

# **Ein offenes, integratives Rahmenwerk für die Qualitätsprüfung variantenreicher Serienprodukte am Beispiel der Automobilmontage**

Von der Fakultät Maschinenbau  
der Universität Stuttgart  
zur Erlangung der Würde eines Doktor-Ingenieurs (Dr.-Ing.)  
genehmigte Abhandlung

von Dipl.- Inform. Marc Schmitz  
geboren in Stuttgart

Hauptberichter: Prof. Dr.-Ing. Dieter Spath (Universität Stuttgart)  
Mitberichter: Prof. Dr.-Ing. habil. Petra Winzer (Universität Wuppertal)  
Prüfungsvorsitzender: Prof. Dr.-Ing. Bernd Bertsche (Universität Stuttgart)

Tag der Einreichung: 22. Dezember 2004  
Tag der mündlichen Prüfung: 31. Mai 2005

Institut für Arbeitswissenschaft und Technologiemanagement (IAT), 2005

# **IPA-IAO Forschung und Praxis**

Berichte aus dem  
Fraunhofer-Institut für Produktionstechnik und  
Automatisierung (IPA), Stuttgart,  
Fraunhofer-Institut für Arbeitswirtschaft und  
Organisation (IAO), Stuttgart,  
Institut für Industrielle Fertigung und  
Fabrikbetrieb (IFF), Universität Stuttgart  
und Institut für Arbeitswissenschaft und  
Technologiemanagement (IAT), Universität Stuttgart

Herausgeber:

Univ.-Prof. Dr.-Ing. Prof. e.h. Dr.-Ing. e.h. Dr. h.c. mult. Engelbert Westkämper  
und

Univ.-Prof. Dr.-Ing. habil. Prof. e.h. Dr. h.c. Hans-Jörg Bullinger  
und

Univ.-Prof. Dr.-Ing. Dieter Spath



**I·A·T** Institut  
Arbeitswissenschaft und  
Technologiemanagement  
Universität Stuttgart



**Fraunhofer** Institut  
Arbeitswirtschaft und  
Organisation

Marc Schmitz

Ein offenes,  
integratives Rahmenwerk  
für die Qualitätsprüfung  
variantenreicher  
Serienprodukte am Beispiel  
der Automobilmontage

Nr. 417

**JUST-JETTER VERLAG**  
Fachverlag · 71296 Heimsheim

Dr.-Ing. Dipl.-Inform. Marc Schmitz

Fraunhofer-Institut für Arbeitswirtschaft und Organisation (IAO), Stuttgart

Univ.-Prof. Dr.-Ing. Prof. e.h. Dr.-Ing. e.h. Dr. h.c. mult. Engelbert Westkämper

ord. Professor an der Universität Stuttgart

Fraunhofer-Institut für Produktionstechnik und Automatisierung (IPA), Stuttgart

Univ.-Prof. Dr.-Ing. habil. Prof. e.h. Dr. h.c. Hans-Jörg Bullinger

ord. Professor an der Universität Stuttgart

Präsident der Fraunhofer-Gesellschaft, München

Univ.-Prof. Dr.-Ing. Dieter Spath

ord. Professor an der Universität Stuttgart

Fraunhofer-Institut für Arbeitswirtschaft und Organisation (IAO), Stuttgart

D 93

ISBN 3-936947-59-7 Jost Jetter Verlag, Heimsheim

Dieses Werk ist urheberrechtlich geschützt. Die dadurch begründeten Rechte, insbesondere die der Übersetzung, des Nachdrucks, des Vortrags, der Entnahme von Abbildungen und Tabellen, der Funksendung, der Mikroverfilmung oder der Vervielfältigung auf anderen Wegen und der Speicherung in Datenverarbeitungsanlagen, bleiben, auch bei nur auszugsweiser Verwertung, vorbehalten. Eine Vervielfältigung dieses Werkes oder von Teilen dieses Werkes ist auch im Einzelfall nur in den Grenzen der gesetzlichen Bestimmungen des Urheberrechtsgesetzes der Bundesrepublik Deutschland vom 9. September 1965 in der jeweils gültigen Fassung zulässig. Sie ist grundsätzlich vergütungspflichtig. Zuwiderhandlungen unterliegen den Strafbestimmungen des Urheberrechtsgesetzes.

© Jost Jetter Verlag, Heimsheim 2005.

Printed in Germany.

Die Wiedergabe von Gebrauchsnamen, Handelsnamen, Warenbezeichnungen usw. in diesem Werk berechtigt auch ohne besondere Kennzeichnung nicht zu der Annahme, dass solche Namen im Sinne der Warenzeichen- und Markenschutz-Gesetzgebung als frei zu betrachten wären und daher von jedermann benutzt werden dürften.

Sollte in diesem Werk direkt oder indirekt auf Gesetze, Vorschriften oder Richtlinien (z. B. DIN, VDI, VDE) Bezug genommen oder aus ihnen zitiert worden sein, so kann der Verlag keine Gewähr für die Richtigkeit, Vollständigkeit oder Aktualität übernehmen. Es empfiehlt sich, gegebenenfalls für die eigenen Arbeiten die vollständigen Vorschriften oder Richtlinien in der jeweils gültigen Fassung hinzuzuziehen.

Druck: printsystem GmbH, Heimsheim

## Geleitwort der Herausgeber

Über den Erfolg und das Bestehen von Unternehmen in einer marktwirtschaftlichen Ordnung entscheidet letztendlich der Absatzmarkt. Das bedeutet, möglichst frühzeitig absatzmarktorientierte Anforderungen sowie deren Veränderungen zu erkennen und darauf zu reagieren.

Neue Technologien und Werkstoffe ermöglichen neue Produkte und eröffnen neue Märkte. Die neuen Produktions- und Informationstechnologien verwandeln signifikant und nachhaltig unsere industrielle Arbeitswelt. Politische und gesellschaftliche Veränderungen signalisieren und begleiten dabei einen Wertewandel, der auch in unseren Industriebetrieben deutlichen Niederschlag findet.

Die Aufgaben des Produktionsmanagements sind vielfältiger und anspruchsvoller geworden. Die Integration des europäischen Marktes, die Globalisierung vieler Industrien, die zunehmende Innovationsgeschwindigkeit, die Entwicklung zur Freizeitgesellschaft und die übergreifenden ökologischen und sozialen Probleme, zu deren Lösung die Wirtschaft ihren Beitrag leisten muss, erfordern von den Führungskräften erweiterte Perspektiven und Antworten, die über den Fokus traditionellen Produktionsmanagements deutlich hinausgehen.

Neue Formen der Arbeitsorganisation im indirekten und direkten Bereich sind heute schon feste Bestandteile innovativer Unternehmen. Die Entkopplung der Arbeitszeit von der Betriebszeit, integrierte Planungsansätze sowie der Aufbau dezentraler Strukturen sind nur einige der Konzepte, welche die aktuellen Entwicklungsrichtungen kennzeichnen. Erfreulich ist der Trend, immer mehr den Menschen in den Mittelpunkt der Arbeitsgestaltung zu stellen - die traditionell eher technokratisch akzentuierten Ansätze weichen einer stärkeren Human- und Organisationsorientierung. Qualifizierungsprogramme, Training und andere Formen der Mitarbeiterentwicklung gewinnen als Differenzierungsmerkmal und als Zukunftsinvestition in *Human Resources* an strategischer Bedeutung.

Von wissenschaftlicher Seite muss dieses Bemühen durch die Entwicklung von Methoden und Vorgehensweisen zur systematischen Analyse und Verbesserung des Systems Produktionsbetrieb einschließlich der erforderlichen Dienstleistungsfunktionen unterstützt werden. Die Ingenieure sind hier gefordert, in enger Zusammenarbeit mit anderen Disziplinen, z. B. der Informatik, der Wirtschaftswissenschaften und der Arbeitswissenschaft, Lösungen zu erarbeiten, die den veränderten Randbedingungen Rechnung tragen.

Die von den Herausgebern langjährig geleiteten Institute, das

- Fraunhofer-Institut für Produktionstechnik und Automatisierung (IPA),
- Fraunhofer-Institut für Arbeitswirtschaft und Organisation (IAO),
- Institut für Industrielle Fertigung und Fabrikbetrieb (IFF), Universität Stuttgart,
- Institut für Arbeitswissenschaft und Technologiemanagement (IAT), Universität Stuttgart

arbeiten in grundlegender und angewandter Forschung intensiv an den oben aufgezeigten Entwicklungen mit. Die Ausstattung der Labors und die Qualifikation der Mitarbeiter haben bereits in der Vergangenheit zu Forschungsergebnissen geführt, die für die Praxis von großem Wert waren. Zur Umsetzung gewonnener Erkenntnisse wird die Schriftenreihe „IPA-IAO - Forschung und Praxis“ herausgegeben. Der vorliegende Band setzt diese Reihe fort. Eine Übersicht über bisher erschienene Titel wird am Schluss dieses Buches gegeben.

Dem Verfasser sei für die geleistete Arbeit gedankt, dem Jost Jetter Verlag für die Aufnahme dieser Schriftenreihe in seine Angebotspalette und der Druckerei für saubere und zügige Ausführung. Möge das Buch von der Fachwelt gut aufgenommen werden.

Engelbert Westkämper    Hans-Jörg Bullinger    Dieter Spath

## **Vorwort**

Die vorliegende Arbeit entstand während meiner Tätigkeit als wissenschaftlicher Mitarbeiter am Institut für Arbeitswissenschaft und Technologiemanagement (IAT) der Universität Stuttgart und dem Fraunhofer-Institut für Arbeitswirtschaft und Organisation (IAO), Stuttgart.

Herrn Prof. Dr.-Ing. Dieter Spath, Leiter des Instituts für Arbeitswissenschaft und Technologiemanagement (IAT) der Universität Stuttgart und des Fraunhofer-Institutes für Arbeitswirtschaft und Organisation (IAO), danke ich für die wissenschaftliche Unterstützung und wohlwollende Förderung meines Dissertationsvorhabens, sowie der konstruktiven Betreuung und Durchsicht meiner Arbeit. Frau Prof. Dr.-Ing. habil. Petra Winzer, Bergische Universität Wuppertal, Produktsicherheit und Qualitätswesen, danke ich für die Übernahme des Mitberichts und Begleitung der Arbeit.

Meinem Freund und Geschäftspartner Herrn Dipl.-Ing. Dipl.-Inf. Jochen Traunecker danke ich für die stundenlangen Diskussionen und Unterstützung bei der Durchführung dieser Arbeit.

Eine wichtige Voraussetzung für das Gelingen der Arbeit lag in der Zusammenarbeit und intensiven Diskussion mit meinen ehemaligen Kollegen am IAT und IAO. Danken möchte ich besonders Frau Carmen Glimm für die Durchsicht und Herrn Jochen Eichert für die Korrektur und Überarbeitung der englischen Übersetzung, natürlich nicht zu vergessen sind Herrn Jan Appl und Herrn Joachim Lentes. Außerordentlichen Dank gilt Herrn Dr.-Ing. Erwin Schuster für seine eingehende Durchsicht der Arbeit, die konstruktive Kritik und seine kontinuierliche Unterstützung. Besonderer Dank gilt meinem guten Freund und Mentor Herrn Dr.-Ing. Thomas Linsenmaier.

Die Entstehung dieser Arbeit wäre aber auch nicht möglich gewesen ohne die Unterstützung, die ich von unseren industriellen Projektpartnern erfahren habe. Für die kollegiale Zusammenarbeit und fruchtvollen Diskussionen gilt mein Dank allen beteiligten Kollegen, hauptsächlich Herrn Bernd Falk und Herrn Ulrich Grosshans.

Meiner Mutter möchte ich für die stets motivierende Unterstützung und interessierte Begleitung meiner Arbeit danken.

Stuttgart, im Juni 2005

Marc Schmitz





## Inhaltsverzeichnis

1	Einleitung und Motivation .....	17
1.1	Qualitätsmanagement .....	18
1.2	Computerunterstütztes Qualitätsmanagement (CAQ) .....	19
1.3	Problemstellung.....	21
2	Zielsetzung und Vorgehensweise.....	24
3	Stand des Wissens.....	26
3.1	Qualitätsprüfung .....	26
3.1.1	Prüfplanung.....	28
3.1.2	Prüfungen und Fehlerbehandlung.....	28
3.1.3	Prüfmittelverwaltung und –überwachung .....	29
3.1.4	Prüfauswertungen .....	29
3.1.5	Zusammenfassung.....	30
3.2	Prüfdatenmanagement.....	31
3.2.1	Qualitätsprüfungssysteme.....	32
3.2.2	Qualitätsdaten .....	36
3.2.3	Prüftypen.....	39
3.2.4	Zusammenfassung und Defizite.....	41
3.3	Softwareentwicklung auf Basis von Frameworks .....	43
3.3.1	Frameworktypen und Klassifizierung .....	45
3.3.2	Entwurfsmethoden komponentenbasierter Systeme.....	46
3.3.3	Zusammenfassung und Defizite.....	52
3.4	Integration von Informationssystemen.....	53
3.4.1	Integrationstypen.....	54
3.4.2	Integrationsmodelle .....	55
3.4.3	Zusammenfassung und Defizite.....	57

4	Gesamtbewertung und Handlungsbedarf .....	58
5	Konzeption eines integrativen Qualitätsprüfungssystem .....	62
5.1	Frameworkdesign .....	62
5.1.1	Architektur .....	63
5.1.2	Applikationskomponenten .....	66
5.2	Prüfobjektmodell .....	69
5.2.1	Entwicklungsobjektmodell .....	72
5.2.2	Produktionsobjektmodell .....	73
5.3	Objektmodellsichten .....	74
5.3.1	Rolle Prüfer .....	76
5.3.2	Rolle Prüfplaner .....	76
5.3.3	Rolle Prüfmanager .....	76
6	Umsetzung der Frameworkarchitektur .....	77
6.1	Konfigurationsmanagement .....	78
6.1.1	Entwicklungsvarianten .....	80
6.1.2	Produktionsvarianten .....	80
6.2	Benutzersichten und Rechte .....	81
6.3	Prüfprozessabbildung .....	83
6.3.1	Interne Applikationsprozesse .....	85
6.3.2	Externe Prüfprozesse .....	88
6.4	Zusammenfassung .....	90
7	Erfahrungen und Anwendungsfälle .....	91
7.1	Anwendung des Applikationsframeworks .....	91
7.2	Objektarchitektur .....	94
7.3	Anwendungsdomäne Qualitätsprüfung .....	96
7.3.1	Entwicklung von Prüfsoftware .....	97
7.3.2	Prüfungssteuerung .....	99

7.3.3	Rückmeldung von Prüfergebnissen .....	100
8	Bewertung und Ausblick .....	102
9	Zusammenfassung .....	105
10	Summary .....	107
11	Literaturverzeichnis .....	109
12	Anhang A: Qualitätsmanagement.....	120
12.1	Strategien des Qualitätsmanagements .....	120
12.1.1	Null-Fehler-Prinzip .....	120
12.1.2	Six-Sigma.....	120
12.1.3	Total Quality Management (TQM).....	121
12.1.4	European Foundation for Quality Management (EFQM).....	121
12.1.5	Automotive Excellence.....	121
12.2	Methoden des Qualitätsmanagements.....	123
12.2.1	Quality Function Deployment (QFD) .....	123
12.2.2	Fehler- Möglichkeits- und Einflussanalyse (FMEA).....	123
12.2.3	Design of Experiments (DoE).....	124
12.2.4	DIN EN ISO 9000:2000.....	124
12.2.5	Kontinuierlicher Verbesserungsprozess (KVP) (jap.: Kaizen) .....	126
12.2.6	Hazard Analysis and Critical Control Points (HACCP) .....	126
12.3	Einsatz der Methoden und Strategien .....	127
13	Anhang B: Qualitätsprüfungen .....	130
14	Anhang C: Merkmale für Qualität .....	131
15	Anhang D: Softwarearchitekturen und Frameworks .....	132
15.1	Java Frameworks .....	132
15.2	CORBA .....	134
15.3	Microsoft .NET.....	135
15.4	Serviceorientierte Architekturen am Beispiel von Web Services .....	136

## **Tabellenverzeichnis**

Tabelle 1: Fahrzeugkomponenten und ihre Prüfungsmöglichkeiten.....	33
Tabelle 2: Sieben Qualitätsmanagementwerkzeuge .....	83
Tabelle 3: Sieben Kreativitätswerkzeuge.....	83
Tabelle 4: Sieben Managementwerkzeuge .....	84
Tabelle 5: Objektattribute .....	95
Tabelle 6: Verbreitung von Normen und Modellen (nach [Westkämper et. al. 1998] S.13) .....	128
Tabelle 7: QM-System Ausrichtung an Normen (nach [Pfeifer 2002a] S.41).....	129

## Abbildungsverzeichnis

Abbildung 1: CIM – Computer Integrated Manufacturing (vgl. Abbildung 8).....	20
Abbildung 2: Prüfdatenmanagement am Beispiel einer KFZ-Produktion.....	24
Abbildung 3: Aufbau der Arbeit.....	25
Abbildung 4: Funktionalitäten des Qualitätsmanagements (in Anlehnung an [Hering et. al. 1999] S.374).....	26
Abbildung 5: Simulationsintegration (vgl. Abbildung 8).....	35
Abbildung 6: Produktlebensphasen .....	36
Abbildung 7: Produktentstehungsprozess (vgl. Abbildung 8).....	37
Abbildung 8: Methodeneinsatz im Produktentstehungsprozess (in Anlehnung an [Füller 2003]) .....	38
Abbildung 9: Anpassung CAQ-Software an die Erfordernisse der Anwender (nach [Bullinger et. al. 2003a] S.951) .....	43
Abbildung 10: Evolutionswürfel iterativer Softwarekonstruktion ([Dangelmaier 2003b] S.599) .....	47
Abbildung 11: Architektursichten eines Frameworks .....	49
Abbildung 12: Funktionsaufbau eines Frameworks .....	51
Abbildung 13: Qualitätsdatenintegration aus Simulation und Realität .....	53
Abbildung 14: Integrationsstufen und –aufwände.....	54
Abbildung 15: Integrationsebenen .....	55
Abbildung 16: Integrationsmodelle .....	56
Abbildung 17: Einflussfaktoren auf ein Qualitätsprüfungssystem .....	59
Abbildung 18: Anwendungskontext Qualitätsprüfung .....	63
Abbildung 19: Architektur des Qualitätsprüfungssystem mit PDCA-Zyklus .....	64
Abbildung 20: Komponenten des Applikationsframeworks (in 2.0 UML-Notation)....	67
Abbildung 21: Metaobjektmodell für die Qualitätsprüfung (in 2.0 UML-Notation) ....	69
Abbildung 22: Ablaufmodell einer Prüfung .....	71

Abbildung 23: Entwicklungsobjektmodell (in 2.0 UML-Notation).....	73
Abbildung 24: Produktionsobjektmodell (in 2.0 UML-Notation).....	74
Abbildung 25: Informationsverdichtung bei rollenabhängigen Prüfauswertungen ....	75
Abbildung 26: Beispielstückliste .....	78
Abbildung 27: Designvorgabe für Benutzeroberfläche .....	82
Abbildung 28: Qualitätsprozessverbesserung .....	84
Abbildung 29: Makroentwicklungsprozess (nach [Booch 1994] S.313) .....	85
Abbildung 30: Mikroentwicklungsprozess (nach [Booch 1994] S.295) .....	86
Abbildung 31: Informationsverarbeitung (nach [Schmitz et. al. 1999]).....	87
Abbildung 32: Beispiel für Qualitätsregelkreise (nach [Pfeifer 2001] S.425).....	88
Abbildung 33: Prüfungsablauf.....	89
Abbildung 34: Beispiel Web-GUI .....	92
Abbildung 35: Umsetzungsbeispiel für Applikations-GUI.....	93
Abbildung 36: Applikation mit editierbarem Element .....	94
Abbildung 37: Bestandteile der Qualitätsprüfung.....	97
Abbildung 38: Entwicklungsprozesse bei der Erstellung von KFZ-Software.....	98
Abbildung 39: Prüfstationsüberwachung .....	100
Abbildung 40: Detailinformationen zu einer Prüfungen.....	101
Abbildung 41: Automotive Excellence (in Anlehnung an [Dietz 2003]) .....	122
Abbildung 42: Modell eines prozessorientierten QM-Systems nach DIN EN ISO 9000:2000 .....	125
Abbildung 43: Methodenanwendung in den Unternehmen (nach [Westkämper et. al. 1998] S.17) .....	127
Abbildung 44: Methodeneinsatz in Unternehmen (nach [Pfeifer2002a] S.64-68) ...	128
Abbildung 45: Qualitätsprüfungen nach DGQ [Leonhard et. al. 2002] S.191 .....	130
Abbildung 46: Merkmale nach DGQ [Leonhard et. al. 2002] S.116 .....	131

## Abkürzungsverzeichnis

<b>ANSI</b>	American National Standards Institute
<b>ASAM</b>	Association for Standardisation of Automation- and Measuring Systems
<b>BDE</b>	Betriebsdatenerfassung
<b>B2B</b>	Business to Business
<b>B2C</b>	Business to Customer
<b>CAD</b>	Computer Aided Design
<b>CAP</b>	Computer Aided Planning
<b>CAM</b>	Computer Aided Manufacturing
<b>CAA</b>	Computer Aided Assembling
<b>CAQ</b>	Computer Aided Quality Assurance
<b>CAI</b>	1.: Computer Aided Inspection                      2.: Computer Assisted Industry
<b>CAE</b>	Computer Aided Engineering
<b>CAT</b>	Computer Aided Testing
<b>CBD</b>	Component-Based Development
<b>CIM</b>	Computer Integrated Manufacturing
<b>CNC</b>	Computerized Numerical Control
<b>CRM</b>	Customer Relationship Management
<b>DACE</b>	Design and Analysis of Computer Experiments
<b>DGQ</b>	Deutsche Gesellschaft für Qualität
<b>DIN</b>	Deutsches Institut für Normung
<b>DMU</b>	Digital Mock-Up
<b>DNC</b>	Direct Numerical Control
<b>DoE</b>	Design of Experiments
<b>DV</b>	Daten-Verarbeitung
<b>EAI</b>	Enterprise Application Integration
<b>ECOS</b>	Electronic Check Out System
<b>EDM</b>	Engineering Data Management
<b>EFQM</b>	European Foundation for Quality Management
<b>EMPB</b>	Erstmusterprüfberichte
<b>EOM</b>	Engineering Object Model
<b>EOP</b>	End of Production

<b>ERP</b>	Enterprise Ressource Planning
<b>EQA</b>	European Quality Award
<b>FMEA</b>	Fehler-, Möglichkeits- und Einfluss-Analyse
<b>FTA</b>	Fault Tree Analysis
<b>GUI</b>	Grafical User Interface
<b>HACCP</b>	Hazard Analysis and Critical Control Points
<b>ISO</b>	International Standards Organisation
<b>IT</b>	Informations Technologie
<b>MaWi</b>	Materialwirtschaft
<b>MDE</b>	Maschinendatenerfassung
<b>NC</b>	Numerical Control
<b>OBD</b>	On-Board-Diagnose (-System)
<b>OEM</b>	Original Equipment Manufacturer
<b>PC</b>	Personal Computer
<b>PDDI</b>	Product Definition Data Interface
<b>PDM</b>	Product Data Management
<b>PLM</b>	Product Lifecycle Management
<b>PPS</b>	Produktionsplanung und -steuerung
<b>QFD</b>	Quality Function Deployment
<b>QIS</b>	Qualitätsinformationssystem
<b>QMS</b>	Qualitätsmanagementsystem
<b>SCM</b>	Supply Chain Management
<b>SOP</b>	Start of Production
<b>SPC</b>	Statistical Process Control
<b>STEP</b>	Standard for the Exchange of Product Model Data
<b>TQM</b>	Total Quality Management
<b>UI</b>	User Interface
<b>VDA</b>	Verband der Automobilindustrie e.V.



## 1 Einleitung und Motivation

Hohe Investitions- und Betreiberkosten zwingen die Unternehmen zu einer modularen Konzeption ihrer Produkte, die darüber hinaus durch den Kunden immer mehr beeinflusst werden [Klauke et. al. 2002]. Um die Qualität und ebenfalls die Kundenzufriedenheit solcher Produkte in Zeiten von immer kürzer werdenden Produktentwicklungszyklen und höherer Komplexität der Produkte zu gewährleisten [Zäh et. al. 2003b], sind Qualitätsprüfungen unabdingbar. Weitere Anforderungen an die Qualitätsprüfung entstehen durch immer weiter reichende Verantwortung und damit auch Dokumentationspflicht der Hersteller für ihre Produkte durch Gesetze und Verordnungen [Rothe 2000].

Dabei spielen für den Kunden individuelle Produktmerkmale, die in kurzen Lieferzeiten und mit günstigen Preisen umgesetzt werden müssen, die entscheidende Rolle [Spath et. al. 2002]. Die Möglichkeiten und Herausforderungen die sich daraus ergeben, sind unter dem Begriff „*Mass Customization*“ bzw. „*kundenindividuelle Massenproduktion*“ von B. Joseph Pine II untersucht worden (vgl. dazu [Piller 1998] und [Piller 2001]). Das Verbundprojekt „*Hochflexible Produktionsendstufe PEflex*“ betrachtet die sich daraus ergebenden Produktionsproblematiken und versucht als Lösungsansatz die produktneutralen Komponenten in die frühen Produktionsphasen zu legen, während die Individualisierung des Produktes am Ende der Produktionskette vollzogen wird [Redeker et. al. 2003]. Mit dem „*Built-to-Order-Modell*“ werden flexible Produktionsprozesse betrachtet, die auf den Grundlagen des e-Business vom Kunden angestoßen werden [Dudenhöffer 2001].

Ein immer größer werdendes Bedürfnis Qualitätsdaten und -information zu vernetzen und zu jeder Zeit verfügbar zu machen, wird durch autonome Fertigungsinseln bzw. abgegrenzte Abteilungen und der immer stärkeren Einbindung von Zulieferern in die Herstellerprozesse verstärkt [Pfaffmann 2003]. Die zum Einsatz kommenden Strategien und Methoden des Qualitätsmanagements sind aus organisatorischer und technischer Sicht obligatorisch und werden durch softwaretechnische Lösungen unterstützt [Pfeifer 2001]. Ein Unternehmen, das Produkte für Kunden als Sonderanfertigung produziert oder in einer hohen kundenspezifischen Varianz herstellt (siehe Automobilindustrie), benötigt für die Qualitätsprüfung ein Prüfdatenmanagement, welches den genannten Anforderungen genügt.

## 1.1 Qualitätsmanagement

Das Qualitätsmanagement ist in der DGQ-Definition 2.2.6 definiert als „*Aufeinander abgestimmte Tätigkeit zum Leiten und Lenken einer Organisation bezüglich Qualität (...) Anmerkung: Leiten und Lenken bezüglich Qualität umfassen üblicherweise das Festlegen der Qualitätspolitik und der Qualitätsziele, die Qualitätsplanung, die Qualitätslenkung, die Qualitätssicherung und die Qualitätsverbesserung*“ [Leonhard et. al. 2002].

