Kapitel 6 wird die Methode dann an realen Beispielen aus der PDM-Einführung im Fachprozess Elektrik/Elektronik bei der BMW AG angewendet.

Im ersten Beispiel wird davon ausgegangen, dass zwei unterschiedliche Arten von Daten mit Hilfe eines PDM-Systems verwaltet werden sollen. Modellhaft kann man sich wiederum vorstellen, dass sich die entsprechenden Informationsobjekte in zwei unterschiedlichen Datenpools befinden. Es wird weiterhin angenommen, dass zwischen den Informationsobjekten sowohl innere Vernetzungen (v_{11} , v_{22}) als auch äussere Vernetzungen (v_{12}) bestehen (siehe Abschnitt 5.2.2 sowie Abbildung 52). Zudem wird davon ausgegangen, dass in diesem Beispiel alle Informationen die gleiche Bedeutung haben, d. h. es werden keine Gewichtungsfaktoren berücksichtigt.

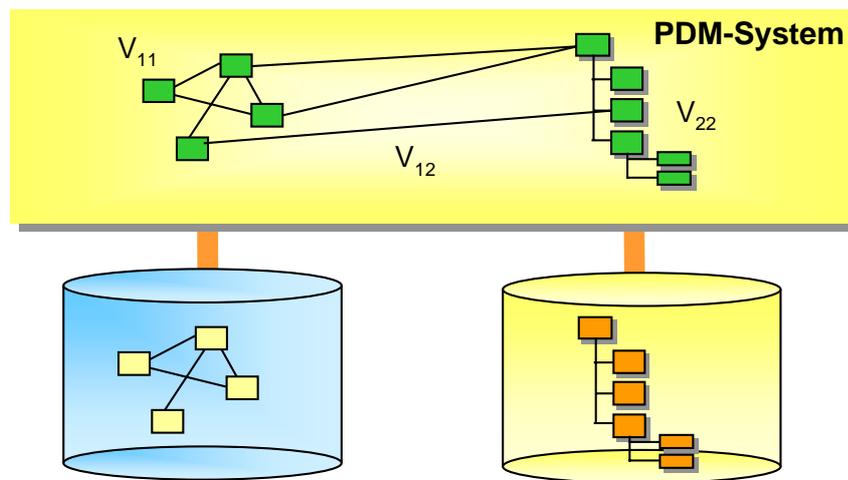


Abbildung 52: Exemplarisches Beispiel: Integration von 2 Datenpools

Der relative Nutzen des PDM-Systems in Abhängigkeit vom Datenbefüllungsgrad und den Vernetzungsdichten ergibt sich zu

Nutz_{rel} =

$$\frac{n_{1xObj} + n_{2xObj} + 0,5 \cdot v_{11} \cdot n_{1xObj} \cdot (n_{1xObj} - 1) + 0,5 \cdot v_{22} \cdot n_{2xObj} \cdot (n_{2xObj} - 1) + v_{12} \cdot n_{1xObj} \cdot n_{2xObj}}{N_{1Obj} + N_{2Obj} + 0,5 \cdot v_{11} \cdot N_{1Obj} \cdot (N_{1Obj} - 1) + 0,5 \cdot v_{22} \cdot N_{2Obj} \cdot (N_{2Obj} - 1) + v_{12} \cdot N_{1Obj} \cdot N_{2Obj}}$$

N_{1Obj} , N_{2Obj} Gesamtzahl der Informationsobjekte je Datenpool

n_{1xObj} , n_{2xObj} aktueller Datenbefüllungsgrad je Datenpool

v_{11} , v_{12} , v_{22} Vernetzungsdichten

Gleichung 8: Relativer Nutzen in Abhängigkeit vom Befüllungsgrad, Beispiel zwei Datenpools

Bei minimalen Vernetzungsdichten ($v_{11} = v_{22} = v_{12} = 0$), d. h. keiner Beziehung zwischen den Informationsobjekten, folgt aus Gleichung 8

$$\text{Nutz}_{\text{rel}} = \frac{n_{1x\text{Obj}} + n_{2x\text{Obj}}}{N_{1\text{Obj}} + N_{2\text{Obj}}}$$

Annahme: $v_{i,j} = 0.$, $v_{ii} = 0.$

$N_{1\text{Obj}}$, $N_{2\text{Obj}}$ Gesamtzahl der Informationsobjekte je Datenpool

$n_{1x\text{Obj}}$, $n_{2x\text{Obj}}$ Anzahl der abgebildeten Informationsobjekte je Datenpool

Gleichung 9: Relativer Nutzen in Abhängigkeit des Datenbefüllungsgrades für zwei Datenpools, Grenzfall: keine Vernetzungen

Wie aus Gleichung 9 ersichtlich ist, steigt der relative Nutzen linear mit dem Datenbefüllungsgrad an. Der Verlauf ist unabhängig davon, ob die Informationsobjekte der beiden Datenpools sequentiell oder parallel im PDM-System abgebildet werden. (Abbildung 53).

Eine weitere Grenzwertbetrachtung, der Fall maximaler Vernetzungsdichten, ergibt sich unter der Annahme, dass jedes Informationsobjekt mit jedem anderen verknüpft ist ($v_{11} = v_{12} = v_{22} = 1$). Der relative Nutzen ergibt sich in diesem Fall unter der Annahme, dass $N_1 + N_2 \gg 1$ zu

$$\text{Nutz}_{\text{rel}} \approx \frac{(n_{1x\text{Obj}} + n_{2x\text{Obj}})^2}{(N_{1\text{Obj}} + N_{2\text{Obj}})^2}$$

Annahme: $v_{i,j} = 1.$, $v_{ii} = 1.$; $N_{1\text{Obj}} + N_{2\text{Obj}} \gg 1$

$N_{1\text{Obj}}$, $N_{2\text{Obj}}$ Gesamtzahl der Informationsobjekte je Datenpool

$n_{1x\text{Obj}}$, $n_{2x\text{Obj}}$ Anzahl der abgebildeten Informationsobjekte je Datenpool

Gleichung 10: Relativer Nutzen in Abhängigkeit des Datenbefüllungsgrades für zwei Datenpools, Grenzfall maximale Vernetzungsdichte

Der relative Nutzen steigt in diesem Fall quadratisch mit dem Befüllungsgrad an (Abbildung 53). Auch in diesem Fall spielt es keine Rolle, ob die Informationsobjekte aus beiden Datenpools sequentiell oder parallel in das PDM-System eingecheckt werden.

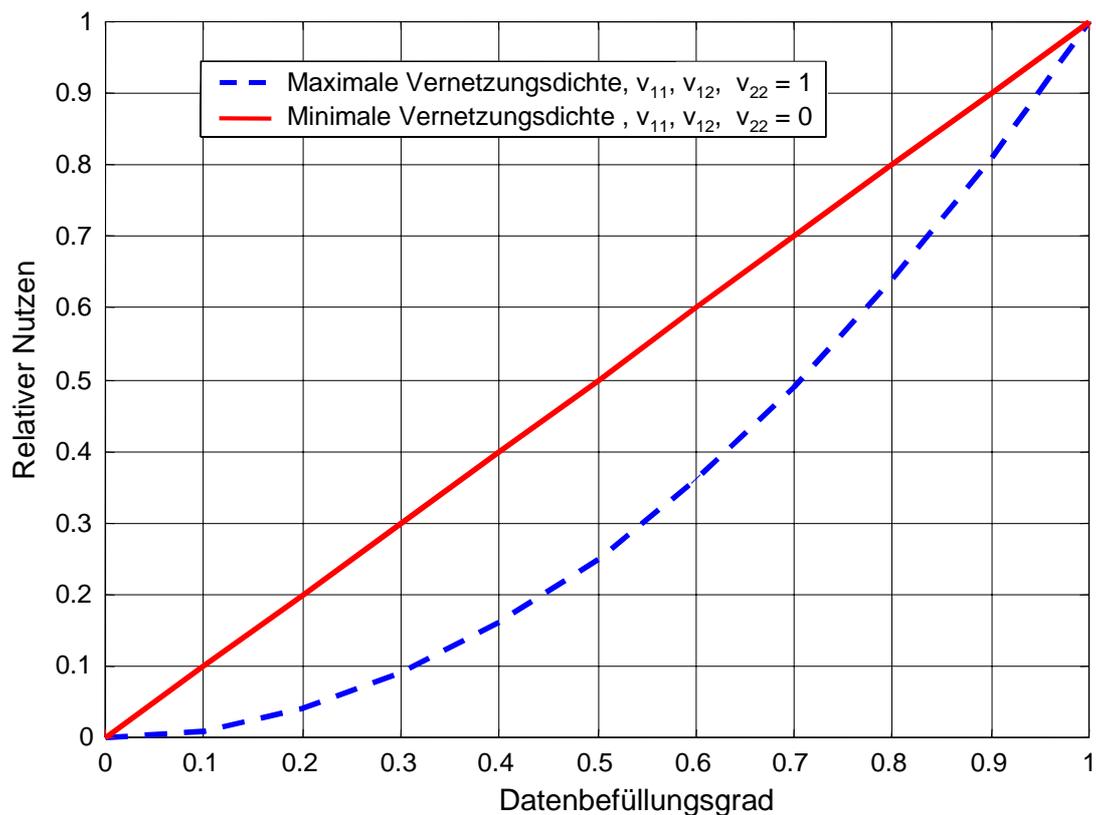


Abbildung 53: Relativer Nutzen in Abhängigkeit vom Datenbefüllungsgrad bei maximaler bzw. minimaler Vernetzungsdichte (Beispiel: 2 Datenpools)

Bei beliebigen Vernetzungsdichten besteht eine Abhängigkeit zwischen dem relativen Nutzen und dem Datenbefüllungsgrad entsprechend Gleichung 8. In Abbildung 54 sind für das Beispiel $N_{1Obj} = 150$, $N_{2Obj} = 300$, $v_{11} = 0,029$, $v_{22} = 0,005$ und $v_{12} = 0,01$ die Kurvenverläufe aufgetragen, die sich bei den Befüllungsreihenfolgen

- parallele Befüllung des PDM-Systems mit Daten beider Datenpools
- sequentielle Befüllung des PDM-Systems: erst Daten aus Datenpool 1, dann aus Datenpool 2
- sequentielle Befüllung des PDM-Systems: erst Daten aus Datenpool 2, dann aus Datenpool 1

ergeben. Wie dem Diagramm zu entnehmen ist, ist der Verlauf des relativen Nutzens davon abhängig, in welcher Reihenfolge die Daten in das PDM-System eingecheckt werden.

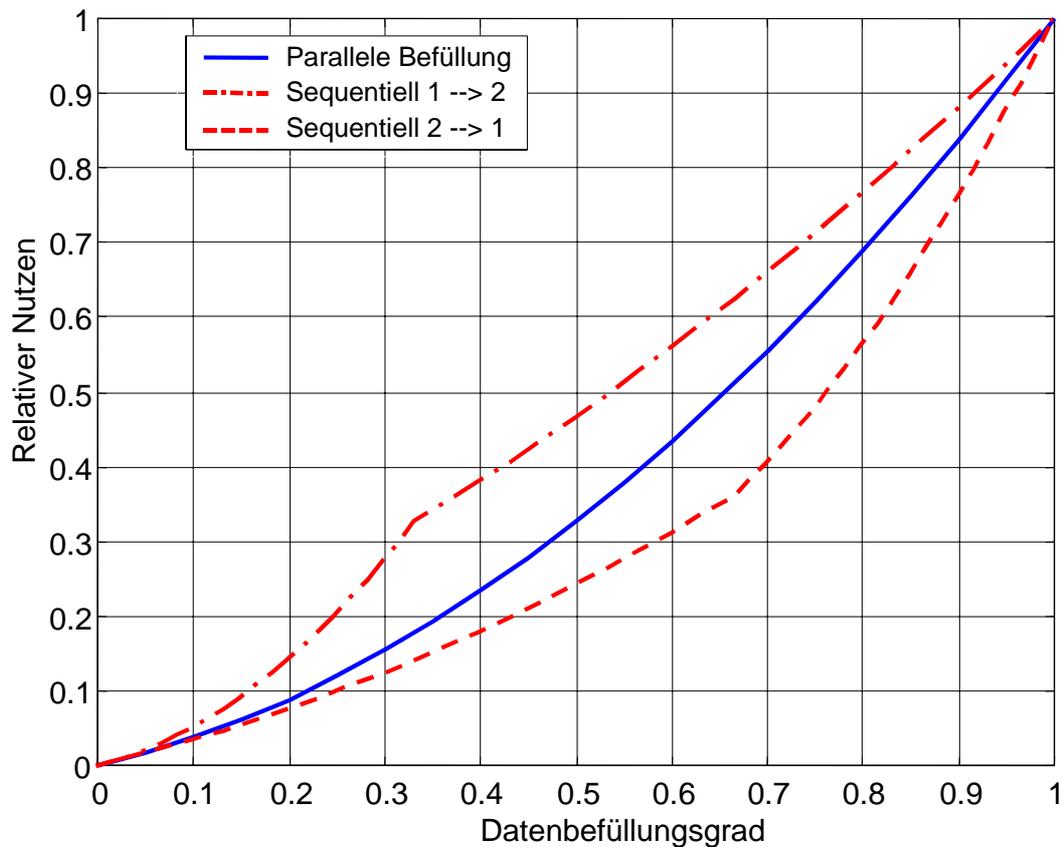


Abbildung 54: Relativer Nutzen über dem Datenbefüllungsgrad bei gegebenen Ausgangswerten (Beispiel 2 Datenpools)

Je mehr Datenpools in das PDM-System zu integrieren sind, desto komplizierter sind die Zusammenhänge des relativen Nutzens vom Datenbefüllungsgrad, die sich entsprechend Gleichung 8 ergeben. Schon bei der Aufgabe, die Daten von drei Datenpools in ein PDM-System zu integrieren, ist die optimale Befüllungsreihenfolge nicht mehr anhand einer einfachen Regel zu ermitteln. Die Abbildung 55 zeigt die entsprechenden Kurvenverläufe für die Parameterdaten $N_{1Obj} = 120$, $N_{2Obj} = 140$, $N_{3Obj} = 140$ und $v_{11} = 0,020$, $v_{22} = 0,005$, und $v_{33} = 0,005$ sowie $v_{12} = 0,012$, $v_{23} = 0,009$ und $v_{13} = 0,005$.

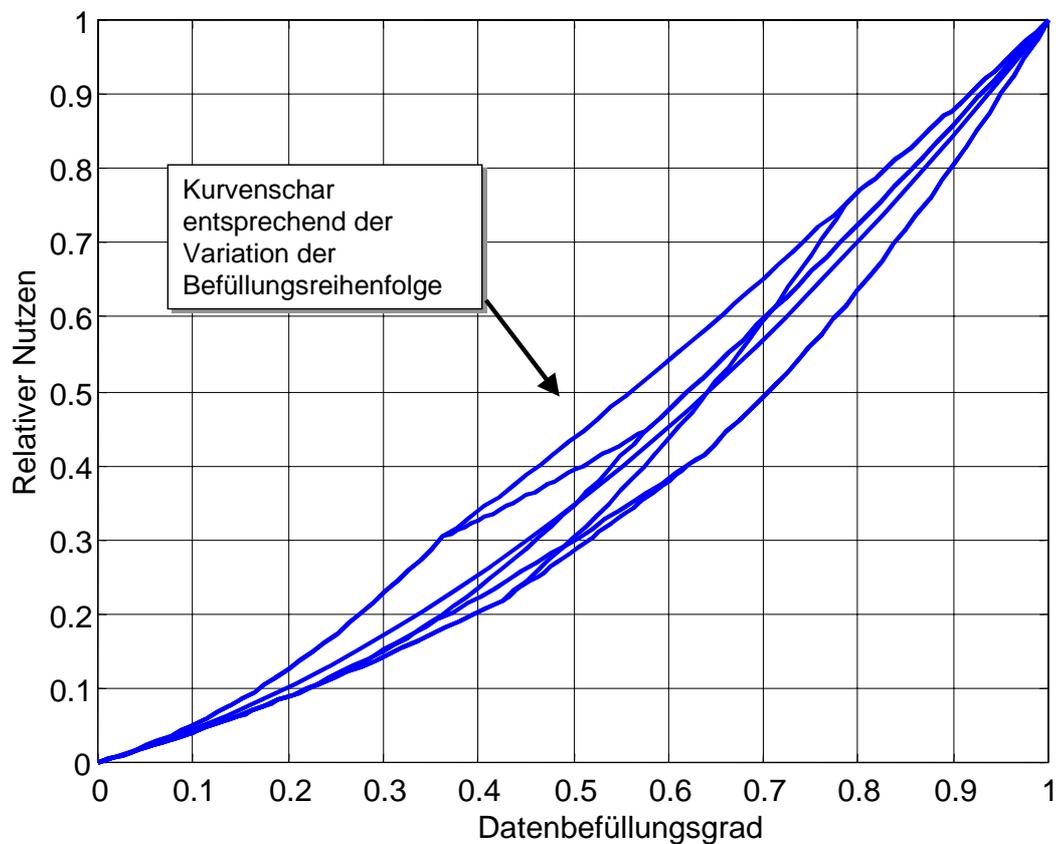


Abbildung 55: Verläufe des relativen Nutzens bei Variation der Befüllungsreihenfolge am Beispiel von 3 Datenpools

Aus Gleichung 8 wird ebenso deutlich, dass bei beliebig vorgegebenem Datenmengengerüst und beliebig vorgegebenen Vernetzungsdichten keine geschlossene analytische Lösung existiert, mit deren Hilfe die optimale Befüllungsreihenfolge ermittelt werden kann. Die Aufgabenstellung, die aus Anwendersicht günstigste Befüllungsreihenfolge zu ermitteln wird in der Praxis noch komplizierter, da in der Regel eine grössere Anzahl von Datenpools zu integrieren ist. Die Abbildung 56 zeigt exemplarisch ein Berechnungsergebnis für 5 Datenpools.

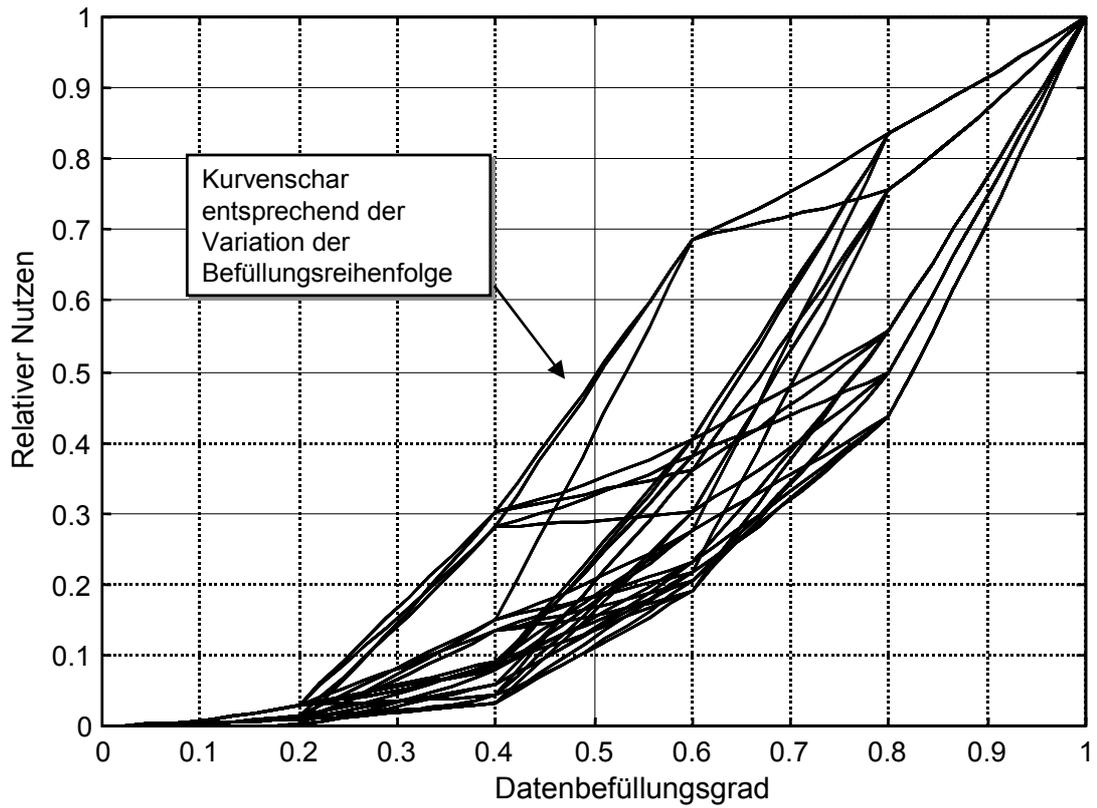


Abbildung 56: Verlauf des relativen Nutzens bei Variation der Befüllungsreihenfolge (5 Datenpools)

5.3. Zusammenhang zwischen dem Nutzen eines PDM-Systems und der Zeit

In den vorangegangenen Abschnitten wurde der Anwendernutzen als Funktion des Datenbefüllungsgrades hergeleitet. Unter Berücksichtigung dieses Zusammenhangs lässt sich im Vorfeld des Implementierungsprojektes eine optimale Abfolge der Einführungsschritte ermitteln. Hierbei wurde allerdings noch nichts über den optimalen zeitlichen Ablauf der Implementierung ausgesagt. Dieser Aspekt soll im folgenden näher beleuchtet werden.

5.3.1. Berücksichtigung ausgewählter Einflussgrößen auf die Implementierungsplanung

In Abschnitt 3.5 wurde beschrieben welche Möglichkeiten existieren, bestehende Daten in ein PDM-System einzuchecken. Es können dabei im wesentlichen zwei Alternativen unterschieden werden: auf der einen Seite das zeitaufwendigere manuelle Einchecken der Daten, auf der anderen Seite die komfortablere automatisierte Übergabe der Daten vom Applikationssystem an das PDM-System, wenn eine Schnittstelle besteht.

Man kann davon ausgehen, dass der Zeitbedarf für das Einchecken der Daten in das PDM-System im wesentlichen von der Anzahl der Metadaten abhängt, die manuell im PDM-System angelegt werden müssen. Wenn keine Schnittstelle zwischen Applikationssystem und PDM-System existiert, und alle erforderlichen Metadaten zu einem Informationsobjekt vom Anwender eingegeben werden müssen, ist dieser Aufwand vergleichsweise viel höher, als wenn eine Schnittstelle besteht.

Dieser Aufwand ist geringer, wenn eine Schnittstelle zwischen Applikationssystem und PDM-System besteht, die eine automatische Übertragung der Metadaten vom Applikationssystem in das PDM-System ermöglicht. Im günstigsten Fall werden alle relevanten Metadaten automatisch in das PDM-System übernommen, so dass keine manuelle Eingabe erforderlich ist. In diesem Fall ist der Zeitaufwand für die Anlage eines Informationsobjektes im PDM-System minimal. Diese Schnittstelle ist zunächst jedoch zu spezifizieren und umzusetzen, was als einmaliger Aufwand bei der Zeit- und Ressourcenplanung zu berücksichtigen ist.

5.3.2. Berücksichtigung der Einflussgrößen an einem Beispiel

Der in Abschnitt 5.2 beschriebene Zusammenhang zur Bestimmung des relativen Nutzens in Abhängigkeit vom Datenbefüllungsgrad lässt sich erweitern, um die oben beschriebenen zeitlichen Abhängigkeiten abzubilden. Auf diese Weise ist es möglich, die Abhängigkeit des relativen Nutzens über der

Implementierungszeit darzustellen. Diese Erweiterung soll nachfolgend an dem einfachen Beispiel der Integration von zwei Datenpools erläutert werden.