Die Qualität umfasst den technischen Gebrauchswert, sowie die subjektive Qualitätseinschätzung. Der Gebrauchswert kann durch die Funktionstüchtigkeit, Verkehrssicherheit, Störanfälligkeit, Robustheit, Haltbarkeit, Dauerhaftigkeit, Integrierbarkeit und Lebensdauer definiert sein [Leonhard et. al. 2002]. Die Qualität kann mit objektiv messbaren technischen Maßstäben bzw. normierten Grenzwerten geprüft oder subjektiv, zum Beispiel aus der Sicht eines Kunden, bewertet werden. Der Qualitätsbegriff ist immateriell und enthält meist kontinuierliche Bewertungsmöglichkeiten. Am Ende einer Qualitätsbetrachtung wird eine ursprünglich quantitative Bewertung oft in eine qualitative vereinfacht (z.B. *"gut"* - *"schlecht"* oder *„in Ordnung“* - *„nicht in Ordnung“*).

Ein modernes Qualitätsmanagement ist durch ganzheitliche Ansätze gekennzeichnet und hat eine breite Ausrichtung der Qualitätsverantwortung auf alle am Produktionsprozess beteiligten Personen [Pfeifer et. al. 2000]. Grundsätzlich muss jeder Unternehmensbereich, der eine Leistung erbringt, für deren Qualität verantwortlich sein. Zur effizienten Sicherung der Qualität ist die Fehlervermeidung die zentrale Aufgabenstellung des Qualitätsmanagements: *„Qualität muss konstruiert bzw. produziert werden und nicht erprüft“* [Westkämper 1991]. Dies erfordert eine funktions- und bereichsübergreifende Kommunikation und Information, sowie neue Arbeitstechniken und Werkzeuge [Hering et. al. 1999]. Das Qualitätsmanagement nimmt eine Querschnittsfunktion innerhalb eines Unternehmens ein, welches in jedem Bereich der Organisation integrierend (Mensch und Maschine) ist und diese Bereiche übergreifend verknüpft. Der Begriff des *„Quality Chain Management“* unter Berücksichtigung interner und externer Kunden–Lieferanten-Beziehungen ist von Pfeifer in diesem Zusammenhang definiert worden [Pfeifer et. al. 2000].

## 1.2 Computerunterstütztes Qualitätsmanagement (CAQ)

Unter dem Begriff CAQ wird die computerunterstützte Qualitätsüberprüfung und -sicherung (Qualitätskontrolle) verstanden und steht für:

- Computer Assisted Quality Control
- Computer Aided Quality Control
- Computer Aided Quality Assurance System

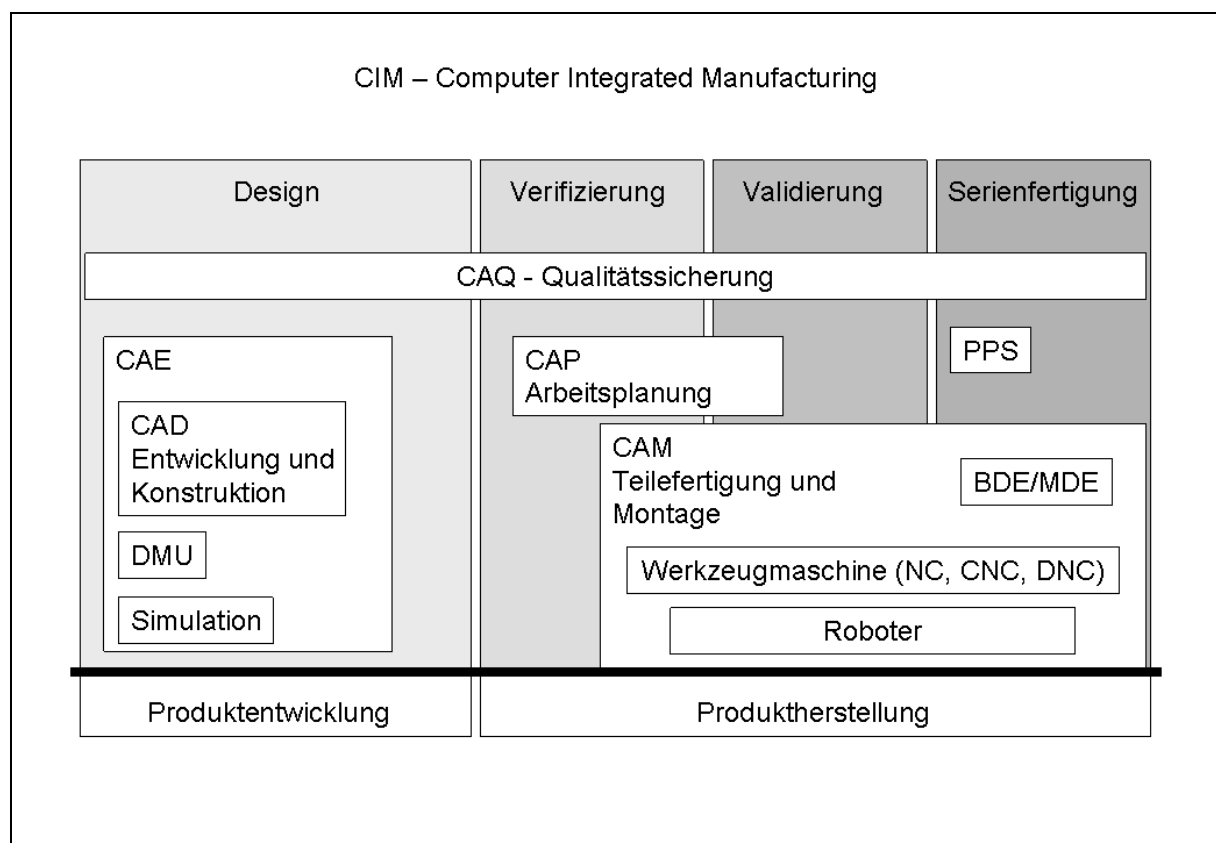
Beinhaltet ein CAQ-System computergestützte Maßnahmen zur Planung und Durchführung der Qualitätssicherung (vgl. Abbildung 4) in einem ganzheitlichen, unternehmensweiten Qualitätsansatz, wird es zu einem Qualitätsmanagementsystem (QMS) [Hering et. al. 1996]. Ist der Einsatz eines CAQ-Systems als Informationssystem zur Unterstützung der Qualitätssicherung vorgesehen, spricht man von einem Qualitätsinformationssystem (QIS) [Franke et. al. 1998]. Alle diese Ansätze stellen ein System zur Datenverarbeitung dar, welches ganz oder überwiegend zur Unterstützung von Tätigkeiten, Verfahren und Methoden des Qualitätsmanagements verwendet wird. Hauptziel ist es qualitätsrelevante Informationen zu erfassen und zu verarbeiten, um die Produkt- und Prozessqualität zu verbessern. Für diese Arbeit wird dies unter dem Begriff CAQ zusammengefasst und im Folgenden unter dieser Definition benutzt.

Wie bei den Normen und Richtlinien für das Qualitätsmanagement (vgl. Anhang A) steht auch bei einem CAQ-System der Mitarbeiter im Mittelpunkt, der durch das System in seiner täglichen Arbeit unterstützt werden soll. In einem CAQ-System wird eine Ausgewogenheit zwischen den QM-Strategien und der Einbeziehung der Mitarbeiter angestrebt, um ein prozessorientiertes CAQ-System zu erhalten [Sauer 1999]. Flexibilität, Variabilität und Anpassungsfähigkeit sind die unerlässlichen Grundeigenschaften eines solchen Systems.

Auf dem Markt angebotene CAQ-Systeme unterstützen den administrativen Bereich der Qualitätsplanung und Qualitätslenkung, sowie die Qualitätsprüfung als operativen Bereich. Bedingt durch die Entwicklung der CAQ-Systeme aus rechnergestützten Einzelanwendungen zur Qualitätsprüfung, sind die operativen Bereiche meist umfassender abgedeckt als die Administrativen ([Bullinger et. al. 2003a] S.948).

Dem Management können durch ein CAQ-System umfassende Informationen über die Qualitätslage im Unternehmen zur Verfügung gestellt werden, damit qualitätsrelevante Entscheidungen schneller und effizienter getroffen werden können.

Um solche Informationen und Daten zur Verfügung zu stellen, ist ein CAQ-System ein Bestandteil eines komplexen Systems (vgl. Abbildung 4). Während CAD-, CAP- und CAM-Systeme nur auf bestimmte Unternehmensbereiche beschränkt sind, erstreckt sich der Einsatzbereich von CAQ-Systemen über mehrere Unternehmensbereiche und –ebenen (vgl. Abbildung 1).



**Abbildung 1: CIM – Computer Integrated Manufacturing (vgl. Abbildung 8)**

Die in jedem Unternehmensbereich anfallenden qualitätsrelevanten Daten müssen durch ein CAQ-System über alle Unternehmensbereiche gesammelt und für diese auch wieder bereitgestellt werden. Eine Erhöhung der Datenqualität kann durch die Verknüpfung, bzw. Rückführung von unterschiedlichen Datenquellen erreicht werden (vgl. Abbildung 6). Aus diesem Grund muss ein CAQ-System eine Integration von Daten und Prozessen aller Bereiche eines Unternehmens ermöglichen (vgl. Abbildung 13).

### 1.3 Problemstellung

Um die Qualität eines Produktes zu gewährleisten, müssen einzelne Baugruppen nach der Montage oder nach einzelnen Prozessschritten geprüft und im Falle eines Fehlers repariert oder ausgetauscht werden. Unter Berücksichtigung komplexer Baugruppen bzw. Abhängigkeiten von Baugruppen müssen die Prüfmethode unter Kosten-Nutzen Gesichtspunkten ausgewählt und in den Montageprozess eingebunden werden. In den Prüfprozessen wird eine frühzeitige Fehlererkennung angestrebt, um geringere Folgekosten zu gewährleisten als bei der Feststellung eines Fehlers zu einem späten Zeitpunkt [Crosby 1986].

Die zu diesem Zweck eingesetzten Prüfungen unterscheiden sich in drei Arten [Lübbe 1994]:

- 100%-Prüfung
- Stichproben-Prüfung
- Statistische Prozessregelung (SPC)

Die in einem Unternehmen eingesetzte Art der Prüfung oder deren Kombination hängt von dem herzustellenden Produkt und der Fertigungstechnik ab. Die Auswahl der quantitativen und qualitativen Prüf Aspekte wird durch die technologischen, kundenspezifischen und wirtschaftlichen Rahmenbedingungen bestimmt [Pfeifer 2001].

Die Prüfplanung stellt einen wichtigen Teilprozess des Qualitätsmanagements zur Qualitätssicherung in der Produktion dar. Hersteller von Produkten mit kleinen Losgrößen, Sonderanfertigungen oder einer hohen Varianz, wie zum Beispiel Automobilhersteller, können mit Standardlösungen von Qualitätssystemen ihre speziellen Bedürfnisse an die Prüfdaten nicht umfassend erfüllen.

Für verschiedenartige Produktprüfungen, wie zum Beispiel mechanische, hydraulische, elektrische oder elektronische Prüfungen bzw. Messungen, sind unterschiedliche Abteilungen in einem Unternehmen zuständig, welche auf die spezifischen Prüftypen spezialisiert sind. Für die einzelnen Organisationseinheiten ergibt sich durch die unterschiedlichen Prüfarten ein heterogenes Umfeld von Prüfherstellern und Prüftypen, die sich in einer Vielzahl von unterschiedlichen Prüfsystemen wieder spiegelt.

Durch neue Zusammenschlüsse von bisher getrennten Arbeitsbereichen, wie zum Beispiel der Mechatronik, ist der Bedarf der Integration bzw. ganzheitlichen Betrachtung des Prüffeldes gegeben [Zäh et. al. 2003a]. Verschiedene Organisationseinheiten kooperieren miteinander bzw. werden zusammengelegt und stehen vor der Aufgabe Informationen auszutauschen und zu verknüpfen. Im Automobilbau werden die Zulieferer immer mehr in die Produktionsprozesse und somit auch in die Prüfprozesse integriert [Dangelmaier et. al. 2003a]. Die in den letzten Jahren optimierten Outsourcing Bestrebungen der Automobilhersteller wandeln sich zu einem Insourcing der Zulieferer [VDA 2003]. Die ersten Original Equipment Manufacturer (OEM) gehen so weit, verschiedene Zulieferer in der Montage zu integrieren bzw. diese sogar betreiben zu lassen [Pfaffmann 2003]. Die dazu benötigte Integration und Steuerung der Prüfdaten über Unternehmens- und Systemgrenzen hinweg, muss durch den OEM bereitgestellt werden, um den Produktionsfluss zu gewährleisten.

Neue Informations- und Kommunikationstechnologien ermöglichen den raschen Aufbau innovativer Lösungen im lokalen Umfeld einer Abteilung. Durch die hohe Anzahl verschiedener Lösungen und Applikationen sind in den Unternehmen individuelle Informationsstrukturen gewachsen, die nur schwer erweiterbar sind oder im Sinne eines flexiblen Informationstransfers eingesetzt werden können. Dieser Umstand führt in einem Unternehmen zu vielen Insellösungen für Informationssysteme [Stonebraker 1999].

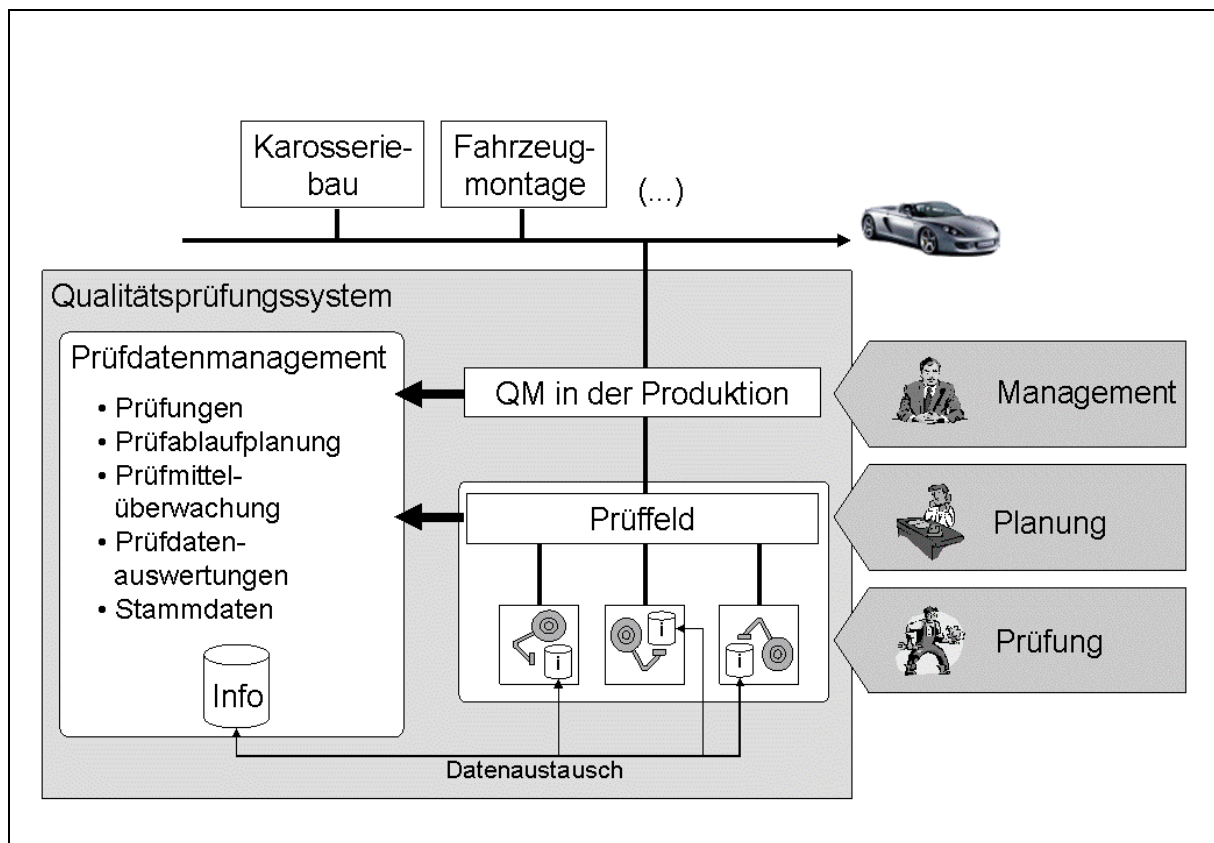
Die Produkte und damit auch die individuellen Qualitätsprüfungen während der Montage von Komponenten und die Abhängigkeiten der Komponenten untereinander, mit einer kundenspezifischen Ausrichtung der Produkte, bewirken einen hohen Komplexitätsgrad qualitätsrelevanter Informationen der verwaltet und kontrolliert werden muss. Besonders im High-End Bereich von Automobilherstellern, sei es bei Sportwagen oder Luxusautomobilen, geht der Trend hin zu kundenindividuellen Einzelanfertigungen, bei dem die Kunden ihre Wünsche und Vorstellungen umsetzen lassen. Die einzelnen Prüfungen und die gesamte Prüfplanung müssen im Sinne der Qualitätsforderungen und den Kundenwünschen angepasst und durchgeführt werden.

Aus Sicht der Automobilhersteller werden optimal anpassbare Prüf- und Messmittel und deren Verwaltung in der Qualitätsprüfung benötigt, um schnell und effizient auf

die Vorstellungen und Anforderungen der Kunden und somit des Marktes reagieren zu können. Für die Anwender (siehe Kapitel 5.3) muss ein Qualitätsprüfungssystem einen einfachen und transparenten Zugriff auf qualitätsrelevante Informationen unterstützen und diese aufgaben- und benutzergerecht zur Verfügung stellen. Der Anwender kann dann Informationen zum richtigen Zeitpunkt, an der richtigen Stelle und in der richtigen Informationsqualität abfragen [Wilhelm 2003].

## 2 Zielsetzung und Vorgehensweise

Ziel der vorliegenden Arbeit ist es ein allgemeines informationstechnisches Konzept für ein Applikationsframework für die Unterstützung der Qualitätsprüfung zu entwickeln, welches als Kernelement das Prüfdatenmanagement betrachtet (vgl. Abbildung 2). Die in einem Unternehmen vorhandenen Softwarelösungen sollen in das Konzept integriert werden und durch die neue Struktur die Qualität verbessern. Als Beispiel wird die Automobilmontage gewählt, da anhand der besonderen Bedürfnisse im Automobilbau, wie 100%-Prüfung bei variantenreichen Produkten mit einer Vielzahl von unterschiedlichen Prüfungen, die Anwendung des Konzepts umfassend dargestellt werden kann.

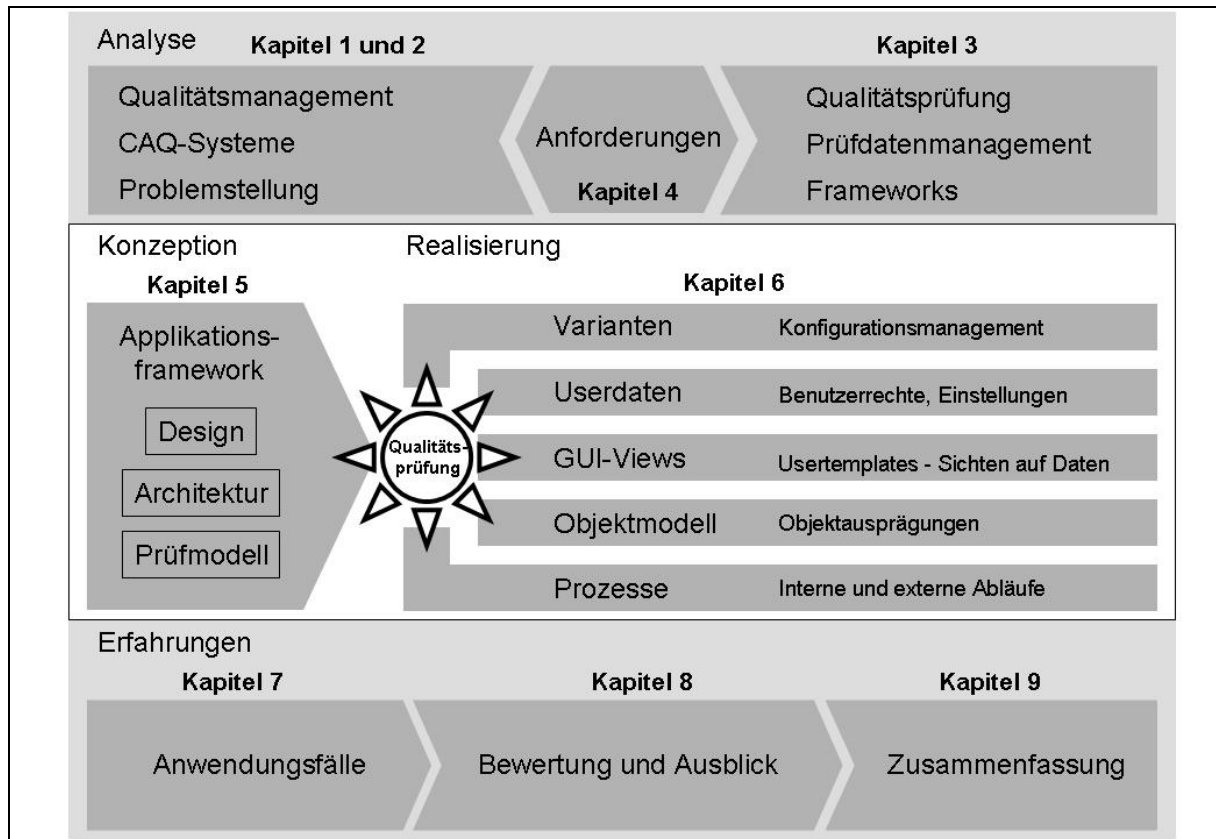


**Abbildung 2: Prüfdatenmanagement am Beispiel einer KFZ-Produktion**

Arbeitsorganisationen die in einem dynamischen Umfeld agieren, sind auf die Beherrschung aller Prozesse und die Integration und Aussagefähigkeit aller Daten und Informationen angewiesen, um die benötigte Flexibilität und Reaktionsmöglichkeit zu gewährleisten. Das gesamte Umfeld, angefangen beim Kunden, über den Service und Vertrieb bis hin zum Lieferanten und zum Gesetzgeber muss in die Planung und Sicherung der Qualität einbezogen werden [Hering et. al. 1999].



Die Vorgehensweise bei der Umsetzung dieser Arbeit ist in der folgenden Abbildung zusammengefasst:



**Abbildung 3: Aufbau der Arbeit**

Um allen Anforderungen an ein Qualitätsprüfungssystem gerecht zu werden, wird in den ersten Kapiteln eine Anforderungs- und Analysephase durchgeführt, die den Stand des Wissens für ein Qualitätsprüfungssystem betrachten. Diese Analysekapitel bilden die Grundlage für die Entwicklung eines Konzepts für eine Softwarearchitektur, die im Kapitel 5 beschrieben wird. Die in dieser Konzeptionsphase des Qualitätsprüfungssystems dargestellten Methoden zur Systematisierung eines Frameworks werden in Kapitel 6 umgesetzt. Nach der Realisierung des Frameworks werden in Kapitel 7 verschiedene Anwendungsfälle vorgestellt. Der Einsatz des Frameworks wird in Kapitel 8 anhand von erfahrenen Erkenntnissen bewertet und durch einen Ausblick über weitere Einsatzgebiete ergänzt. Den Abschluss dieser Arbeit bildet eine Zusammenfassung in Kapitel 9.

### 3 Stand des Wissens

Im Stand des Wissens wird eine Einordnung der Qualitätsprüfung in den Gesamtkontext des Qualitätsmanagements gegeben. Dabei spielen qualitätsrelevante Informationen des Qualitätsmanagements eine Rolle, die durch rechnergestützte Qualitätsmanagementsysteme verwaltet werden. Die Konzepte und Methoden, die bei der Umsetzung eines integrativen Softwaresystems mit Frameworks zum Einsatz kommen, bilden den Abschluss dieses Kapitels.

#### 3.1 Qualitätsprüfung

Wird ein Produkt gefertigt, muss sichergestellt werden, dass es den Anforderungen (Spezifikationen) entspricht, was durch entsprechende Prüfmethode und Prüfverfahren nachgewiesen werden soll.

Die Prüfplanung, welche die Prüfungen im Fertigungsablauf festlegt, stellt eine zentrale Funktion zur Absicherung der Qualität dar [DGQ 2003: 3.2.6].

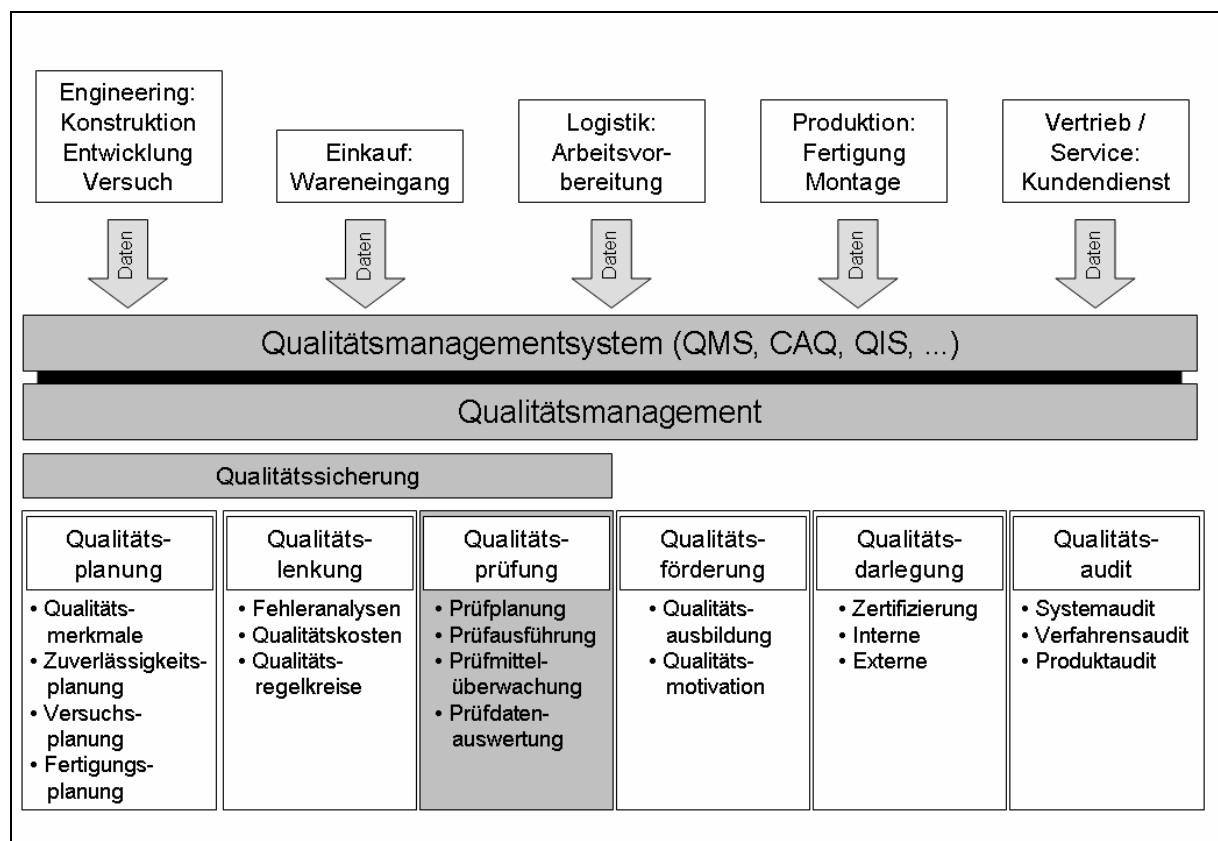


Abbildung 4: Funktionalitäten des Qualitätsmanagements  
(in Anlehnung an [Hering et. al. 1999] S.374)

Die Qualitätsplanung bestimmt die Qualitätsprüfung durch die Festlegung und Beschreibung der Prüfmerkmale und je Prüfmerkmal die Prüfmethode, die dann in Prüfablaufplänen in eine zeitliche Reihenfolge gesetzt werden. Diese Prüfpläne sind vergleichbar mit den Arbeits- bzw. Fertigungsplänen und zunächst auftragsneutral. Die entsprechenden auftragsabhängigen Informationen der Prüfpläne werden im Produktionsprozess definiert und festgelegt [Pfeifer et. al. 2002c]. Der Prüfplaner (siehe Kapitel 5.3.2) legt in den Prüfplänen die qualitätssichernden Maßnahmen während des Produktionsprozesses fest.

Als Grundlage für die Prüfplanung werden folgende Informationen herangezogen [Fleissner 1998]:

- Entwicklungs- und Konstruktionsunterlagen (Zeichnungen, Stücklisten, ...)
- Fertigungsinformationen (Arbeitspläne, Maschinen, Werkzeuge, ...)
- Technische Unterlagen (Normen, Richtlinien, Sicherheitsvorschriften, ...)
- Qualitätsbezogene Unterlagen (Analysen, FMEAs, ...)
- Prüfmittel (Prüfmittelfähigkeit, Verfügbarkeit, Messbereiche und –genauigkeit)

Auf Basis dieser Informationsquellen können die benötigten Bestandteile einer Prüfung festgelegt werden:

- Anwendung der Mess- und Prüfmittel
- Prüfschärfe (Annahme- und Rückweiskriterien) und Prüfniveau
- Prüfumfang (Häufigkeit, Stichprobengröße)
- Prüfort und Prüfzeitpunkt
- Auswertung und Darstellung von Prüfergebnissen

Somit ergibt sich für die rechnergestützte Qualitätsprüfung ein Prüfplanungssystem, welches die folgenden Teilsysteme integriert bzw. zur Verfügung stellt (vgl. Abbildung 4):

- Prüfplanung
- Prüfungen und Fehlerbehandlung (Prüfausführung)
- Prüfmittelverwaltung und –überwachung
- Prüfauswertungen

In den folgenden Unterkapiteln werden die Definitionen und Erklärungen gegeben, die funktional für ein Framework zur Qualitätsprüfung von Bedeutung sind.

### **3.1.1 Prüfplanung**

Die Planung der Prüfung ist durch ein Prüfablaufplan an die in den entsprechenden Teilprozessen unmittelbar wirksamen Ablaufelemente angepasst (nach DGQ 11-04 Abs. 8.1.7). Der Prüfplan enthält Prüfspezifikationen, Prüfanweisungen und Prüfablaufpläne, sowie Festlegungen über die benötigte Dokumentation des Prüfstatus (DIN 55350, Teil 11, Abs. 8.1). Die Festlegung der Abfolge der Prüfungen erfolgt über den Prüfablaufplan. Nach DIN 55350, Teil 11, Abs. 8.4 ist ein Prüfablaufplan (im Fall Qualitätsmanagement) an die Qualitätselemente entsprechend den qualitätswirksamen Ablaufelementen angeglichen.

### **3.1.2 Prüfungen und Fehlerbehandlung**

Eine Prüfung dient der Feststellung inwieweit eine Einheit eines Produkts die Qualitätsforderung erfüllt (DGQ 11-04: Def. 8.1.9). Für den Prüfling (Prüfgegenstand) bedeutet dies, ob er die geforderten Merkmale innerhalb von vorgegebenen Fehlergrenzen bzw. Toleranzen aufweist und demzufolge eine oder mehrere vereinbarte, vorgeschriebene oder erwartete Bedingung erfüllt.

Eine Prüftätigkeit kann subjektiv durch Sinneswahrnehmung (Sichtprüfung) oder objektiv mit Mess- oder Prüfmitteln geschehen [Bläsing 1990] (vgl. Kapitel 3.2.3).

Die Prüfspezifikation legt die Prüfmerkmale für die Qualitätsprüfung (vgl. Anhang B) und gegebenenfalls die vorgegebenen Merkmalswerte (vgl. Anhang C), sowie die erforderlichen Prüfverfahren fest. Liegt eine schriftliche Prüfspezifikation vor, dann ist sie Grundlage für die Prüfanweisung (DIN 55350, Teil 11, Abs. 8.3), die Anweisungen für die Durchführung einer Prüfung enthält.

Bei einer „*Nichterfüllung einer festgelegten Forderung*“ spricht man von einem Fehler [Leonhard et. al. 2002]. Diese Definition umfasst sowohl die Nichterfüllung einer festgelegten Forderung bei einem oder mehreren Qualitätsmerkmalen, sowie die eingeschlossenen Zuverlässigkeitsmerkmale, wie auch deren Nichtvorhandensein. Tritt ein Fehler auf, muss die Lenkung fehlerhafter Produkte, wie in Abs. 8.3 der DIN EN ISO 9001:2000 beschrieben, festgelegt sein. Dies umfasst die auszuführenden Maßnahmen zur Behandlung einer vorhandenen fehlerhaften Einheit, um den Fehler zu beseitigen. Die Maßnahme kann zum Beispiel die Form einer Korrektur annehmen, wie Reparatur, Nacharbeit, Neueinstufung, Einstufung als Ausschuss, Sonderfreigabe, Berichtigung eines Dokuments oder eine Zusatzforderung. Die

Nacharbeit bewirkt eine Maßnahme an einem fehlerhaften Produkt, damit es die Forderungen erfüllt. Im Unterschied zur Nacharbeit kann eine Reparatur Teile des fehlerhaften Produkts beeinflussen oder verändern [Leonhard et. al. 2002].

### **3.1.3 Prüfmittelverwaltung und –überwachung**

Prüfmittel sind Messgeräte oder andere Vorrichtungen, die in einem Produktionsprozess zur Sicherstellung der Produktqualität eingesetzt werden.

Die Prüfmittelverwaltung ist in einem Unternehmen verantwortlich für die Qualität, Zuverlässigkeit, Einsatzfähigkeit und Einsatzbereitschaft der Prüfmittel [Pfeifer et. al. 2002b]. Das Management der Prüfmittel umfasst die Dokumentation der Prüfmittelüberwachung, die zum Beispiel für die Automobilindustrie in der VDA 6.1 durch die Aufzeichnungspflicht aller Prüfmittel und deren Kalibrierwerte ausdrücklich gefordert wird.

Die Prüfmittelüberwachung ist nach DGQ 11-4 Abs. 8.1.32 die Gesamtheit der systematischen Tätigkeiten der Kalibrierung, Justierung und Eichung, sowie der Instandhaltung von Prüfmitteln und Prüfhilfsmitteln.

Der Prüfstatus gibt *„eine Aussage darüber, dass eine planmäßige Prüfung, zum Beispiel eine Qualitätsprüfung am Produkt durchgeführt wurde. (...) In dieser Aussage muss eine Information darüber enthalten sein, ob die betreffenden Forderungen zu Qualität, Umweltschutz und Arbeitsschutz sowie sonstige festgelegte Forderungen erfüllt sind.“* (aus [Leonhard et. al. 2002] Def. 8.1.8).

Erweitert man die Prüfmittelüberwachung um eine Überprüfung bzw. Überwachung des Prüfstatus, können weitere Erkenntnisse über das Prüfmittel, das Produkt oder Teilprodukt und die Prozesse erworben werden, in dem die Prüfstatusrückmeldungen analysiert werden.

### **3.1.4 Prüfauswertungen**

Die im Produktionsprozess gewonnenen Daten und Informationen während der Prüfungen bilden die Grundlage für Prüfauswertungen [Hering et. al. 1999]. Diese Prüfdokumentationen, digital oder analog, müssen lesbar sein und so aufbewahrt werden, dass sie geschützt und jederzeit auffindbar sind.

Mit diesen Daten ist es möglich präventive Planungsmaßnahmen und produktionsbegleitende Prozessregelungsmaßnahmen durchzuführen, um eine effiziente

Prüfplanung und Prüfausführung zu gewährleisten. Prüfauswertungen helfen bei der Beurteilung, ob eine eingeführte Qualitätsverbesserung eine positive oder negative Veränderung herbeigeführt hat [Reinhart et. al. 1996].

Die so erworbenen Erkenntnisse können für vor- und nach- gelagerte Prozesse und Abteilungen eingesetzt werden (vgl. Abbildung 6). Eine Rückverfolgbarkeit von Materialien und Teilen über ihren Werdegang, Verwendung oder den Aufenthaltsort kann anhand von aufgezeichneten Kennzeichnungen bei Prüfungen erfolgen, vorausgesetzt die Datenqualität ist entsprechend [Würthele 2003].

### **3.1.5 Zusammenfassung**

Die Qualität der Produkte, der Prozesse und der Zusammenarbeit sind im Unternehmen optimal zu gestalten, um die Kundenzufriedenheit als oberstes Ziel des Qualitätsmanagements zu erfüllen [Reinhart et. al. 1996].

Normen und Richtlinien sind Voraussetzungen für das Management der Produktvielfalt und steigern die Qualität eines Produktes. Die Einhaltung von Normen und die Einbeziehung der Mitarbeiter in das Qualitätsmanagement sind für eine erfolgreiche Umsetzung unbedingt erforderlich. Durch eine Zertifizierung wird einem Unternehmen ein bestimmtes „Qualitäts“-Niveau bescheinigt, welches zur Wiedererlangung des Zertifikats gehalten werden muss. Im Qualitätsmanagement bedeutet Stillstand einen Rückschritt, besonders in einem wettbewerbsorientierten Wirtschaftssystem in dem jedes Unternehmen danach strebt die Konkurrenz zu übertreffen [Eckel 2002]. Für ein erfolgreich agierendes Unternehmen ist deshalb die ständige Verbesserung eine grundlegende Eigenschaft, die es zu erfüllen gilt.

Eine präventive Qualitätssicherungsmethode, also eine Fehlervermeidung statt einer Fehlerbeseitigung, ist für das Qualitätsmanagement unerlässlich [Westkämper et. al. 1998]. Aus diesem Grund werden nicht nur Prüfungen bei der Endabnahme durchgeführt, sondern es werden konstruktionsbedingte und prozessbezogene Prüfungen während der Fertigung und der Montage geplant und durchgeführt [Kring 1989]. Unter Umständen ist die Montage direkt mit einer Prüfung verbunden und wird vom Werker direkt bei der Montage durchgeführt, damit ein Fehler in derselben Prozessphase kostengünstig beseitigt werden kann.

Ein ganzheitliches Qualitätsbewusstsein hat die Aufgabe funktionsübergreifend (unternehmensintern und -extern) und in allen Phasen des Produktlebenszyklus

(vgl. Abbildung 6) ein aktives, gelebtes Qualitätsmanagement zu etablieren und hochwertige Qualitätsdaten zur Verfügung zu stellen. Arbeiten in einem solchen Netzwerk heißt nicht nur technisches Know-how zu besitzen, sondern auch kooperationsfähig und kommunikativ zu sein. Gerade in der Automobilindustrie kommt viel Innovationspotential von den Zulieferern der OEMs [VDA 2001], welches in den Produktionsprozess integriert und genutzt werden kann.

### **3.2 Prüfdatenmanagement**

Unter dem Sammelbegriff Prüfdaten sind Daten unterschiedlicher Art und Herkunft zu verstehen, die Randbedingungen und Ergebnisse von Prüfungen beschreiben [Reinhart et. al. 1996].

Die Prüfplanung liefert Daten an die einzelnen Prüfplätze und benötigt gleichzeitig Statusmeldungen von den Prüfstationen. Damit ist ein inhärentes Prüfdatenmanagement erforderlich, um über eine Prozesssteuerung Daten zu verteilen und wieder zusammenführen zu können. Als Beispiel dienen Einstellungsdaten für Prüfplätze mit rechnergestützten Prüfstationen, die auf eine Datenversorgung mit Parameterwerten für Prüfungen und einer entsprechenden Datenentsorgung der Prüfstation bzw. Prüfergebnisse angewiesen sind.

Die Datenversorgung und die Parametrierung der einzelnen Prüfstationen erfolgt lokal an einem Prüfplatz durch die Prüfsoftware des Prüfsystems. Die Verantwortung für die Prüfungen wird an den entsprechenden Prüfplaner (siehe Kapitel 5.3.2) delegiert, der in Abstimmung mit der Entwicklung und dem Prüfsystemhersteller die Parametereinstellungen für die Prüfungen lokal am Prüfplatz vornimmt [Pfeifer et. al. 2002c]. Dieser Umstand führt zu einer isolierten Betrachtung und Steuerung von Qualitätsprüfungen in Fertigung und Montage, da die Prüfinformationen nur lokal auf den Prüfsystemen und den an der Prüfung beteiligten Prüfplanern in detaillierter Form vorliegen.

Besonders die Rückführung von Prüfdaten, für den Aufbau von Vergleichs- und Erfahrungswerten, ist ein entscheidendes Kriterium, um bei kritischen Fertigungs- und Montageprozessen bzw. bei der Einstellung von Prüfparametern sachgemäße Entscheidungen treffen zu können.

Eine orts- und abteilungsunabhängige Überwachung von Produktionsdaten, nicht nur innerhalb der Produktion, sondern von jedem beliebigen Ort aus, ist anzustreben. Ein

solches Erfassungs- und Analysesysteme zur Optimierung, Sicherung und Steuerung der Qualität in den Fertigungsprozessen repräsentiert ein Abbild aus der realen Welt. Für ein Qualitätsprüfungssystem führt dies zu einem Vergleich von Informationen aus diesem System mit zugehörigen realen Sachverhalten in der Produktion, um qualitätsverbessernde Maßnahmen auslösen zu können. Die Prozessbetrachtung ist dabei ein wesentlicher Punkt, der in dem Gesamtsystem zu berücksichtigen ist (vgl. Kapitel 6.3). Im Sinne des Total Quality Managements (TQM, vgl. Kapitel 12.1.3) kann ein Produkt nur dann qualitativ hochwertig sein, wenn Qualität ganzheitlich und über alle Teilprozesse sichergestellt wird.

Die Qualität der zugrunde liegenden Daten für den Produktionsprozess muss entsprechend hoch sein, damit jedem Bereich flexibel und schnell alle relevanten Kennzahlen und Produktionseckdaten zur Verfügung gestellt werden. So ist es möglich bei Problemen schnell informiert zu werden und Fehler in kurzen Zeitspannen zu erkennen und zu beheben (vgl. Kapitel 3.2.2). Ist die Datenqualität schlecht, so liefern Auswertungen ein Zerrbild von tatsächlichen Situationen und darauf aufbauende Entscheidungen können falsche operationale oder sogar falsche strategische Maßnahmen zur Folge haben [Würthele 2003]. Neben der Datenerfassung gilt dieser Umstand auch für die Auswertung von Prüfdaten, die für bestimmte Zielgruppen Prüfdaten verdichtet und bewertet (vgl. Kapitel 5.3), um die Informationen aufgabengerecht aufzubereiten und somit eine Identifizierung der Effizienzsteigerungs- und Einsparpotentiale zu ermöglichen.

### **3.2.1 Qualitätsprüfungssysteme**

Für die Qualitätssicherung existiert eine Vielzahl von verschiedenen Unterstützungssystemen, die hinsichtlich funktionaler und datentechnischer Integration von CAQ unterschieden werden. Eine funktionale Integration ist eine Erweiterung eines bestehenden DV-Systems (z.B. CAD, PPS, ERP) um Prüfplanungsfunktionen. Eine datentechnische Integration ist eine Anwendung eines eigenständigen Qualitätsprüfungssystems, welches die benötigten Daten über definierte Schnittstellen aus anderen Systemen bezieht. Beide Arten von Systemen finden gleichberechtigt Anwendung in der Qualitätssicherung, da für unterschiedliche Bereiche die eine oder die andere Systementscheidung Vorteile bietet. Ein benötigter Funktionsumfang ist unter Umständen durch ein System nicht abgedeckt und muss dann über eine funktionale oder datentechnische Erweiterung umgesetzt werden.



Im Automobilbereich kommen vorzugsweise ERP und PPS Systeme mit Qualitätssicherungsmodulen und weitere unabhängige Prüfsysteme für spezielle Prüfungen zum Einsatz, die nicht durch die primäre Unternehmenssoftware abgedeckt werden. Die ERP-Softwarekomponente deckt administrative<sup>1</sup> Bereiche der Qualitätssicherung ab, während ein PPS-System zu Steuerungszwecken eingesetzt wird, aber keine Prüfungsdurchführung beinhaltet. Die Besonderheit der Automobilbranche bezüglich ihrer Prozesse und der Form bzw. Ausprägung ihrer Daten durch den hohen Variantenreichtum (vgl. dazu Kapitel 6.1) spiegelt sich in dem Umstand wieder, dass alle CAQ-Systemhersteller besondere Automotivmodule bzw. -versionen anbieten.

Das Prüffeld in der Automobilbranche ist gekennzeichnet durch eine Vielzahl von unterschiedlichen Prüfungen, die abhängig von den einzelnen Produktkomponenten und ihren Wechselwirkungen untereinander durchgeführt werden müssen. Die nachfolgende Tabelle 1 gibt einen Überblick über die Komponenten, die in einem Fahrzeug verbaut werden und die Prüfungsmöglichkeiten der jeweiligen Komponente.

Funktions- Prüfung	Produktkomponenten																
	Karosserie		Ausstattung				Fahrwerk			Antrieb				Elektrik			
	Rohkarosserie	Türen / Klappen	Außenausstattung	Innenausstattung	Cockpit	Sitze	Vorderachse	Hinterachse	Lenksäule / Pedalerie	Bremssystem	Motor / Abgas / Kühler	Hinterachsgetriebe	Getriebe	Heizung / Klimaanlage	Elektronik / Instrumentierung	Bordnetze	Elektromechanik
Geometrisch	•	•					•	•			•	•	•				
Elektrisch		•			•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•
Mechanisch		•			•	•	•	•	•	•	•	•	•	•			
Hydraulisch							•	•	•								
Optisch	•	•	•	•	•	•											
Geräuschprüfung	•	•	•		•					•	•	•	•				
Dichtigkeitsprüfung	•		•							•							
Sichtprüfung	•	•	•	•	•	•											

Tabelle 1: Fahrzeugkomponenten und ihre Prüfungsmöglichkeiten

Diese einzelnen Prüfungen sind von Herstellern durch leistungsfähige Systeme abgedeckt und es lässt sich für jede Anforderung ein geeignetes Prüfsystem

<sup>1</sup> Planung, Beschaffung, usw. von Qualitätssicherungsmaßnahmen

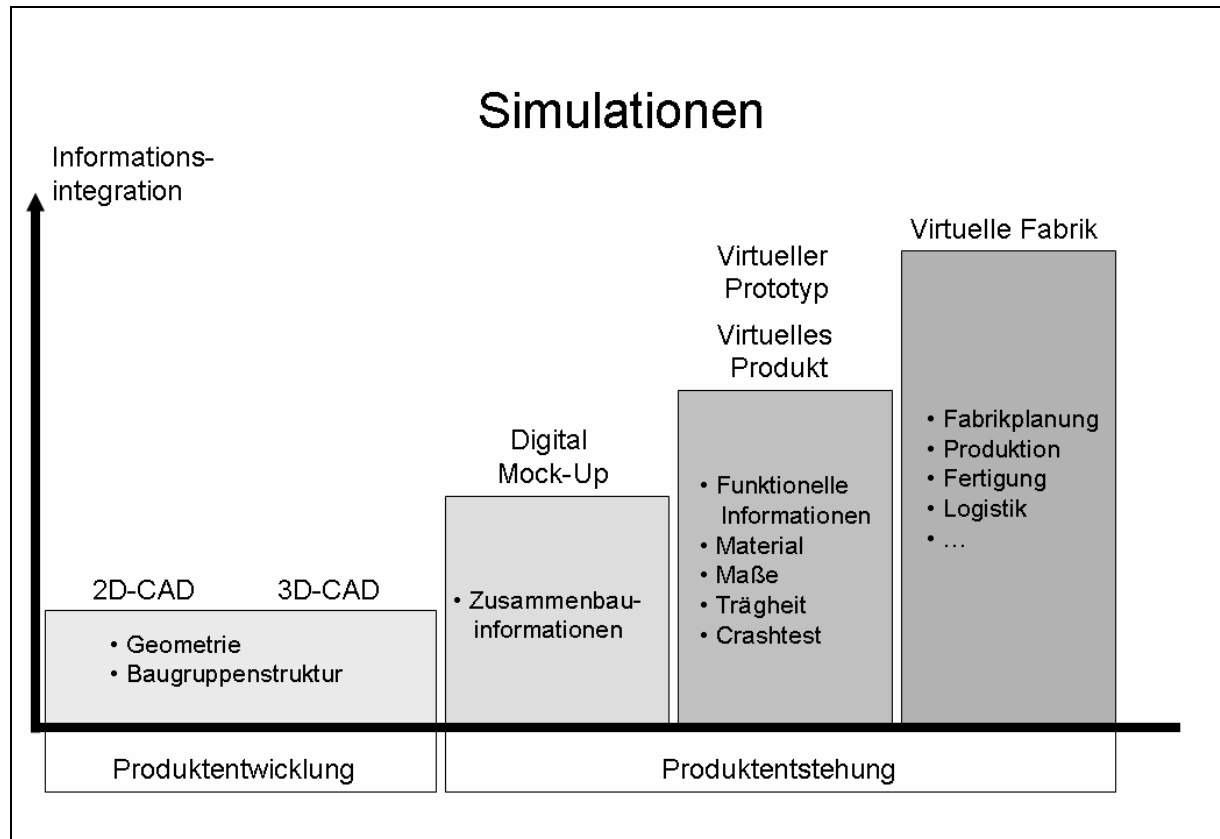
finden [FTK 1997]. Prüfsystemhersteller mit marktstrategisch breiter aufgestellten Produkten bieten Prüfplätze mit verschiedenen Prüfungen und Bedienoberflächen an, die aber nur proprietär vom Hersteller und in ihrem lokalen Umfeld lauffähig sind [SPS/IPC/DRIVES 2002]. Häufig sind die Systeme von ihrem Einsatzzweck auf die Qualitätsplanung und nicht auf die Qualitätsprüfung zugeschnitten und haben dadurch für die Produktionsprozesse einen eingeschränkten Nutzen. Für unterschiedliche Prüfsystemhersteller gibt es keine administrative Applikation, mit der sich ein heterogenes Prüffeld betrachten und konfigurieren lässt.

Durch Parallelisierung und engerer Abstimmung der Entwicklungs- und Planungsschritte wird im Simultaneous-Engineering versucht, die Qualität der Entwicklungsprozesse bei verkürzter Entwicklungszeit zu verbessern [Reinhart et. al. 1996]. Für die Prüfplanung bedeutet ein solches Konzept zum Beispiel die Bildung eines fachübergreifenden Teams, welches aus Mitgliedern aus der Entwicklung und der Produktion besteht. Diese organisatorischen Beeinflussungen benötigen einen integrativen Ansatz, um bereichsübergreifende Abstimmungstätigkeiten bei der Prüfplanung rechnergestützt durchführen zu können. Die in der Automobilbranche zum Einsatz kommenden Methoden des Simultaneous-Engineering sollen anhand von Beispielen verdeutlicht werden.

Die in der Konstruktion eingesetzten Computer-Aided-Design-Systeme (CAD) bieten die Möglichkeit, bestimmte Tätigkeiten innerhalb der Prozessketten schon zu einem frühen Zeitpunkt an einem digitalen Prototyp durchzuführen (Digital Mock-Up). In der Automobilbranche gilt es Messabläufe produkt- und kundenindividuell zu planen und in Produktionsabläufe zu integrieren. Vor diesem Hintergrund werden im CAE-Umfeld und dort im CAD funktionale Erweiterungen für die Qualitätsprüfung angeboten.

Es wird eine durchgängige Prozesskette angestrebt, die Konstruktionsdaten aus einem CAD-System nutzt, die Schritte der Prüfplanung und die Festlegung einheitlicher Messstrategien umfasst und bis zur Generierung gerätespezifischer Messprogramme reicht [Kelka et. al. 2001]. Weitere Schnittstellen zu Simulationssystemen (siehe folgende Abbildung 5) und die mögliche Verbindung zu ihren Pendanten in der realen Produktion geben einen Einblick in die steigende Komplexität der Simulationsprogramme und die Komplexität der Verbindung zwischen den

Systemen, um qualitätsrelevante Informationen austauschen zu können (vgl. auch Abbildung 14).



**Abbildung 5: Simulationsintegration (vgl. Abbildung 8)**

Der Realisierungsstand in der Automobilbranche für eine durchgängige Produktsimulation, von der Entwicklungs- bis zur Produktionssicht, geht bis zum virtuellen Produkt und in Teilbereiche der virtuellen Fabrik. Der Einsatz einer virtuellen Produktion ist noch auf die Fabrikplanung und einzelne Simulationen eingeschränkt [Zäh et. al. 2003b]. Aufbauend auf einer kritischen Bewertung aller Einflussfaktoren und Potentiale bei der Umsetzung einer digitalen Fabrik muss die Integrationsplattform, verknüpft mit dem Workflow und abgestimmten standardisierten Bausteinen entwickelt werden, um das Potential und den Nutzen einer Digitalen Fabrik voll ausschöpfen zu können [Westkämper et. al. 2003].

Einstell- und Ergebnisdaten von Simulationen lassen sich über geeignete Schnittstellen in die Fertigungs- und Montageprozesse und damit auch in die Prüfprozesse integrieren. Ein einfacher Datenaustausch zwischen den Systemen ist ein erster Schritt, der bis zu einem Parallelbetrieb von Produktion und Produktionssimulation gehen kann, bei dem sich dann die Systeme adaptiv regeln. Für einen Datenaustausch bieten sich genormte Schnittstellen an, wie zum Beispiel STEP,

PDDI oder ASAM e.V. Standards (siehe Kapitel 0), die auch in der Kommunikation zwischen Unternehmen (B2B) Anwendung finden.

Die bis dato erhältlichen Systeme sind nur auf wenige Prüfsystemhersteller und ihre Kooperationen mit CAD-Herstellern beschränkt und behandeln überwiegend Messprüfungen [Pfeifer et. al. 2002b] und deren Datenaustausch. Dies ist in einem heterogenen Prüffeld, wie es bei Automobilherstellern vorherrscht, nur eine Teillösung, die sich besonders beim Neuanlauf eines Produktes nachteilig bemerkbar macht, bei dem es gilt verschiedenartige Prüfungen schnell umzusetzen. Beispiele hierfür können in „*Qualitätssimulation im Serienanlauf*“ [Spath et. al. 2003a] und in „*Anlaufmanagement am Beispiel der Automobilindustrie*“ [Bullinger et. al. 2003a] nachgelesen werden.

### 3.2.2 Qualitätsdaten

Bei Qualitätsdaten handelt es sich um Daten, die produkt- und produktionsbeschreibende Attribute beinhalten [Reinhart et. al. 1996]. In jeder Produktphase fallen Qualitätsdaten und -informationen an, die in vorherigen Phasen als Grundlage für Verbesserungen herangezogen werden können (vgl. Abbildung 6).