Hierbei wird davon ausgegangen, dass der manuelle Eintrag der Metadaten je anzulegendem Informationsobjekt eine gewisse Zeitspanne Δt_i in Anspruch nimmt, abhängig von der Anzahl der zu diesem Datentyp einzugebenden Attribute. Der Zeitpunkt, ab dem mit der Eingabe des jeweiligen Datentyps in das PDM-System begonnen wird, soll hier mit Δt_{s_i} bezeichnet werden.

Für den Fall, dass eine Schnittstelle zwischen Applikations- und PDM-System bereits existiert, geht die Zeitspanne für die Eingabe der Attribute im günstigsten Fall gegen Null ($\Delta t_i \rightarrow 0$). Es wird angenommen, dass Spezifikation und Realisierung einer Schnittstelle zwischen dem jeweiligen Applikationssystem und dem PDM-System eine Zeitspanne Δt_{real_i} in Anspruch nehmen. Dieser Zeitaufwand ist abhängig von den Randbedingungen des Applikationssystems sowie des PDM-Systems. Berücksichtigt man nun ebenso noch eine Zeitspanne Δt_{s_i} vom Start des Implementierungsprojektes bis zu Beginn der Schnittstellenrealisierung, ergibt sich der in Abbildung 57 dargestellte Zusammenhang.

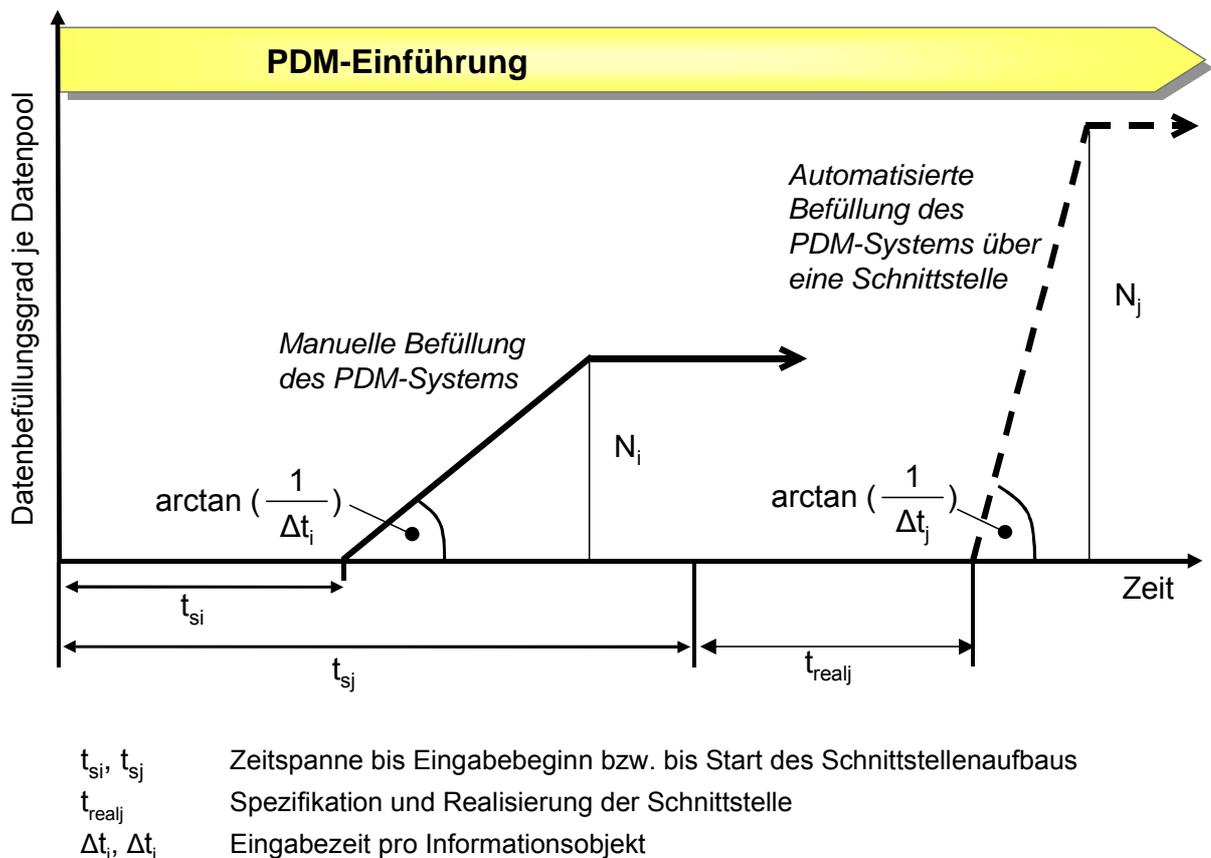


Abbildung 57: Datenbefüllung des PDM-Systems in Abhängigkeit von der Zeit

5. Methode zur Optimierung der Einführung eines PDM-Systems aus Anwendersicht

Mit den oben definierten Grössen lässt sich entsprechend Gleichung 8 der relative Nutzen in Abhängigkeit von der Zeit wie folgt darstellen (Gleichung 11). Gewichtungsfaktoren wurden hierbei nicht berücksichtigt.

$$\text{Nutz}_{\text{rel}} = f(t, \Delta t_1, \Delta t_2, \Delta ts_1, \Delta ts_2, \Delta t_{\text{real } 1}, \Delta t_{\text{real } 2}, N_1, N_2, v_{ij})$$

$$= \frac{n_{1 \times \text{Obj}}(t) + n_{2 \times \text{Obj}}(t) + 0,5 \cdot v_{11} \cdot n_{1 \times \text{Obj}}(t) \cdot (n_{1 \times \text{Obj}}(t) - 1) + 0,5 \cdot v_{22} \cdot n_{2 \times \text{Obj}}(t) \cdot (n_{2 \times \text{Obj}}(t) - 1) + v_{12} \cdot n_{1 \times \text{Obj}}(t) \cdot n_{2 \times \text{Obj}}(t)}{N_{1 \text{Obj}} + N_{2 \text{Obj}} + 0,5 \cdot v_{11} \cdot N_{1 \text{Obj}} \cdot (N_{1 \text{Obj}} - 1) + 0,5 \cdot v_{22} \cdot N_{2 \text{Obj}} \cdot (N_{2 \text{Obj}} - 1) + v_{12} \cdot N_{1 \text{Obj}} \cdot N_{2 \text{Obj}}}$$

$$\text{mit } n_{1 \times \text{Obj}}(t) = \frac{N_1}{\Delta t_1} \cdot t - \frac{N_1 \cdot (\Delta ts_1 + \Delta t_{\text{real } 1})}{\Delta t_1} \quad \Delta ts_1 + \Delta t_{\text{real } 1} \leq t \leq \Delta ts_1 + \Delta t_{\text{real } 1} + \Delta t_1$$

$$n_{2 \times \text{Obj}}(t) = \frac{N_2}{\Delta t_2} \cdot t - \frac{N_2 \cdot (\Delta ts_2 + \Delta t_{\text{real } 2})}{\Delta t_2} \quad \Delta ts_2 + \Delta t_{\text{real } 2} \leq t \leq \Delta ts_2 + \Delta t_{\text{real } 2} + \Delta t_2$$

t	Zeit ab Start der PDM-Einführung
$\Delta t_1, \Delta t_2$	Zeitbedarf zur Eingabe der Metadaten für einen Datensatz
$\Delta ts_1, \Delta ts_2$	Zeit bis Eingabebeginn bzw. Start des Schnittstellenaufbaus
$\Delta t_{\text{real } 1}, \Delta t_{\text{real } 2}$	Zeitbedarf für die Spezifikation und Realisierung der jeweiligen Schnittstelle
$n_{1 \times \text{Obj}}, n_{2 \times \text{Obj}}$	aktueller Datenbefüllungsgrad
N_1, N_2	Gesamtzahl der Informationsobjekte je Datenpool
v_{11}, v_{12}, v_{22}	Vernetzungsdichten

Gleichung 11: Relativer Nutzen des PDM-Systems in der Implementierungsphase über der Zeit (Beispiel 2 Datenpools)

Für eine konkrete Berechnung müssen zunächst die Eingangsparameter ermittelt werden, die in die Berechnung eingehen. Zusätzlich zu den schon erwähnten Grössen wie Datenmengengerüst, Vernetzungsgrade und Gewichtungsfaktoren sind die

- Zeitbedarfe $\Delta t_{\text{real } i}$ für Spezifikation und Realisierung einer Schnittstelle
- Zeitbedarfe Δt_i für die Eingabe der jeweiligen Metadaten pro Informationsobjekt

zu definieren.

Die variablen Größen in Gleichung 8 sind unter der Annahme einer linearen Datenbefüllung die Startzeitpunkte t_{s1} und t_{s2} , d. h. der Beginn der jeweiligen Dateneingabe bzw. der Beginn des Schnittstellenaufbaus. Mithilfe des in Gleichung 11 beschriebenen Zusammenhangs ist bei vorgegebenen Werten t_{s1} und t_{s2} eine Ermittlung des relativen Nutzens des PDM-Systems über der Zeit möglich.

Eine exakte Bestimmung der Eingangsparameter, d. h. der Zeitbedarfe zur Eingabe der Metadaten bzw. der Realisierungsaufwand für die Schnittstellen kann erst dann erfolgen, wenn die Umsetzung im PDM-System schon durchgeführt wurde. Liegen keine Erfahrungswerte für die Eingangsgrößen vor, müssen diese abgeschätzt werden. Eine Bestimmung der optimalen Datenbefüllungsreihenfolge über der Zeit auf Basis dieser Abschätzungen ist daher mit einer gewissen Unsicherheit behaftet.

Bei der PDM-Einführung im Fachprozess Elektrik/Elektronik lagen diesbezügliche Erfahrungswerte nicht vor. Die Anwendungen in der Praxis im Rahmen dieser Arbeit stützen sich daher auf den in Abschnitt 5.2 beschriebenen Zusammenhang zwischen dem relativen Nutzen aus Anwendersicht und dem Datenbefüllungsgrad. Zur Bestimmung einer optimalen Einführungsplanung wurde dabei zunächst die aus Anwendersicht günstigste Datenbefüllungsreihenfolge ohne Berücksichtigung der zeitlichen Randbedingungen ermittelt. Die Eingangsparameter für diese Berechnungen liessen sich dabei auf Basis vorliegender Datenmengengerüste und Datenstrukturen mit ausreichender Genauigkeit ermitteln. Im nachfolgenden Kapitel 5.4 ist diese Methode detailliert beschrieben.

5.4. Ableitung einer Methode zur Optimierung der PDM-Einführung aus Anwendersicht

Zur Ermittlung der optimalen Befüllungsreihenfolge unter Berücksichtigung des Anwendernutzens wurde zunächst versucht, das maximal mögliche Integral unter der Nutzfunktion in Gleichung 7 mit Hilfe eines Standard-Optimierungsverfahren zu lösen (SQP, Sequential Quadratic Programming aus der Matlab-Toolbox [113]). Die Testrechnungen zeigten jedoch eine Abhängigkeit von den Anfangswerten, mit denen die Optimierungsrechnungen gestartet wurden. Daraus wurde gefolgert, dass mit diesem Verfahren keine stabile Lösung erzielt werden kann. Aufgrund der Tatsache, dass nur wenige Kontrollparameter bei der Optimierungsrechnung mit Matlab bereitgestellt wurden, konnte keine genaue Analyse der Fehlerursache durchgeführt werden. Nachdem mit dem Standard-Optimierungsverfahren keine Lösung erzielt werden konnte, wurde für eine allgemeine Lösung des vorliegenden Optimierungsproblems folgende Suchmethode entwickelt.

Ausgangspunkt der Überlegungen war, dass es möglich ist, anhand Gleichung 7 bei beliebigen gegebenen Ausgangsgrößen (Datenmengengerüst, Vernetzungsdichten, Gewichtungsfaktoren) zu jeder Datenbefüllungskombination den relativen Nutzen zu ermitteln. Das Ergebnis ist eine Kurvenschar, bei der jede Kurve eine spezifische Befüllungsmöglichkeit darstellt. In Anbetracht der Tatsache, dass bei einem realen PDM-Projekt zahlreiche Datenpools zu integrieren sind, wird deutlich, dass aufgrund der Kombinatorik eine sehr grosse Anzahl an Befüllungsmöglichkeiten denkbar ist. Am Beispiel von drei zu integrierenden Datenpools wird dies in Abbildung 58 visualisiert.

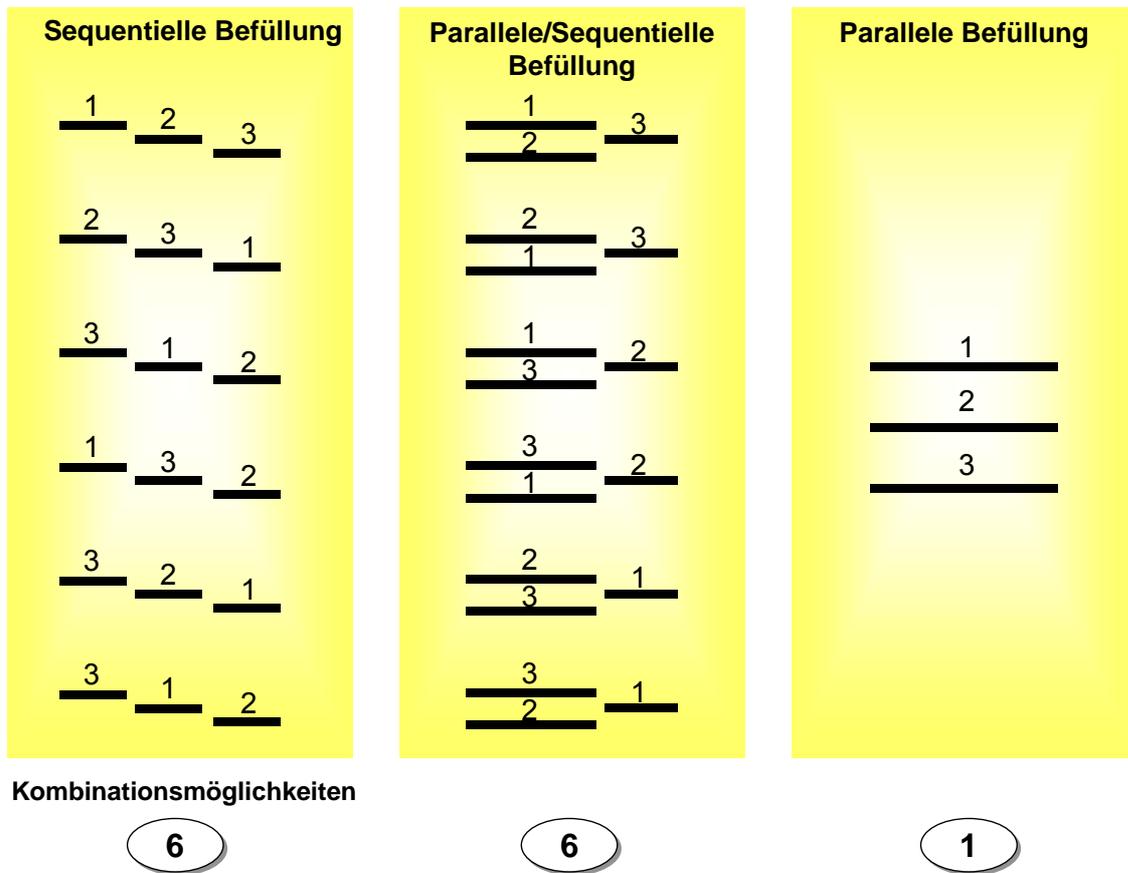


Abbildung 58: Möglichkeiten der Datenbefüllung bei drei Datenpools

In der Praxis ergibt sich jedoch aufgrund der Randbedingungen bei der Implementierung des PDM-Systems eine Einschränkung der theoretisch möglichen Befüllungskombinationen. Um Daten im PDM-System verwalten zu können, muss der entsprechende Datentyp im Datenmodell des PDM-Systems abgebildet sein. Geht man davon aus, dass die Abstimmung bzw. Harmonisierung des Datenmodells eine gewisse Zeit in Anspruch nimmt, wird es nicht zu Beginn des PDM-Projektes in vollständiger Form verfügbar sein. In der Regel erweitert sich das Datenmodell sukzessive von Beginn der PDM-Einführung bis zur kompletten Produktivschaltung des PDM-Systems.

Am Ende der Implementierungsphase beinhaltet das Datenmodell dann alle zu verwaltenden Objekttypen.

Dies bedeutet, dass nicht schon zu Beginn der PDM-Einführung die Möglichkeit besteht, alle unterschiedlichen Produktdatentypen parallel in das PDM-System einzupflegen. Aus diesem Hintergrund wird zur Ermittlung der optimalen Datenbefüllungsreihenfolge folgende Annahme getroffen. Es wird davon ausgegangen, dass die unterschiedlichen Datentypen nacheinander in das PDM-System eingegeben werden, d. h. die Befüllung des PDM-Systems mit den unterschiedlichen Datentypen sequentiell erfolgt. Modellhaft kann man sich vorstellen, dass die verschiedenen Datenpools nacheinander an das PDM-System angeschlossen werden. Unter dieser Prämisse lässt sich für die Berechnung die Anzahl der möglichen Befüllungskombinationen deutlich eingrenzen. Für die im nachfolgenden Kapitel beschriebenen Beispielrechnungen aus dem Fachprozess Elektrik/Elektronik wurde folgendes Vorgehen gewählt:

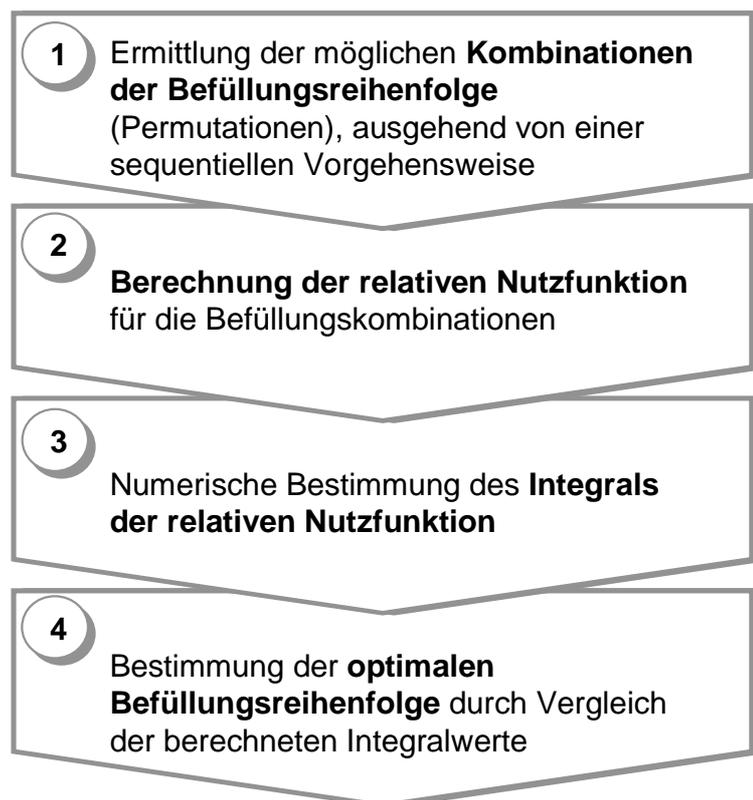


Abbildung 59: Methode zur Ermittlung der optimalen Befüllungsreihenfolge

Zur Umsetzung der beschriebenen Methode wurde ein IV-Programm auf Basis der Matlab-Toolbox-Routinen erstellt.

6. Beispielhafte Anwendung der Methode bei der PDM-Einführung im Fachprozess Elektrik/Elektronik

In diesem Kapitel wird die beschriebene Methode zur Optimierung der PDM-Einführung anhand von drei Beispielen aus der PDM-Einführung im Fachprozess Elektrik/Elektronik bei BMW erläutert. Die Beispielrechnungen beziehen sich auf den Bereich der Steuergeräte-Entwicklung (Abbildung 60) und umfassen die Arbeitsfelder Steuergeräte-Codierdatenentwicklung, Steuergeräte-Konstruktion und Steuergeräte-Softwareentwicklung.

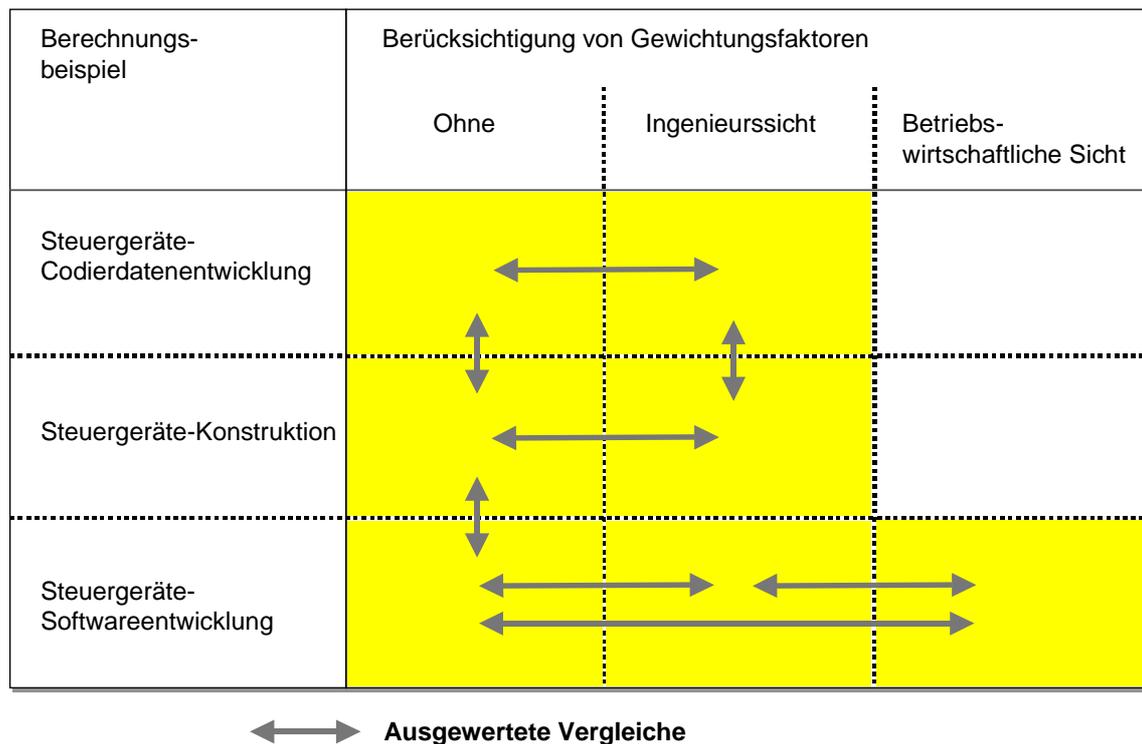


Abbildung 60: Überblick über die Berechnungsbeispiele

Im Rahmen der PDM-Einführung im Fachprozess Elektrik/Elektronik wurde zunächst die Datenverwaltung für den Prozess Steuergeräte-Codierdatenentwicklung untersucht. Der Grund für diese Auswahl war dadurch gegeben, dass eine lokale Datenverwaltung für diesen Prozess schon bestand, die vom PDM-System abgelöst werden sollte. Ebenso waren die Arbeitsabläufe in diesem Bereich weitgehend festgelegt, was einen erheblichen Vorteil bei der Spezifikation im PDM-System benötigten Funktionalitäten bot. Zur Bestimmung des Einflusses der Gewichtungsfaktoren wurden die Berechnungen mit und ohne Berücksichtigung von Gewichtungsfaktoren aus Sicht eines Codierdatenentwicklers durchgeführt.

6. Beispielhafte Anwendung der Methode bei der PDM-Einführung im Fachprozeß E/E

Im zweiten Berechnungsbeispiel, der Datenverwaltung für die Steuergeräte-Konstruktion, existiert ebenso wie im ersten Beispiel eine lokale Datenverwaltung, allerdings nur für Teilumfänge wie z. B. für die Konstruktionszeichnungen. Andere, im Zusammenhang mit der Steuergeräte-Konstruktion stehenden Daten, wie z. B. die Erprobungsergebnisse, werden in der Regel ohne gesamthafte Verwaltung auf dezentralen Speichern angelegt. Ebenso wie im ersten Beispiel wurden die Berechnungen mit und ohne Gewichtungsfaktoren, diesmal aus Sicht eines Steuergeräte-Konstrukteurs, durchgeführt. Ebenso wurden die Ergebnisse dieses Beispiels den Ergebnissen des Beispiels Steuergeräte-Codierdatenentwicklung gegenübergestellt, um Gemeinsamkeiten und Unterschiede zu erkennen.

Das dritte und umfassendste Beispiel beschäftigt sich mit der Datenverwaltung im Zusammenhang mit der Steuergeräte-Softwareentwicklung. In diesem Beispiel wurden die Sichtweisen zwei unterschiedlicher Nutzergruppen, den Steuergeräte-Softwareentwicklern und den Betriebswirten, gegenübergestellt. Auch hier wurden die Berechnungsbeispiele mit den vorangegangenen Beispielen verglichen und ausgewertet.

Die Eingangsgrößen für die Berechnungsbeispiele wie z. B. Datenmengengerüst und Vernetzungsdichten wurden jeweils anhand der vorliegenden Datenstrukturen bestimmt. Die Gewichtungsfaktoren wurden durch Befragung ausgewählter Mitarbeiter ermittelt.

6.1. Beispiel 1: Steuergeräte-Codierung

Wie in Kapitel 2 beschrieben, ergibt sich u. a. aufgrund länderspezifischer Anforderungen bzw. individueller kundenspezifischer Sonderausstattungen eine sehr grosse Variantenvielfalt bei den Steuergeräten im Fahrzeug. Um die daraus resultierenden Anforderungen an die Fertigung und Logistik beherrschbar zu machen, enthält in der Regel ein spezifisches Steuergerät einer Fahrzeugbaureihe bei Anlieferung am Band bzw. im Kundendienst einen einheitlichen kompletten Programmsatz. Dieser komplette Programmsatz enthält die Gesamtheit aller Programmteile, von denen dann die entsprechenden länder- bzw. ausstattungs-spezifischen Anteile durch Eintrag fahrzeugspezifischer Parametersätze aktiviert bzw. deaktiviert werden. Dieses Einspielen von spezifischen Parametersätzen wird als „Codierung“ bezeichnet. Auf diese Weise können die Anforderungen an die Steuergeräteleistik in Produktion, Kundendienst und Ersatzteilwesen deutlich reduziert und trotzdem fahrzeugspezifische Anpassungen der Steuergeräte-Funktionen vorgenommen werden.

6.1.1. Herleitung der Eingangsgrößen für die Berechnung

Im gewählten Beispiel wird davon ausgegangen, dass alle im Zusammenhang mit der Codierung stehenden Produktdaten zu einem Fahrzeugprojekt in das PDM-System eingegeben werden.

Zunächst wurden die Informationsobjekte, die im Zusammenhang mit der Entwicklung der Steuergeräte-Codierdaten von Bedeutung sind, identifiziert und das Datenmengengerüst bestimmt (Tabelle 5). Als Ausgangssituation wurde in diesem Beispiel angenommen, dass sich im Fahrzeug 70 codierbare Steuergeräte befinden. Weiterhin wurden die Vernetzungen zwischen den einzelnen Informationsobjekten ermittelt und deren Anzahl bestimmt (Tabelle 6). Aus diesen Vorgaben wurden anschliessend die Vernetzungsdichten ermittelt (Tabelle 7).

Beschreibung der Informationsobjekte	Anzahl der Informationsobjekte
Codierdateien (CD) <ul style="list-style-type: none"> je Steuergerät existiert eine CD 	Summe: 70 70
Steuergeräte-Software (SG-SW) <ul style="list-style-type: none"> die SG-SW besteht aus dem Standardbetriebssystem (SB) und der spezifischen Funktionssoftware (SG-FS) des jeweiligen Steuergerätes 	Summe: 71 71 = 1 SB und 70 FS
Steuergerätebeschreibungsdateien <ul style="list-style-type: none"> je Steuergerät existiert eine SGBD 	Summe: 70
Lastenhefte (LH) <ul style="list-style-type: none"> je Steuergerät existiert ein Lastenheft 	Summe: 70 70
Sachnummern (SN) <ul style="list-style-type: none"> das Steuergerät als Zusammenbau aus Steuergeräte-Software (SB + FS) und der Steuergeräte-Hardware erhält eine Sachnummer Jede spezifische SG-FS und das SB erhalten eine SN Lastenhefte erhalten eine Sachnummer 	Summe: 211 70 71 70

Tabelle 5: *Beispiel Steuergeräte-Codierdatenentwicklung: Datenmengengerüst*

	<i>Codierdaten (CD)</i>	<i>Steuergeräte-Software (SG-SW)</i>	<i>Steuergeräte-Beschreibungsdateien (SGBD)</i>	<i>Lastenhefte (LH)</i>	<i>Sachnummen (SN)</i>
<i>Codierdaten (CD)</i>	die CD's haben keine Vernetzung untereinander (0)	zu jeder SG-SW gehört ein Codierdatensatz (70)	zu jeder SG-SW gehört ein Codierdatensatz (70)	die Anforderungen an die Funktion/ Codierung werden je SG im LH beschrieben (70)	jede SG-SW-Sachnr. und jede SG-Zusbau-Sachnr. sind mit einer CD-Sachnr. gekoppelt (140)
<i>Steuergeräte-Software (SG-SW)</i>		zwischen dem SB und der jeweiligen FS des SG's besteht eine eindeutige Vernetzung (70)	zu jeder SG-SW gehört eine SGBD (70)	die Anforderungen an die SG-SW werden je SG im Lastenheft beschrieben (70)	SG-FS und SG-BS erhalten eine Sachnummer (71)
<i>Steuergeräte-Beschreibungsdateien (SGBD)</i>			die SGBD's haben keine Vernetzung untereinander (0)	die Anforderungen an die SGBD werden je SG im Lastenheft beschrieben (70)	SGBD's erhalten keine Sachnummer (0)
<i>Lastenhefte (LH)</i>				Derzeit existiert je LH durchschn. eine Vernetzung zu einem anderen LH (70)	jedes Lastenheft erhält eine Sachnummer (70)
<i>Sachnummen (SN)</i>					SG → SG-FS SG → SG-BS SG → LH (210)

Tabelle 6: Beispiel Steuergeräte-Codierdatenentwicklung: Vernetzungen zwischen den Informationsobjekten

6. Beispielhafte Anwendung der Methode bei der PDM-Einführung im Fachprozeß E/E

	Codierdaten	Steuergeräte-Software	SG-Beschreib.-dateien	Lastenhefte	Sachnummern
Codierdaten	0 70 <u>2415</u> 0,000	70 71 <u>4970</u> 0,014	70 70 <u>4900</u> 0,014	70 70 <u>4900</u> 0,014	140 211 <u>14770</u> 0,009
Steuergeräte-Software		70 71 <u>2485</u> 0,028	0 70 <u>4970</u> 0,000	70 70 <u>4970</u> 0,014	71 211 <u>14981</u> 0,005
SG-Beschreib.-dateien			0 70 <u>2415</u> 0,000	70 70 <u>4900</u> 0,014	0 211 <u>14770</u> 0,000
Lastenhefte				70 70 <u>2415</u> 0,029	70 211 <u>14770</u> 0,005
Sachnummern					210 211 <u>22155</u> 0,009

Legende:

Anzahl der auftretenden Vernetzungen	Anzahl der Informationsobjekte
Anzahl der maximal möglichen Vernetzungen	Vernetzungsdichte

Tabelle 7: Beispiel Steuergeräte-Codierdatenentwicklung: Vernetzungsgrade

6. Beispielhafte Anwendung der Methode bei der PDM-Einführung im Fachprozeß E/E

Die Gewichtungsfaktoren, die durch Befragung ausgewählter Codierdatenentwickler ermittelt wurden, sind in Tabelle 8 zusammengestellt.

	Codier- daten	SG- Software	SGBD's	Lasten- hefte	Sach- nummern
Codierdaten	10 <i>0,0667</i>	8 <i>0,0533</i>	8 <i>0,0533</i>	2 <i>0,0133</i>	1 <i>0,0067</i>
SG-Software		8 <i>0,0533</i>	4 <i>0,0267</i>	2 <i>0,0133</i>	1 <i>0,0067</i>
SGBD's			8 <i>0,0533</i>	2 <i>0,0133</i>	1 <i>0,0067</i>
Lastenhefte				2 <i>0,0133</i>	1 <i>0,0067</i>
Sachnummern					1 <i>0,0067</i>

Legende:

unnormiert
<i>normiert</i>

Tabelle 8: *Beispiel Steuergeräte-Codierdatenentwicklung: Gewichtungsfaktoren*

6.1.2. Berechnungsergebnisse Beispiel 1: Steuergeräte-Codierung

Zunächst werden die Berechnungsergebnisse mit Berücksichtigung der Gewichtungsfaktoren diskutiert. Wie aus den vorangegangenen Überlegungen zu erwarten war, zeigt der Verlauf des relativen Nutzens über dem Datenbefüllungsgrad eine deutliche Abhängigkeit von der Datenbefüllungsreihenfolge (Abbildung 61). Erkennbar ist, dass sich die Unterschiede im Verlauf des relativen Nutzens bis zu mittlerem Datenbefüllungsgrad stetig vergrößern und bei weiterer Datenbefüllung anschliessend wieder gegen Null gehen.

6. Beispielhafte Anwendung der Methode bei der PDM-Einführung im Fachprozeß E/E

Gerade in der Phase der PDM-Einführung, in der die ersten Pilotprojekte erfolgreich umgesetzt wurden und das PDM-System schon teilweise befüllt ist, ist nach den Erfahrungen im Projekt ECCO auf die Motivation der Anwender besonderes Augenmerk zu richten. Die Gründe dafür sollen nachfolgend erläutert werden. In der Anfangsphase, wenn die Anwender die ersten Bedienungen am PDM-System durchführen, ist deren Konzentration darauf gerichtet, die Funktionalitäten des PDM-Systems zu verstehen und die Bedienung zu erlernen.

Je länger die Anwender allerdings mit dem System arbeiten, um so geübter und kritischer werden sie im Umgang mit dem PDM-System. Mit zunehmenden Erfahrungen, die die Anwender sammeln, steigen deren Anforderungen an Funktionalität und Benutzerfreundlichkeit. Nachdem die Umsetzung dieser zusätzlich geforderten Anforderungen in der Regel eine gewisse Zeit in Anspruch nimmt, können die Anwender meist nicht kurzfristig zufriedengestellt werden. Eine Möglichkeit, dieses Defizit an Funktionalität des PDM-Systems aus Sicht der Anwender auszugleichen, ist, auf der anderen Seite möglichst viele Informationen im PDM-System bereitzustellen. Ein vergleichsweise hoher Datenbefüllungsgrad wirkt sich daher insbesondere in dieser Phase akzeptanz- und motivationsfördernd aus.

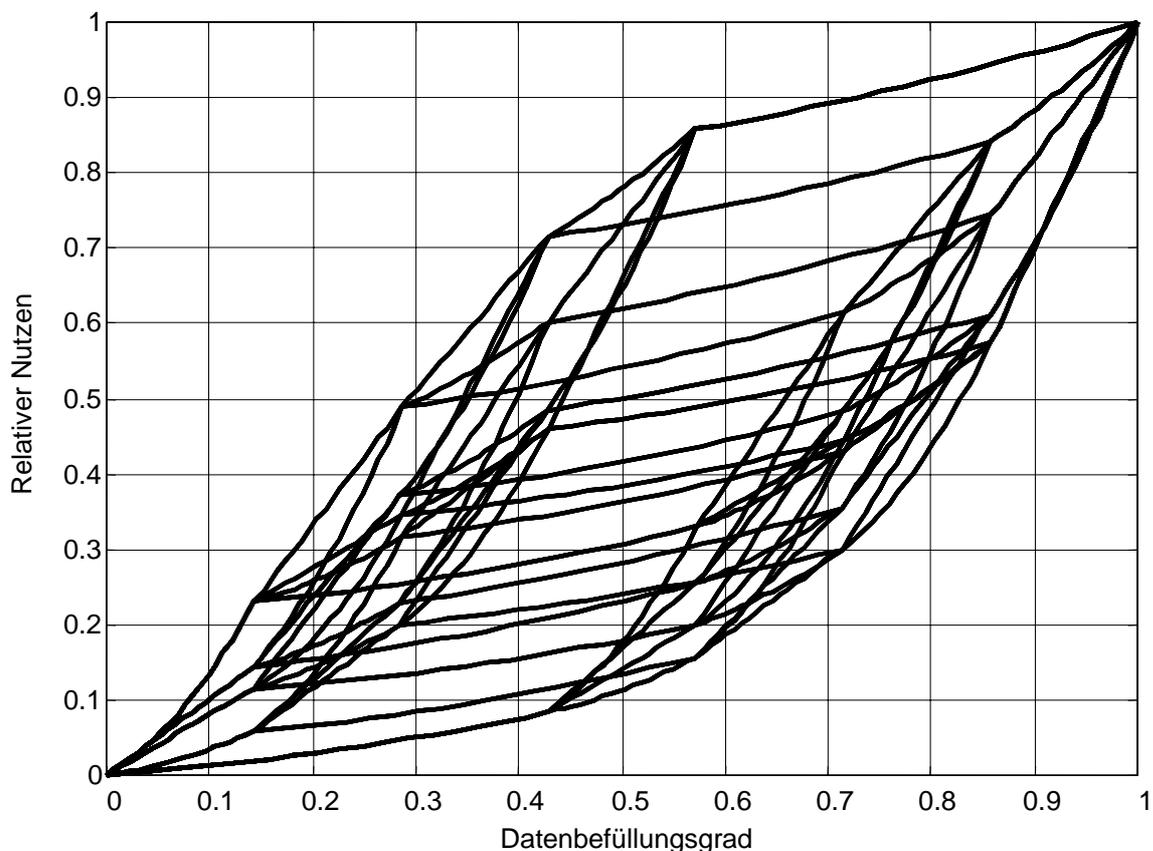


Abbildung 61: Beispiel Steuergeräte-Codierdatenentwicklung: Verlauf der Nutzfunktion bei Variation der Befüllungsreihenfolge

6. Beispielhafte Anwendung der Methode bei der PDM-Einführung im Fachprozeß E/E

Der günstigste und ungünstigste Verlauf der relativen Nutzfunktion sind in Abbildung 62 gegenübergestellt. Festzustellen ist, dass die günstigste Befüllungsreihenfolge einen fast dreimal so hohen gesamthaften Nutzen aufweist wie die ungünstigste Befüllungsreihenfolge (Tabelle 9). Wie vermutet werden kann, stellt die ungünstigste Befüllungsreihenfolge annähernd die Umkehrung der günstigsten Befüllungsreihenfolge dar.

An erster bis dritter Stelle der günstigsten Befüllungsreihenfolge stehen die Daten, die aus Sicht eines Codierdatenentwicklers von hoher Bedeutung sind und daher mit hohen Gewichtungsfaktoren belegt wurden. Die Daten, die geringe Gewichtungsfaktoren bekamen, stehen auf den hinteren Plätzen bei der günstigsten Befüllungsreihenfolge.

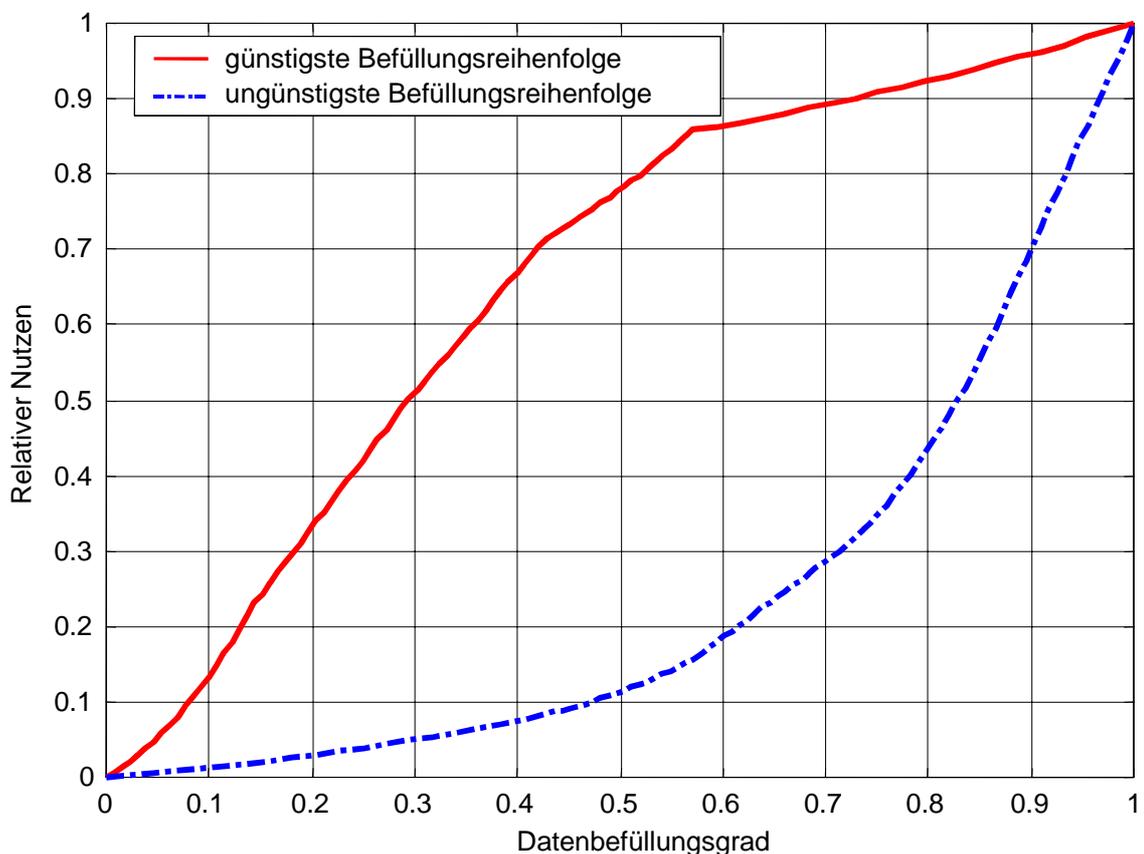


Abbildung 62: Beispiel Steuergeräte-Codierdatenentwicklung: Günstigster und ungünstigster Verlauf der relativen Nutzfunktion

Günstigste Befüllungsreihenfolge	Ungünstigste Befüllungsreihenfolge
Relativer Nutzen integriert = 0,6574	Relativer Nutzen integriert = 0,2363
<ol style="list-style-type: none"> 1. SG-Software 2. Codierdaten 3. Steuergeräte-Beschreibungsdateien 4. Lastenhefte 5. Sachnummern 	<ol style="list-style-type: none"> 1. Sachnummern 2. Lastenhefte 3. Steuergeräte-Beschreibungsdateien 4. SG-Software 5. Codierdaten

Tabelle 9: Beispiel Steuergeräte-Codierdatenentwicklung: Vergleich der günstigsten und ungünstigsten Befüllungsreihenfolge

Der Vergleich mit den Berechnungsergebnissen ohne Berücksichtigung der Gewichtungsfaktoren bringt folgende Erkenntnisse. Auch in diesem Fall zeigen sich die grössten Unterschiede bei mittleren Datenbefüllungsgraden (Abbildung 63). Die Unterschiede sind allerdings geringer als bei dem vorherigen Beispiel unter Berücksichtigung der Gewichtungsfaktoren.

Die optimale Befüllungsreihenfolge ist hier in etwa vergleichbar mit der Reihenfolge, in der die Daten im Entwicklungsprozess erzeugt werden (Tabelle 10). An erster Stelle stehen die Lastenhefte, die die Basis für viele Entwicklungstätigkeiten darstellen und daher hohe Vernetzungsdichten zu den anderen Daten aufweisen.

In Abbildung 64 sind die günstigste und ungünstigste Befüllungsreihenfolge mit und ohne Gewichtungsfaktoren gegenübergestellt. Wie deutlich erkennbar, bewirkt die Berücksichtigung der subjektiven Bewertung aus Anwendersicht eine Vergrößerung der Unterschiede zwischen günstigster und ungünstigster Vorgehensweise.

In Tabelle 11 ist die jeweils günstigste Datenbefüllungsreihenfolge dargestellt. Unabhängig von der Berücksichtigung von Gewichtungsfaktoren ist es günstig, möglichst frühzeitig die Steuergeräte-Software und die Codierdaten im PDM-System zu verankern.