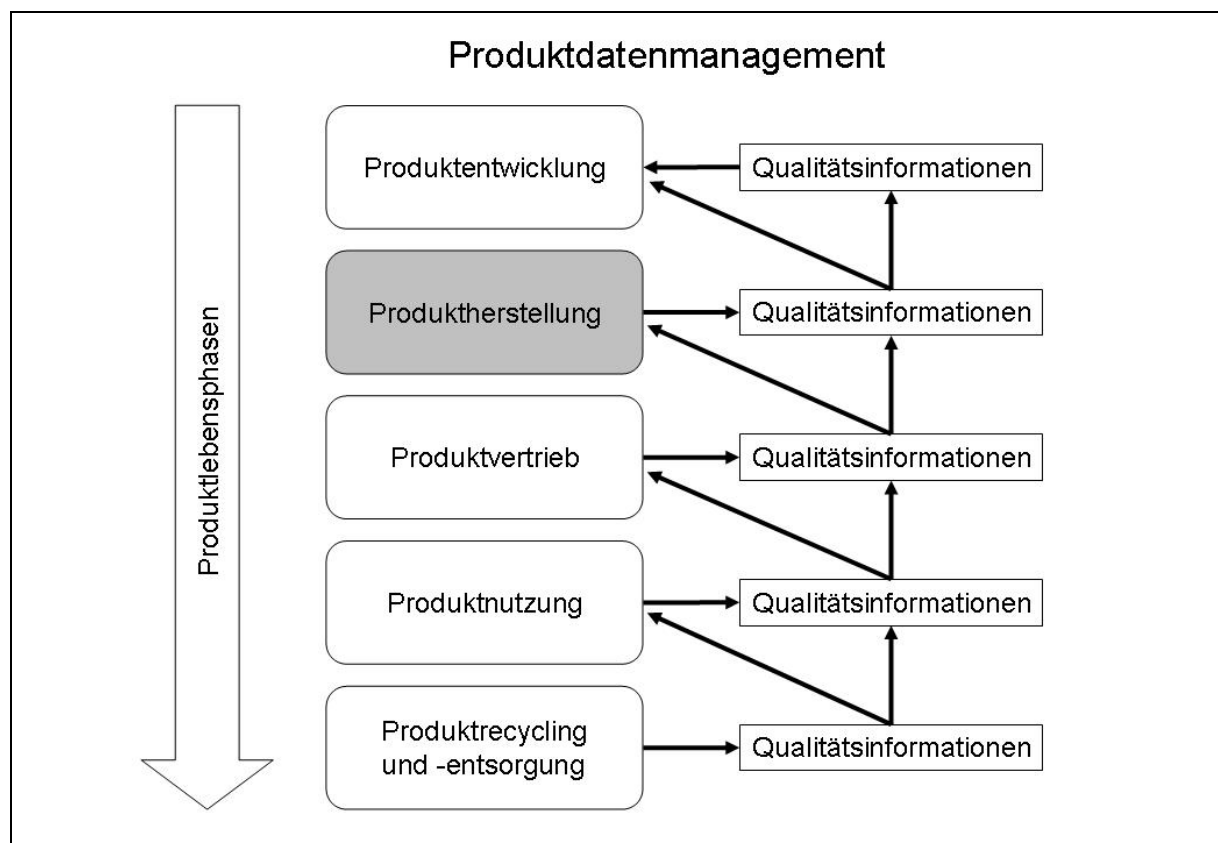
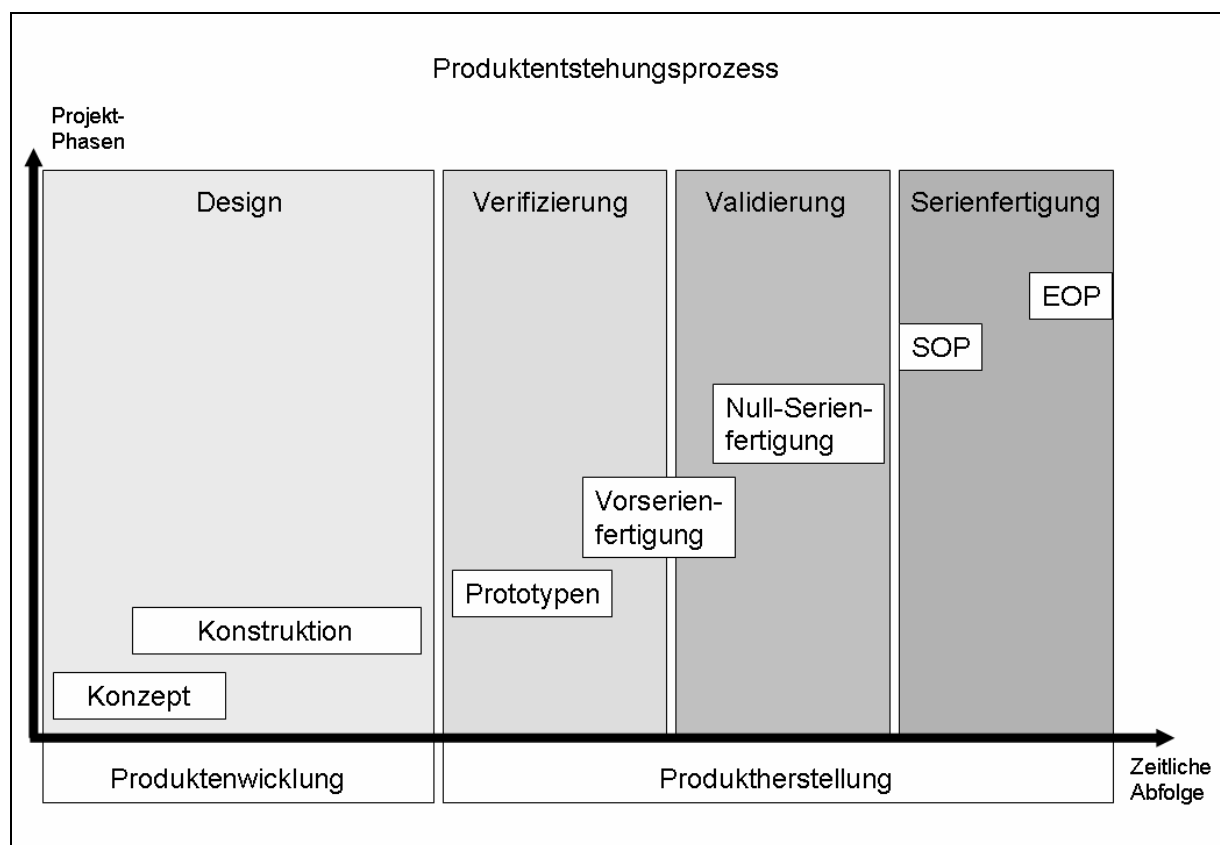


Abbildung 6: Produktlebensphasen

In jedem dieser Schritte und Phasen ist die Qualitätsforderung gegeben [Westkämper 1991]. Nach DGQ 2.2.2 ist unter Qualitätsforderungen die Gesamtheit der Einzelforderungen an die Beschaffenheit einer Einheit in der betrachteten Konkretisierungsstufe der Einzelforderungen zu verstehen [Leonhard et. al. 2002]. Dabei ist die Qualität die realisierte Beschaffenheit einer Einheit bezüglich dieser Qualitätsforderungen.

Im Gegensatz zur Produktsicht bzw. dem Produktdatenmanagement (PDM) in Abbildung 6 wird in Abbildung 7 die Management- bzw. Prozesssicht betrachtet.



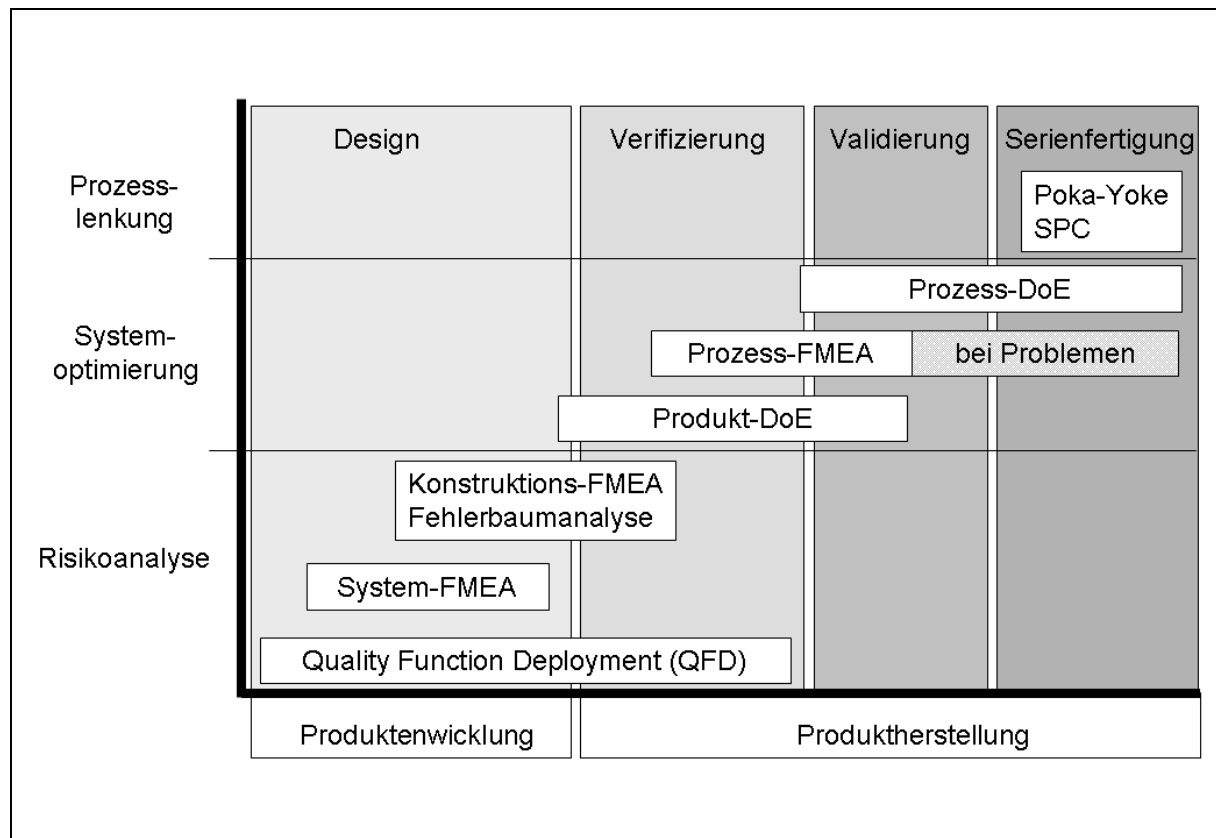
**Abbildung 7: Produktentstehungsprozess (vgl. Abbildung 8)**

Anhand des Produktentstehungsprozesses in Abbildung 7 werden die verschiedenen Projektphasen bei der Entstehung eines Automobils dargestellt und in weiteren Abbildungen herangezogen, um die Querschnittsfunktionalität zu verdeutlichen. Die in jedem Produktentstehungsprozess anfallenden Daten benötigen eine logische und technisch abgestimmte Informationsverarbeitung zur Unterstützung der Verfügbarkeit dieser Daten.

Allgemein werden Daten als Fakten betrachtet, die auf einem entsprechenden Medium gespeichert sind. Die Interpretation dieser Daten durch einen Benutzer bewirken eine Abstraktion von Informationen aus den Daten. Die Integration dieser

Informationen in das Wissen des Benutzers bewirkt wiederum einen Wissenszuwachs [Würthele 2003] (vgl. Kapitel 6.3).

Im Laufe der Produktentstehung, also vom Design bis zur Serienfertigung (vgl. Abbildung 7), kommen verschiedene Methoden des Qualitätsmanagements zum Einsatz, die in Beziehung zum Produktentstehungsprozess in der folgenden Abbildung 8 dargestellt werden und unterschiedlichste Qualitätsdaten benötigen und erzeugen.



**Abbildung 8: Methodeneinsatz im Produktentstehungsprozess  
(in Anlehnung an [Füller 2003])**

Die einzelnen dargestellten Methoden des Qualitätsmanagements (siehe dazu Kapitel 12.2) liefern eine Reihe von qualitätsrelevanten Informationen, die innerhalb des Unternehmens vielfach Verwendung finden, insbesondere die Qualitätsaspekte der Produktplanung und -entwicklung schaffen die Grundlagen für die Qualitätsprüfung.

Die Methoden und Verfahren müssen Daten in einer entsprechenden Datenqualität für die weitere Verwendung liefern. Die Datenqualität ist der Grad der Eignung von Daten, wobei typische Qualitätsmängel aus redundanten, inkonsistenten, unvollständigen und inkompatiblen Daten resultieren.

Eine Kategorisierung von Datenqualität, die diese Erkenntnisse über Qualitätsmängel zusammenfasst, kann folgendermaßen vorgenommen werden [Huang et. al. 1999]:

- Intrinsische („*intrinsic*“) Informationsqualität:  
Genauigkeit, Objektivität, Glaubwürdigkeit, Reputation
- Kontextuelle („*contextual*“) Informationsqualität:  
Relevanz, Mehrwert für den Nutzer, Vollständigkeit, Umfang der Information
- Repräsentative („*representative*“) Informationsqualität:  
Interpretierbarkeit, Verständlichkeit, korrekte Repräsentation, konsistente Repräsentation
- Verfügbarkeit („*accessibility*“):  
Zugriff und Sicherheit

Jede dieser vier Kategorien gilt für die Qualitätsdaten und insbesondere für die Prüfdaten, die diese Datenqualität erbringen müssen.

### **3.2.3 Prüftypen**

Die für ein integrierendes Qualitätsprüfungssystem relevanten und zur Unterscheidung benötigten Prüftypen können in eine Geräte- und in eine Werkerprüfung gegliedert werden, die vor allem im Hinblick auf eine unterschiedliche Datenaufbereitung für eine Maschine und für einen Menschen benötigt wird. Sollen die Daten für einen Menschen lesbar sein, müssen sie entsprechend aufbereitet und dargestellt werden.

#### **Geräteprüfung**

Wird ein Messgerät oder eine andere Vorrichtung, die in einem Produktionsprozess zur Sicherstellung der Produktqualität eingesetzt wird, für eine Prüfung herangezogen, so entspricht dies einer Geräteprüfung.

Ein IT-unterstütztes Prüfmittel kann ein Prüfgerät, ein Prüfplatz, eine Prüfstation oder ein Prüfsystem sein, welches dynamisch konfiguriert werden kann. Ein Prüfmittel ist dann parametrierfähig oder konfigurierbar, wenn es über Softwareeinstellungen funktional veränderbar ist. Dies kann Einstellwerte für eine bestimmte Prüfung beinhalten oder die Funktionalität des Prüfmittels verändern. Der Einsatz von Prüfmitteln im Prüffeld bzw. der Produktion erfolgt meist autonom und in einem lokalen Umfeld. Eine Anbindung an das komplette Prüffeld findet nicht statt, wenn

verschiedene Hersteller und verschiedene Prüfungen (geometrische, elektrische, elektronische, mechanische, optische, etc.) in einem Unternehmen zum Einsatz kommen. Die entsprechenden Konfigurationen und Einstellungen einer Prüfstation liegen lokal vor, genauso wie die Prüfergebnisse und der Prüfstatus.

Die Prüfmittelverwaltung (Kalibrierungsdaten der Prüfgeräte, usw.) ist bei Prüfstationen in einer Rechnerkomponente integriert, wohingegen bei Geräten ohne Rechnerunterstützung eine Papierdokumentation zum Einsatz kommt.

### **Werkerprüfung**

Für eine Werkerprüfung gibt es verschiedene Bezeichnungen, wie Sichtprüfungen oder subjektive Beurteilungen bzw. Prüfungen, die durch das Wissen des Werkers vollzogen werden. Anhand von Bildern, Anweisungen und Checklisten werden Prüfungen durchgeführt und durch den Werker bewertet. Im Automobilbau werden zum Beispiel Lackfehler oder Karosseriebeschädigungen über Werkerprüfungen mit Checklisten über Fehlerart, -ort und -lage durchgeführt.

Die Hauptaufgabe subjektiver Prüfungen liegt immer beim Werker und nicht bei einer Maschine, die der Werker als Hilfsmittel einsetzen kann. Um den administrativen Aufwand der Prüfplanung zu reduzieren gibt es Werkerselbstprüfungen, um durch das Nutzbarmachen und Strukturieren des Erfahrungswissens der Mitarbeiter eine Senkung der betrieblichen Komplexität zu erreichen [Burghardt et. al. 1996]. Der Mitarbeiter ermittelt anhand einer Zeichnung über das Werkstück die jeweiligen Prüfmerkmale mit den zugehörigen Toleranzen und ermittelt mit dem Selbstprüfplan (SPP) die Vorgehensweise und die zu verwendenden Prüfmittel für die durchzuführenden Prüfungen. Der Abschluss der Prüfung bildet eine Dokumentation der Prüfung.

Problematisch ist die Dokumentation von Sichtprüfungen, die nicht oder nur unvollständig vollzogen wird, da keine Rechnerunterstützung vorhanden ist bzw. nur mit Mehraufwand die Daten digital gespeichert werden können [Wilhelm 2003]. Bei subjektiven Prüfungen wird nach wie vor noch viel mit Papier gearbeitet, wie z.B. Checklisten und Prüfberichte zum Ankreuzen. Wird der Werker durch ein Prüfgerät unterstützt, so werden die bei der Prüfung erhaltenen Ergebnisse gedruckt oder per Hand in den Prüfbericht übertragen. Die Auswertung papiergeführter Daten kann nur mit hohem Mehraufwand erfolgen, der aber notwendig ist um die Daten von einem



lokalen Kontext in einen globalen zu überführen und dadurch Verbesserungen in den Prüfungen zu erwirken.

### **3.2.4 Zusammenfassung und Defizite**

Der Einsatz von CAQ-Systemen dient der Erhöhung der Produktqualität, einer Verringerung von Ausschuss und Nacharbeit, einem besseren Prozessverständnis, einer sicheren Dokumentlenkung und der Erhöhung der Mitarbeitermotivation. Durch die Vielzahl an Daten und Information ist eine Rechnerunterstützung unabdingbar. Betrachtet man die Produktlebensphasen (vgl. PDM und Abbildung 6) so können Insellösungen je nach Lage im Produktlebenszyklus oder umfassende CAQ-Systeme, die in allen Phasen des Produktlebenslaufs angewandt werden, eingesetzt werden.

Eine Qualitätssicherung ist parallel zur Fertigung bzw. Montage aufgebaut, um die Anforderungen und Erwartungen an die Qualität effizient umsetzen zu können und die Integrität der Überwachungsfunktionalität zu wahren. Systeme auf dem Markt sind allgemeine CAQ-Systeme oder ERP-Systeme die eine spezielle QM bzw. Automotive Komponente besitzen, die es dem Unternehmen ermöglicht seine Prozesse abzubilden. Der Trend zur Integration von Informationen und Prozessen zeigt sich vor allem bei Messprüfungen, bei denen Messdaten aus einem CAD-System in ein Prüfsystem übernommen werden können. Allerdings handelt es sich bislang um herstellerspezifische Lösungen, die kaum untereinander integrierbar sind und nur für Messprüfungen angeboten werden. Das Ziel der Integration bestehender Insellösungen ist ein Hauptproblem beim Einsatz von CAQ-Systemen [Pfeifer et. al. 2002c], welches auch unter dem Begriff CIM versucht wird zu lösen (vgl. dazu Abbildung 1 und Abbildung 13).

Die zum Einsatz kommenden Prüfmittel sind von ihrer Funktionalität, Genauigkeit und Bedienung auf einem qualitativ hohen Niveau. Jedoch sind die Prüfmittel, für sich genommen einzelne Werkzeuge und unterscheiden sich gegenüber anderen Prüfmitteln der gleichen Art in vielen Einzelheiten. Es werden viele Bausteine verwendet, die aus einer Kombination von Mechanik und Elektronik, sowie aus Software zur Steuerung und Visualisierung bestehen, die für jeden Kunden neu zusammengestellt werden [IT & Automation 2002]. Dadurch entsteht eine auf das Gerät bezogene, isolierte, lokale Sicht, die erst in den Gesamtkontext der Prüfplanung gebracht werden muss.

Das Prüffeld und das Prüfdatenmanagement wird durch eine heterogene Systemlandschaft und eine Vielzahl unterschiedlichster Prüfmittel bestimmt [Hering et. al. 1999]. In anderen Unternehmensbereichen, wie dem Supply Chain Management (SCM) oder Customer Relationship Management (CRM), existiert bereits ein ganzheitlicher, integrativer Ansatz zur Informationsbereitstellung und Informationspflege.

In einer Marktstudie zum Thema E-Manufacturing<sup>2</sup> haben 30 Unternehmen teilgenommen, die zu 80% in den Branchenschwerpunkten Maschinen- und Anlagenbau und Automobil angesiedelt sind [Hartmann et. al. 2003]. Fast die Hälfte der befragten Unternehmen setzt bisher noch keine für E-Manufacturing geeignete IT-Plattform ein; davon nennt jedes zweite als wichtigsten Hinderungsgrund die fehlende Kompatibilität der Systeme. In der Untersuchung setzen die meisten Unternehmen SAP ein und als Einsatzschwerpunkt wurde es als ERP-, SCM-, PPS- und CRM-System benutzt. Das Prüfmittelmanagement kann zum Beispiel in SAP softwaretechnische Unterstützung finden, wobei auch Subsysteme, in diesem Fall ein Lehrenprüfsystem mit PC-Interface, einbezogen werden können [Schramm et al. 2002]. Die Datenversorgung eines Prüffelds in einer heterogenen Systemlandschaft fehlt aus der Sicht einer ganzheitlichen Betrachtung.

Bei der Analyse von subjektiven Beurteilungen stellt man keine bis wenig Rechnerunterstützung fest, da die Durchführung und Dokumentation von Werkerprüfungen vornehmlich in Papierform stattfindet. Die Darstellung der elektronischen Checklisten für den Werker kann durch die Verwendung eines handelsüblichen Handheld Computers, zum Beispiel eines Personal Digital Assistant (PDA), erfolgen.

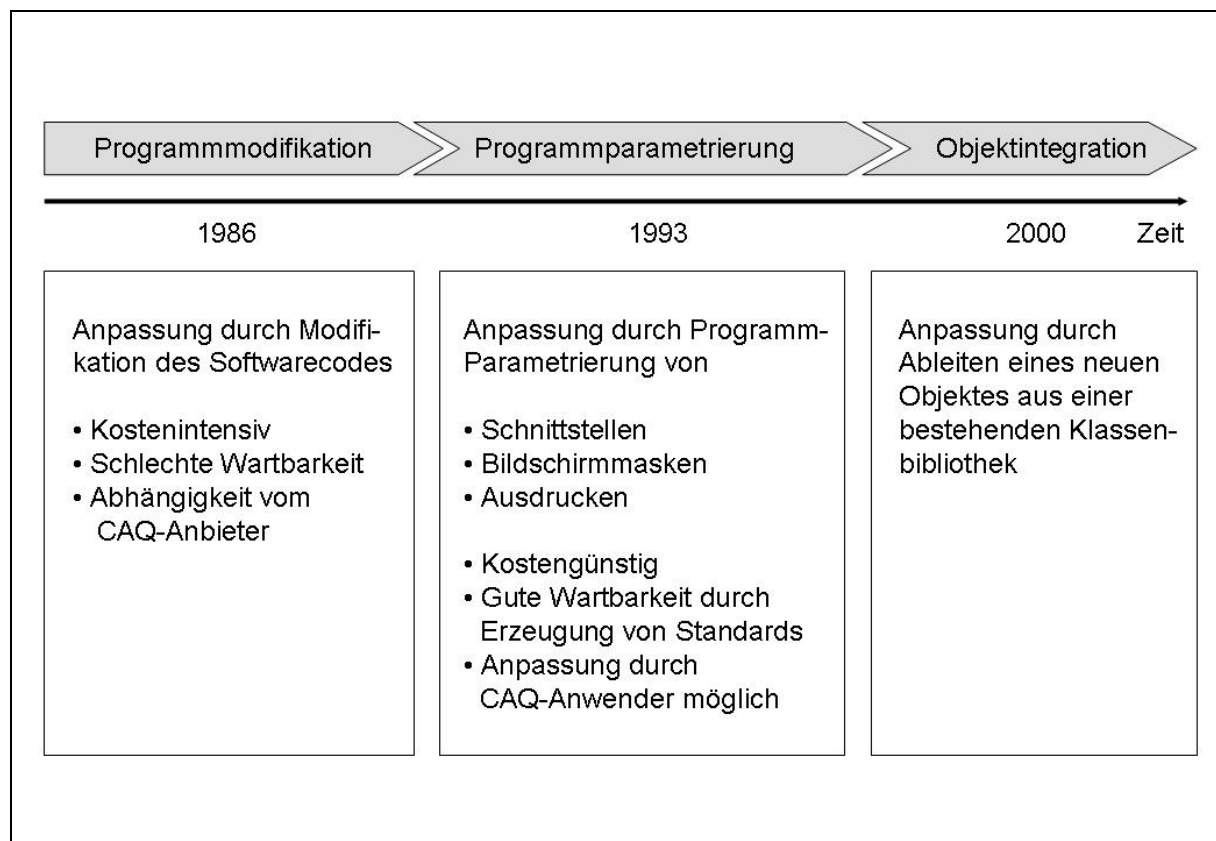
Eine Unterstützung von subjektiven Prüfungen kann durch ein IT-System, analog zu einem Werkerinformationssystem, aufgebaut werden (vgl. dazu [Linsenmaier 1999] oder [Reinhart et. al. 2001]). Eine Umsetzung wird jedoch wegen dem vermeintlich hohen Aufwand für den Betrieb einer solchen IT-Infrastruktur von den Unternehmen gescheut.

---

<sup>2</sup> Unter dem Begriff E-Manufacturing versteht man die elektronische Verknüpfung von Kunden- und Lieferantensystemen mit den Produktions- und Lieferketten.

### 3.3 Softwareentwicklung auf Basis von Frameworks

Komplexe Softwaresysteme haben in allen Branchen der Industrie Einzug gehalten. Diese DV-Systeme bestimmen die Wirtschaftlichkeit vieler Unternehmen durch ihre Funktionalität, Qualität, Flexibilität und Abbildung der Geschäftsprozesse. Durch die Komplexität der Systeme stehen die Wartbarkeit und Anpassbarkeit der Software im Gegensatz zu den Anforderungen sich ständig verändernder Anforderungen der Märkte und Kunden. Um diesem Umstand entgegenzuwirken, wurden in der Softwaretechnik ingenieurmäßige Herangehensweisen zur Erstellung von Software entwickelt [Sommerville 2000]. In Abbildung 9 werden die Anpassungen an die CAQ-Software an die Erfordernisse der Anwender und die Umsetzung durch verschiedene Softwaretechnologien in den letzten Jahrzehnten gezeigt.



**Abbildung 9: Anpassung CAQ-Software an die Erfordernisse der Anwender**  
(nach [Bullinger et. al. 2003a] S.951)

Die objektorientierte Modellierung führt zu einer großen Menge an Klassen, Objekten und Beziehungen. Diese vielen kleinen Einheiten erschweren eine sinnvolle Wiederverwendung, da sie zu spezialisiert sind. Aus diesem Grund werden eng zusammengehörende Klassen zu größeren Wiederverwendungseinheiten zusammengefasst, die man Komponenten nennt und die damit eine neue

Abstraktionsebene einführen. Die komponentenbasierte Softwareentwicklung spielt in der aktuellen Diskussion um zukunftsorientierte Entwicklungstechniken eine Vorreiterrolle. Das „*component based development*“ (CBD) ist eine Chance, höhere Produktivität bei der Softwareentwicklung und eine Verkürzung des „*time-to-market*“ zu erreichen als beispielsweise durch die reine Objektorientierung [Weisbecker 2002].