6. Beispielhafte Anwendung der Methode bei der PDM-Einführung im Fachprozeß E/E

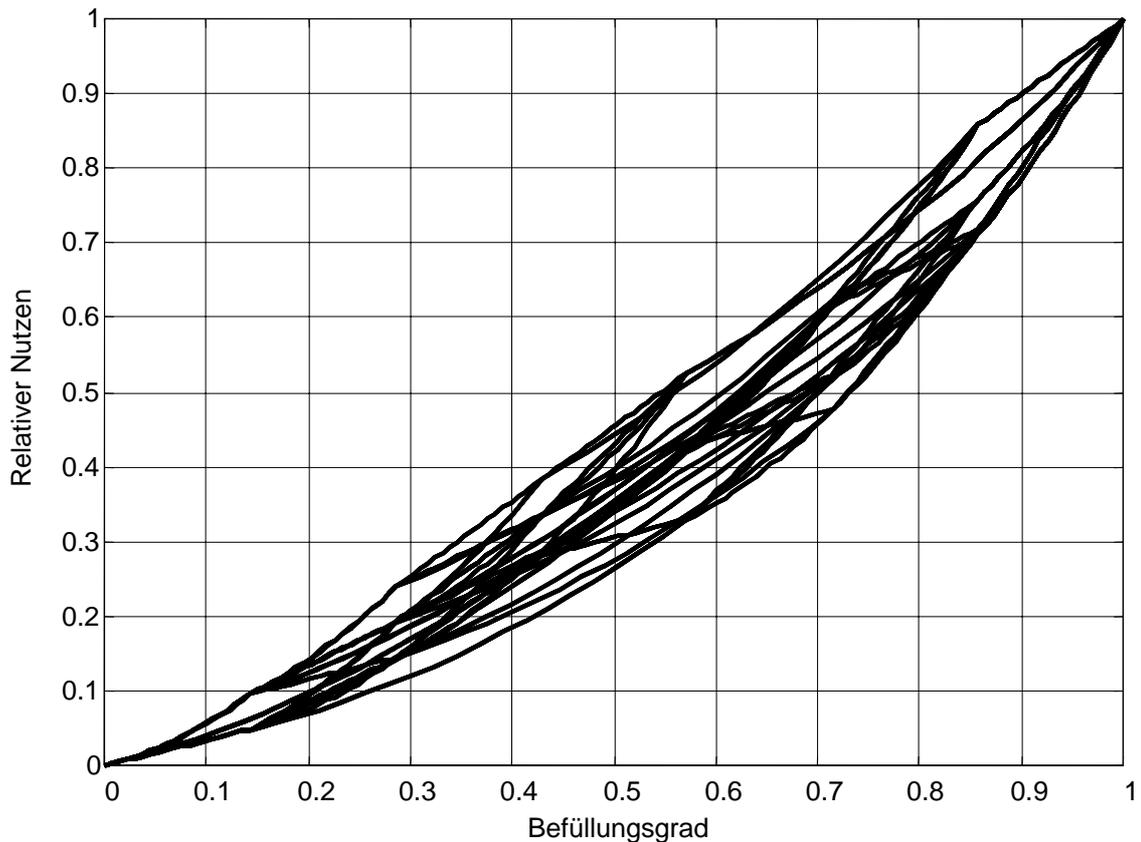


Abbildung 63: Beispiel Steuergeräte-Codierdatenentwicklung: Verlauf der Nutzfunktion in Abhängigkeit von der Befüllungsreihenfolge, ohne Gewichtungsfaktoren

Günstigste Befüllungsreihenfolge	Ungünstigste Befüllungsreihenfolge
Relativer Nutzen integriert = 0,4616	Relativer Nutzen integriert = 0,3368
1. Lastenhefte	1. SG-Beschreibungsdateien
2. Steuergeräte-Software	2. Sachnummern
3. Codierdaten	3. Steuergeräte-Software
4. Sachnummern	4. Codierdaten
5. SG-Beschreibungsdateien	5. Lastenhefte

Tabelle 10: Beispiel Steuergeräte-Codierdatenentwicklung: Vergleich der günstigsten und ungünstigsten Befüllungsreihenfolge, ohne Gewichtungsfaktoren

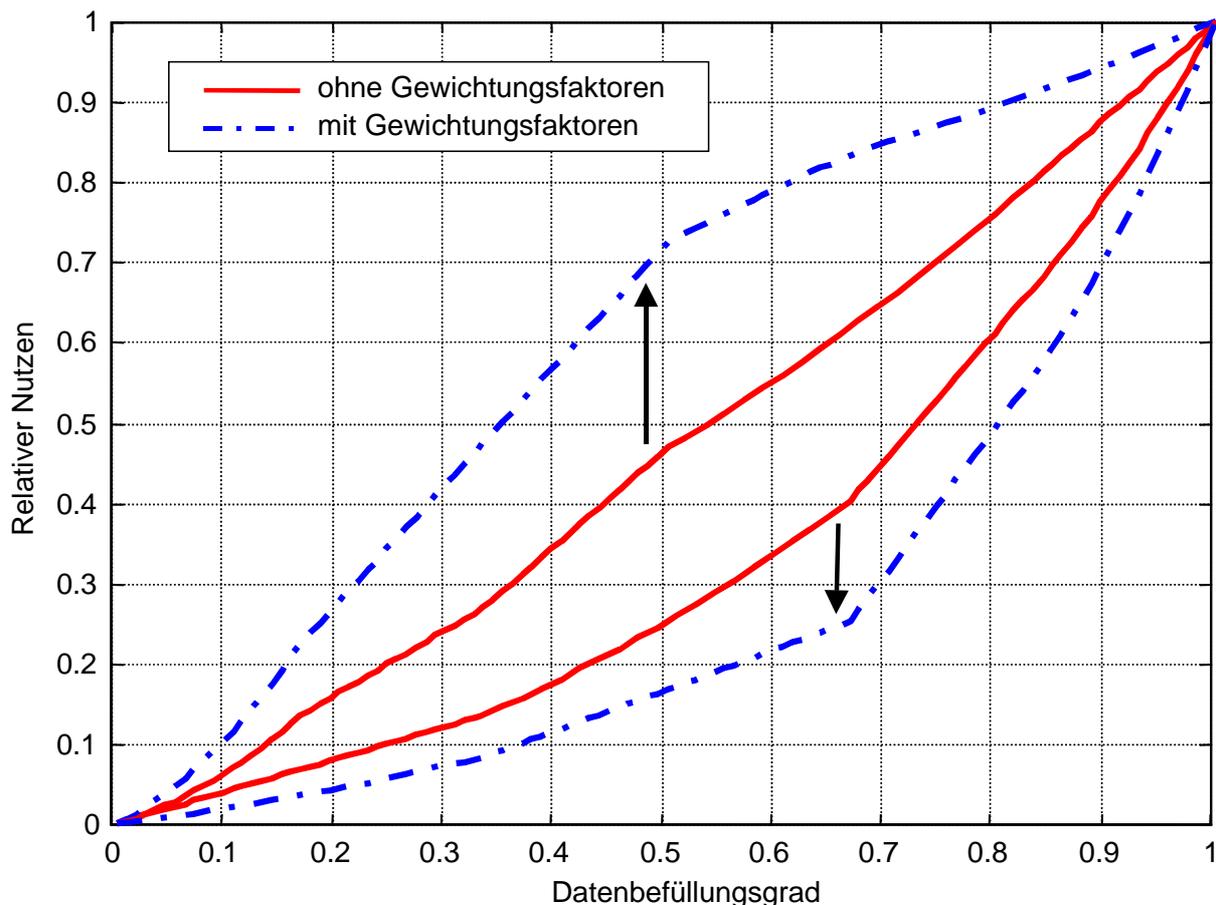


Abbildung 64: Beispiel Steuergeräte-Codierdatenentwicklung: Vergleich der günstigsten und ungünstigsten Befüllungsreihenfolgen mit und ohne Gewichtungsfaktoren

Günstigste Befüllungsreihenfolge, mit Gewichtungsfaktor	Günstigste Befüllungsreihenfolge, ohne Gewichtungsfaktor
Relativer Nutzen integriert = 0,6574	Relativer Nutzen integriert = 0,4616
1. SG-Software	1. Lastenhefte
2. Codierdaten	2. Steuergeräte-Software
3. SG-Beschreibungsdateien	3. Codierdaten
4. Lastenhefte	4. Sachnummern
5. Sachnummern	5. SG-Beschreibungsdateien

Tabelle 11: Beispiel Steuergeräte-Codierdatenentwicklung: günstigste Befüllungsreihenfolgen

6.2. Beispiel 2: Steuergeräte-Konstruktion

Unter der Bezeichnung ‚Steuergeräte-Konstruktion‘ soll hier die Auslegung des Steuergerätes entsprechend den Vorgaben im Lastenheft sowie die Verifikation der Steuergerätefunktionen anhand von Erprobungsergebnissen verstanden werden.

6.2.1. Herleitung der Eingangsgrößen für die Berechnung

Es wird hier wie schon im ersten Beispiel (Steuergeräte-Codierdatenentwicklung, siehe Abschnitt 6.1), von der Annahme ausgegangen, dass sich 70 Steuergeräte im Fahrzeug befinden. Die Informationsobjekte, die für die Steuergeräte-Konstruktion von Bedeutung sind, sind in Tabelle 12 zusammengestellt. Die logischen Verknüpfungen, die zwischen diesen Informationsobjekten bestehen, sind in der Tabelle 13 beschrieben. Aus diesen Angaben lassen sich, wie im vorherigen Beispiel, die für die Berechnung zugrundegelegten Vernetzungsdichten (Tabelle 14) ableiten.

Beschreibung der Informationsobjekte	Anzahl der Informationsobjekte
Lastenhefte <ul style="list-style-type: none"> je Steuergerät sind die Anforderungen in einem Lastenheft zusammengefasst 	Summe: 70 70
CAD-Modell <ul style="list-style-type: none"> je Steuergerät wird ein CAD-Modell erstellt 	Summe: 70 70
Teilekosten <ul style="list-style-type: none"> jedem Steuergerät sind Ist-Stückkosten zugeordnet 	Summe: 70 70
Sachnummern <ul style="list-style-type: none"> jedes Steuergerät wird über eine Sachnummer gekennzeichnet jedes Lastenheft erhält zur Identifizierung eine Sachnummer 	Summe: 140 70 70
Erprobungsergebnisse <ul style="list-style-type: none"> zu jedem Steuergerät wird ein Satz Erprobungsergebnisse zugeordnet 	Summe: 70 70

Tabelle 12: Beispiel Steuergeräte-Konstruktion: Datenmengengerüst

	<i>Lastenhefte</i>	<i>CAD-Modelle</i>	<i>Teilekosten</i>	<i>Sachnummern</i>	<i>Erprobungsergebnisse</i>
<i>Lastenhefte</i>	Derzeit existiert je Lastenheft durchschn. eine Vernetzung zu einem anderen Lastenheft (70)	jedes CAD-Modell referenziert auf ein Lastenheft (70)	die Istkosten je Steuergerät sind nicht im Lastenheft enthalten (0)	jedes Lastenheft erhält eine Sachnummer (70)	Erprobungserg. werden mit den Anforderungen im jew. Lastenheft verglichen (70)
<i>CAD-Modelle</i>		keine direkten Vernetzungen zwischen den CAD-Modellen (0)	Istkosten können dem CAD-Modellstand zugeordnet werden (70)	CAD-Modelle referenzieren auf die Sachnummer des Steuergerätes (70)	Erprobungsergebnisse können einem Konstruktionsstand zugeordnet werden (70)
<i>Teilekosten</i>			keine Verbindung zwischen den Teilekosten (0)	Teilekosten werden der jew. Steuergeräte-Sachnummer zugeordnet (70)	keine Vernetzung (0)
<i>Sachnummern</i>				jeder SG-Sachnr. wird eine Lastenheft-Sachnr. zugeordnet (70)	keine Vernetzung (0)
<i>Erprobungsergebnisse</i>					keine Vernetzung (0)

Tabelle 13: Beispiel Steuergeräte-Konstruktion: Vernetzungen zwischen den relevanten Daten

6. Beispielhafte Anwendung der Methode bei der PDM-Einführung im Fachprozeß E/E

	Lastenhefte	CAD-Modelle	Teilekosten	Sachnummern	Erprobungs- ergebnisse
Lastenhefte	70 <u>2415</u> 0,029	70 70 <u>4900</u> 0,014	0 70 <u>4900</u> 0	70 140 <u>9800</u> 0,007	70 70 <u>4900</u> 0,014
CAD-Modelle		0 70 <u>2415</u> 0,0	70 70 <u>4900</u> 0,014	70 140 <u>9800</u> 0,007	70 70 <u>4900</u> 0,014
Teilekosten			0 70 <u>2415</u> 0,0	70 140 <u>9800</u> 0,007	0 70 <u>4900</u> 0,0
Lastenhefte				70 140 <u>9730</u> 0,007	0 70 <u>9800</u> 0,0
Sach- nummern					0 70 <u>2415</u> 0,0

Legende:

Anzahl der auftretenden Vernetzungen	Anzahl der Informations- objekte
Anzahl der maximal möglichen Ver- netzungen	Vernetzungs- dichte

Tabelle 14: Beispiel Steuergeräte-Konstruktion: Vernetzungsgrade

6. Beispielhafte Anwendung der Methode bei der PDM-Einführung im Fachprozeß E/E

Die durch Befragung ausgewählter Konstrukteure ermittelten Gewichtungsfaktoren sind in Tabelle 15 zusammengestellt.

	Lastenhefte	CAD-Modelle	Teilekosten	Sachnummern	Erprob.-ergebnisse
Lastenhefte	8 <i>0,0533</i>	8 <i>0,0533</i>	4 <i>0,0267</i>	2 <i>0,0133</i>	6 <i>0,0400</i>
CAD-Modelle		10 <i>0,0667</i>	4 <i>0,0267</i>	2 <i>0,0133</i>	6 <i>0,0400</i>
Teilekosten			4 <i>0,0267</i>	2 <i>0,0133</i>	1 <i>0,0067</i>
Sachnummern				2 <i>0,0133</i>	1 <i>0,0067</i>
Erprob.ergeb. .					6 <i>0,0400</i>

Legende:

unnormiert
<i>normiert</i>

Tabelle 15: Beispiel Steuergeräte-Konstruktion: Gewichtungsfaktoren

6.2.2. Berechnungsergebnisse Beispiel 2: Steuergeräte-Konstruktion

Die Berechnungsergebnisse unter Berücksichtigung der Gewichtungsfaktoren stellen sich wie folgt dar. Die optimale Befüllungsreihenfolge spiegelt die Abfolge der Datennutzung/-erzeugung im Entwicklungsablauf wider (Tabelle 16). Die ungünstigste Befüllungsreihenfolge ist in diesem Fall eine direkte Umkehrung der günstigsten Reihenfolge. Der integrierte relative Nutzen ist bei optimaler Datenbefüllungsreihenfolge um den Faktor 2,3 höher als bei ungünstigster Befüllungsreihenfolge (Abbildung 65). In diesem Beispiel wird deutlich, wie viel eine Optimierung der Befüllungsreihenfolge zur Steigerung der Akzeptanz der Nutzer beitragen kann.

6. Beispielhafte Anwendung der Methode bei der PDM-Einführung im Fachprozeß E/E

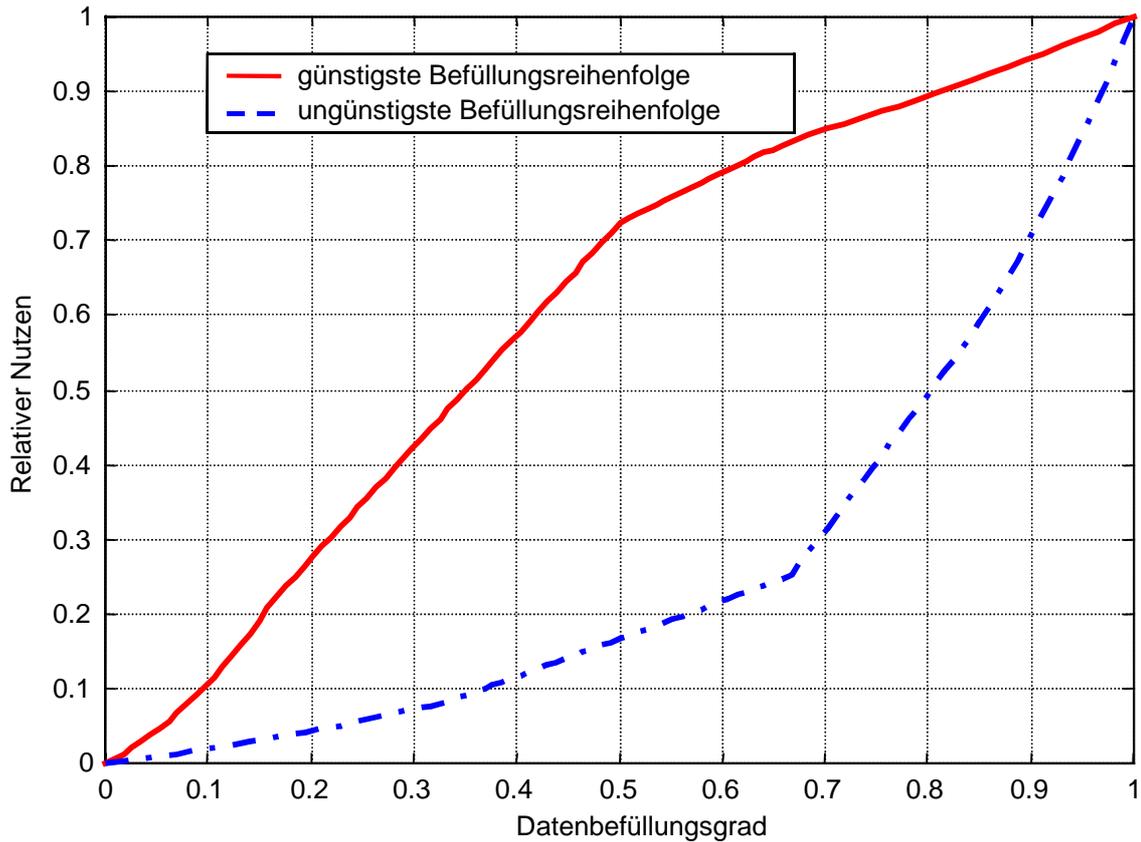


Abbildung 65: Beispiel Steuergeräte-Konstruktion: Günstigster und ungünstigster Verlauf der Nutzfunktion

Günstigste Befüllungsreihenfolge	Ungünstigste Befüllungsreihenfolge
Relativer Nutzen integriert = 0,6075	Relativer Nutzen integriert = 0,2618
1. Lastenhefte	1. Sachnummern
2. CAD-Modelle	2. Teilekosten
3. Erprobungsergebnisse	3. Erprobungsergebnisse
4. Teilekosten	4. CAD-Modelle
5. Sachnummern	5. Lastenhefte

Tabelle 16: Beispiel Steuergeräte-Konstruktion: Vergleich der günstigsten und ungünstigsten Befüllungsreihenfolge, mit Gewichtungsfaktoren

Um den Einfluss der Gewichtungsfaktoren zu ermitteln, wurde auch in diesem Beispiel eine Berechnung ohne Gewichtungsfaktoren durchgeführt.

Der Vergleich der Kurvenverläufe mit und ohne Berücksichtigung der Gewichtungsfaktoren ergibt folgendes. Auch in diesem Beispiel wird durch die Gewichtungsfaktoren einerseits der relative Nutzen bei der günstigsten Befüllungsvariante noch erhöht, andererseits bei der ungünstigsten Befüllungsvariante noch verringert (Abbildung 66). Der Gewichtungsfaktor scheint auch hier die Ausprägung der Tendenzen, sowohl negativ als auch positiv, zu verstärken. Erklärbar ist dies dadurch, dass im vorliegenden Beispiel dort hohe Gewichtungsfaktoren vergeben wurden, wo auch hohe Vernetzungsdichten auftreten. Auf der anderen Seite wurden z. B. die Sachnummerneinträge, die vergleichsweise geringe Vernetzungsdichten aufweisen, mit kleinen Gewichtungsfaktoren belegt. Damit wird der in diesem Beispiel aufgetretene Verstärkungseffekt erklärbar.

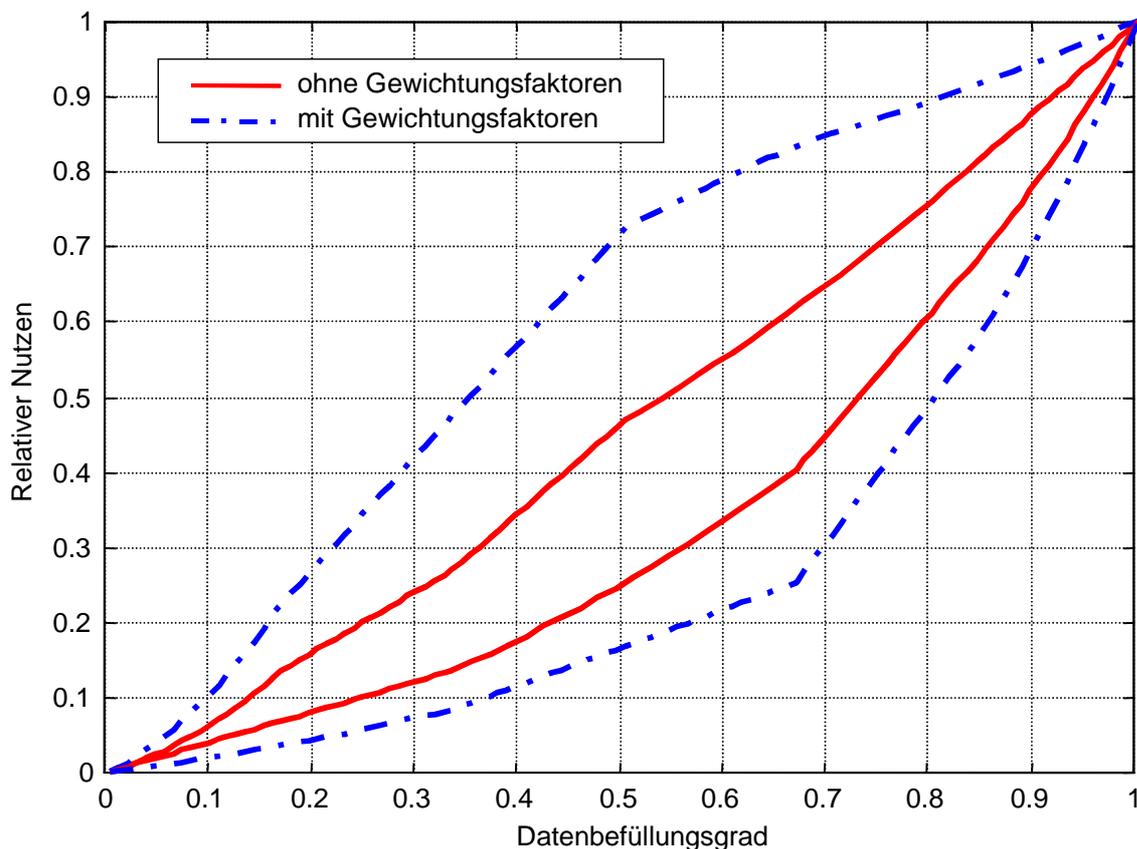


Abbildung 66: Beispiel Steuergeräte-Konstruktion: Vergleich der günstigsten und ungünstigsten Befüllungsreihenfolge mit und ohne Gewichtungsfaktoren

6. Beispielhafte Anwendung der Methode bei der PDM-Einführung im Fachprozeß E/E

Die aus Anwendersicht optimale Befüllungsreihenfolge wird in diesem Beispiel kaum durch die Gewichtungsfaktoren beeinflusst (Tabelle 17). Erklärbar ist dies dadurch, dass wie oben beschrieben in diesem Beispiel hohe Vernetzungsdichten mit hohen Gewichtungsfaktoren korrelieren und umgekehrt. Insofern werden die günstigste und ungünstigste Datenbefüllungsreihenfolge durch die Berücksichtigung von Gewichtungsfaktoren nicht beeinflusst, wohl aber die Höhe des relativen Nutzens.

Die optimale Befüllungsreihenfolge spiegelt wie im ersten Beispiel die Reihenfolge wider, in der die Daten im Entwicklungsablauf erzeugt werden. Die Erklärung dieses Phänomens liegt darin, dass die zu Beginn des Entwicklungsprozesses erzeugten Daten in der Regel die Basis für nachfolgende Prozessschritte darstellen. Insofern haben diese Daten zahlreiche Verknüpfungen zu anschließend im Prozess erzeugten Daten. Die Vernetzungsdichten dieser Ausgangsdaten sind daher dementsprechend hoch. Eine Befüllung des PDM-Systems zunächst mit diesen Ausgangsdaten bewirkt, dass zu nachfolgend erzeugten Daten zahlreiche Beziehungen aufgebaut werden können. Daraus resultiert ein vergleichsweise steiler Anstieg des relativen Nutzens über dem Datenbefüllungsgrad sowie ein insgesamt hoher integrierter Nutzen, wenn diese Daten frühzeitig in das PDM-System eingegeben werden.

<i>Günstigste Befüllungsreihenfolge mit Berücksichtigung von Gewichtungsfaktoren</i>	<i>Günstigste Befüllungsreihenfolge ohne Berücksichtigung von Gewichtungsfaktoren</i>
Relativer Nutzen integriert = 0,6075	Relativer Nutzen integriert = 0,4621
1. Lastenhefte	1. Lastenhefte
2. CAD-Modelle	2. CAD-Modelle
3. Erprobungsergebnisse	3. Erprobungsergebnisse
4. Teilekosten	4. Sachnummern
5. Sachnummern	5. Teilekosten

Tabelle 17: *Beispiel Steuergeräte-Konstruktion: Vergleich der günstigsten Befüllungsreihenfolgen mit und ohne Bewertungsfaktoren*

6.3. Beispiel 3: Steuergeräte-Softwareentwicklung

Die Entwicklung von Steuergeräte-Software wird auch zukünftig im Automobilbereich an Bedeutung zunehmen. Ein Grossteil der Innovationen im Fahrzeug setzt elektronische Steuerungen bzw. die Realisierung von Regelungs- und Steuerungsfunktionen in Form von Steuergeräte-Software voraus. Bei diesem Beispiel wurde in Ergänzung zu den vorherigen Beispielen davon ausgegangen, dass die Nutzer des PDM-Systems den Informationen je nach Aufgabenstellung unterschiedliche Bedeutung zumessen. So ist verständlich, dass z. B. den Teilekosten aus betriebswirtschaftlicher Sicht mehr Bedeutung zugemessen wird als aus Sicht eines Softwareentwicklers. Um die Sensitivität der Berechnungsergebnisse auf diese unterschiedlichen Sichten herauszuarbeiten, wurde im nachfolgenden Beispiel eine Gewichtung der relevanten Informationsobjekte einerseits aus Sicht eines Softwareentwicklers, andererseits aus Sicht eines Betriebswirtes durchgeführt.

6.3.1. Herleitung der Eingangsgrößen für die Berechnung

Auch in diesem Beispiel wird davon ausgegangen, dass die zu einem Fahrzeugprojekt gehörenden Daten im Zusammenhang mit der Steuergeräte-Softwareentwicklung in das PDM-System eingegeben werden sollen. Basis der Untersuchungen sind wiederum die Daten von 70 Steuergeräten im Fahrzeug. Die in diesem Beispiel relevanten Informationsobjekte sind in Tabelle 18 zusammengefasst. Die zwischen den Daten auftretenden Verknüpfungen sind in Tabelle 19, die daraus berechneten Vernetzungsdichten in Tabelle 20 aufgeführt.

Beschreibung der Informationsobjekte	Anzahl der Informationsobjekte
<p>Sachnummern</p> <ul style="list-style-type: none"> • jedes Steuergerät wird über eine Sachnummer gekennzeichnet • jedes Lastenheft erhält zur Identifizierung eine Sachnummer 	<p>Summe: 140</p> <p>70</p> <p>70</p>
<p>Lastenhefte</p> <ul style="list-style-type: none"> • je Steuergerät sind die Anforderungen in einem Lastenheft zusammengefasst 	<p>Summe: 70</p> <p>70</p>
<p>Steuergeräte-Software</p> <ul style="list-style-type: none"> • jede Steuergerät-Software wird über eine Sachnummer gekennzeichnet 	<p>Summe: 70</p> <p>70</p>
<p>Funktionsbeschreibungen im Bordnetzverbund</p> <ul style="list-style-type: none"> • jeder Funktion im Bordnetz ist eine Funktionsbeschreibung zugeordnet • bei der Zuordnung der Funktionsbeschreibungen zum Steuergerät gibt es drei Möglichkeiten • 1:1-Beziehung: eine Funktion wird in genau einem SG abgebildet • 1:n-Beziehung: eine Funktion wird auf mehrere SG aufgeteilt • n:1-Beziehung: mehrere Funktionen werden in einem SG zusammengefasst 	<p>Summe: 250</p> <p>250</p>
<p>Teilekosten</p> <ul style="list-style-type: none"> • die Ist-Kosten werden dem jeweiligen Steuergerät zugeordnet 	<p>Summe: 70</p> <p>70</p>

Tabelle 18: Beispiel Steuergeräte-Softwareentwicklung: Datenmengengerüst

	Sachnummern	Lastenhefte	Steuergeräte-Software	Funktions- beschreibungen	Teilekosten
Sachnummern	keine Vernetzungen der Sachnummern untereinander (0)	Lastenhefte erhalten eine Sachnummer (70)	jede Steuergeräte-Software wird über eine Sachnummer identifiziert (70)	keine Vernetzung (0)	Teilekosten werden der SG-Hardware zugeordnet, nicht der SG-SW (0)
Lastenhefte		Derzeit existiert je Lastenheft durchschn. eine Vernetzung zu einem anderen LH (70)	die Anforderungen an die SG-SW werden je SG im Lastenheft beschrieben (70)	die Funktionen werden in den Lastenheften beschrieben (250)	die Teilekosten je Steuergerät sind im Lastenheft nicht enthalten (0)
Steuergeräte-Software			zwischen den SG-SW-Blöcken bestehen Verbindungen Annahme: (70)	siehe obige Tabelle, Annahme (140)	Teilekosten werden der SG-Hardware zugeordnet (0)
Funktions- beschreibungen				die Funktionen sind intensiv vernetzt, Annahme (750)	keine Vernetzung (0)
Teilekosten					keine Vernetzung (0)

Tabelle 19: *Beispiel Steuergeräte-Softwareentwicklung: Vernetzungen zwischen den relevanten Daten*

6. Beispielhafte Anwendung der Methode bei der PDM-Einführung im Fachprozeß E/E

	Sachnummern	Lastenhefte	Steuergeräte-Software	Funktionsbeschreibungen	Teilekosten
Sachnummern	0 140 <u>9730</u> 0,000	70 70 <u>9800</u> 0,007	70 70 <u>9800</u> 0,007	0 250 <u>35000</u> 0	0 70 <u>9800</u> 0,000
Lastenhefte		70 70 <u>2415</u> 0,029	70 70 <u>4900</u> 0,014	250 250 <u>17500</u> 0,014	0 70 <u>4900</u> 0,000
Steuergeräte-Software			70 70 <u>2415</u> 0,029	140 250 <u>17500</u> 0,008	0 70 <u>4900</u> 0,000
Funktionsbeschreibungen				750 250 <u>31125</u> 0,024	0 70 <u>17500</u> 0,000
Teilekosten					0 70 <u>2415</u> 0,000

Legende:

Anzahl der auftretenden Vernetzungen	Anzahl der Informationsobjekte
Anzahl der maximal möglichen Vernetzungen	Vernetzungsdichte

Tabelle 20: Beispiel Steuergeräte-Softwareentwicklung: Vernetzungsgrade

Die Gewichtungsfaktoren aus Sicht eines Softwareentwicklers sind in Tabelle 21, die aus Sicht eines Betriebswirtes in Tabelle 22 aufgelistet.

6. Beispielhafte Anwendung der Methode bei der PDM-Einführung im Fachprozeß E/E

Für den Steuergeräte-Softwareentwickler sind sowohl die Lastenhefte als auch die Steuergeräte-Software selbst mit den entsprechenden Vernetzungen von hoher Bedeutung. Die administrativen Daten in Form von Sachnummern in den Hintergrund treten in ihrer Bedeutung demgegenüber in den Hintergrund.

Entsprechend seiner Aufgabenstellung legt der Betriebswirt den Schwerpunkt auf betriebswirtschaftliche Daten. Die technische Information ist für ihn von untergeordneter Bedeutung.

	Sachnummern	Lastenhefte	SG-Software	Fkt.beschreibungen	Teilekosten
Sachnummern	3 <i>0,0200</i>	3 <i>0,0200</i>	5 <i>0,0333</i>	3 <i>0,0200</i>	3 <i>0,0200</i>
Lastenhefte		10 <i>0,0667</i>	10 <i>0,0667</i>	10 <i>0,0667</i>	3 <i>0,0200</i>
SG-Software			10 <i>0,0667</i>	10 <i>0,0667</i>	1 <i>0,0067</i>
Fkt.beschreib.				8 <i>0,0533</i>	1 <i>0,0067</i>
Teilekosten					1 <i>0,0067</i>

Legende:

unnormiert
<i>normiert</i>

Tabelle 21: Beispiel Steuergeräte-Softwareentwicklung: Gewichtungsfaktoren aus Sicht eines Softwareentwicklers

	Sachnummern	Lastenhefte	SG-Software	Fkt.beschreibungen	Teilekosten
Sachnummern	1 <i>0,0067</i>	6 <i>0,0400</i>	1 <i>0,0067</i>	1 <i>0,0067</i>	6 <i>0,0400</i>
Lastenhefte		8 <i>0,0533</i>	1 <i>0,0067</i>	1 <i>0,0067</i>	3 <i>0,0200</i>
SG-Software			1 <i>0,0067</i>	1 <i>0,0067</i>	1 <i>0,0067</i>
Fkt.beschreib.				1 <i>0,0067</i>	1 <i>0,0067</i>
Teilekosten					10 <i>0,0670</i>

Legende:

unnormiert
<i>normiert</i>

Tabelle 22: *Beispiel Steuergeräte-Softwareentwicklung: Gewichtungsfaktoren aus Sicht eines Betriebswirtes*

6.3.2. Berechnungsergebnisse Beispiel 3: Steuergeräte-Softwareentwicklung

a) *Berechnungsergebnisse aus Sicht eines Softwareentwicklers*

In Abbildung 67 ist der Verlauf des relativen Nutzens für unterschiedliche Datenbefüllungsmöglichkeiten aufgetragen. Auffallend ist der grosse Unterschied, der zwischen der günstigsten und der ungünstigsten Befüllungsreihenfolge auftritt. Während sich im ersten Fall der relative Nutzen annähernd proportional zum Datenbefüllungsgrad entwickelt und die Kurve erst bei grösseren Befüllungsgraden abflacht, ist der Anstieg der Nutzfunktion bei ungünstiger Datenbefüllung schon zu Beginn sehr gering. In diesem Fall würde eine Datenbefüllung von über 30 % nur einen relativen Nutzen von ca. 5 % ergeben. Man kann sich leicht vorstellen, dass diese Vorgehensweise der Datenbefüllung die Anwender nicht zufrieden stellen würde.

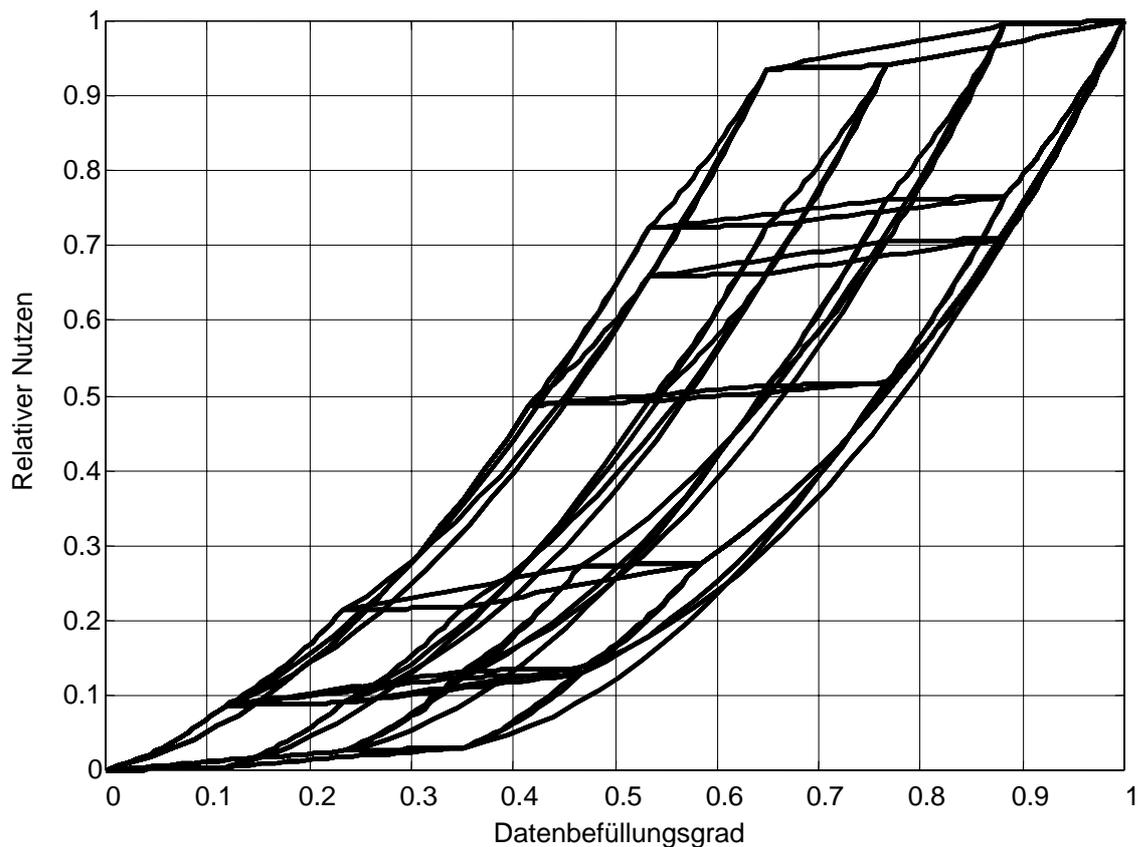


Abbildung 67: *Beispiel Steuergeräte-Softwareentwicklung: Relativer Nutzen in Abhängigkeit von der Befüllungsreihenfolge, Sicht eines SG-Softwareentwicklers*

Die günstigste Befüllungsreihenfolge ergibt sich auch in diesem Beispiel entsprechend dem Entstehungsprozess der Daten im Entwicklungsablauf. Wie aufgrund der hohen Vernetzungsdichten und Gewichtungsfaktoren vorhersehbar, ist es aus Sicht eines Softwareentwicklers günstig, wenn zuerst die Lastenhefte, Funktionsbeschreibungen und die Steuergeräte-Software im PDM-System zur Verfügung stehen. Sachnummern und Teilekosten sind für den Softwareentwickler von untergeordneter Bedeutung. Auch in diesem Beispiel zeigt sich wieder, dass die ungünstigste Befüllungsreihenfolge annähernd der Umkehrung der ungünstigsten darstellt (Tabelle 23).

Günstigste Befüllungsreihenfolge	Ungünstigste Befüllungsreihenfolge
Relativer Nutzen integriert = 0,5851	Relativer Nutzen integriert = 0,2626
1. Lastenhefte	1. Teilekosten
2. Funktionsbeschreibungen	2. Sachnummern
3. Steuergeräte-Software	3. Funktionsbeschreibungen
4. Sachnummern	4. Steuergeräte-Software
5. Teilekosten	5. Lastenhefte

Tabelle 23: Vergleich der günstigsten und ungünstigsten Befüllungsreihenfolge am Beispiel ‚Steuergeräte-Softwareentwicklung aus Entwicklersicht‘

Da auch in diesem Beispiel hohe Vernetzungsdichten in der Regel mit hohen Gewichtungsfaktoren korrelieren und umgekehrt, ergeben sich beim Vergleich der Berechnungen mit und ohne Gewichtungsfaktoren kaum Unterschiede in der Befüllungsreihenfolge. Es tritt dadurch allerdings auch hier der in dem vorangegangenen Beispiel beschriebene ‚Verstärkungseffekt‘ auf (Abbildung 68). Der integrierte relative Nutzen bei optimaler Befüllung ist bei Berücksichtigung der Gewichtungsfaktoren, insbesondere bei grösseren Befüllungsgraden höher.

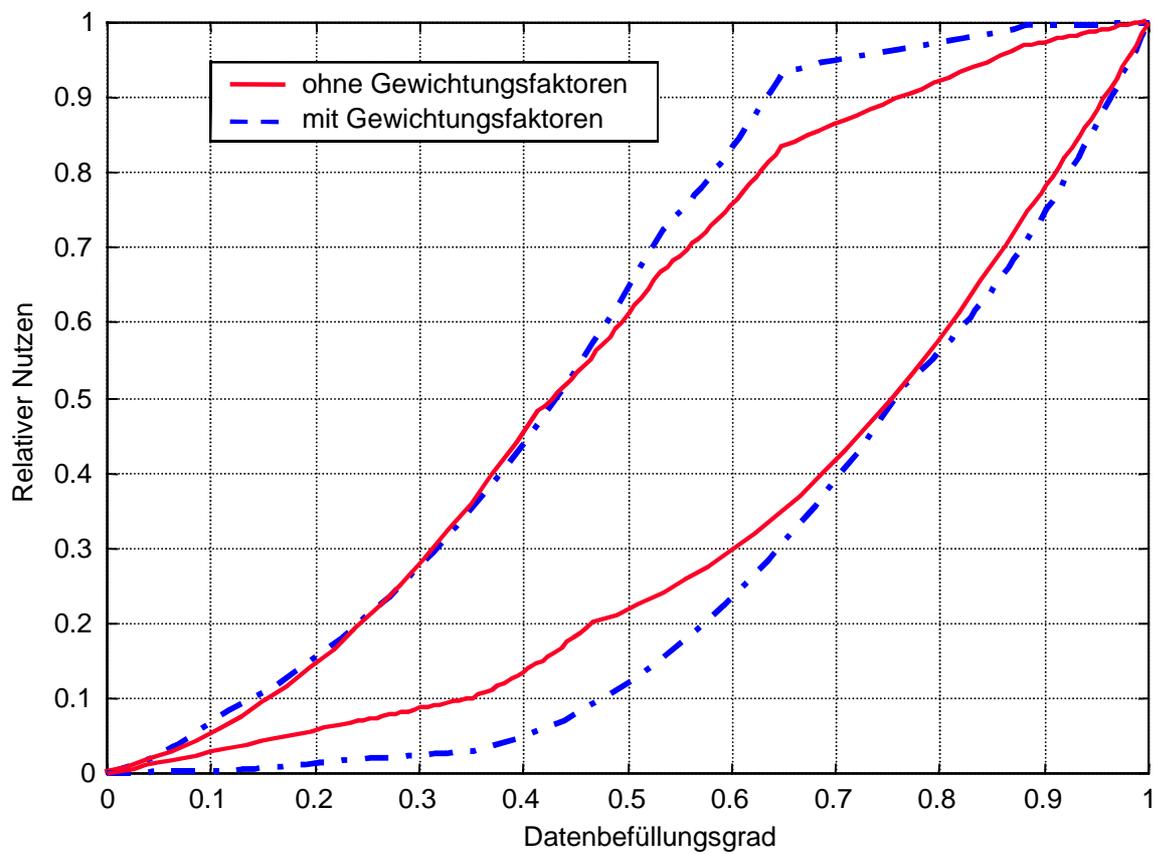


Abbildung 68: Beispiel Steuergeräte-Softwareentwicklung: Vergleich der Berechnungsergebnisse mit und ohne Gewichtungsfaktoren aus Sicht eines Softwareentwicklers

b) *Berechnungsergebnisse aus Sicht eines Betriebswirtes*

Der Verlauf des relativen Nutzens aus Betriebswirtssicht ist ebenso wie aus Sicht eines Softwareentwicklers deutlich von der Vorgehensweise bei der Datenbefüllung abhängig (Abbildung 69). Der Unterschied zwischen der günstigsten und der ungünstigsten Datenbefüllung ist hier allerdings wesentlich grösser. Insbesondere bei kleinen Datenbefüllungsgraden ergibt sich in diesem Beispiel ein noch steilerer Anstieg der Nutzfunktion. Diese Vorgehensweise würde daher insbesondere bei Start der PDM-Einführung zu einer grösseren Akzeptanz der Anwender führen.

Obwohl die Teilekosten mit einem vergleichsweise hohen Gewichtungsfaktor belegt wurden, stehen an erster Stelle bei der optimalen Befüllungsreihenfolge die Lastenhefte (Tabelle 24). Zu erklären ist dieses durch die vergleichsweise hohen Vernetzungen der Lastenhefte zu anderen Daten. Die Teilekosten, die für den Betriebswirt von besonderem Interesse sind und daher mit einem hohen Gewichtungsfaktor belegt wurden, stehen bei der optimalen Befüllungsreihenfolge an zweiter Stelle, vor den Funktionsbeschreibungen und der Steuergeräte-Software.

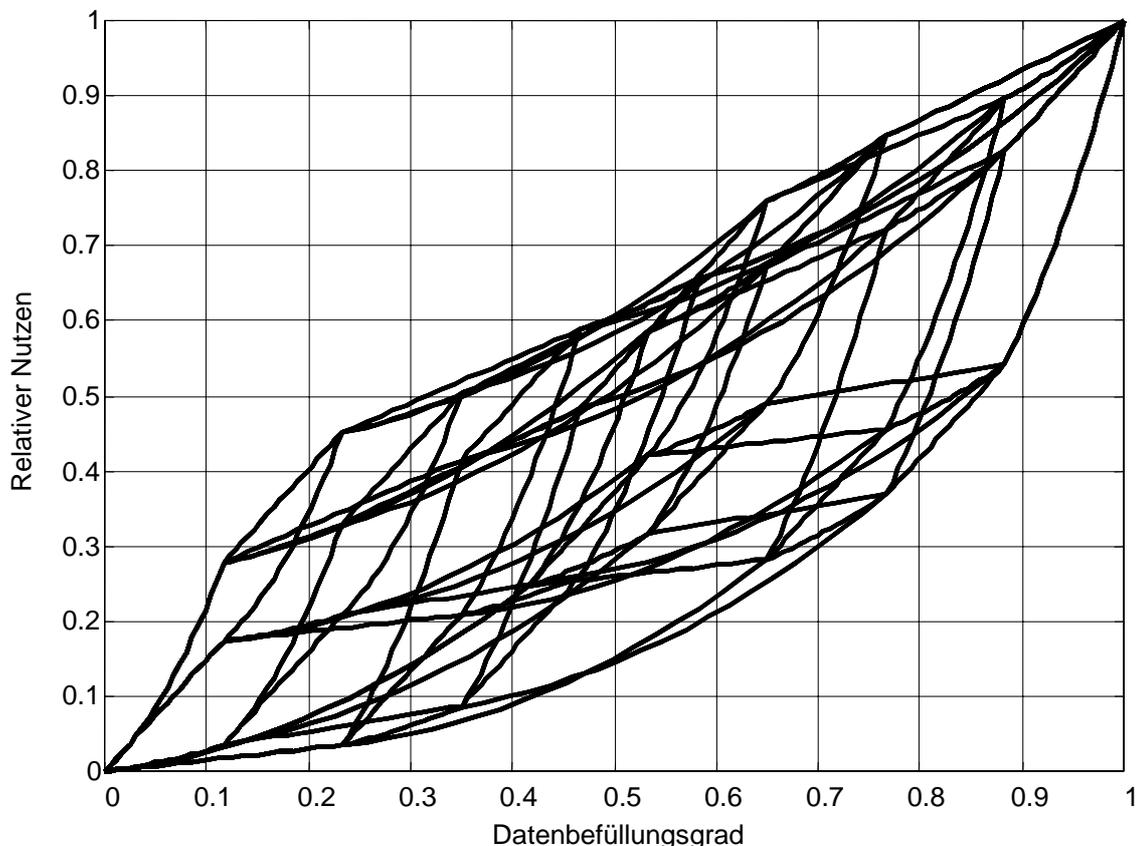


Abbildung 69: *Beispiel Steuergeräte-Softwareentwicklung Relativer Nutzen in Abhängigkeit vom Datenbefüllungsgrad aus Betriebswirtssicht*

Günstigste Befüllungsreihenfolge	Ungünstigste Befüllungsreihenfolge
Relativer Nutzen integriert = 0,6042	Relativer Nutzen integriert = 0,2330
1. Lastenhefte 2. Teilekosten 3. Funktionsbeschreibungen 4. Steuergeräte-Software 5. Sachnummern	1. Sachnummern 2. Steuergeräte-Software 3. Funktionsbeschreibungen 4. Teilekosten 5. Lastenhefte

Tabelle 24: *Beispiel Steuergeräte-Softwareentwicklung: Vergleich der günstigsten und ungünstigsten Befüllungsreihenfolge aus Sicht eines Betriebswirtes*

Der Vergleich der Berechnungen mit und ohne Gewichtungsfaktoren zeigt in diesem Fall eine andere Tendenz als bei den vorangegangenen Beispielen. Die optimale Befüllungsreihenfolge ist stark abhängig von den Gewichtungsfaktoren (Tabelle 25). Zu erklären ist diese Tatsache dadurch, dass in diesem Fall die Gewichtungsfaktoren und Vernetzungsdichten entgegengesetzt wirken. Wo hohe Vernetzungsdichten auftreten sind aus betriebswirtschaftlicher Sicht die Gewichtungsfaktoren gering und umgekehrt. Der in den vorangegangenen Beispielen aufgetretene Verstärkungseffekt kommt daher hier nicht zum Tragen (Abbildung 70).