Komponenten können wiederum zu so genannten Frameworks verbunden werden. Ein Framework gibt die Architektur für eine spezifische Art von Software vor und beinhaltet die für eine Anwendungsdomäne<sup>3</sup> typischen Designentscheidungen [Gamma et. al. 1997]. Auf diese Weise werden die Grundstruktur des Systems, die Granularität seiner Bestandteile und deren jeweiligen Funktionalitäten, sowie die Beziehungen zwischen diesen Bestandteilen festgelegt und man erhält ein Modell der Interaktionen und des Steuerflusses.

Die von Pree geprägten Begriffe von „*Frozen Spots*“ und „*Hot Spots*“ in einem Framework beziehen sich auf die festgelegten bzw. flexiblen Softwareteile [Pree 1995]. Der Kern eines Frameworks besteht aus Klassen („*Frozen Spots*“), die die wichtigsten Methoden implementieren und in einer für das Framework typischen Weise interagieren. Wird eine Applikation unter Zuhilfenahme eines Frameworks entwickelt, so werden die „*Hot Spots*“ implementiert. Folgende Möglichkeiten kommen bei der Implementierung zum Einsatz:

- Implementierung von konkreten Unterklassen aus vom Framework zur Verfügung gestellten abstrakten Klassen. Diese ergänzen anwendungsspezifische Funktionalitäten und behalten durch Vererbung die Methoden und das Verhalten der Oberklasse
- Benutzung von Klassen („*Frozen Spots*“) aus dem Framework oder einer Klassenbibliothek
- Implementierung von neuen anwendungsspezifischen Klassen

Eine Komponente ist normalerweise alleine nicht lauffähig, sondern nur im Zusammenspiel mit anderen Komponenten. Sie haben spezifizierte Schnittstellen und dienen, wie oben beschrieben, als Bausteine für die Struktur des Systems. Die

---

<sup>3</sup> Anwendung für einen Verwendungszweck in einem Anwendungsbereich

Komponenten werden bei der Erstellung nach dem Motto „*Divide and Conquer*“ [Sommerville 2000] für die Verteilung von Aufgaben eingesetzt und das Framework bildet dabei den Abstraktionsteil in der Anwendungsdomäne.

Mit der Erzeugung und dem Einsatz von Softwaresystemen, die aus einem komponentenbasierten Framework zusammengesetzt werden, erhält man folgende Vorteile:

- **Flexibilität**  
Konfigurierbarkeit bzw. Weiterentwicklung
- **Wiederverwendung**  
Geschwindigkeit in der Anwendungsentwicklung
- **Beherrschung der Komplexität**  
Integration und schrittweise Migration

Konkrete Anwendungen können durch die genannten Vorteile aus einem Framework schnell und sicher durch eine Spezialisierung von Klassen erzeugt werden.

### **3.3.1 Frameworktypen und Klassifizierung**

Eine Klassifizierung von Frameworks lässt sich zum einen in anwendungs- oder domänenneutrale Frameworks und zum anderen in anwendungs- bzw. domänenspezifische Frameworks durchführen. Für eine vollständige Anwendungsentwicklung ist eine Kombination von neutralen und spezifischen Frameworkdomänen notwendig. Für diese Arbeit wird ein vorhandenes domänenneutrales Framework in Form einer Programmiersprache benötigt, welches um die domänenspezifischen Anforderungen der Qualitätsprüfung erweitert wird, um ein kundenspezifisches Qualitätsprüfungssystem zu entwickeln.

Frameworktypen werden nach der Art ihres Anpassungsvorgangs in „*White Box*“ und „*Black Box*“ Frameworks unterschieden. Die „*White Box*“ Frameworks sind hinsichtlich ihrer Struktur und Funktionsweise bis ins Detail (Quellcode) bekannt und können durch eine Anpassung der Programmierung flexibel angepasst werden. Diese Frameworks entwickeln sich über einen längeren Zeitraum und über mehrere Versionen zu „*Grey Box*“ und eventuell sogar zu „*Black Box*“ Frameworks. Die „*Black Box*“ Frameworks verbergen ihre innere Struktur und eine Anpassung erfolgt nur noch über eine Parametrierung, die eine einfache Handhabung bei der Anwendungsentwicklung sicherstellt.

Eine weitere Klassifizierung von Frameworks wird über ihr Einsatzgebiet vorgenommen:

- **Applikation Frameworks:**  
Sind eher technischer Natur und können auf eine Vielzahl von unterschiedlichen Problemen angewandt werden. Sie stellen die Infrastruktur und den Kontrollfluss für einen Anwendungsbereich bereit
- **Domain Frameworks:**  
Beinhalten Fachwissen und Know-how, welches in einem bestimmten Anwendungsgebiet („*Domain*“) benötigt wird
- **Support und System Level Frameworks:**  
Im Vergleich zu domänenspezifischen Frameworks dienen Support Frameworks kleinen, speziellen Aufgaben und übernehmen damit Hilfsaufgaben

Bei der Anwendung von Frameworks kommen zusätzliche Entwicklertools zum Einsatz, um den Umgang mit dem Framework zu erleichtern.

### 3.3.2 Entwurfsmethoden komponentenbasierter Systeme

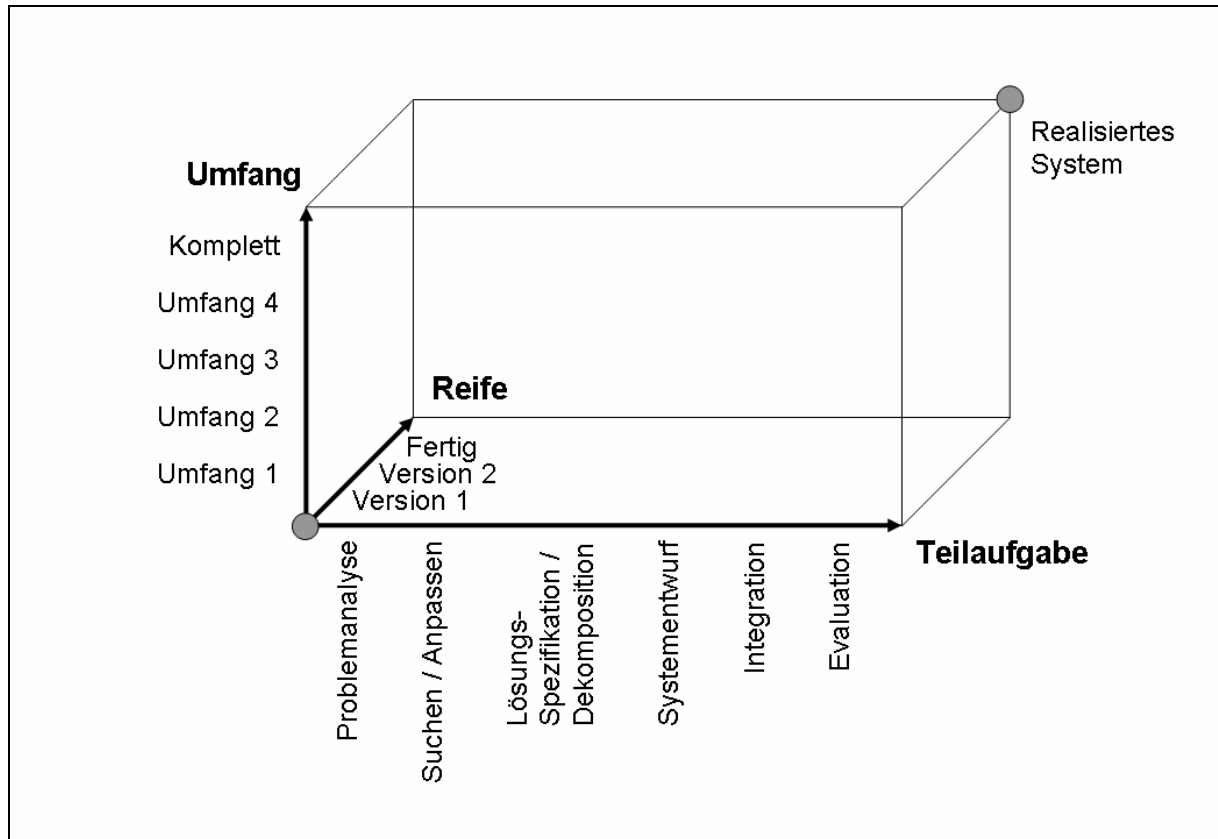
Je nach Fokus der Anwendung von komponentenbasierten Systemen wird zwischen drei Methoden für den Entwurf unterschieden [Weisbecker 2002]:

- **„*Design for component*“**  
Neuentwicklung von Wiederverwendbarem
- **„*Design from component*“**  
Wiederverwendung von Vorhandenem
- **„*Design to component*“**  
Überführung konventioneller Systeme in den Componentware-Lebenszyklus

Der Fokus bei der Entwicklung muss auf die Identifikation der Abstraktionsmöglichkeiten und deren Granularität gelegt werden [Weisbecker 2002]. Für die Analyse und das Design gibt es logische und physikalische Modelle, mit deren Hilfe verschiedene Aspekte des Systems diskutiert werden können [Booch 1994]. Zusätzlich helfen Design Patterns solche komplexen Systeme zu strukturieren und flexibel zu gestalten, da sie erprobte und wieder verwendbare Lösungen für verbreitete Designprobleme beschreiben (zum Beispiel in [Cooper 2000]). Daneben

kommen die in der Softwareerstellung üblichen Vorgehensmodelle zur Anwendung (siehe [Sommerville 2000]).

Die Entwurfsmethodik eines Frameworks ähnelt der iterativen Softwarekonstruktion, die verschiedene Phasen und Versionen durchläuft.



**Abbildung 10: Evolutionswürfel iterativer Softwarekonstruktion**  
([Dangelmaier 2003b] S.599)

Die Arbeitsumfänge können in Komponenten bzw. Modulen realisiert werden, die dann in das bereits vorhandene System integriert werden und damit eine neue Version der Software darstellen (siehe dazu Abbildung 10). Mit diesem iterativen Vorgehen lässt sich ein stabiles und ausgereiftes Softwareprodukt entwickeln.

Die positiven Aspekte der iterativen Softwareentwicklung werden durch die Nutzung und Umsetzung der Modulstrategie (vgl. dazu Kapitel 5.1) weiter hervorgehoben, wie:

- Separat produzierbare Module
- Weniger Entwicklungsaufwand bei Anpassungen, da nur das Modul angepasst werden muss

- Schnellere Systementwicklung, da Module parallel entwickelt werden können
- Prüfung eines Moduls vor dem Einbau in das Gesamtsystem
- Ein abgeschlossenes Modul hat abgeschlossene Prozesse und fördert damit die Prozesssicherheit
- Systemkomplexität wird reduziert

Durch die Entwicklung von Komponententechnologien und Standards für den Zusammenbau und die Kommunikation zwischen Softwarekomponenten werden neue Potentiale (Flexibilität, Wiederverwendbarkeit, Kommunikation) für die Softwareindustrie geschaffen. Dadurch sind erhebliche Verkürzungen der Entwicklungszyklen und eine Verringerung der Aufwände für die Unternehmen möglich.

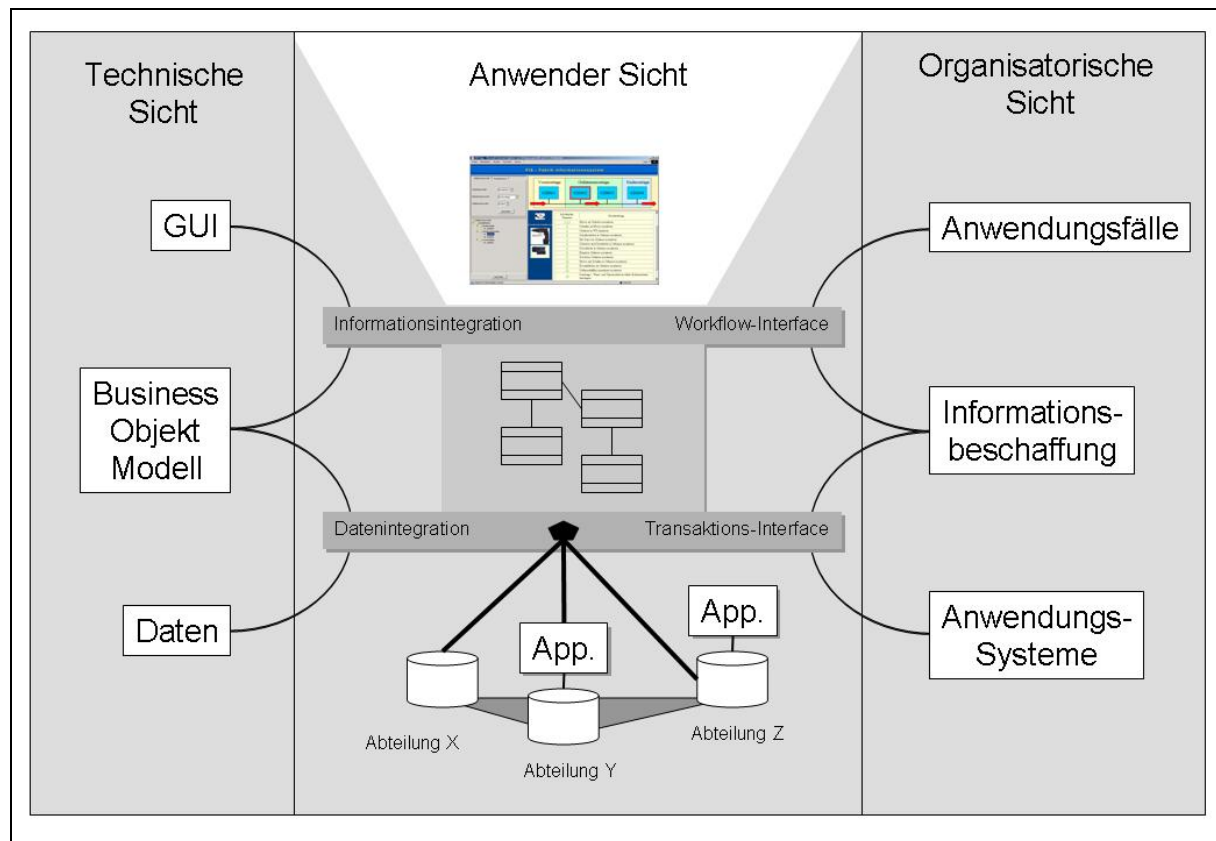
Außer der funktionalen Modularität aus der Benutzersicht gibt es auch noch die Sicht auf ein Modul, welches auch für eine Gesamtbetrachtung des Systems herangezogen werden kann.

Die softwaretechnische Umsetzung erfolgt in einem 3-Tier<sup>4</sup> Modell und ist aufgeteilt in die Benutzeroberfläche (Präsentationsschicht), Anwendungslogik (Business Objekte) und der Persistenzschicht (Datenbank). Dies hat den Vorteil eine variable Gestaltung der Client-Server-Architektur vorzunehmen, welche normalerweise nur aus Präsentations- und Persistenzschicht (2-Tier) besteht [Sommerville 2000]. Komplexe Applikationen können mit diesem Vorgehen in einzelne Komponenten aufgeteilt werden, um die Applikation performanter und ausfallsicherer zu gestalten. Die technische und organisatorische Umsetzung einer 3-Tier Applikation ist in der nächsten Abbildung 11 dargestellt.

---

<sup>4</sup> Verwendung des englischen Wortes „Tier“ im Software-Engineering bedeutet Schicht, Ebene.





**Abbildung 11: Architektursichten eines Frameworks**

Der Anwender interagiert nur mit der grafischen Benutzeroberfläche (GUI) und benötigt normalerweise keine Kenntnis über die darunter liegenden Strukturen.

Mit diesem Entwicklungsansatz können die oben vorgestellten Vorteile mit folgenden Zusatznutzen umgesetzt werden:

- **Kapselung**  
Logische Trennung und damit Kapselung der einzelnen Schichten in Klassenverbände
- **Wiederverwendung**  
Einzelne Klassen oder ganze Klassenverbände können aus dem Framework für die Kommunikation zwischen den verschiedenen Schichten und den darin enthaltenen Komponenten eingesetzt werden
- **Hohe Entwicklungsproduktivität**  
Sobald die Schnittstellen des Business Objekt Modell verfügbar sind, kann die Gestaltung der Benutzeroberfläche und die Persistenzebene zeitgleich erfolgen. Somit lassen sich Entwicklerteams zwischen den einzelnen

Schichten aufteilen, die sich innerhalb ihres Aufgabengebietes weiter aufteilen und koordinieren können

- **Inhärente Strukturierung des Entwicklungsprozesses**

Alle Modelländerungen oder Entwicklungsschritte beginnen mit der Applikationslogik. Ausgehend vom Business Objekt Modell werden neue Funktionalitäten entworfen und entwickelt, die in der Benutzeroberfläche und der Persistenzschicht Verwendung finden

Diese Architektur ist hinsichtlich der Hardware und der Software skalierbar und für die benötigten Anwendungsszenarien tauglich.

Ein Qualitätsprüfungsframework muss für zahlreiche verschiedene Funktionsbereiche, Prozesse und Querschnittsbereiche konzipiert sein und in einer annehmbaren Zeit implementiert werden können (vgl. Kapitel 3.1).

Folgende Anforderungen muss das Framework aufweisen [Booch 1994]:

- **Vollständig**

Das Framework muss eine Klassenfamilie bieten, deren Mitglieder eine gemeinsame Schnittstelle haben, die jedoch alle eine andere Darstellung aufweisen, so dass die Entwickler diejenigen auswählen können, die am besten für die jeweilige Applikation geeignet sind

- **Anpassbar**

Alle plattformspezifischen Aspekte müssen klar identifiziert und isoliert werden, um einen Austausch lokaler Codeteile zu ermöglichen

- **Sicher**

Jede Abstraktion muss typsicher sein, damit statische Annahmen über das Verhalten einer Klasse durch die Laufzeitumgebung der Programmiersprache erzwungen werden können

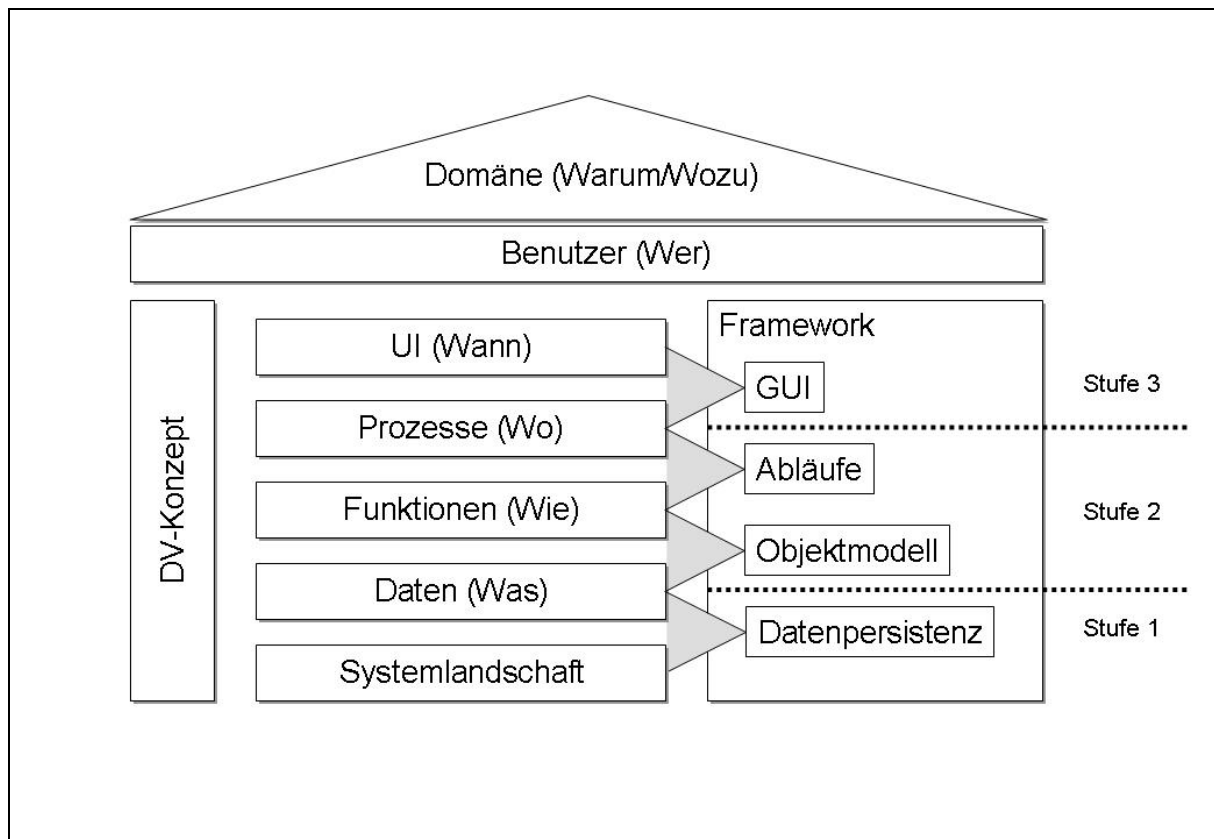
- **Einfach**

Das Framework muss eine klare und konsistente Systematik aufweisen, die es einfach macht, die entsprechenden Klassen zu finden und auszuwählen

- **Erweiterbar**

Einem Entwickler muss es möglich sein, einzelne neue Klassen hinzuzufügen, ohne damit die architektonische Integrität der Umgebung zu verletzen

Mit dem beschriebenen 3-Tier Modell bilden diese Anforderungen einen weiteren Vorteil für die Flexibilität des Frameworks für den Anwendungszweck. Die einzelnen Schichten können angepasst, geändert oder ausgetauscht werden und auf verschiedenen Systemen laufen, um Performanzproblemen oder geänderten Systemanforderungen gerecht zu werden.



**Abbildung 12: Funktionsaufbau eines Frameworks**

Die Domäne der Qualitätsprüfung ist durch das DV-Konzept und die Abläufe der Prüfvorgänge im Unternehmen gegeben. Die informationstechnische Unterstützung der Qualitätsprüfung erfolgt durch das Applikationsframework, welches in die vier Ebenen GUI, Abläufe, Objektmodell und Datenpersistenz unterteilt ist, die bei der Anwendungsentwicklung durchlaufen werden.

- **Persistenzebene (Stufe 1)**  
Teil einer Applikation, der für die Existenz eines Objekts zuständig ist
- **Unternehmenslogik (Stufe 2)**  
Teil einer Applikation, der die Informationen vom Anwender und aus den Systemen nutzt, um Transaktionen durchzuführen, die durch die Unternehmensabläufe festgelegt sind

- **Präsentationsebene (Stufe 3)**

Teil einer Applikation die mit dem Endanwender interagiert. Zu den Funktionalitäten gehören Bildschirmdarstellung und – formatierung, Fensterverwaltung, Verwaltung von Tastatur- und Mauseingaben

Durch diesen funktionalen Aufbau ist es möglich auf den Anwendungskontext bzw. die Domäne einzugehen und die benötigten Module für ein Qualitätsprüfungssystem zu konzipieren.

### **3.3.3 Zusammenfassung und Defizite**

Ein komponentenbasiertes Framework ist ein Ansatz, der verteilte bzw. verteilbare Komponenten in einem Gesamtsystem miteinander kommunizieren lässt und dabei gleichzeitig deren Funktionalitäten beibehält. Es gibt mehrere Ansätze und Vorgehensweisen, die stark von dem Wissen und den Erfahrungen der Entwickler geprägt sind, da nicht jeder Ansatz für jedes Problem anwendbar ist. Durch den Einsatz eines komponentenbasierten Frameworks sind die Anwendungsentwickler näher am Anwendungswissen und können eine Applikation sicherer und effizienter umsetzen ohne sich das detaillierte Domänenwissen aneignen zu müssen.

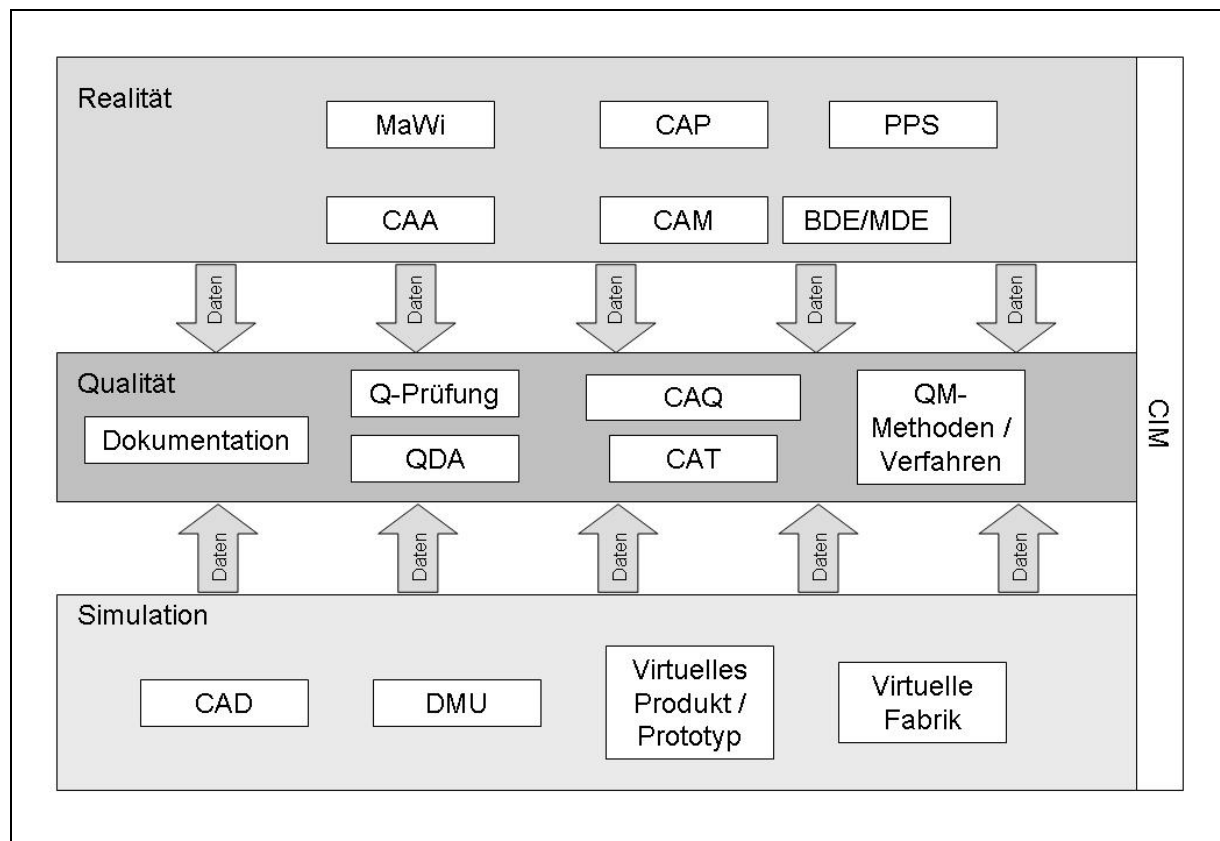
Die Entwicklung von Frameworks hat einen hohen anfänglichen Entwicklungsaufwand, der sich bei der Anwendung des Frameworks durch eine kostengünstige, effiziente und robuste Anwendungsentwicklung bezahlt macht. Werden standardisierte Schnittstellen zu anderen Komponenten oder Systemen verwendet, können bestehende Support Frameworks eingesetzt werden oder falls notwendig proprietäre Schnittstellen erstellt und integriert werden. Auf diese Weise können Teile flexibel entwickelt und bei Änderungen ausgetauscht werden. Im Automobilbau wird für die Erstellung von Software für elektronische Steuergeräte (ECU) und Diagnosesysteme versucht Normen, Vorgehensweisen und Techniken der I+K Technologien einzusetzen [VDA 2001], um die Ausfallsicherheit von Softwarekomponenten und deren Zusammenspiel auf diese Weise zu verbessern [ECT 2002].