Günstigste Befüllungsreihenfolge mit Gewichtungsfaktoren	Günstigste Befüllungsreihenfolge ohne Gewichtungsfaktoren
Relativer Nutzen integriert = 0,6042	Relativer Nutzen integriert = 0,5524
1. Lastenhefte 2. Teilekosten 3. Funktionsbeschreibungen 4. Steuergeräte-Software 5. Sachnummern	1. Funktionsbeschreibungen 2. Lastenhefte 3. SG-SW 4. Sachnummern 5. Teile-Istkosten

Tabelle 25: *Bsp. SG-Softwareentwicklung: Optimale Befüllungsreihenfolge aus Sicht des Betriebswirtes, mit und ohne Gewichtungsfaktoren*

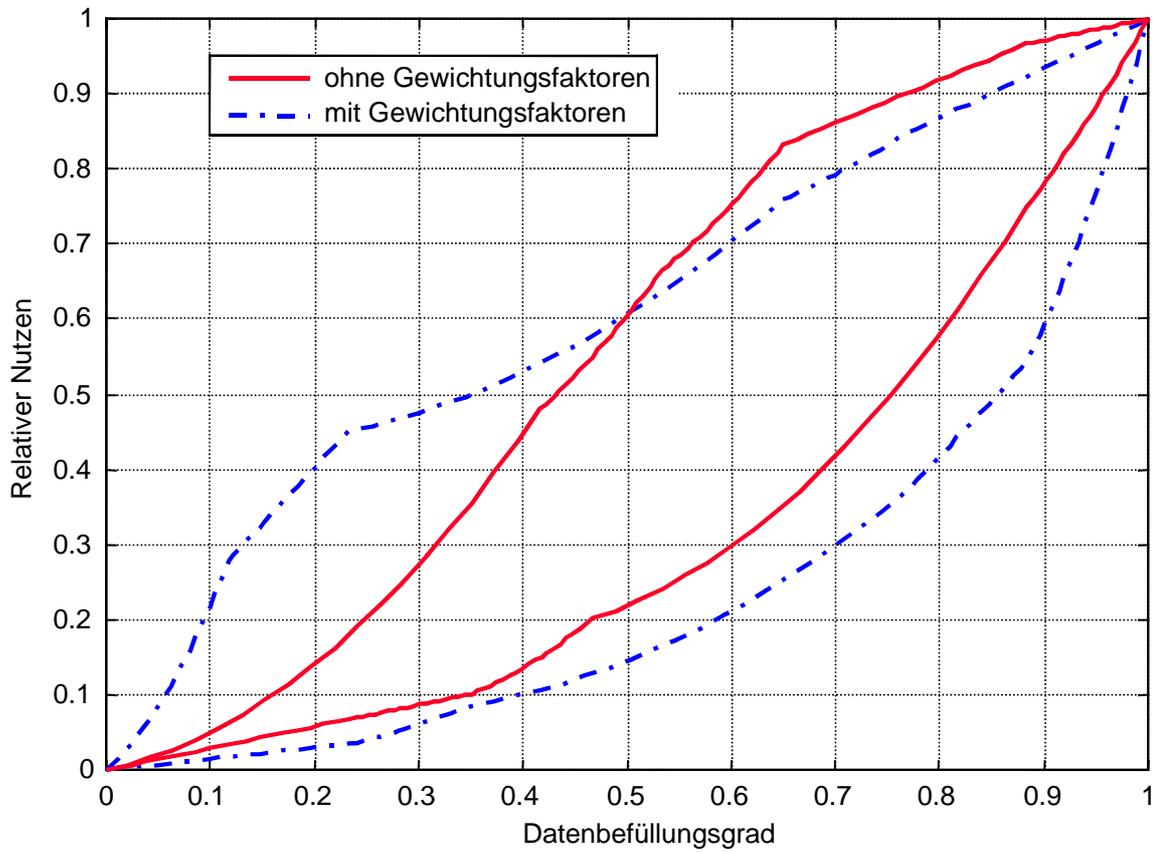


Abbildung 70: Beispiel Steuergeräte-Softwareentwicklung: Vergleich der Berechnungsergebnisse mit und ohne Gewichtungsfaktoren aus Sicht eines Betriebswirtes

c) *Vergleich zwischen der Sicht eines Steuergeräte-Softwareentwicklers und der Sicht eines Betriebswirtes*

Der Vergleich des günstigsten und ungünstigsten Verlaufes der relativen Nutzfunktion aus Softwareentwickler- und Betriebswirtssicht ist in Abbildung 71 aufgetragen. Die jeweils optimale Befüllungsreihenfolge ist der Tabelle 26 zu entnehmen.

Gemeinsam ist beiden Betrachtungsweisen, dass sich der Start der PDM-Einführung mit der Eingabe der Lastenhefte in das PDM-System sowohl aus Sicht des Softwareentwicklers als auch aus Sicht des Betriebswirtes günstig auswirkt. Diese Daten sollten bei der Implementierungsplanung mit einer hohen Priorität versehen werden. Demgegenüber ist die Verfügbarkeit der Sachnummern aus beiden Betrachtungsperspektiven von geringer Bedeutung. Bei der Implementierungsplanung können diese Informationsobjekte eine niedrigere Priorität erhalten.

Unterschiede ergeben sich hingegen im Hinblick auf die Verfügbarkeit der Teilekosten im PDM-System. Aus Sicht eines Softwareentwicklers sind die Teilekosten eher von untergeordneter Bedeutung. Dies ist dadurch erklärbar, dass die Teilekosten eines Steuergerätes u. a. durch den Teilepreis des Mikroprozessors bestimmt werden und diese wiederum von der Grösse des Speichers abhängig sind. Solange die entsprechende Software im geplanten Mikroprozessor unterzubringen ist, bleibt der Teilepreis konstant. Erst wenn das Programm eine gewisse Grösse überschreitet, muss auf den nächstgrösseren Prozessor ausgewichen werden, der dann in der Regel auch teurer ist. Aus betriebswirtschaftlicher Sicht stellen die Teilekosten allerdings eine wichtige Information dar, die möglichst frühzeitig im PDM-System verfügbar sein sollte.

Bei der Aufstellung der Einführungsplanung des PDM-Systems muss dementsprechend berücksichtigt werden, welche Gruppe von Anwendern zunächst unterstützt werden soll. Sollen mehrere Zielgruppen gleichzeitig bedient werden, so kann die Ermittlung der jeweils optimalen Befüllungsreihenfolge je Anwenderkreis Aufschluss darüber geben, wo die Gemeinsamkeiten liegen. Aus den Ergebnissen kann dann ein geeigneter Kompromiss bei der PDM-Einführung erarbeitet werden. Für den Fall, dass wie im vorliegenden Beispiel die optimalen Vorgehensweisen in einigen Fällen nicht zur Deckung gebracht werden können, muss eine Management-Entscheidung getroffen werden.

6. Beispielhafte Anwendung der Methode bei der PDM-Einführung im Fachprozeß E/E

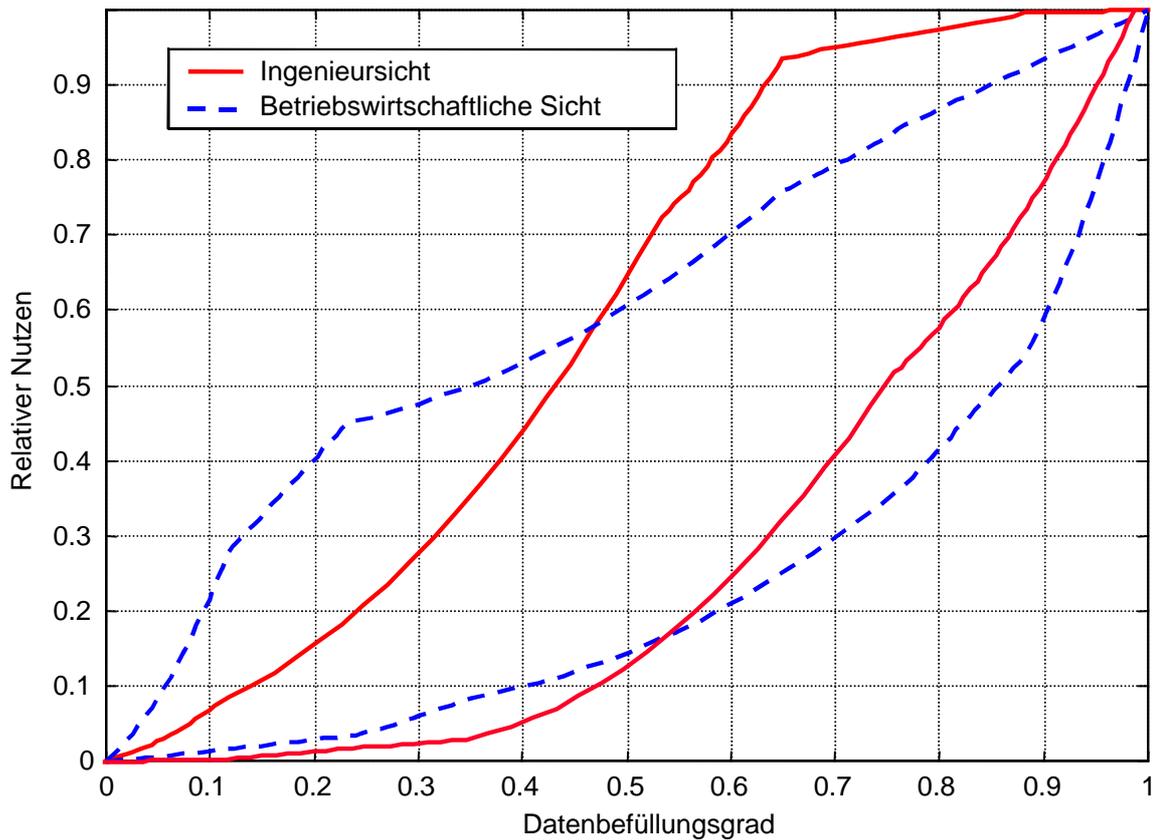


Abbildung 71: Vergleich der Berechnungen aus Softwareentwickler- und Betriebswirtssicht

Günstigste Befüllungsreihenfolge aus <u>Softwareentwicklersicht</u>	Günstigste Befüllungsreihenfolge aus <u>Betriebswirtssicht</u>
Relativer Nutzen integriert = 0,5851	Relativer Nutzen integriert = 0,6042
1. Lastenhefte	1. Lastenhefte
2. Funktionsbeschreibungen	2. Teilekosten
3. Steuergeräte-Software	3. Funktionsbeschreibungen
4. Sachnummern	4. Steuergeräte-Software
5. Teilekosten	5. Sachnummern

Tabelle 26: Beispiel Steuergeräte-Softwareentwicklung: Vergleich der günstigsten Befüllungsreihenfolgen aus Softwareentwickler- und Betriebswirtssicht

6.4. Zusammenfassung und Bewertung der Ergebnisse

Bei allen Berechnungsbeispielen hat sich gezeigt, dass eine günstige Befüllungsreihenfolge bedeutet, zunächst die Informationsobjekte mit hohen Vernetzungsdichten und hohen Gewichtungsfaktoren im PDM-System abzubilden. Im Falle der drei berechneten Beispiele, die sich alle mit Aspekten aus dem Aufgabenfeld der Steuergeräteentwicklung befassen, sind diese Daten die Lastenhefte. Die beschriebenen Beispiele zeigen ausserdem eine weitere Gemeinsamkeit: ohne Berücksichtigung von Gewichtungsfaktoren stimmt in der Regel die berechnete optimale Befüllungsreihenfolge mit der Reihenfolge überein, in der die Daten im Produktentstehungsprozess erzeugt werden. Zu erklären ist dies damit, dass die Daten, die am Anfang des betrachteten Entwicklungsprozesses erzeugt werden (z. B. Lastenhefte), in der Regel die Basis für weitere Produktdaten sind, die im Laufe des Produktentstehungsprozess erzeugt werden. Sie haben somit zahlreiche Vernetzungen zu den nachfolgend im Entwicklungsprozess erzeugten Daten, was sich auch in hohen Vernetzungsdichten widerspiegelt. Die Befüllung des PDM-Systems zunächst mit diesen Daten führt daher in der Regel zu einem optimalen Verlauf der Nutzfunktion. In den meisten Fällen werden diese Daten von den Anwendern zudem mit einem hohen Gewichtungsfaktor versehen. In diesem Fall verstärkt der Gewichtungsfaktor den Einfluss der Vernetzungsdichte, was sich in den Kurvenverläufen durch eine Verstärkung der Unterschiede bzw. eine Aufspreizung der Kurvenverläufe äussert.

Bei den berechneten Beispielen wurde implizit davon ausgegangen, dass alle zu verwaltenden Produktdaten vorliegen und in das PDM-System eingegeben werden können. Dieser Fall liegt in der Regel nur bei abgeschlossenen Produktprojekten vor. Bei neuen Produktprojekten werden die Produktdaten erst nacheinander in einer bestimmten Reihenfolge im Entwicklungsprozess erzeugt.

Um auch für den Fall eines neuen Produktprojektes eine Orientierung für eine günstige Implementierungsplanung eines PDM-Systems zu erhalten, muss die beschriebene Methode entsprechend angepasst werden. Als wesentliche Randbedingung bei der PDM-Einführung für ein laufendes Entwicklungsprojekt ist zu berücksichtigen, in welcher Reihenfolge die Daten im Produktentstehungsprozess erzeugt werden. Würde beispielsweise bei dem Beispiel ‚Steuergeräte-Konstruktion‘ die optimale Befüllungsreihenfolge an erster Stelle das Einchecken der Erprobungsergebnisse vorsehen, wäre dieses bei einem neuen Projekt nicht zu realisieren. Es sind somit nicht alle möglichen Befüllungskombinationen umsetzbar. In diesem Fall muss die in den vorangegangenen Abschnitten beschriebene Methode entsprechend abgewandelt werden, was nachfolgend beschrieben wird.

6. Beispielhafte Anwendung der Methode bei der PDM-Einführung im Fachprozeß E/E

Wie in den vorangegangenen Beispielen dargestellt, sind auch bei der angepassten Methode zunächst die Eingangsgrößen wie Vernetzungsdichten, Datenmengengerüst und Gewichtungsfaktoren zu ermitteln. Nach der Berechnung der Nutzfunktion für jede mögliche Befüllungskombination muss jetzt anschliessend eine Plausibilitätsprüfung erfolgen, bei der die nicht umsetzbaren Datenbefüllungsreihenfolgen aussortiert werden. Aus diesen verbleibenden Kombinationen ist die anschliessend günstigste zu ermitteln (Abbildung 72)

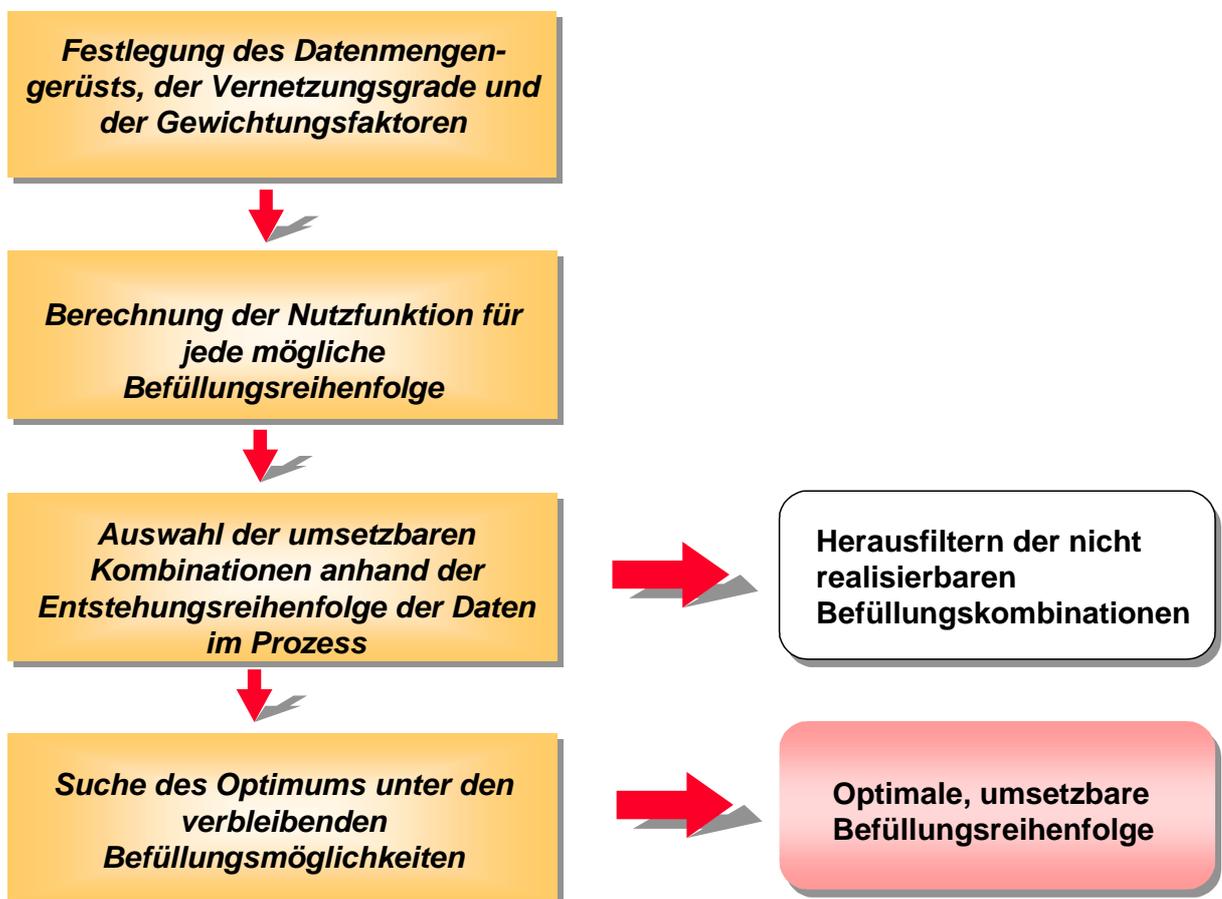


Abbildung 72: Abwandlung der Methode für neue Produktprojekte

6.5. Berücksichtigung der Ergebnisse bei der PDM-Einführung im Fachprozess Elektrik/Elektronik

Wie in Kapitel 2 ausgeführt, wird der gesamte Prozess der Steuergeräte-Softwareerstellung und das Software-Handling in Produktion und Kundendienst zukünftig im Automobilbau weiter an Bedeutung zunehmen. Daher lag der Schwerpunkt der PDM-Implementierung im Fachprozess Elektrik/Elektronik bei der BMW AG zunächst auf der Integration der diesbezüglich relevanten Daten in das PDM-System. Vor diesem Hintergrund wurden auch die Beispiele in dieser Arbeit ausgewählt. Der vor der Erarbeitung und Anwendung der vorgestellten Methode erstellte PDM-Implementierungsplan wurde aufgrund dieser Berechnungsergebnisse nochmals angepasst. Der sich ergebende Projektplan, der auf Basis der bestehenden Applikations- und Datenlandschaft aufgestellt wurde, bestand im wesentlichen aus folgenden Punkten:

1. Die Einführung des PDM-Systems im Fachprozess Elektrik/Elektronik wurde mit der Verwaltung der Steuergeräte-Software und –Hardware sowie den Codierdaten begonnen. Hierbei war insbesondere die Konfiguration der jeweiligen Datenstände im Hinblick auf Fahrzeugprototypen sicherzustellen.
2. Die Integration der Lastenhefte in das PDM-System wurde mit höherer Priorität versehen als anfangs geplant. Die Lastenhefte sind die Grundlage für eine Vielzahl an Entwicklungstätigkeiten und sollten daher so früh wie möglich einem breiten Nutzerkreis zur Verfügung stehen. Nachdem das bei BMW ausgewählte PDM-System standardmässig eine Schnittstelle für MS-Office-Produkte bereitstellt, ergaben sich auch aus IV-technischer Sicht keine Schwierigkeiten im Hinblick auf die Integration von Lastenheften in das PDM-System.
3. Das Funktionsnetzwerk als Basis für die Bordnetzkonzeption wird bisher in einer Oracle-Datenbank abgebildet und gepflegt. Auch diese Information ist für viele Beteiligte in der Prozesskette von sehr grosser Bedeutung. Aus diesem Grund wurde im Rahmen der PDM-Einführung frühzeitig eine Machbarkeitsstudie gestartet, die zum Ziel hatte, die Kopplungsmöglichkeiten zwischen PDM-System und Funktionsnetzwerk-Datenbank zu untersuchen und die Migration vorzubereiten.

6. Beispielhafte Anwendung der Methode bei der PDM-Einführung im Fachprozeß E/E

4. Die Ankopplung an das unternehmensweite Stücklistensystem, welches den Master für die Vergabe und Pflege der Sachnummern darstellt, wurde zunächst nur in einer ersten Leistungsstufe realisiert. Damit konnte zumindest sichergestellt werden, dass im PDM-System eine Verknüpfung zwischen den Informationsobjekten und den Sachnummern im Stücklistensystem hergestellt werden kann. Der weitere Ausbau dieser Schnittstelle wurde allerdings zunächst zugunsten anderer Teilprojekte und aufgrund der geringeren Bedeutung für die Entwickler zurückgestellt.

5. Im Rahmen der gesamthaften Implementierungsplanung zur Einführung des PDM-Systems bei BMW wurde ausserdem der Aufbau einer Schnittstelle zum unternehmensweiten Verwaltungssystem für CAD-Daten vorangetrieben. Diese ist insbesondere im Hinblick auf gekoppelte Simulationsrechnungen mit Berücksichtigung von mechanischen und elektronischen Komponenten erforderlich.

7. Zusammenfassung und Ausblick

7.1. Zusammenfassung

Für die Automobilunternehmen hat die Verschiebung der Wertschöpfungsanteile in Richtung Elektrik/Elektronik gravierende Auswirkungen. Sie zwingt die Unternehmen, den schnellen Innovationszyklen der Elektronik zu folgen und stellt hohe Anforderungen an die Prozesse in Bezug auf Flexibilität, Schnelligkeit und nicht zuletzt Qualität. Eine wichtige Voraussetzung zur Bewältigung dieser Anforderungen ist eine effiziente Verwaltung der benötigten Produktdaten.