Der Aufbau eines Systems durch Komponenten eignet sich besonders für die sukzessive Einführung eines Qualitätsprüfungssystems. Auf diese Weise werden Erfahrungen mit dem System gesammelt und in weiteren Ausbaustufen können Wiederholungsfehler umgangen werden. Durch eine stufenweise Einführung von

komplexen Systemen vermeidet man hohe Erstinvestitionen, die Akzeptanz der Mitarbeiter wird erhöht und die weitere Einführung erleichtert [Haacke et. al. 1995].

### 3.4 Integration von Informationssystemen

Durch unterschiedliche Informationsquellen für qualitätsrelevante Daten (vgl. Abbildung 13) ist es notwendig in die Systemarchitektur integrative Konzepte einzubinden.



**Abbildung 13: Qualitätsdatenintegration aus Simulation und Realität**

Die interne Struktur eines Qualitätsprüfungssystems sollte so aufgebaut sein, dass Verbindungen zu anderen für eine Qualitätsprüfung bzw. Prüfplanung benötigte Systeme unterstützt werden. Zum einen sind das Informationssysteme mit qualitätsrelevanten Daten und zum anderen die Prüfsysteme, die integriert werden sollen. Der Begriff Enterprise Applikation Integration (EAI) und die in diesem Themengebiet verwendeten Modelle für die Integration von operativen Informationssystemen (IS) sind für diese Anforderungen und in diesem Anwendungsfall ein Ansatzpunkt. Unter EAI ist die prozessorientierte Integration von Anwendungssystemen und Daten in heterogenen IT-Anwendungsarchitekturen zu verstehen [Asendorf 2001]. Die eingesetzte Technologie spielt, wie bei der

Entwicklung von Frameworks, nur eine untergeordnete Rolle, da primär die möglichen Umsetzungskonzepte bei der Integration von Systemen relevant sind.

### 3.4.1 Integrationstypen

Sollen verschiedene Anwendungssysteme integriert werden, gibt es verschiedene Stufen der Applikationsintegration, die in Abbildung 14 dargestellt sind. Die schrittweise Erhöhung des Integrationsgrades bedeutet jeweils einen höheren Nutzen für den Benutzer durch eine stärkere Verknüpfung der für ihn relevanten Daten und Prozesse. Für den Softwareentwickler erhöht sich dagegen die Komplexität und führt zu immer größeren Integrationsaufwänden.

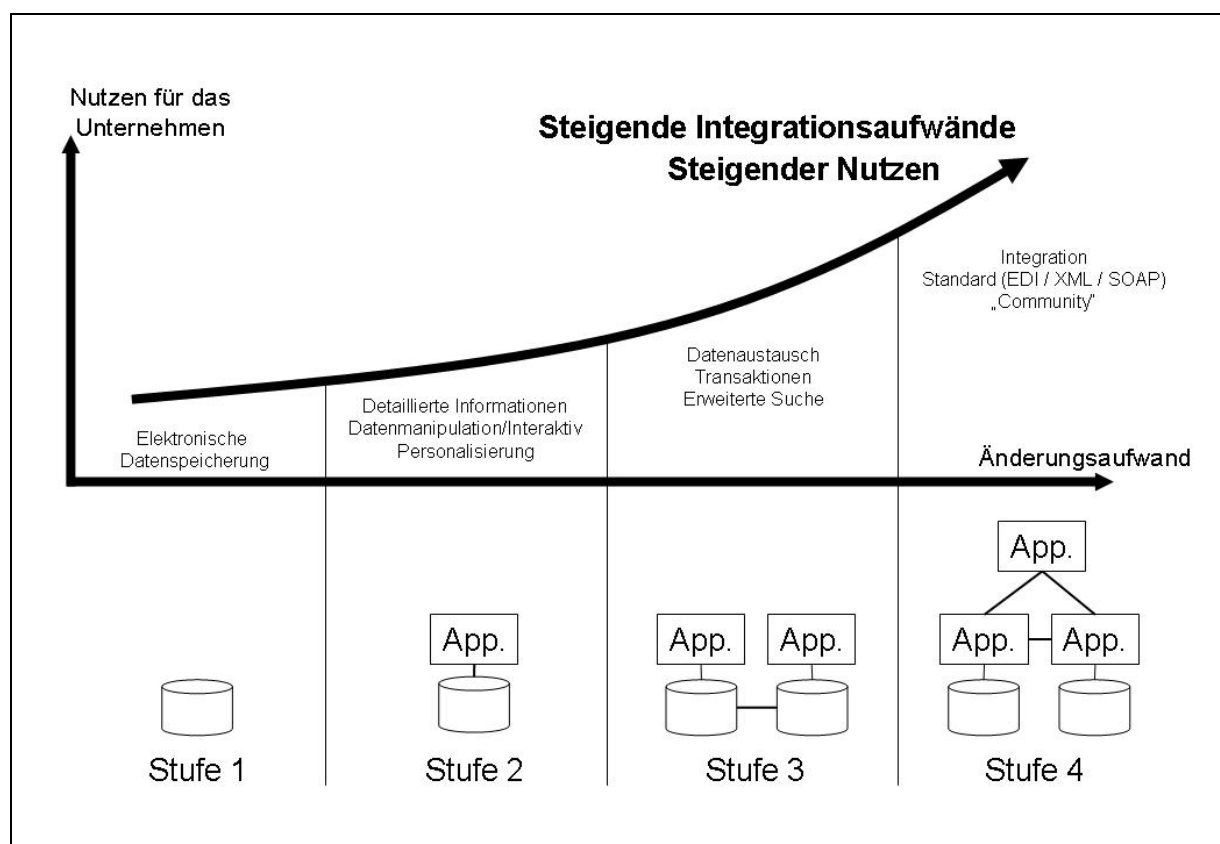


Abbildung 14: Integrationsstufen und –aufwände

Die Aufwände für die verschiedenen Integrationsstufen nehmen durch die Komplexität und entsprechend erforderlichen Anpassungen bei der Entwicklung eines Systems für jede höhere Stufe zu. Die Entwickler benötigen viel Wissen über die zu integrierenden Systeme, Datenbanken und Prozessketten, um ein stabiles und lauffähiges System zu implementieren.

Abgeschlossene Projekte haben gezeigt, dass in einer Systemrealisierung mehrere unterschiedliche Integrationsebenen vorkommen, da Änderungen in den Vorgaben

Änderungen in der Integrationsebene nach sich ziehen. Veränderungen an der Implementierung von vorhandenen Systemkomponenten werden dagegen nur vorgenommen, wenn diese notwendig sind. Die innere Struktur eines Softwaresystems beinhaltet aus diesem Grund verschiedene Implementierungen, deren Anzahl mit der Betriebs- und Wartungszeit ansteigt.

Aus Sicht der IT muss eine Architektur als offene, virtuelle Integrationsplattform für Daten und Funktionen heterogener Backend-Systeme und deren Integration durch ein übergreifendes Workflow-Management fungieren. Aus diesen Forderungen ergibt sich folgendes Modell der Integrationsebenen (Abbildung 15):

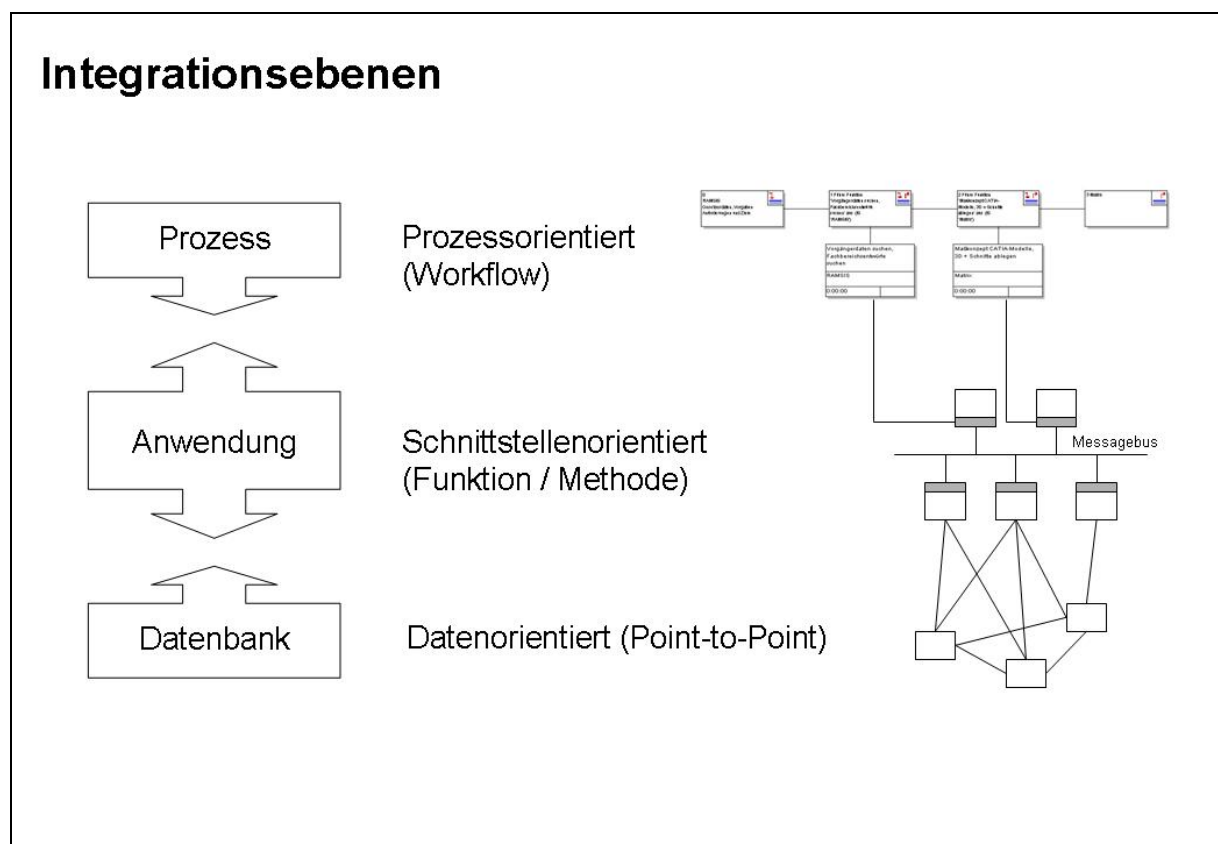


Abbildung 15: Integrationsebenen

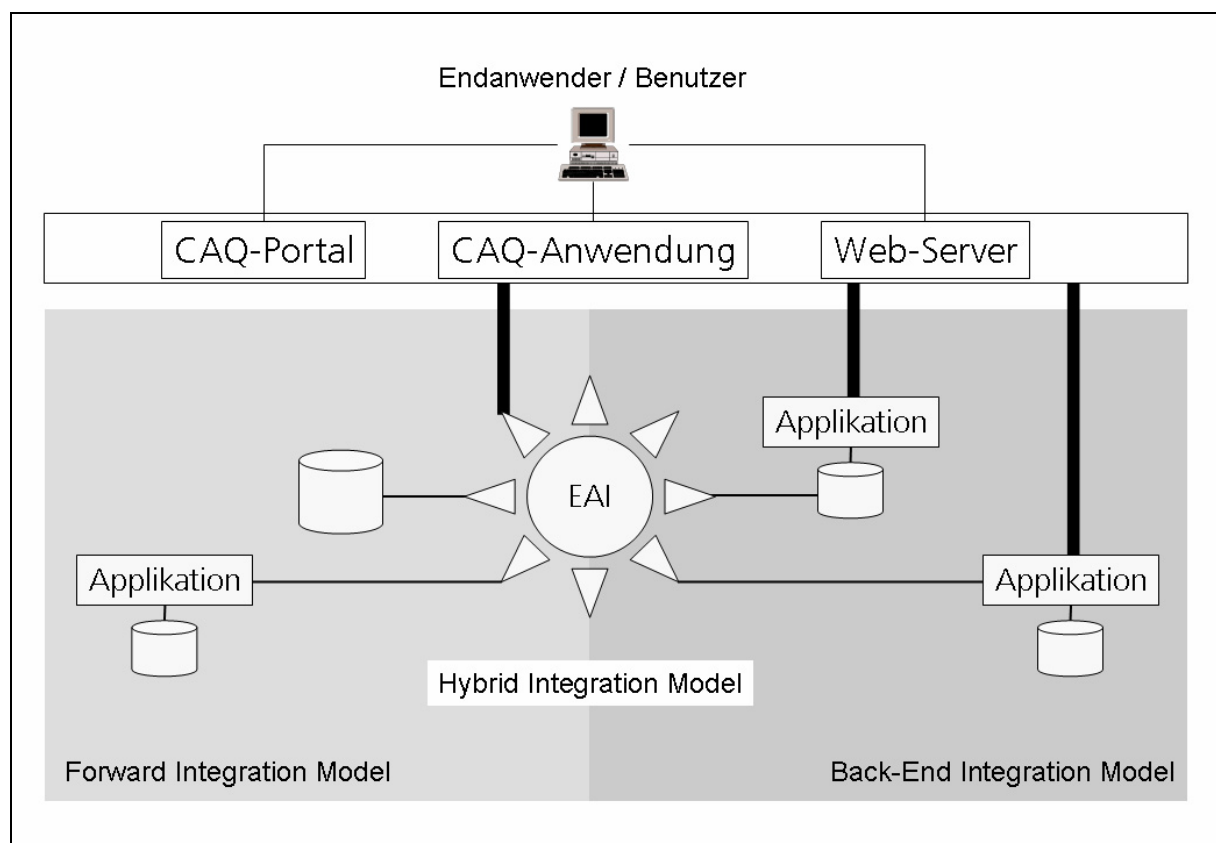
In diesem Modell sind Erweiterungen und zusätzliche Funktionalitäten integrierbar und es muss z.B. die prozessorientierte Sicht nicht von Anfang an integriert werden, sondern kann in einem weiteren bzw. späteren Zeitpunkt aufgesetzt werden.

### 3.4.2 Integrationsmodelle

Eine Umsetzung eines EAI-Projektes hängt davon ab, wie hoch der Integrationsgrad der Daten sein soll. Die Integrationsarchitektur ergibt sich daraus, ob die Daten nur in der Benutzeroberfläche integriert werden oder ob eine transaktionsunterstützte

Datenintegration stattfinden soll. Nach Alam [Alam 2001] ergeben sich zwei Modelle und eine hybride Strategie für eine Integration, die in Abbildung 16 dargestellt ist.

In dem **Forward Integration Model** findet eine Integration auf EAI-Ebene statt. Ein Prozess, der von einem Benutzer angestoßen wird, führt zu mehreren Transaktionen über mehrere Applikationen. Die EAI-Komponente führt über Business-Regeln zu Transaktionsaufrufen über mehrere Applikationen, so dass die vom Anwender aufgerufene Funktionalität durch den EAI-Ansatz komplett und transparent bereitgestellt wird.



**Abbildung 16: Integrationsmodelle**

Das **Back-End Integration Model** ist als Informationsbackbone zu sehen, bei dem die Integration der Daten im Hintergrund bzw. „Back-End“ erfolgt. Die Darstellung von mehreren Applikationen kann in einer GUI erfolgen, aber die aufgerufene Funktionalität erfolgt in einer Transaktion in der jeweiligen Applikation. Durch Erweiterung der einzelnen Applikationen können über die EAI-Komponente weitere Datenquellen aufgerufen und somit integriert werden. Dieses Modell ist für eine B2B-Kommunikation oder für den Austausch von Daten zwischen verschiedenen Anwendungen von Geschäftspartnern besser geeignet.



Das EAI-Konzept unterstützt aus technologischer Sicht die Umsetzung der Anforderungen an Interoperabilität und Integration von Anwendungen und Daten, auch über Unternehmens- und Geschäftsbereiche hinweg ([IT & Automation 2002] S.27-35).

### **3.4.3 Zusammenfassung und Defizite**

Durch unterschiedliche Organisationseinheiten sind verschiedene Lösungen und Applikationen in den Unternehmen entstanden und gewachsen, die nur schwer erweiterbar sind oder im Sinne eines flexiblen und durchgängigen Informationstransfers eingesetzt werden können. Durch diese Diskrepanz zwischen alten, heterogenen Informationsstrukturen und neuen Applikationen gibt es Innovationsbarrieren und Ineffizienzen. Die Entwicklung von Komponententechnologien, Standards für den Zusammenbau und die Kommunikation zwischen Softwarekomponenten und deren Zusammenführung in Frameworks für spezielle Anwendungsfälle bieten neue Ansätze und Möglichkeiten, um eine integrative Sicht auf unterschiedliche Informationssysteme zu ermöglichen.

Für die Integration von Informationssystemen steht eine Vielzahl von Technologien und Vorgehensmodellen zur Verfügung. Die Datenintegrationen können über verschiedene Middlewareansätze, wie CORBA, RMI, RFC, SOAP usw. bewerkstelligt werden (vgl. Anhang D). Die Architektur des Systems und die Möglichkeit jede Technologie einzusetzen ist für die Integration von Informationssystemen der entscheidende Ansatzpunkt. Die geeigneten Modelle sind weiterhin geeignet um Fremdsysteme von zum Beispiel Zulieferern zu integrieren oder Prüfsysteme anzukoppeln. Mit einer Komponente zur Datenkonvertierung zwischen den Informationssystemen und den Prüfsystemen ist es möglich die Daten für die Prüfungen Zentral zu verwalten und eine Gesamtsicht auf das Prüffeld zu ermöglichen. Ein weiterer Vorteil einer zentralen Datenhaltung wird bei dem Austausch von defekten Prüfstationen sichtbar, da die Einstellungen und Prüfdaten für die neue Prüfstation einfach übernommen werden, da sie aufgespielt werden können.

Prüfsystemhersteller bieten Standardschnittstellen an, über die eine Verbindung zu dem System hergestellt werden kann oder sie muss individuell implementiert werden. Der Aufwand bei der Anbindung eines Prüfsystems kann hoch sein, wenn ein proprietäres System eingebunden werden soll, welches keine Standards unterstützt.

## **4 Gesamtbewertung und Handlungsbedarf**

Im Bereich der Produkt- und Prozessgestaltung hat sich in den letzten Jahren ein technologischer Wandel vollzogen. Der erweiterte Rechnereinsatz in der Prozesskette - von der Produktentwicklung bis hin zur Produktionsgestaltung - gewinnt hinsichtlich des steigenden Zeit- und Kostendruckes zunehmend an Bedeutung. Es findet eine starke Vernetzung von Wissen und Kompetenzen innerhalb von Unternehmen statt, um eine Verkürzung der Durchlaufzeiten, sei es auf Informationen oder den Produktionsprozess bezogen, zu erreichen (vgl. dazu Kapitel 3.2.1).

Organisationseinheiten haben individuelle Anforderungen, die unterschiedliche Systemfunktionalitäten und Darstellungen von Informationen benötigen. Es besteht eine direkte Abhängigkeit zwischen den Systemanforderungen und den Benutzern, die eine personalisierte Benutzeroberfläche benötigen, aber auch auf eine Darstellung von Informationen und Prozessen in einem Gesamtkontext angewiesen sind, wenn organisationsübergreifend Informationen ausgetauscht werden sollen. Zum einen fehlen integrative Kommunikationsplattformen aus funktionaler Sicht und zum anderen sind die Einzelsysteme nicht flexibel und offen genug für eine umfassende Informationsbereitstellung (vgl. Kapitel 3.2).

Die Fülle an qualitätsrelevanten Informationen innerhalb und außerhalb des Unternehmens muss fortwährend erfasst, analysiert und in Produkten und Dienstleistungen eingebracht werden [Franke et. al. 1998]. Ein effektives Qualitätsmanagement hängt von den Daten und Informationen ab, die über den gesamten Entstehungsprozess bzw. über den Lebenszyklus (PLM) eines Produktes erfasst, interpretiert und ausgewertet werden. Modifikationen an Prüfsystemen können zum Beispiel durch Softwareupdates durchgeführt werden, die neue Möglichkeiten und Funktionalitäten bieten, die wiederum zu Änderungen im Qualitätsprüfungssystem führen. Ein Qualitätsprüfungssystem ist damit ständigen Änderungen und Erweiterungen unterzogen, sei es durch neue Produkte, der Veränderung von Produkten oder dem Wechsel von Prüfsystemen (vgl. dazu Kapitel 3.1).

Aus den Produktions- und Fertigungsstrategien ergibt sich der Bedarf nach hochflexiblen Qualitätsprüfungssystemen, die den Standards für Qualitätsmanagement (siehe Anhang A) genügen und an die Produktionsprozesse des Unternehmens individuell angepasst werden können. Unternehmen haben die Wahl zwischen Eigenentwicklung, Speziallösungen oder Standardlösungen. Eigen-

entwicklungen haben den Vorteil die spezifischen Geschäftsprozesse effektiv zu unterstützen. Eine Standard- oder Speziallösung ist gegenüber einer Individualentwicklung nicht unbedingt kostengünstiger, da aufwendige Anpassungen an die spezifischen Anforderungen des Unternehmens vorgenommen werden müssen. Ein „*make or buy*“ führt so zu einem „*make and buy*“ (vgl. [Kurbel et. al. 1994]). Der Einsatz eines domänenspezifischen Applikationsframeworks mit einem offenen und integrativen Ansatz ermöglicht es anhand der Anforderungen, die passenden Komponenten auszuwählen und damit ein individuelles Anwendungssystem schnell und kostengünstig zu erstellen (vgl. Kapitel 3.3).

Ausgehend von diesen Randbedingungen benötigt das Framework eine Integrationsstrategie, die in einer heterogenen Systemlandschaft eingesetzt werden kann. Die Anbindung bestehender Prüfsysteme und somit eine umfassende Sicht auf die unterschiedlichen Daten und Informationen kann mit dem Integrationsansatz erreicht werden. Damit kann eine Hierarchieebene über das gesamte Prüffeld eingeführt werden, um ein besseres und aussagekräftigeres Management der Qualitätsprüfung zu erreichen (vgl. dazu Kapitel 3.4).

Die maßgeblichen Einflussfaktoren auf ein Qualitätsprüfungssystem durch den Qualitäts-, Informations- und Integrationsbedarf ist in Abbildung 17 zusammengefasst.

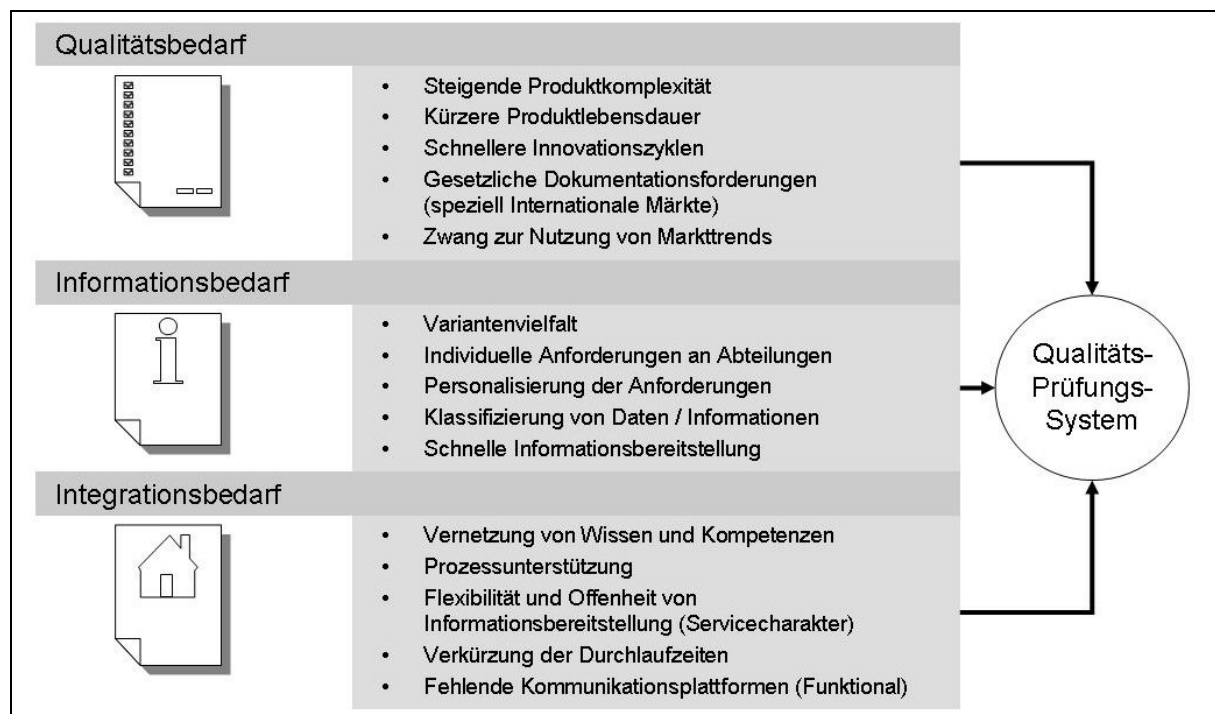


Abbildung 17: Einflussfaktoren auf ein Qualitätsprüfungssystem

Das Konzept für ein prozessunterstützendes Qualitätsprüfungssystem soll durch ein integrierendes, offenes und komponentenbasiertes Framework beschrieben werden. Auf der Basis eines Frameworks bzw. Baukastensystems können konkrete, individuell an die Prüfprozesse in einem Unternehmen angepasste Qualitätsprüfungssysteme entwickelt und umgesetzt werden, die variantenreiche Produkte abbilden können.

Die Anforderungen und der Anwendungsbereich dieses Applikationsframeworks beziehen sich auf die folgenden Punkte:

- Variantenreiche Produkte mit unterschiedlichen Prüftypen
- Ganzheitliche Prüffeldbetrachtung durch Prüfsystemintegrationen
- Zentrale Parametrierung von Prüfstationen
- Prüfplangenerierung bei Auftragsgenerierung (Zentral) oder Ad hoc (Lokal)
- Nutzerunterstützung von Prüfmanager, Prüfplaner und Prüfer
- Montageprüfungen mit Messeinrichtung oder Sichtprüfung

Die Systemarchitektur des Frameworks soll eine offene, frei konfigurierbare und modulare Struktur aufweisen, um die durchgängige Unterstützung und Ausbaufähigkeit des Systems zu gewährleisten (vgl. Abbildung 11). Daneben ist dem stetigen Wandel im Unternehmen und den damit verbundenen Anforderungen Rechnung zu tragen.

Bei der Umsetzung finden folgende Teilziele aus Sicht der Informationstechnologie Beachtung:

- Darstellung von Informationen nach Bedarf und Sichten
- Anbindung bestehender Informationssysteme und Daten durch den Einsatz anerkannter Standards
- Langlebiges Modell durch die Modellierung von logischen Informationsobjekten, sog. Business-Objekten
- Verteiltes, transaktionsorientiertes, auf Internettechnologie basierendes Informations- bzw. Kommunikationssystem

Die Gestaltung eines offenen, integrativen und qualitätsfördernden Systems für die Qualitätsprüfung wird durch die Einhaltung und Unterstützung von Standards und

Normen bei der Systementwicklung ermöglicht und durch das Qualitätsprüfungssystem selbst unterstützt.