Nachdem Leistungsfähigkeit und Funktionalität der marktgängigen Produktdatenmanagement-Systeme (PDM-Systeme) immer mehr zunehmen, kann der Grossteil der auftretenden Datenverwaltungsanforderungen mit Hilfe dieser Systeme erfüllt werden. Die Frage, ob die gewünschten Funktionalitäten optimal mit dem ausgewählten System realisiert werden können, tritt gegenüber der Frage, wie schnell zur Amortisation der Investitionen die geforderten Funktionalitäten nutzbringend eingesetzt werden können, in den Hintergrund.

Der in der Vergangenheit oft gewählte Weg der Systemeinführung, bei dem zunächst alle relevanten Anforderungen vollständig in einem Gesamtkonzept aufbereitet und anschliessend umgesetzt wurden, hat eine lange Umsetzungszeit und damit einen späten Produktiveinsatz zur Folge. In Anbetracht der Geschwindigkeit, mit der sich die Abläufe in den Unternehmen ändern, besteht dabei die Gefahr, dass das IV-System schon beim Produktiveinsatz veraltet ist. Zudem ist bei der Ausplanung der Implementierungsschritte zu berücksichtigen, dass ein kritischer Erfolgsfaktor bei der Einführung von IV-Systemen generell die Akzeptanz der Anwender ist. Insbesondere bei der Einführung von PDM-Systemen, die weitreichenden Einfluss auf die Informationsflüsse und damit auf die Arbeitsabläufe haben, ist dieser Aspekt von grosser Bedeutung. Aufgrund dieser Randbedingungen ist bei der Einführung eines PDM-Systems eine iterative Vorgehensweise, bei der schrittweise Teilfunktionalitäten konzipiert, umgesetzt und produktiv werden, zu bevorzugen. Ausgehend von bekannten Vorgehensmodellen für die Entwicklung von Software sowie den Grundlagen des Projektmanagements wurde im Rahmen dieser Arbeit ein Vorgehensmodell für die Auswahl und Einführung eines PDM-Systems in einem Grossunternehmen entwickelt.

Ein Aspekt, der die Akzeptanz der Anwender massgeblich beeinflusst, ist der Nutzen, den das PDM-System bereits in der Einführungsphase dem Anwender bietet. Dieser hängt wiederum vom aktuellen Datenbefüllungsgrad ab und wird massgeblich von der Reihenfolge beeinflusst, in der das PDM-System mit Daten befüllt wird.

In der vorliegenden Arbeit wurde daher eine Methode erarbeitet, mit deren Hilfe der Anwendernutzen eines PDM-Systems während der Einführungsphase in Abhängigkeit des Datenbefüllungsgrades und der Zeit dargestellt werden kann. Bei bekanntem Produktdatenmengengerüst kann damit im Vorfeld der PDM-Implementierung eine geeignete Abfolge der Implementierungsschritte ermittelt werden, mit ein möglichst hoher Nutzen für die Anwender erzielt wird. Somit kann die Akzeptanz der Anwender gefördert und eine zügige Nutzung und Verbreitung des PDM-Systems im Unternehmen vorangetrieben werden. Eine schnelle Amortisation der Investitionen ist damit gesichert.

Im Rahmen der PDM-Einführung im Fachprozess Elektrik/Elektronik bei der BMW AG wurde sowohl das Vorgehensmodell für ein PDM-Projekt als auch die Methode zur Optimierung der Implementierungsschritte aus Anwendersicht beispielhaft angewendet. Die dabei gewonnenen Erkenntnisse sind in die vorliegende Arbeit eingeflossen.

7.2. Ausblick auf mögliche weiterführende Untersuchungen

7.2.1. Rückschlüsse aus der Verfolgung der Zugriffshäufigkeit auf die Informationen im PDM-System

In Abschnitt 5.2.3 wurde beschrieben, wie im eingeschwungenen Produktivbetriebes eines PDM-Systems anhand der Zugriffshäufigkeit auf die Informationsobjekte und deren Verknüpfungen die Gewichtungsfaktoren, d. h. die Bedeutung der einzelnen Informationen aus Anwendersicht, ermittelt werden können. Wie schon erwähnt, variiert die Bedeutung einiger Produktdaten über der Produktentstehungszeit. Die Bedeutung von Basisinformationen wird allerdings über der Zeit konstant bleiben. In diesem Fall lässt sich durch Verfolgung der Zugriffshäufigkeit über der Zeit ein Rückschluss auf die Akzeptanz des PDM-Systems ziehen.

Nachdem die vollständige Implementierung bzw. Datenbefüllung des PDM-Systems im Projekt ECCO erst nach Abschluss der vorliegenden Arbeit beendet sein wird, können an dieser Stelle nur einige mögliche Szenarien betrachtet werden, wie sich die Zugriffshäufigkeit auf die Daten entwickeln kann und welche Rückschlüsse für die Akzeptanz des PDM-Systems daraus gezogen werden können (Abbildung 73).

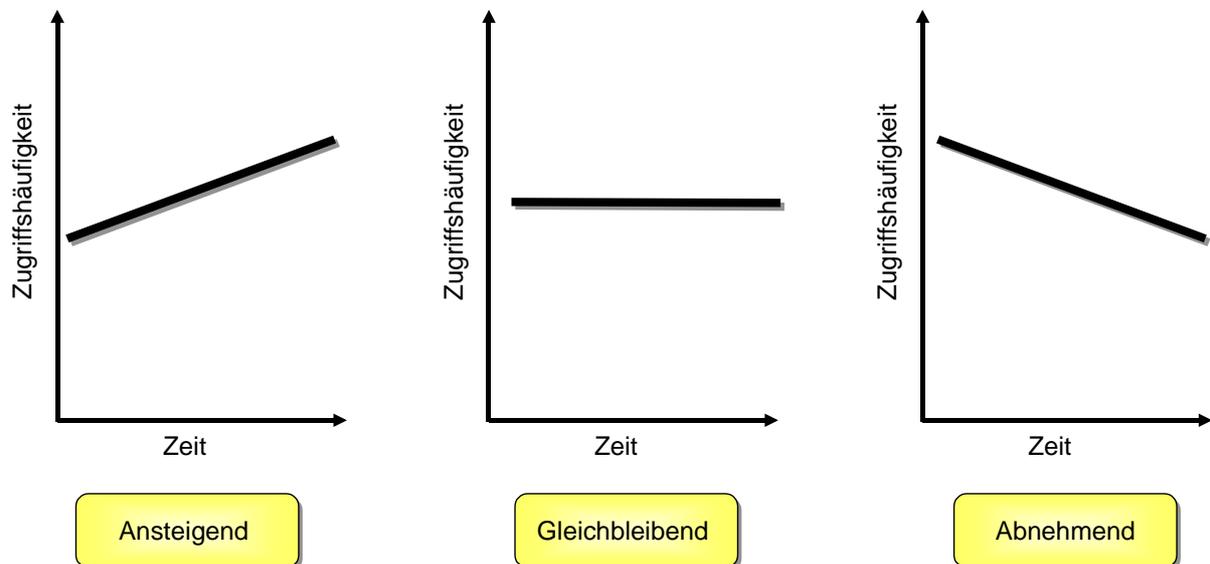


Abbildung 73: Mögliche Verläufe der Zugriffshäufigkeit über der Zeit

1. Der Mittelwert der Zugriffshäufigkeit auf ein Informationsobjekt bzw. eine Vernetzung zwischen Informationsobjekten steigt über der Zeit an.

Mögliche Begründungen:

- Die Bedeutung der Information war zwar schon vor der PDM-Einführung hoch, die Verfügbarkeit der Information, z. B. aufgrund fehlender Zugriffsmöglichkeit auf eine lokale Datenbank, jedoch eingeschränkt. Das PDM-System erleichtert den Zugriff auf die Daten, so dass im Laufe der Zeit mehr Anwender von dieser Informationsmöglichkeit Gebrauch machen.
- Aufgrund sich ändernder Arbeitsabläufe nimmt die Bedeutung der Information über der Zeit zu.

2. Die Zugriffshäufigkeit auf ein Informationsobjekt bzw. eine Vernetzung zwischen Informationsobjekten bleibt über der Zeit konstant.

Mögliche Begründungen:

- Eventuell handelt es sich hierbei um eine Basisinformation, die unabhängig vom jeweiligen Produktprojekt bzw. des Zeitpunktes im Produktlebenszyklus benötigt wird.
3. Die Zugriffshäufigkeit auf ein Informationsobjekt bzw. eine Vernetzung zwischen Informationsobjekten nimmt über der Zeit ab.

Mögliche Begründungen:

- Dies kann der Fall sein, wenn sich Arbeitsabläufe verändern und die spezifische Information an Bedeutung verliert.
- Die Aktualität der Daten nimmt ab und in Folge dessen der Nutzen für die Anwender und damit die Zugriffshäufigkeit.
- Ebenso wird das beschriebene Szenario eintreten, wenn die Qualität der Informationen im PDM-System für die Anwender nicht ausreichend ist. Wenn diese keinen Nutzen aus der Information ziehen, werden sie sie nicht mehr aufrufen. Es kann sich daher hierbei um ein Indiz handeln, dass die im PDM-System abgebildete Information und in Folge davon das PDM-System als Informationsquelle an Bedeutung verlieren.

7.2.2. Ableitung von Workflows aus der Reihenfolge der Datenzugriffe

Im vorangegangenen Abschnitt wurde beschrieben, welche Erkenntnisse aus der Zugriffshäufigkeit auf bestimmte Daten im PDM-System gezogen werden können. Ebenso aufschlussreich ist die Antwort auf die Frage, in welcher Reihenfolge die Anwender auf die im PDM-System befindlichen Daten zugreifen.

Unter der Annahme, dass die Anwender die jeweiligen Informationen dann abrufen, wenn es der entsprechende Arbeitsschritt im Prozess erfordert, lässt sich aus der Zugriffsreihenfolge auf spezifische Daten deren Workflow ableiten.

Die Festlegung dieser Workflows im Rahmen einer PDM-Einführung erfolgt in der Regel durch Befragung der Anwender und Ableitung sogenannter use cases (siehe auch Abschnitt 4.2.4). Ziel dabei ist es, Standardabläufe durch weitgehend automatisierte Workflows im PDM-System abzubilden und somit einen schnelleren Prozessdurchlauf zu gewährleisten. Bei dieser Vorgehensweise müssen die Anwender jedoch zunächst diese Standardabläufe erkennen und spezifizieren, damit diese abgebildet werden können.

Für den Fall, dass eine geeignete Möglichkeit im PDM-System bereitgestellt wird, anhand derer die Reihenfolge des Datenzugriffs dokumentiert und ausgewertet werden kann, können gegebenenfalls daraus geeignete Standardabläufe abgeleitet werden, ohne dass seitens der Anwender ein Spezifikationsaufwand erforderlich ist (Abbildung 74).

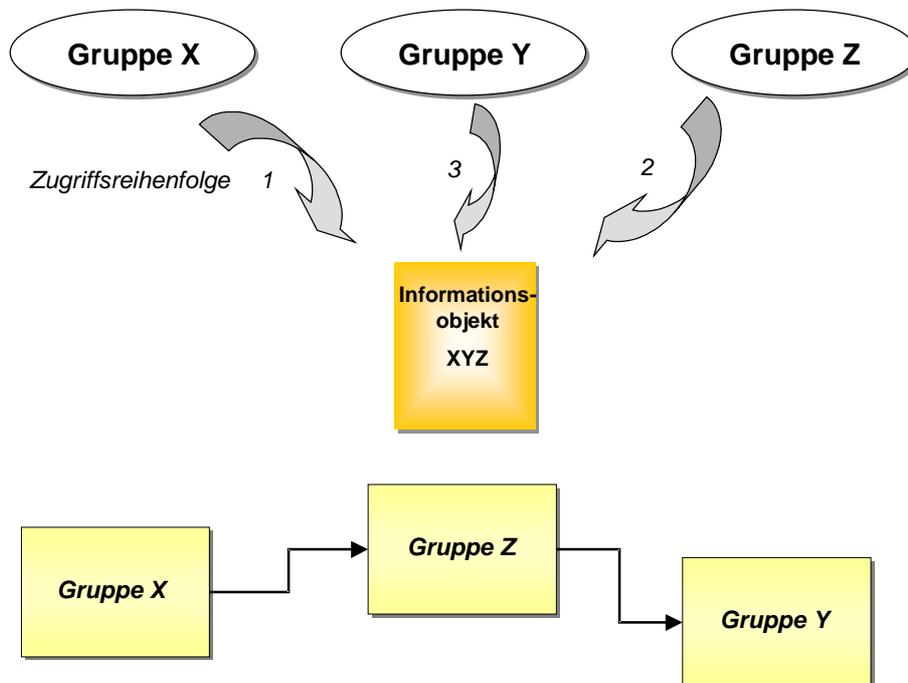


Abbildung 74: Ableitung von workflows aus der Reihenfolge der Zugriffe auf Informationsobjekte im PDM-System

7.2.3. Erarbeitung geeigneter Methoden zur Abbildung von Vernetzungsinformationen im PDM-System

Derzeit sind die am Markt verfügbaren PDM-Systeme nur eingeschränkt in der Lage, in benutzergerechter Form gerichtete Vernetzungsstrukturen abzubilden. Insbesondere in der Elektrik/Elektronik sind diese Vernetzungen jedoch von grosser Bedeutung, z. B. bei der Abbildung des Funktionsnetzwerks oder in der Kabelbaumentwicklung. Der Fortschritt der PDM-Implementierung im Fachprozess Elektrik/Elektronik als Informationsdrehscheibe für alle relevanten Produktdaten wird u. a. dadurch beeinflusst, wie schnell das PDM-System zur Erfüllung dieser Anforderungen zukünftig erweitert und angepasst werden kann.

In diesem Zusammenhang nimmt neben der Abbildung auch die Visualisierung komplexer gerichteter Strukturen eine wichtige Rolle ein. Hier besteht die klare Anforderung, dass es jedem Anwender möglich sein muss, sich auf einfache Weise in den vielfältigen vernetzten Strukturen zurechtzufinden. Die Bereitstellung einer geeigneten Navigationshilfe im PDM-System, mit deren Hilfe der Anwender in den im PDM-System abgebildeten, zukünftig wahrscheinlich noch komplexer werdenden Strukturen, navigieren kann, wird wesentlich die Akzeptanz eines PDM-Systems beeinflussen.

Ein weiterer Ausbau der in den PDM-Systemen vorhandenen Hilfen zur Abbildung und Visualisierung vielfältig vernetzter Datenstrukturen ist daher eine elementare Voraussetzung für einen effizienten Einsatz von PDM-Systemen und stellt schon heute einen relevanten Wettbewerbsfaktor im PDM-Markt dar. Hier ist seitens der PDM-Anbieter noch ein grosser Weiterentwicklungsaufwand zu betreiben. Allerdings erfordert dieses Thema nach derzeitigem Kenntnisstand noch erhebliche wissenschaftliche Vorarbeiten, die gegebenenfalls im Rahmen weiterer, auf dieser Arbeit aufbauender Dissertationen untersucht werden sollten.

Verzeichnis der Abbildungen

Abbildung 1: Aufbau und Inhalt der vorliegenden Arbeit	4
Abbildung 2: Prozesskette Elektrik/Elektronik	5
Abbildung 3: Aufteilung der logischen Funktionen auf Steuergeräte	6
Abbildung 4: Iterativer Prozess der Gestaltung des Bordnetzes ausgehend vom Funktionsnetzwerk	7
Abbildung 5: Aufbau eines Steuergerätes	8
Abbildung 6: Entwicklung der Steuergeräte-Komponenten inhouse und bei Zulieferern	9
Abbildung 7: Software-Handling entlang der Prozesskette Elektrik/Elektronik	10
Abbildung 8: Entwicklung der Halbleiterkosten im Automobil	11
Abbildung 9: Aufgaben des Konfigurationsmanagements	13
Abbildung 10: Zukünftiger Entwicklungsablauf mit frühen Synchronisationspunkten	15
Abbildung 11: Änderungsmanagement als Unterstützung über alle Phasen der Produktentwicklung	16
Abbildung 12: Überblick über die wichtigsten Dokumente im Fachprozess Elektrik/Elektronik	17
Abbildung 13: Unterschied zwischen Applikations- und Datenverwaltungssystemen	18
Abbildung 14: „Lokale“ Datenverwaltungslösungen	19
Abbildung 15: Aufbau und Struktur der im PDM-System verwalteten Daten	22
Abbildung 16: Beispiele für Verknüpfungen zwischen den im PDM-System verwalteten Daten	23
Abbildung 17: Das PDM-System als Informationsdrehscheibe im Fachprozess	24
Abbildung 18: Grundlegender Aufbau eines PDM-Systems	25

Abbildung 19: Anpassung eines PDM-Systems an die Arbeitsabläufe im Vergleich mit dem Standard-Office-System MS Excel	27
Abbildung 20: Repräsentation der Original-Daten im PDM-System durch Informationsobjekte	29
Abbildung 21: Kopplungsmöglichkeiten zwischen Applikationssystem und PDM-System	30
Abbildung 22: Spiralmodell der Systementwicklung	34
Abbildung 23: Die Phasen im nutzerzentrierten Systementwicklungsmodell	35
Abbildung 24: Generische Phasen eines PDM-Projektes	36
Abbildung 25: Detailliertes Vorgehensmodell für ein PDM-Projekt	40
Abbildung 26: Beschreibung der Zielklärungsphase	42
Abbildung 27: Generelle Vorgehensweise bei der Auswahl eines PDM-Systems	44
Abbildung 28: Beispielhafte Bewertungskriterien für die PDM-Auswahl	48
Abbildung 29: Vorgehensweise bei der Auswahl des geeigneten PDM-Systems	50
Abbildung 30: Schrittweises Vorgehen bei der Einführung eines IV-Systems im Gegensatz zur streng sequentiellen Vorgehensweise	52
Abbildung 31: Generelle Möglichkeiten zur Einführung eines PDM-Systems	53
Abbildung 32: Vorgehensweise bei der Einführung der Teilfunktionalitäten	58
Abbildung 33: Zusammenstellung der Bewertungskriterien für die Auswahl der Implementierungsschritte	60
Abbildung 34: Geeignete Aufgabenteilung im PDM-Projektteam	61
Abbildung 35: Einflussparameter auf das Konfigurationsmanagement und deren Trends im Firmenvergleich	65
Abbildung 36: Ergebnisse der Zielklärungsphase des Projektes ECCO	67

Abbildung 37: Beispielhafter use case im Projekt ECCO in verbaler und formallogischer Beschreibungsform	68
Abbildung 38: Zusammenstellung aller PDM-Anforderungen im Fachprozess Elektrik/Elektronik in Form eines Anforderungskataloges	70
Abbildung 39: Gesamtbewertung aller use cases im BMW-PDM-Benchmark	71
Abbildung 40: Graphische Aufbereitung der Benchmark-Ergebnisse am Beispiel ‚Customizing‘	71
Abbildung 41: Gesamtergebnis der BMW-PDM-Systemauswahl	72
Abbildung 42: Modellierungsmethodik bei der Informationsflussanalyse im Projekt ECCO	72
Abbildung 43: Datenmodellausschnitt im Teilprojekt ‚Softwareverwaltung für Prototypen‘	73
Abbildung 44: Zusammenhang zwischen der Prozessanalyse und der Einrichtung einer Datenverwaltung	76
Abbildung 45: Beurteilungsgrößen eines PDM-Systems	78
Abbildung 46: Ableitung der Brauchbarkeit eines PDM-Systems aus einzelnen Merkmalen	80
Abbildung 47: Abbildung der Produktdaten und deren Verknüpfungen im PDM-System	85
Abbildung 48: Unterscheidung zwischen inneren und äusseren Vernetzungen	87
Abbildung 49: Berücksichtigung von Gewichtungsfaktoren	91
Abbildung 50: Bedeutung der jeweiligen Daten über der Entwicklungszeit (schematisch)	92
Abbildung 51: Schematische Ermittlung der Gewichtungsfaktoren für die Berechnungsbeispiele	93
Abbildung 52: Exemplarisches Beispiel: Integration von 2 Datenpools	96

Abbildung 53: Relativer Nutzen in Abhängigkeit vom Datenbefüllungsgrad bei maximaler bzw. minimaler Vernetzungsdichte (Beispiel: 2 Datenpools)	98
Abbildung 54: Relativer Nutzen über dem Datenbefüllungsgrad bei gegebenen Ausgangswerten (Beispiel 2 Datenpools)	99
Abbildung 55: Verläufe des relativen Nutzens bei Variation der Befüllungsreihenfolge am Beispiel von 3 Datenpools	100
Abbildung 56: Verlauf des relativen Nutzens bei Variation der Befüllungsreihenfolge (5 Datenpools)	101
Abbildung 57: Datenbefüllung des PDM-Systems in Abhängigkeit von der Zeit	103
Abbildung 58: Möglichkeiten der Datenbefüllung bei drei Datenpools	106
Abbildung 59: Methode zur Ermittlung der optimalen Befüllungsreihenfolge	107
Abbildung 60: Überblick über die Berechnungsbeispiele	108
Abbildung 61: Beispiel Steuergeräte-Codierdatenentwicklung: Verlauf der Nutzfunktion bei Variation der Befüllungsreihenfolge	114
Abbildung 62: Beispiel Steuergeräte-Codierdatenentwicklung: Günstigster und ungünstigster Verlauf der relativen Nutzfunktion	115
Abbildung 63: Beispiel Steuergeräte-Codierdatenentwicklung: Verlauf der Nutzfunktion in Abhängigkeit von der Befüllungsreihenfolge, ohne Gewichtungsfaktoren	117
Abbildung 64: Beispiel Steuergeräte-Codierdatenentwicklung: Vergleich der günstigsten und ungünstigsten Befüllungsreihenfolgen mit und ohne Gewichtungsfaktoren	118
Abbildung 65: Beispiel Steuergeräte-Konstruktion: Günstigster und ungünstigster Verlauf der Nutzfunktion	123
Abbildung 66: Beispiel Steuergeräte-Konstruktion: Vergleich der günstigsten und ungünstigsten Befüllungsreihenfolge mit und ohne Gewichtungsfaktoren	124

Abbildung 67: Beispiel Steuergeräte-Softwareentwicklung: Relativer Nutzen in Abhängigkeit von der Befüllungsreihenfolge, Sicht eines SG-Softwareentwicklers	132
Abbildung 68: Beispiel Steuergeräte-Softwareentwicklung: Vergleich der Berechnungsergebnisse mit und ohne Gewichtungsfaktoren aus Sicht eines Softwareentwicklers	134
Abbildung 69: Beispiel Steuergeräte-Softwareentwicklung Relativer Nutzen in Abhängigkeit vom Datenbefüllungsgrad aus Betriebswirtssicht	135
Abbildung 70: Beispiel Steuergeräte-Softwareentwicklung: Vergleich der Berechnungsergebnisse mit und ohne Gewichtungsfaktoren aus Sicht eines Betriebswirtes	137
Abbildung 71: Vergleich der Berechnungen aus Softwareentwickler- und Betriebswirtssicht	139
Abbildung 72: Abwandlung der Methode für neue Produktprojekte	141
Abbildung 73: Mögliche Verläufe der Zugriffshäufigkeit über der Zeit	146
Abbildung 74: Ableitung von workflows aus der Reihenfolge der Zugriffe auf Informationsobjekte im PDM-System	148