## **5 Konzeption eines integrativen Qualitätsprüfungssystem**

Die Erfordernisse an ein Qualitätsprüfungssystem basieren auf unternehmens-internen und –externen Anforderungen. Das Qualitätsprüfungssystem muss vor allem internen Forderungen an das Produkt, die Produktionsprozesse und der Organisation gerecht werden. Die Integration von Informationen und Anwendungen von externen Zulieferern und Partnern ist bei der Betrachtung des gesamten Prüffelds in diesem Zusammenhang der zweite wichtige Aspekt. Der Prüfprozess ist stark mit dem Produktionsprozess verknüpft und benötigt Daten aus unterschiedlichen Informationsquellen, wie in Kapitel 3.4 dargestellt.

### **5.1 Frameworkdesign**

Ein Qualitätsprüfungsframework muss für zahlreiche verschiedene Funktionsbereiche, Prozesse und Querschnittsbereiche konzipiert sein und in einer annehmbaren Zeit implementiert werden können (vgl. Kapitel 3.1).

Durch den in Kapitel 3.3.2 dargestellten funktionalen Aufbau ist es möglich auf den Anwendungskontext bzw. die Domäne einzugehen und die benötigten Module für die Qualitätsprüfung zu konzipieren. Die Sichten auf das Frameworkdesign betreffen zum einen die Entwicklersicht mit dem grundlegenden Framework für den Aufbau des Qualitätsprüfungssystem und die einzelnen daraus zu entwickelnden Module und zum anderen den Aufbau einer spezifischen Anwendung für die Endbenutzer. Die grundlegenden Funktionalitäten der einzelnen Module des Qualitätsprüfungssystem sind in Kapitel 3.1 beschrieben und beinhalten eine Prüfungsverwaltung für die einzelnen Prüfungen (Kapitel 3.1.2), eine Prüfablaufplanung für eine zeitliche Reihenfolgefestlegung von Prüfungen (Kapitel 3.1.1), eine Prüfmittelüberwachung (Kapitel 3.1.3), eine Prüfdatenauswertung (Kapitel 3.1.4) und ein Modul zur Verwaltung von Stammdaten, die für das Qualitätsprüfungssystem benötigt werden. Für die Anwendungsdomäne muss das Framework Lösungen bereitstellen, die eine Modulstruktur vorgeben, um in den Gesamtkontext einer Applikation eingebunden werden zu können (vgl. Kapitel 5.1.2) und weiter ein Objektmodell, welches für alle Anwendungsfälle in der Qualitätsprüfung anwendbar ist (vgl. Kapitel 5.2ff). Die verschiedenen Sichten der Anwender, mit ihren unterschiedlichen Berechtigungen und Funktionalitäten muss dabei ebenso betrachtet werden (vgl. Kapitel 5.3ff).

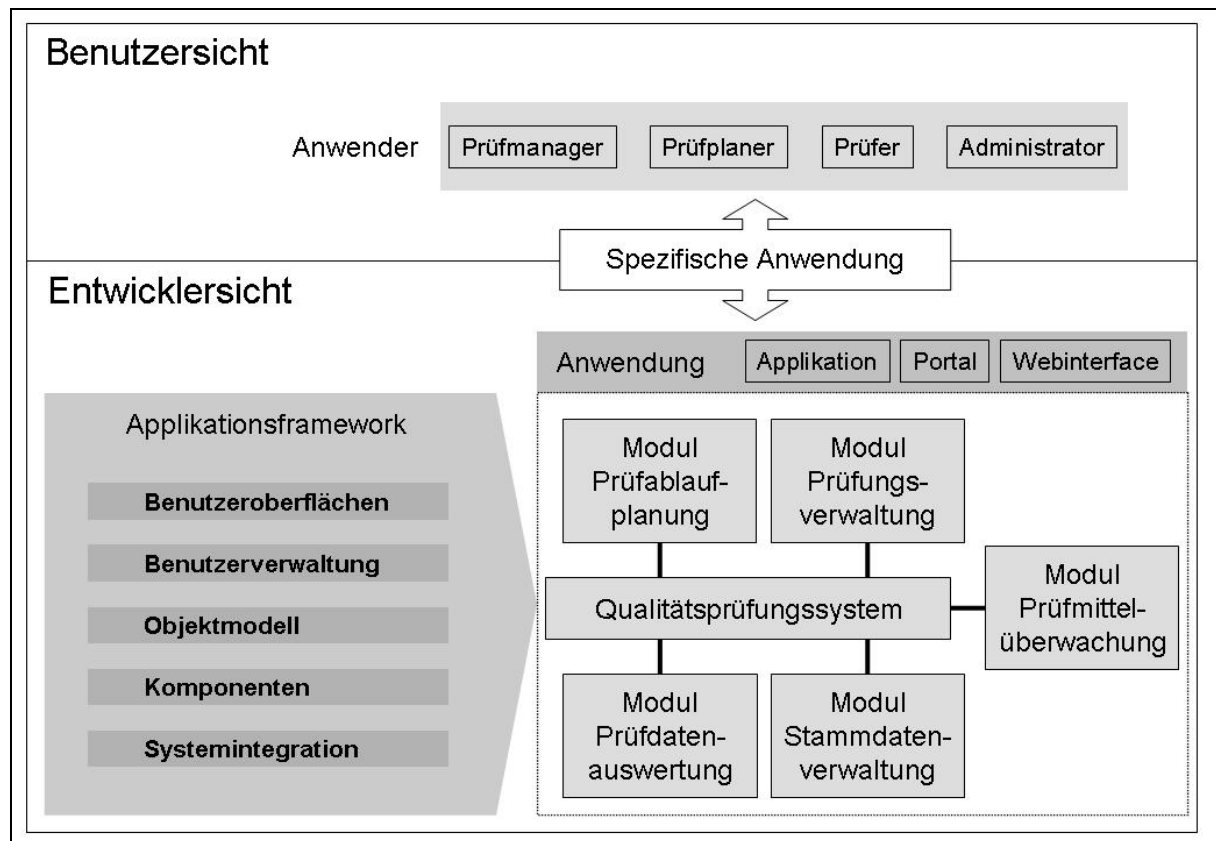


Abbildung 18: Anwendungskontext Qualitätprüfung

Aus dem Applikationsframework werden die benötigten domänenspezifischen Unterapplikationen bzw. Module entwickelt, die wiederum in Applikationen Anwendung finden (vgl. Abbildung 18). Der Umgang mit den im Framework eingesetzten Mechanismen, Mustern und Architekturen muss erlernt werden, um existierende Komponenten zu finden und wieder zu verwenden, statt neue Komponenten selbst zu implementieren. Durch den Einsatz der Frameworkklassen findet ein kontinuierliches Hinterfragen und Re-Engineering statt, was zu besseren und sicheren Abstraktionen führt, die wiederum zu den Frameworkklassen hinzugefügt werden können. Auf diese Art und Weise entsteht ein stabiles und anwendbares Framework, welches diverse Versions- und Iterationsstufen durchläuft, die jeweils aufeinander aufbauen (vgl. Kapitel 3.3.2).

### 5.1.1 Architektur

Die in Kapitel 3.1 beschriebenen Funktionalitäten der Qualitätprüfung (vgl. auch Abbildung 18) bedienen zum einen verschiedene Ebenen bei der Qualitätprüfung und zum anderen sind sie durch Prozessketten miteinander verbunden. Eine Ebenenteilung in eine Planungsebene, Steuerungsebene und Durchführungsebene

[Hering et. al. 1999] bildet für die Systemarchitektur eine erste Strukturierung der Verteilung von Funktionalitäten und Methoden (vgl. Abbildung 19).

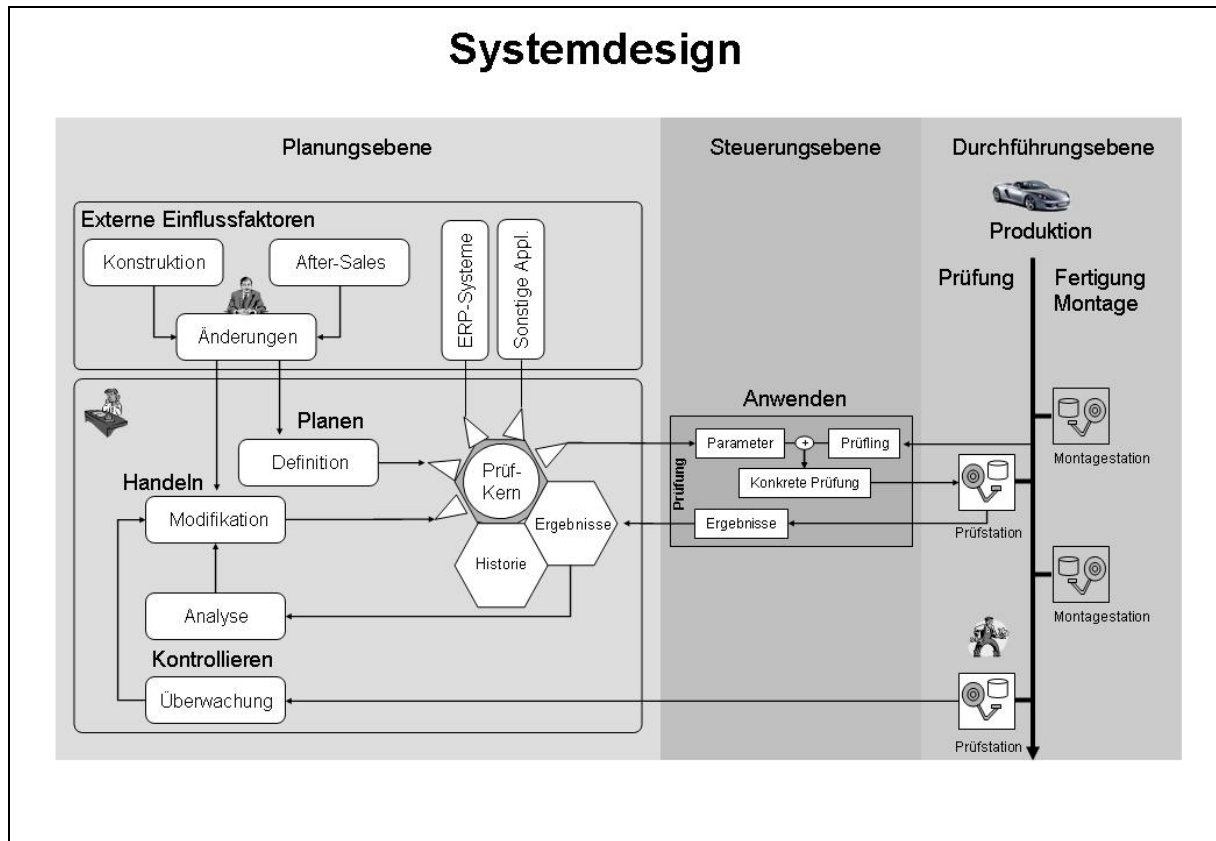


Abbildung 19: Architektur des Qualitätsprüfungssystem mit PDCA-Zyklus

Moderne Managementmethoden erreichen durch die Anwendung von Planung, Steuerung und Kontrolle als den drei grundlegenden Management-Werkzeugen ihre Gesamtaufgabe. Durch diese Ebenenteilung ist es möglich die Steuerungsebene getrennt zu betrachten oder in die Planungsebene bzw. Durchführungsebene zu integrieren. Die Steuerungsebene erfährt auf diese Weise eine flexible Anpassung an die Systeme und den Produktionsprozess im Unternehmen.

Um der mangelnden Berücksichtigung der Rückführung von Fertigungs – Know-how in die planenden Bereiche entgegenzuwirken [Spath et. al. 1995] und um eine ständige Verbesserung des Unternehmens, der Prozess-, Kunden- und Mitarbeiterorientierung zu gewährleisten, wird ein Regelkreis definiert, der diesen Anforderungen gerecht wird. Der bei dieser Architektur zum Einsatz kommende Kreisprozess Planen-Anwenden-Kontrollieren-Handeln ist als PDCA (engl.: *Plan-Do-Check-Act*) bekannt und gibt durch die Teilssysteme in der Qualitätsprüfung die Form der Applikation strukturell vor (vgl. Abbildung 19). Der PDCA-Zyklus stellt das entscheidende Grundprinzip des KVPs (vgl. Kapitel 12.2.5) im Unternehmen dar



[Winzer 2002c] und ermöglicht es die im Qualitätsmanagement bekannten Regelkreise einfach zu integrieren (vgl. Abbildung 19 und Abbildung 32).

### **PDCA-Zyklus im Systemdesign**

In der Planungsebene werden Daten und Prozesse definiert und geändert (Planen und Handeln). Alle Informationen werden im so genannten Prüfkern oder Informationspool (vgl. dazu Abbildung 31) gespeichert und gesammelt, wobei verschiedene Systeme eingebunden werden, die Stammdaten und grundlegende Informationen für die Prüfungen und Prüfplanung zur Verfügung stellen (vgl. Kapitel 3.1ff). Die Steuerungsebene gibt an, wie die Daten aus dem Prüfkern Anwendung im Prüffeld finden, bzw. für einzelne Prüfungen aufbereitet werden müssen. In der Durchführungsebene werden konkrete Prüfungen durchgeführt und Prüfergebnisse bzw. Prüfdokumentationen an das Qualitätsprüfungssystem zurück gemeldet. Die Überwachung der Prüfergebnisse und deren Analyse (Kontrollieren) können im Sinne von KVP zu Veränderungen des Vorgehens bei Prüfungen führen, die wieder über die Planungskomponenten in den Prüfkern aufgenommen werden (Handeln).

### **Änderungshistorie**

Die Veränderungen von Prozessen oder Prozessparametern müssen nach DIN EN ISO 9000 ff mitgeführt werden. Aus diesem Grund ist dem Systemkern eine Historie angegliedert, die alle Änderungen protokolliert und den Bezug zu den Ergebnissen ermöglicht. Die Prüfungsergebnisse müssen den entsprechenden Prüfungen eindeutig zugeordnet bleiben. Die Historie stellt Funktionalitäten des Versions- und Änderungsmanagements zur Verfügung, um diesen Forderungen gerecht zu werden. Aus Sicht des Qualitätsprüfungssystems sind Versionsänderungen nur Veränderungen von Parametern bei der Parametrierung einer Prüfung, die protokolliert werden. Finden hingegen Prozess- oder Ablaufveränderungen statt, hat dies Auswirkungen auf die Vergleichbarkeit der Daten, da unter Umständen keine eindeutigen Bezugspunkte zwischen aktuellen und vergangenen Prüfungen für einen strukturellen Vergleich vorhanden sind. Bei strukturellen Vergleichen muss eine erweiterte Gegenüberstellung mit hinzugekommenen und gelöschten Datenelementen möglich sein.

### **Informationsbereitstellung**

Sowohl die eingesetzten Qualitätskonzepte als auch die Verbreitung der Qualitätsinformationen sollen allen Mitarbeitern, vom Manager bis zum Werker, zur Verfügung gestellt werden, damit Verbesserungs- und Ergänzungsvorschläge eingebracht werden können. Eine entsprechende Aufbereitung der Daten für die verschiedenen Anwender muss ebenso erfolgen (vgl. Kapitel 5.3), wie ein umfassendes Rechtemanagement um die Datenzugriffe zu organisieren. Dies gilt auch für die entsprechenden Aufgabengebiete und deren Systemunterstützung, die eine Mischung aus administrativen und anwendungsbezogenen Funktionalitäten beinhalten.

Der Prüfkern, mit seiner Datenhaltung in Form einer Datenbank, stellt die grundlegenden Mechanismen der Datenverwaltung zur Verfügung. Die IT-Strategie des Unternehmens mit der Datensicherheit (Datenredundanz, Ausfallsicherheit, Datenzugriff und Zugriffsgeschwindigkeiten) gibt an, ob die Datenhaltung im Prüfkern oder in angebundenen Applikationen stattfindet. Die Einbindung von externen Applikationen erfolgt über eine Anbindungskomponente an den Prüfkern (vgl. Kapitel 5.1.2 - *Connection-Management*). Zur Behebung von Schnittstellenproblematiken zwischen den Applikationen bzw. einer optimalen Anbindung der Applikationen an den Prüfkern, können aufgabenspezifische Arbeitskreise gebildet werden, die Lösungsansätze für die Kommunikation mit diesen Applikationen erarbeiten.

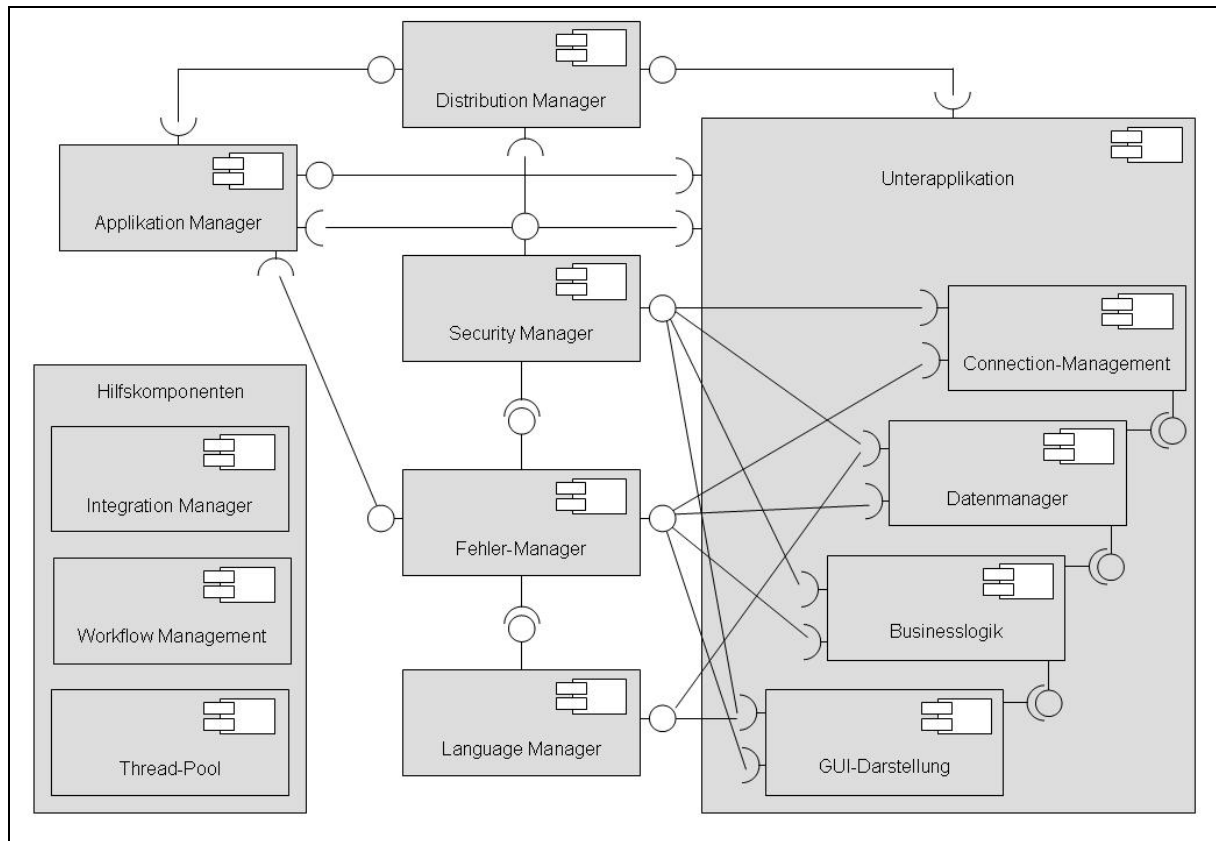
### **Zusammenfassung**

Durch die Struktur des Prüfsystem-Frameworks und die Integration der Regelkreisprozesse ergibt sich ein systematisches und prozesssicheres Vorgehen, welches intuitiv in der Benutzeroberfläche für den Benutzer und sicher bei der Applikationsimplementierung durch den Anwendungsentwickler eingesetzt werden kann. Erweiterungen, Wartungen oder sonstige Verbesserungen an einem Prüfsystem unterliegen keinen Beschränkungen, da sie durch das Komponenten-design austauschbar und erweiterbar sind (vgl. Kapitel 3.3ff und 3.4ff).

### **5.1.2 Applikationskomponenten**

Die Applikationskomponenten die für ein Qualitätsprüfungssystem benötigt werden, müssen die komplexen und individuellen Prozesse in der Prüfplanung umfassend

und effizient abbilden. In Abbildung 20 sind die generischen, abstrahierenden Komponenten des Applikationsframeworks dargestellt.



**Abbildung 20: Komponenten des Applikationsframeworks (in 2.0 UML-Notation)**

In einem Unternehmen können hunderte, wenn nicht sogar tausende von Systemen im Einsatz sein, die prüfrelevante Daten für das Qualitätprüfungssystem enthalten. Daraus ergibt sich der Bedarf einer Unterteilung in ein Rahmenwerk, dem *Applikation Manager*, in welches logische Subsysteme, in Form von weiteren *Unterapplikationen* (Module), eingebunden werden können. Da jederzeit neue Unterapplikationen mit neuen Funktionalitäten eingebunden werden können, wird der offene Charakter des Qualitätprüfungssystems erreicht.

Der *Distribution Manager* ist zuständig für die Verteilung der fertigen Qualitätprüfungssapplikation und aller zugehörigen Komponenten auf die Rechner der Benutzer. Der *Applikation Manager*, welcher Dienste und allgemeine Funktionalitäten für Unterapplikationen zur Verfügung stellt, wird durch den *Security Manager* und *Language Manager* unterstützt. Die Benutzerberechtigungen für die Applikation, die Unterapplikationen und die Verteilung werden durch den *Security Manager* bewerkstelligt, der auch für jede andere Komponente zuständig ist, um Berechtigungen für Funktionalitäten, Darstellungen

und Verbindungen zu anderen Systemen benutzerabhängig zu steuern. Alle auftretenden Fehler, die durch die Anwendung oder den Anwender auftreten, werden im *Fehler Manager* gebündelt und dargestellt. Falls das Qualitätsprüfungssystem mehrere Sprachen unterstützen soll, können mit dem *Language Manager* länderspezifische Spracheinstellungen und Textausgaben gesteuert werden. Diese Grundkomponenten bilden den Kern des Qualitätsprüfungssystems.

Eine *Unterapplikation* besteht aus einem *Connection-Management*, welches Verbindungen zu benötigten Datenressourcen herstellt und diese verwaltet. Der *Datenmanager*, der über das *Connection Management* Zugriff auf Datenressourcen erhält, ist zuständig für die transiente und persistente Objektverwaltung, die von der *Businesslogic* benötigt wird. Die Abläufe und Reihenfolgen von Datenmanipulationen und deren Funktionalitäten werden von der *Businesslogic* bereitgestellt und über die *GUI-Darstellung* erfolgt eine benutzerabhängige Darstellung dieser Daten und Informationen (vgl. dazu Abbildung 11 und Abbildung 12).

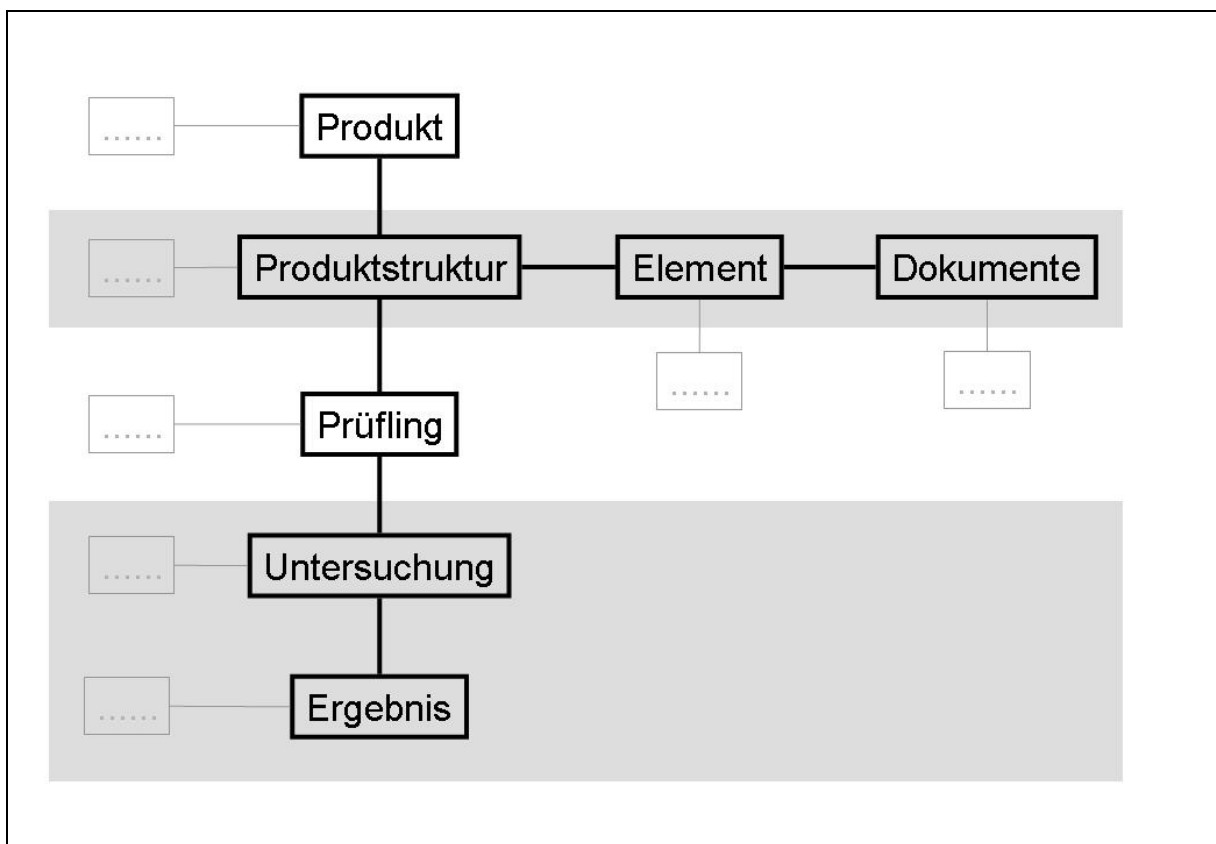
Als Hilfskomponenten kann eine Vielzahl von weiteren Modulen und Komponenten zum Einsatz kommen, wobei drei explizit genannt werden. Der *Integration Manager* bietet eine Kapselung von Verbindungen zu anderen Systemen und kann durch das *Connection-Management* benutzt werden, um Verbindungen zu weiteren Systemen herzustellen. Mit so genannten Adaptern oder Konnektoren können bidirektionale Verbindungen zwischen den zu integrierenden Prüfsystemen und dem Qualitätsprüfungssystem hergestellt werden. Der Adapter übersetzt die Daten in die jeweiligen Formate der Systeme. Die Aufgabe des Adapters ist es, die Funktionalitäten der angebotenen Prüfsysteme in Form von allgemeingültigen Kommunikationsverfahren und Prozessmodellen innerhalb des Qualitätsprüfungssystems bereitzustellen. Die so entstehende Abstraktionsschicht ist offen für neue Prüfsysteme bzw. bei Änderungen von vorhandenen Prüfsystemen, da nur der jeweilige Adapter angepasst werden muss. Ein *Workflow Management* bietet die Benutzung und Einbindung von Workflowfunktionalitäten in einzelne Komponenten oder in das Gesamtsystem. Ein Management von nebenläufigen Prozessen, wie zum Beispiel für das Drucken, wird durch den so genannten *Thread-Pool* bereitgestellt.

Mit Hilfe dieser Komponenten können die benötigten Module für ein Qualitätsprüfungssystem umgesetzt werden (vgl. Abbildung 18).