Gleichungsverzeichnis

Gleichung 1: Relativer Nutzen eines PDM-Systems aus Anwendersicht in allgemeiner Form	86
Gleichung 2: Zusammensetzung des relativen Nutzens aus Anwendersicht	86
Gleichung 3: Maximale innere Vernetzungsdichte	88
Gleichung 4: Relative innere Vernetzungsdichte	88
Gleichung 5: Maximale äussere Vernetzungsdichte	89
Gleichung 6: Relative äussere Vernetzungsdichte	89
Gleichung 7: Relativer Nutzen in Abhängigkeit vom Datenbefüllungsgrad in allgemeiner Form	94
Gleichung 8: Relativer Nutzen in Abhängigkeit vom Befüllungsgrad, Beispiel zwei Datenpools	96
Gleichung 9: Relativer Nutzen in Abhängigkeit des Datenbefüllungsgrades für zwei Datenpools, Grenzfall: keine Vernetzungen	97
Gleichung 10: Relativer Nutzen in Abhängigkeit des Datenbefüllungsgrades für zwei Datenpools, Grenzfall maximale Vernetzungsdichte	97
Gleichung 11: Relativer Nutzen des PDM-Systems in der Implementierungs-phase über der Zeit (Beispiel 2 Datenpools)	104

Tabellenverzeichnis

Tabelle 1:	Anwenderbetonte Gewichtung der Bewertungskriterien eines PDM-Systems	49
Tabelle 2:	Teilbereiche und Fragestellungen bei der Informationsflussanalyse	55
Tabelle 3:	Ausgewählte Partner für den Informationsaustausch bez. Konfigurations-/Änderungsmanagement Elektrik/Elektronik	64
Tabelle 4:	Direkter und indirekter Aufwand bei Einführung und Betrieb eines PDM-Systems	78
Tabelle 5:	Beispiel Steuergeräte-Codierdatenentwicklung: Datenmengen-gerüst	110
Tabelle 6:	Beispiel Steuergeräte-Codierdatenentwicklung: Vernetzungen zwischen den Informationsobjekten	111
Tabelle 7:	Beispiel Steuergeräte-Codierdatenentwicklung: Vernetzungsgrade	112
Tabelle 8:	Beispiel Steuergeräte-Codierdatenentwicklung: Gewichtungsfaktoren	113
Tabelle 9:	Beispiel Steuergeräte-Codierdatenentwicklung: Vergleich der günstigsten und ungünstigsten Befüllungsreihenfolge	116
Tabelle 10:	Beispiel Steuergeräte-Codierdatenentwicklung: Vergleich der günstigsten und ungünstigsten Befüllungsreihenfolge, ohne Gewichtungsfaktoren	117
Tabelle 11:	Beispiel Steuergeräte-Codierdatenentwicklung: günstigste Befüllungsreihenfolgen	118
Tabelle 12:	Beispiel Steuergeräte-Konstruktion: Datenmengengerüst	119
Tabelle 13:	Beispiel Steuergeräte-Konstruktion: Vernetzungen zwischen den relevanten Daten	120
Tabelle 14:	Beispiel Steuergeräte-Konstruktion: Vernetzungsgrade	121
Tabelle 15:	Beispiel Steuergeräte-Konstruktion: Gewichtungsfaktoren	122

Tabelle 16:	Beispiel Steuergeräte-Konstruktion: Vergleich der günstigsten und ungünstigsten Befüllungsreihenfolge, mit Gewichtungsfaktoren	123
Tabelle 17:	Beispiel Steuergeräte-Konstruktion: Vergleich der günstigsten Befüllungsreihenfolgen mit und ohne Bewertungsfaktoren	125
Tabelle 18:	Beispiel Steuergeräte-Softwareentwicklung: Datenmengengerüst	127
Tabelle 19:	Beispiel Steuergeräte-Softwareentwicklung: Vernetzungen zwischen den relevanten Daten	128
Tabelle 20:	Beispiel Steuergeräte-Softwareentwicklung: Vernetzungsgrade	129
Tabelle 21:	Beispiel Steuergeräte-Softwareentwicklung: Gewichtungsfaktoren aus Sicht eines Softwareentwicklers	130
Tabelle 22:	Beispiel Steuergeräte-Softwareentwicklung: Gewichtungsfaktoren aus Sicht eines Betriebswirtes	131
Tabelle 23:	Vergleich der günstigsten und ungünstigsten Befüllungsreihenfolge am Beispiel ‚Steuergeräte-Softwareentwicklung aus Entwicklersicht‘	133
Tabelle 24:	Beispiel Steuergeräte-Softwareentwicklung: Vergleich der günstigsten und ungünstigsten Befüllungsreihenfolge aus Sicht eines Betriebswirtes	136
Tabelle 25:	Bsp. SG-Softwareentwicklung: Optimale Befüllungsreihenfolge aus Sicht des Betriebswirtes, mit und ohne Gewichtungsfaktoren	136
Tabelle 26:	Beispiel Steuergeräte-Softwareentwicklung: Vergleich der günstigsten Befüllungsreihenfolgen aus Softwareentwickler- und Betriebswirtssicht	139

Literaturverzeichnis

- 1 Kieninger, M.: Kunden und Prozesse im Fokus – Controlling und Reengineering, Schäffer-Poeschel Verlag Stuttgart, 1994
- 2 Bullinger, H.-J.; Wasserloos, G.: Reduzierung der Produktentwicklungszeiten durch Simultaneous Engineering, CIM Management 6/1990
- 3 Eigner, M.: PDM² – Ein neuer Ansatz für das Produktdaten- und Prozessmanagement, EDM-Report Nr. 3, 1999
- 4 Karcher, A., Wirtz, J.: PDM-based Virtual Enterprises – Bridging the Semantic Gap, Second International Conference on Intelligent Processing and Manufacturing of Materials; Honolulu, July 1999, S. 623-628
- 5 Bender, K.; Bindbeutel, K.; Karcher, A.: Rahmensysteme in der integrierten Produktentwicklung, Zeitschrift für wirtschaftlichen Fabrikbetrieb, Heft 7/8, 1997
- 6 Siegl, J.: Datenintegrität im Elektronik-Designprozess sicherstellen, Elektronik 4/1999
- 7 Schwab, A.: Innovationen durch Elektronik, Automotive Electronics, Sonderausgabe von ATZ und MTZ, 1999
- 8 Kuhn, A.; Kaeseler, J.: „Geschäftsprozessoptimierung - Aufgabe der Stunde -“, Tagungsband Verlag Praxiswissen, Dortmund, 1995
- 9 Hammer, M.; Champy, J.: Business Reengineering. Die Radikalkur für das Unternehmen, Campus Verlag, 1996
- 10 Critical Issues of Information Systems Management, CSC Ploenzke, 1999
- 11 Müller, R.: Professionelles Produktdatenmanagement, 1. Teil: Wechselwirkungen zwischen Ablauforganisation und Einsatz eines PDM-Systems, Ontime – BOS-Systemhaus, 1/98
- 12 Grudin, J.: Groupware and Social Dynamics: Eight Challenges for Developers, ACM, 1994

- 13 Bodensteiner, F.; Bracklo, C.; Hanf, P.; Kühner, T.: Neue Fahrzeugstrukturen in der Elektrik/Elektronik und ihre Auswirkungen auf die Entwicklungsabläufe und die Zusammenarbeit der Entwicklungspartner – Historie, Erfahrung, Umsetzung und Nutzen, VDI-Berichte 1287, 1996
- 14 Senger, A.: Mainstream der Elektronikzukunft, Automobil Revue technik, 1999
- 15 Mayer, H.-J.: Ohne Elektronik keine Chance, Automobilentwicklung, November 1998
- 16 Selantek Market Research, Semiconductor Content in Cars and Trucks, Internet, July 1999
- 17 Fachausschuss Trendanalyse der VDE/VDI-Gesellschaft Mikroelektronik, Mikro- und Feinwerktechnik (GMM): Prognose über die Entwicklung der Mikroelektronik, VDE-Öffentlichkeitsarbeit, Frankfurt, 1999
- 18 Abschlußbericht der Vorphase des Leitprojektes SSE (Smart System Engineering), BMBF, 1996
- 19 Göpfert, J., Steinbrecher, M.: Modulare Produktentwicklung leistet mehr, Harvard Business manager, 3/2000
- 20 Saynisch, M.: „Konfigurationsmanagement - Konzepte, Methoden, Anwendungen und Trends“, Loseblattsammlung 'Projekte erfolgreich managen', Verlag TÜV Rheinland, Köln 1994
- 21 Qualitätsmanagement, Leitfaden für Konfigurationsmanagement, DIN ISO 10007, 1995
- 22 „The Arthur D. Little Survey on the Product Innovation Process“, Cambridge, 1991
- 23 Allen, C. W.: Simultaneous Engineering, Dearborn Michigan: Society of Manufacturing Engineers, 1990
- 24 Womack, J. P., Jones, D. T., Roos, D.: Die zweite Revolution in der Autoindustrie, Campus Verlag, 1991

-
- 25 Kusiak, A.: Concurrent Engineering: Automation, Tools and Techniques, John Wiley & Sons, 1992
 - 26 Wenzel, S., Bauch, T., Fricke, E., Negele, E.: Concurrent Engineering and more ... A Systematic Approach to Successful Product Development, Proceedings of the 7th Annual Symposium of the International Council on Systems Engineering, Los Angeles, 1997
 - 27 Ehrlenspiel, K.: Auf dem Wege zur integrierten Produktentwicklung, VDI-Zeitschrift 133, 1991
 - 28 Wildemann, H.: Management technischer Änderungen, wt-Produktion und Management 84, Springer Verlag, 1994
 - 29 Gemmerich, M.: Zeitorientiertes Management technischer Änderungen, technologie & management, 45 Jg., Heft 3, 1996
 - 30 Reinhart, G., Lindemann, U., Bichlmaier, C., Feldmann, C., Glander, M., Schmatzl, B., Zanker, W.: Integrierte Produktentwicklung in Konstruktion und Montageplanung, Projektmanagement 8 (Nr. 1), S. 4 – 15, 1997
 - 31 Billinger, A.: „Optimierungsbedarf aus Sicht eines Automobilherstellers“, Tagungsband 'Integriertes Änderungsmanagement', Springer-Verlag, 1998
 - 32 DIN 6789, Teil 1: Dokumentationssystematik, Beuth, 1990
 - 33 Abramovici, M.; Bickelmann, S.; Friedmann, T.; Jungfermann, W.: Engineering Daten Management Systeme, Technologiereport der Ploenzke AG, 2. Auflage
 - 34 Datenverarbeitung in der Konstruktion – Einführung und Wirtschaftlichkeit von EDM/PDM-Systemen, 1999
 - 35 CIMdata: Product Data Management: The Definition, Internet unter <http://www.CIMdata.com>, 1998
 - 36 Abramovici, M., Gerhard, D., Langenberg, L.: Unterstützung verteilter Entwicklungsprozesse durch EDM/PDM, VDI-Verlag, 1998
 - 37 Matthes, J.; Marcial, F.; Hartmann, R.: EDMS in der betrieblichen Praxis, Anwenderbefragung in der deutschen Industrie, Fraunhofer Institut für Arbeitswirtschaft und Organisation, 1996

-
- 38 Hewlett-Packard Company: Understanding Product Data Management, PDM-Information Center, Internet unter <http://www.pdmic.com>
 - 39 InformationWeek: Smarte IT sichert messbar den Erfolg (Teil II), Internet unter <http://www.informationweek.de/studien/studie2a.htm>
 - 40 Wellniak, R.: Das Produktmodell im rechnerintegrierten Konstruktionsarbeitsplatz, Dissertation TU München, Konstruktionstechnik München, Carl Hanser Verlag 1995
 - 41 Jungfermann W.: „Einführung von PDM-Systemen“, Life Cycle Management Kongress, CSC Ploenzke, 1999, S. 579 - 646
 - 42 Royce, W. W.: „Managing the Development og Large Software Systems: Concepts and Techniques“, Proceedings WESCON, 1970
 - 43 Boehm, B. W.: Software Engineering, IEEE Transactions on Computers, 1976
 - 44 MIL-STD-2167A Software Engineering, Department of Defense
 - 45 Jensen, R. W., Tonies, C. C.: „Software Engineering“, Prentice-Hall, 1979
 - 46 Forsberg, K.; Mooz, H.: „The Relationship of Systems Engineering to the Project Cycle“, Proceedings of the Symposium of the NCOSE Symposium , NCOSE, 1991
 - 47 Gibbs, W. W.: „Software’s Chronic Crisis“, Scientific American, Sept. 1994
 - 48 V-Modell Browser, GMD German National Research Center for Information Technology, Internet unter <http://www.scope.gmd.de/vmodel/vm.wwwbrowser.html>
 - 49 Lantz, K. E.: „The Prototyping Methodology“, Prentice-Hall, NJ, 1987
 - 50 Kargl, H.: Controlling im DV-Bereich, München Wien, 1993
 - 51 Boehm, et al.: „Prototyping Versus Specifying: A Multiproject Experiment“, IEEE Transactions on Software Engineering, Vol. SE-10, No. 3, 05/1984.
 - 52 Boehm, B. W.: „A Spiral Model of Software Development and Enhancement“, ACM Sigsoft Software Engineering Notes, Vol. 11, No. 4, 08/1986

-
- 53 Sary, C.: „Use of Prototyping in Developing Operational Systems“, Proceedings of the 5th NCOSE Symposium, St.Louis, 1995
 - 54 Fricke, E.: Der Änderungsprozess als Grundlage einer nutzerzentrierten Systementwicklung, Herbert Utz Verlag Wissenschaft, München, 1998
 - 55 Madauss, B. J.: Handbuch Projektmanagement, C. E. Poeschel Verlag Stuttgart, 1984
 - 56 Boy J., Heunisch H.-G., Lehmann L., Winkler H.: Checklisten Projektmanagement, Verlag TÜV Rheinland, 1998
 - 57 Mandemaker, D.; Atkinson, C.: PDM in a Systems Engineering Environment, European Conference Product Data Technology Days, Garston, Watford, UK, 1998
 - 58 Rudy, M.: „Ten Steps to Ensuring a Successful PDM Project“, Document Management, 1995
 - 59 Reducing the PDM Implementation Cycle, Engineering Department Management & Administration Report, Internet, 1995
 - 60 Krzepinski, A.: Nutzenorientierung - zentraler Erfolgsfaktor in PDM-Projekten, CAD-World, 1999
 - 61 Scotti, R. S., Gambhir, S. S. G.: A Conceptual Framework for Customer-Centered System Development Lifecycle Modell, in Proceedings of the 6th Annual Symposium of the International Council on Systems Engineering, INCOSE, Boston, 1996
 - 62 Fries, B.: Successful Implementation of Product Data Management Systems, Premier Design Systems, Inc., Internet, 1995
 - 63 Matthes, M., Marcial, F., Hartmann, R.: EDMS in der betrieblichen Praxis – Anwenderbefragung in der deutschen Industrie, IAO Frauenhofer Institut Arbeitswirtschaft und Organisation, 1996
 - 64 Stümpfig, T.: Soll man auf den fahrenden PDM-Zug aufspringen ?, EDM-Report Nr. 3, 1998
 - 65 Karcher, A.; Fischer, F.; Viertböck, M.: EDM/PDM-Systeme als Rückgrat der Integrierten Produktentwicklung – ein modulares Einführungs- und

-
- Integrationskonzept, Tagung Informationsverarbeitung in der Konstruktion, München, 1999
- 66 Hansel, J.; Lomnitz, G.: Projektleiter-Praxis – Erfolgreiche Projektabwicklung durch verbesserte Kommunikation und Kooperation, Springer Compass, Springer Verlag, 1987
- 67 Litke, H.-D.: Projektmanagement – Methoden, Techniken, Verhaltensweisen -, S. 178 – 179, Carl Hanser Verlag München Wien, 1993
- 68 BCM Benchmarking Center, Internet unter <http://www.avk.fhg.de/bcm/info.htm#Motiv>
- 69 Meyer, J.: Benchmarking – Spitzenleistungen durch Lernen von den Besten, Schäffer-Pöschel Verlag, 1995
- 70 Miller, E.: Striking a Balance, Computer-Aided Engineering Magazine, 1997
- 71 DeGregorio, G. L., Novorito, R. J.: Less is more: Capturing the essential data needed for rapid systems development, Proceedings of the 6th INCOSE Symposium, Boston, 1996
- 72 ProSTEP, Internet unter http://www.prostep.de/d_gmbh_edmpdm.html
- 73 IDS Scheer AG, Internet unter <http://www.ids-scheer.ch/consulting/fachzentren/engineeringPDM/epdm.htm>
- 74 debis Systemhaus, Internet unter <http://www.debis.de>
- 75 Softlab, Das Systemhaus, Internet unter <http://www.softlab.de>
- 76 KPMG, Internet unter <http://www.kpmg.de>
- 77 Holl, A.: Auswahlkriterien für PDM-Systeme, CAD-CAM, Nr. 7, S. 80 – 84, 1996
- 78 Karcher, A.; Wirtz, J.: STEP-basierte objektorientierte Anforderungsmodellierung zur PDM-Systemspezifikation, Produktdatenjournal, 1/98, 1998
- 79 Fricke, E.; Schulz, A.: Analyse des Software Gesamtprozesses E/E, BMW-interner Bericht, 1999

-
- 80 Binner, H. F.: Rechnerunterstützte Prozessoptimierungs-Workshops verbessern die Kunden- und Mitarbeiterorientierung, Werkstatttechnik, Nr. 5, 1997
- 81 Rumbaugh, J.; Blaha, M.; Premerlani, W.; Eddy, F.; Lorenzen, W.: Object-Oriented Modeling and Design, Prentice Hall, 1991
- 82 Oliver, D. W.: Systems Engineering and Object Technology, Proceedings of 4th Annual Symposium of NCOSE, 1994
- 83 Ambrosy, S., Aßmann, G., Bindbeutel, K, Cuiper, R., Feldmann, C., Schmalzl, B.: Integriertes Produkt- und Prozessmodell für Konstruktion und Planung, ZWF, Carl Hanser Verlag, 1996
- 84 Karcher, A., Glander, M., Wirtz, J.: Ein integriertes Anforderungsmodell für die praxisnahe Einführung von Integrationssystemen, Proceedings vom internationalen Ploenzke Kongress '98, 1998
- 85 Gould, J. D.: How to Design Usable Systems, in Handbook of Human-Computer Interaction, North Holland, 1988
- 86 Hall, G.: „So what is a PDM Strategie ?“, CAD-CAM Magazine, 10/1997
- 87 Müller, R.: Der Faktor Mensch im DV-Management, ontime, 2. Ausgabe 1997, Internet unter <http://www.pipeline.ch/bos-www/ontime/herbst97/ontime01.htm>
- 88 Kurbel, K.; Pietsch, W.: Projektmanagementebenen bei evolutionärer Softwareentwicklung, Studien zur Wirtschaftsinformatik, Band 3, S. 261 – 285, 1989
- 89 Ontime: „Produkt Data Management als Integrationsplattform“, BOS-Systemhaus, 3. Ausgabe 1998
- 90 EDM/PDM-System Matrix bringt den Smart schneller auf die Strasse, EDM-Report Nr. 2, pp 14 – 21, 1999
- 91 Kiesewetter, T.; Wehlitz, P.: Konfigurationsmanagement im Bereich Elektrik/Elektronik in der Automobilentwicklung, Fachtagung Konfigurationsmanagement, Stuttgart, 1999
- 92 Scheer, A.-W.: Übersicht über die ARIS-Produkte im Internet [unter http://www.ids-scheer.de/index2.htm](http://www.ids-scheer.de/index2.htm)

-
- 93 Fricke, E.; Negele, H.; Schrepfer, L.; Dick, A.; Gebhard, B.; Haertlein, N.: Modelling of Concurrent Engineering Processes for Integrated Systems, Proceedings of the IEEE 17th Digital Avionics Systems Conference "Electronics in Motion", 1998
 - 94 Härtlein, N. und Negele, H.: 'Abschlussbericht Projekt TIPO', Interner Bericht, BMW AG, München, 1999
 - 95 UML Summary, Rational Software Corporation, Internet unter <http://www.rational.com>, 1997
 - 96 Vanja, S.: Die neue Richtlinie VDI 2219, Praxiserprobte Hinweise zu Einführungsstrategien und Wirtschaftlichkeit von EDM/PDM-Systemen, VDI-Bericht 1497, Düsseldorf, 1999
 - 97 InformationWeek: Die neue Rolle der IT (Teil I), Internet unter <http://www.informationweek.de/studien/studie3.htm>
 - 98 IDS Scheer AG – kompetent und erfahren im Management von Engineeringprozessen, Internet unter <http://www.ids-scheer.ch/consulting/fachzentren/engineeringPDM/epdm.htm>
 - 99 Stark, J.: Product Data Management at Hewlett-Packard Company, Engineering Data Management Newsletter, 1994
 - 100 Abramovici, M.: Nutzung der EDM-Potentiale durch evolutionäre Einführungsstrategien, CAD-CAM, Nr. 2, S. 100 – 102, 1997
 - 101 Standish Group: Chaos. Report of the Standish Group on Project Failure and Success, Internet unter <http://www.standishgroup.com/chaos.html>, Standish Group Inc.
 - 102 Rouse, W. B.: On meaningful menus for measurement: Disentangling evaluative issues in System Design, Information Processing and Management, 23, S. 593 - 604
 - 103 Glöe, G., Jack, O., Mehl, R., Müllerburg, M.: Zuverlässigkeit komplexer Systeme aus Hardware und Software, atp- Automatisierungstechnische Praxis 40, R. Oldenbourg Verlag, 1998
 - 104 Stark, J.: Engineering Data Management News Letter, 1991, Internet unter <http://www.johnstark.com/arto91.html>

-
- 105 itm Ruhr-Uni Bochum, IBM, CIMdata: „Benefits of Product Data Management in the Manufacturing Industry“, International Benchmark Studie, 1999
 - 106 Lermer, J., Muschiol, M.: Erfolgreiche EDM/PDM-Systemeinführung durch gestufte Vorgehensweise, VDI-Berichte 1497, Düsseldorf, 1999
 - 107 Doppler, K., Lauterburg, C.: Change Management - Den Unternehmenswandel gestalten, Campus Verlag, 1997
 - 108 Baecker, R. M., Grudin, J., Buxton, W. A. S., Greenberg, S.: Groupware and Social Dynamics: Eight challenges for Developers, Readings in Human-Computer Interaction: Toward the Year 2000, 1995
 - 109 Ehrlich, S. F.: Strategies for encouraging successful adoption of office communication systems, ACM Trans. Off. Information Systems, 1987
 - 110 Markus, M. L.; Connolly, T.: Why CSCW Applications Fail: Problems in the Adoption of Interdependent Work Tools; CSCW '90, Proceedings of the Conference on Computer-Supported Cooperative Work, Los Angeles, 1990
 - 111 Igenbergs, E.: Grundlagen der Systemtechnik, Vorlesungsmanuskript 1993 - 1996, Fachgebiet Raumfahrttechnik, Technische Universität München, München
 - 112 Patzak, G.: Systemtechnik - Planung komplexer innovativer Systeme, Springer-Verlag, 1982
 - 113 Coleman, T.; Branch, M. A.; Grace, A.: User's Guide: Optimization Toolbox for use with Matlab, MathWorks Inc., 1999