## 5.2 Prüfobjektmodell

Die objektorientierte Technologie basiert auf einer Entwurfsgrundlage, deren Elemente in ihrer Gesamtheit das Objektmodell bilden. Das Objektmodell umfasst die Prinzipien von Abstraktion, Kapselung, Modularität, Hierarchie, Typisierung, Nebenläufigkeit und Persistenz [Booch 1994].

Im Folgenden wird ein Metaobjektmodell beschrieben, um zum einen eine eindeutige Zuordnung zu den speziellen Ausprägungen zu haben und zum anderen ein Muster, um diese Ausprägungen gezielt umsetzen zu können.



**Abbildung 21: Metaobjektmodell für die Qualitätprüfung (in 2.0 UML-Notation)**

Die in Kapitel 5.1.2 beschriebenen Komponenten können das in Abbildung 21 dargestellte Grundmodell verwenden, um die Businesslogik und eine Darstellung in der Benutzeroberfläche zu implementieren. Die folgenden Erklärungen zu diesem Metaobjektmodell bieten den Hintergrund um verschiedenste Informationserweiterungen und Verknüpfungen einbinden zu können (vgl. dazu [Spath et. al. 1997]).

### **Produkt**

Tätigkeiten die einem Produkt (Fahrzeug, Bauteil, ...) zugeordnet sind benötigen eine Einordnung in einen Gesamtkontext, der durch die Produktstruktur und der daraus generierbaren Partition bzw. dem Prüfling vorgegeben wird.

### **Produktstruktur**

Die Produktstruktur ist eine Ansammlung von Elementen die eine Struktur des Produktes beschreiben. Da die Strukturierung von Informationen eines der Hauptprobleme innerhalb der Qualitätssysteme darstellt, wird als Referenz die Produktstruktur verwendet (nach [Spath et. al. 1998a]). Diese konkreten Ausprägungen sind unternehmensabhängig und müssen dementsprechend modelliert werden. Bedeutend ist die Definition einer einheitlichen Struktur, die das Produkt in seiner notwendigen Gesamtheit beschreibt, um daraus einen Prüfling zu definieren, welcher seinerseits einer Partition aus dieser Struktur entspricht.

### **Element**

Ein Element beschreibt ein in der Produktstruktur enthaltenes Objekt. Als Beispiel für ein Element kann ein Teil aus einer Stückliste, Baugruppe oder ein sonstiges Produktstrukturobjekt dienen.

### **Dokument**

Elementverknüpfungen zu Dateien, Dokumenten, Berichten, Hyperlinks, usw. werden unter dem Begriff Dokument zusammengefasst.

- Dateien  
Alle möglichen Arten von Dateien, wie z.B. Steuerdateien, Messprogramme, sollen an Objekte gehängt und im System gespeichert werden können
- Dokumente  
Die PDF, Word und Excel Dokumente haben in diesem Kontext einen beschreibenden Charakter im Gegensatz zu den Dateien, die Funktionalitäten bzw. Steuerwerte enthalten
- Hyperlinks  
Mit Hyperlinks können Verbindungen zwischen Objekten hergestellt werden, die über die normalen Mechanismen sonst keine Verbindung hätten

## Prüfling (Partition)

Der Prüfling besteht aus einer Menge von Elementen aus der Produktstruktur, die untersucht bzw. bearbeitet werden soll. Eine Partition bezieht sich immer auf eine Teilmenge aus der Produktstruktur, um eine eindeutige Beziehung zu den Untersuchungen auf bestimmte Einzelteile bzw. Komponenten des Produktes herzustellen. Diesem Prüfling werden Untersuchungen oder Prüfungen zugeordnet.

## Untersuchung

Eine Untersuchung entspricht der Prüftätigkeit die auf einer Partition ausgeführt wird. Für die Entwicklung kann dies zum Beispiel eine Kollisionsprüfung im Digital Mock-Up (DMU) sein oder für die Produktion eine elektronische Prüfung im ECOS.

## Ergebnis

Eine Untersuchung liefert ein Ergebnis, welches als Dokumentation bzw. Arbeitsergebnis in weiteren Tätigkeiten einfließen kann.

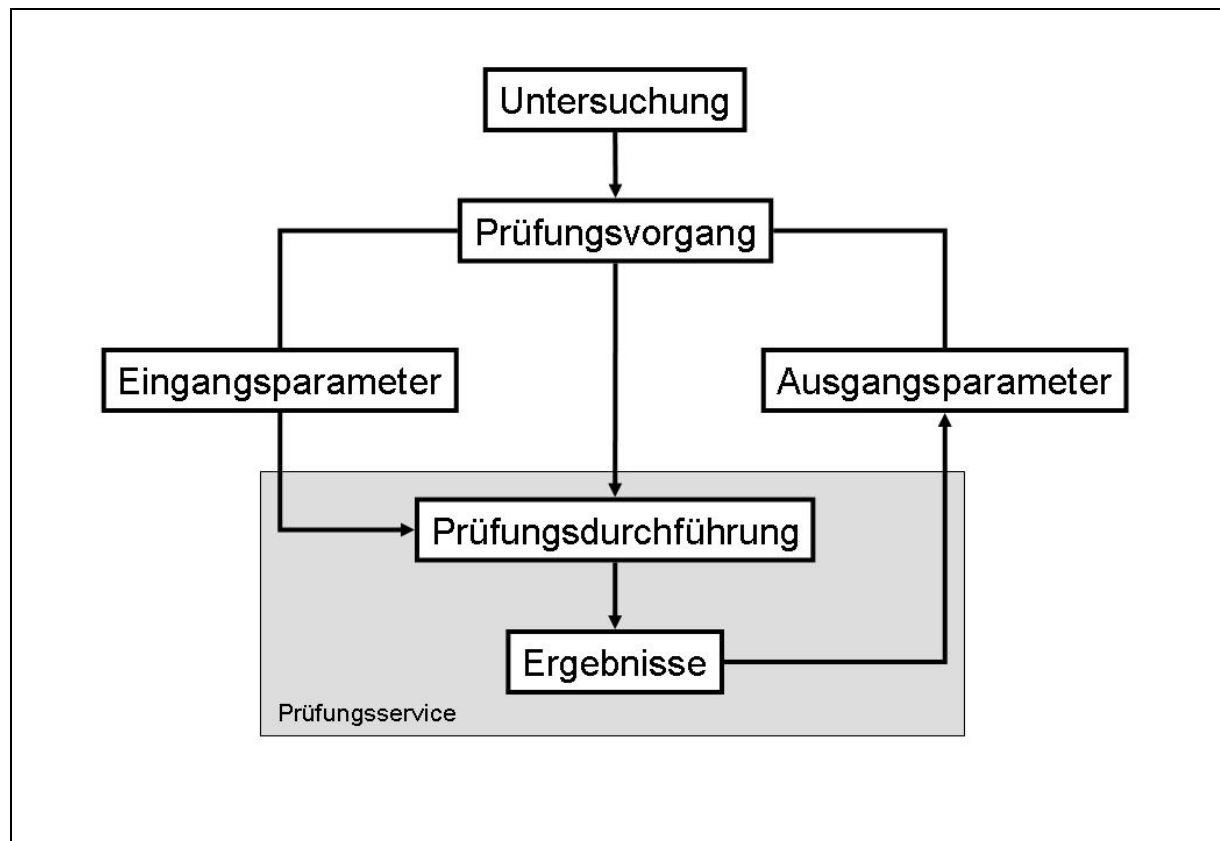


Abbildung 22: Ablaufmodell einer Prüfung

Die detaillierte Darstellung einer Untersuchung ist in Abbildung 22 gezeigt und betrachtet den Prüfungsservice, also die Durchführung einer konkreten Prüfung, als Black-Box. Der Prüfungsvorgang, der einer logischen und physikalischen Prüfung entspricht, benötigt in diesem Modell nur Wissen über die Ein- und Ausgangsparameter die für eine konkrete Prüfung notwendig und möglich sind. Mit diesem Modell können die einzelnen Prüfungen in einen Prüfablaufplan gebracht werden (vgl. dazu Abbildung 33) und über ein Steuerungssystem in der Produktion durchlaufen werden. Die Sicherstellung der benötigten Eingangsparameter kann im Vorfeld erfolgen, in dem auf der Prüfstation entsprechende Konfigurationsdateien aufgespielt werden oder die Konfigurationsdateien werden vor einer Prüfung durch das Qualitätsprüfungssystem zur Verfügung gestellt (siehe Steuerungsebene in Kapitel 5.1.1).

Dieses allgemeine Prüfobjektmodell wird in den nächsten beiden Unterkapiteln in ein Entwicklungs- und in ein Produktionsobjektmodell überführt, um die Flexibilität dieses Objektmodells zu zeigen. Dabei werden die Gemeinsamkeiten und Unterschiede in den Ausprägungen der einzelnen Objekte gezeigt, die durch den Einsatz in der Entwicklung bzw. Produktion geprägt sind.

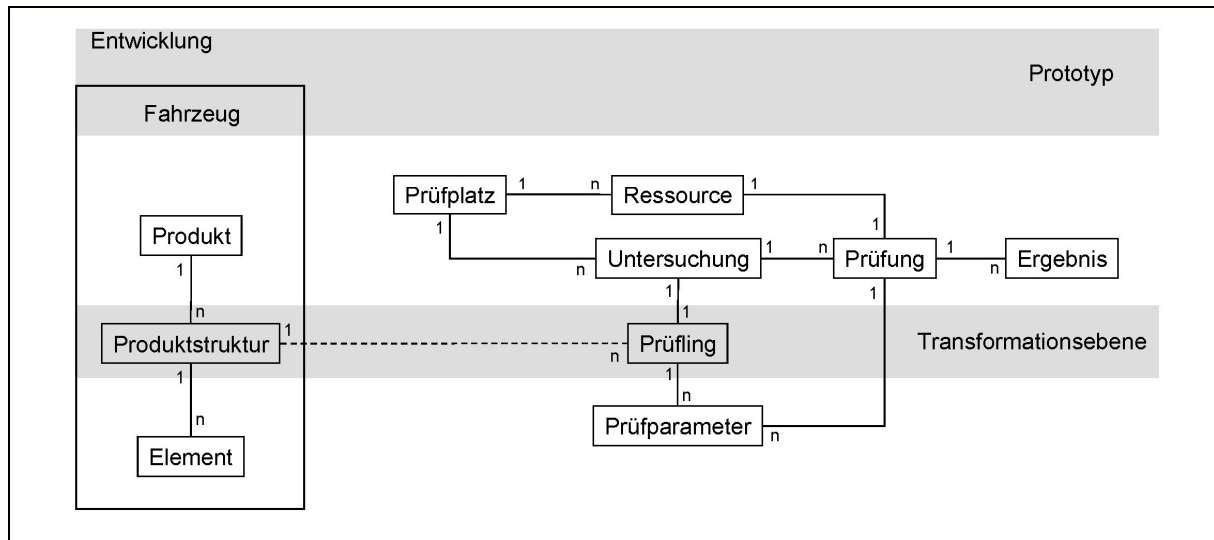
### **5.2.1 Entwicklungsobjektmodell**

Die in der Entwicklungsphase eines Produktes gemachten Erfahrungen und Prüfungen sind für den Entwicklungsprozess notwendig und das Entwicklungsobjektmodell muss diesen besonderen Anforderungen gerecht werden. In der Entwicklungsphase werden Prüfungen nicht automatisiert durchgeführt, wie später in der Produktion, sondern werden dem neuen Produkt erst angepasst. So werden zum Beispiel Fahr-, Belastungs- und Windkanaltests für grundlegende Produkt- und Materialeigenschaften durchgeführt, die dann für die Produktion in angepassten Funktionsprüfungen Anwendung finden. Die Prüfungen in der Entwicklung bilden dadurch eine andere Ausrichtung als die in der Produktion.

In der Entwicklung ist die Verwaltung von Produkten und Produktprototypen ein Schwerpunkt, da durch häufige Umbauten bzw. Veränderungen am Produkt Zuordnungen von durchgeführten Prüfungen zu einer Produktversion hergestellt werden müssen.

Das in der folgenden Abbildung 23 dargestellte Entwicklungsobjektmodell wird vom Metaobjektmodell abgeleitet und setzt die genannten Anforderungen um.



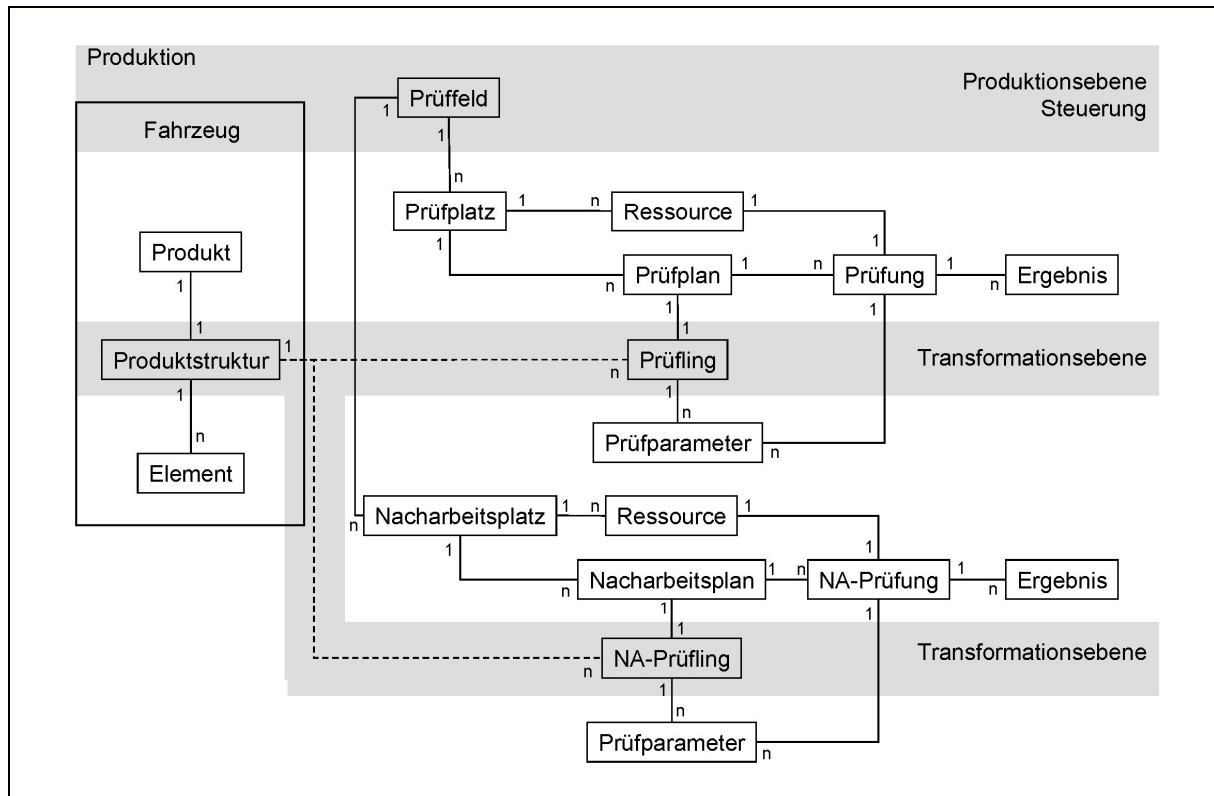


**Abbildung 23: Entwicklungsobjektmodell (in 2.0 UML-Notation)**

Ein *Produkt* kann aus mehreren *Produktstrukturen* bestehen, die zeitlich aufeinander aufbauen oder durch Versionsstände voneinander unterschieden werden können. Beim Vergleich dieser Versionsvarianten können Rückschlüsse auf die Funktionalität und damit auch auf die Qualität gezogen werden. Aus diesen *Produktstrukturen* werden für *Prüfungen* *Prüflinge* definiert, die aus einer Partition der *Produktstruktur* bestehen (Transformationsebene). Eine *Prüfung* benötigt *Ressourcen*, die einem *Prüfplatz* zugeordnet sind. Somit können *Untersuchungen*, die einem *Prüfling* und *Prüfungen* zugeordnet sind, an einem *Prüfplatz* durchgeführt werden, wenn die entsprechenden *Ressourcen* für die einzelnen *Prüfungen* vorhanden sind.

## 5.2.2 Produktionsobjektmodell

Informationen und grundlegende Daten für *Prüfungen* kommen entweder aus Prototypentests oder aus Simulationen, die für die Produktion angepasst werden müssen. Die Notwendigkeit einer Anpassung erfolgt zum Beispiel durch Umwelteinflüsse, dem Einsatz von Serienteilen und Toleranzen. Durch den Serienanlauf, in Form von Null-Serien bzw. Vorserien in der Produktion, werden häufig weitere *Prüfungen* notwendig, die in den Produktionsprozess aufgenommen werden müssen. Die *Prüfungen* werden, wie der Produktionsanlauf, auf Serienreife gebracht, um *Prüfungen* wie Befüllungen, Messungen von Abgas, Rollenprüfstände und elektrisch/elektronische Messungen automatisieren zu können. Das entwickelte Produktionsobjektmodell und die Unterschiede zum Entwicklungsmodell werden in der Abbildung 24 gezeigt.



**Abbildung 24: Produktionsobjektmodell (in 2.0 UML-Notation)**

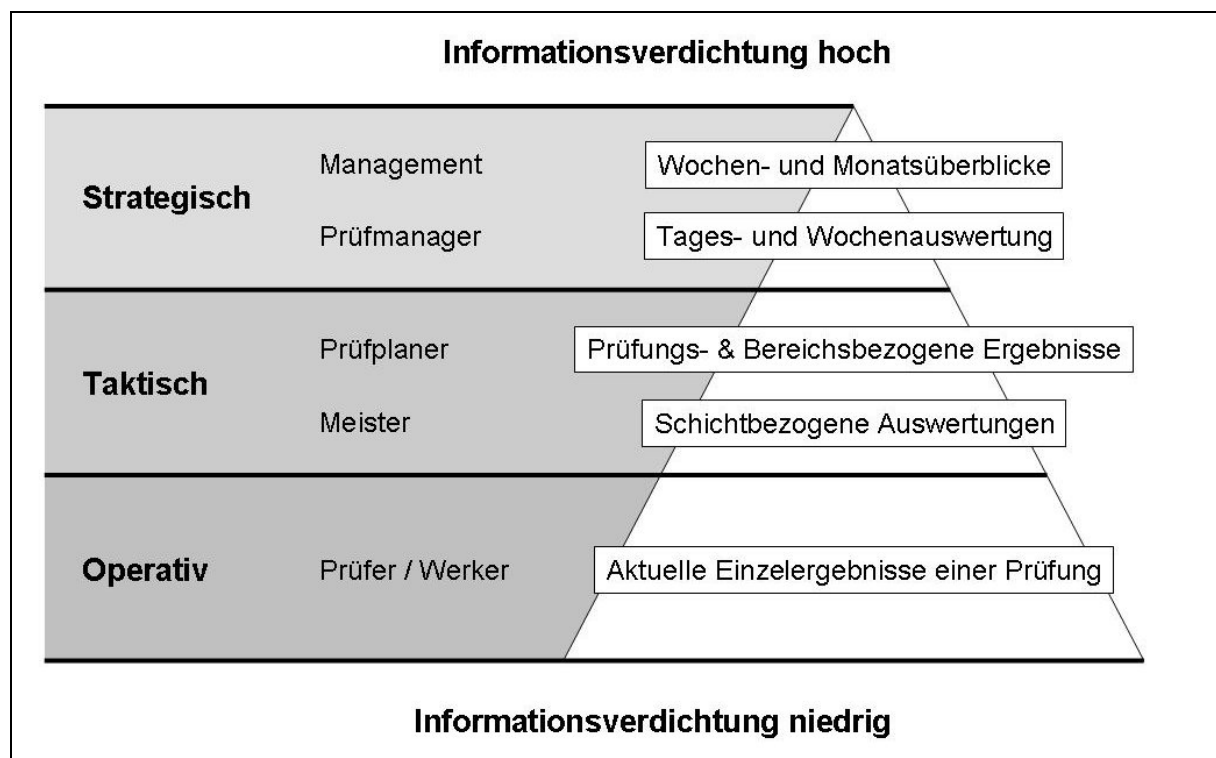
Im Gegensatz zum Entwicklungsobjektmodell hat ein Fahrzeug im Produktionsobjektmodell nur eine Zuordnung zu der *Produktstruktur*, da das Produkt durch einen spezifischen Kundenauftrag definiert ist. Die Untersuchungen werden durch auftragsneutrale *Prüfpläne* ersetzt. Für spezielle *Nacharbeitsplätze* wird ein Vorgehen wie bei den *Prüfplätzen* benötigt, um die speziellen Prüfungen bei einer Nacharbeit abbilden zu können. Die Zuordnung der *Prüf-* und *Nacharbeitsplätze* zu dem *Prüffeld* ermöglicht einen Gesamtkontext über die Prüfungen herzustellen und damit auch Fähigkeitsuntersuchungen über Prozesse und Betriebsmittel zur Verfügung zu stellen.

## 5.3 Objektmodellsichten

Das Wissen über Qualität ist in kleinen, wie in großen Unternehmen häufig personalisiert, beispielsweise kennt oft nur der Produktentwickler die Funktionsweise und Optimalwerte eines Produkts [Oehme et. al. 2002]. Somit ist ein Qualitätsprüfungssystem genauso wie jedes Qualitätssystem abhängig von den Personen die damit arbeiten. Die informationstechnische Unterstützung soll für den Anwender eine Hilfe sein und das Wissen fördern.

Die Funktionalität und der Benutzerkomfort entscheiden über Akzeptanz, Arbeitsaufwand und Nutzen des Qualitätsprüfungssystem. Die komplexen Zusammenhänge müssen umfassend beschrieben werden, aber gleichzeitig die Arbeit so einfach wie möglich gehalten werden. In der Prüfplanung sind personalisierte und rollenbasierte Benutzeroberflächen für die verschiedenen Benutzer notwendig. Damit wird garantiert, dass die Informationen, Funktionalitäten und Dienste für den jeweiligen Tätigkeitsbereich zur Verfügung gestellt werden. Aus diesem Grund ist eine Entkopplung der Datenverarbeitung von der Benutzersicht notwendig, um verschiedene Sichten auf dieselben Datenstrukturen zu generieren (vgl. Abbildung 11). Die Aufbereitung der Daten ist abhängig vom Benutzer, dem dargestellten Objekt, den Objektattributen und dem Anwendungskontext in dem er sich gerade befindet.

Zum Beispiel sind die Qualitätsdaten eine wichtige Informationsquelle für unterschiedliche Benutzer des Qualitätsprüfungssystem.



**Abbildung 25: Informationsverdichtung bei rollenabhängigen Prüfauswertungen**

An die Darstellung, die Aktualität und die Informationsdichte werden je nach Führungsebene unterschiedliche Anforderungen gestellt (Abbildung 25). Für die Geschäftsleitung sind Trendanalysen, Qualitätskennzahlen und langfristige Informationen über den gesamten Betrieb und alle Produktionsbereiche wichtig. Die

mittlere Führungsebene und die Qualitätsleitung werden die Informationen in ähnlicher Form anfordern, allerdings ausführlicher und in kürzeren Zeitabständen. Die Prüfplaner müssen das Qualitätsgeschehen auf ihren Arbeitsbereich bezogen aktuell und schwerpunktmäßig erfassen. Schichtführer, Meister und Prüfer benötigen die Qualitätsdaten und die Prozesskennwerte auf Merkmalebene im direkten Zugriff (Online). Mit entsprechenden Prozessanpassungen kann dieses Konzept auch unternehmensübergreifend angewendet werden. Das dargestellte dreischichtige Rollenkonzept, mit den Aufgaben und Funktionalitäten einer Planungsrolle (Prüfmanager), Steuerungsrolle (Prüfplaner) und Durchführungsrolle (Prüfer) werden im Folgenden kurz erläutert.

### **5.3.1 Rolle Prüfer**

Die Ausführung von Fertigungs- und Montageprüfungen wird durch den Prüfer bewerkstelligt. Auftretende Störungen beim Prüfmittel oder Prüfling müssen von ihm schnell und verlustfrei weiter gemeldet werden, damit ein Qualitätsverbesserungsprozess angestoßen werden kann (vgl. dazu Abbildung 28).

### **5.3.2 Rolle Prüfplaner**

Der Prüfplaner erstellt die Prüfungsdefinitionen und stellt die Ablaufsteuerung der Prüfung im einzelnen und im Gesamtkontext zusammen. Als begleitende Tätigkeiten sind die Prüfmittelverwaltung einschließlich der Verwaltung von Prüfverfahren und Prüfanweisungen, sowie deren Überwachung und Analyse zu nennen. Prüfplaner sind für verschiedene Bereiche (zum Beispiel: Mechanik, Elektrik / Elektronik, Pneumatik) zuständig und benötigen unterschiedliche Sichten auf die für sie relevanten Daten.

### **5.3.3 Rolle Prüfmanager**

Die vielschichtigen Aufgaben eines Prüfmanagers umfassen zum Beispiel reibungslose Prüfabläufe, minimale Qualitätskosten und eine nachhaltige Qualitätslenkung. Unterschiedliche Abläufe müssen gezielt gesteuert werden, um die richtige Entscheidung zum richtigen Zeitpunkt zu treffen (vgl. Kapitel 6.3). Qualitätszirkel können dieser Rolle zugeordnet werden, damit Informationen und Trends durch das Qualitätsprüfungssystem ihren Mitgliedern zur Verfügung gestellt werden.

## 6 Umsetzung der Frameworkarchitektur

Das Framework soll die Erstellung eines verteilten, transaktionsorientierten Kommunikations- und Informationssystems ermöglichen und strukturierte Benutzeroberflächen anbieten, die intuitiv bedienbar sind und verschiedene Sichten auf Informationen bzw. Daten für verschiedene Bedürfnisse darstellen.

Um diese Vorteile nutzen zu können, soll das System auf allgemein anerkannten Internetstandards aufgebaut sein, auch im Hinblick auf die Anbindung von bestehenden Informationssystemen und Daten. Durch das Qualitätsprüfungssystem soll kein neues System entstehen, sondern die bestehenden Systeme funktional erweitern und zusammenführen [Schmitz et. al. 1999].

In der Produktion werden Applikationen bei komplexeren bidirektionalen Informationsflüssen eingesetzt, wohingegen sich Web-Applikationen für den unidirektionalen Informationsfluss anbieten (vgl. Abbildung 31). In Web-Applikationen können Informationen weltweit und zeitnah ohne Verteilungsaufwand bereitgestellt und ausgetauscht werden. Die Implementierungen sollen folglich in verschiedene Kontexte, wie Web-Applikation oder Standardapplikation, eingebunden werden können, um den unterschiedlichen Bedürfnissen in der Bereitstellung von qualitätsrelevanten Informationen gerecht zu werden.

Um eine Plattform aufzubauen, die die oben beschriebene Infrastruktur bietet, kann die JAVA-Technologie (siehe Kapitel 15.1) als die richtige Entscheidung angesehen werden, die auch in der Fabrikautomatisierung Einsatz findet [Kühnle et. al. 2001].

Folgende Punkte bildeten die Entscheidungsgrundlage:

- Plattformunabhängig (Windows, Unix, Linux, MAC OS)
- Leicht erweiterbar über Komponenten (APIs), die gekauft oder selbst erstellt werden können (z.B. [McLaughlin 2002])
- JAVA Know-How in den meisten Firmen vorhanden
- JAVA-Code sowohl in Applikationen, als auch in Web-Servern ausführbar
- JAVA-Schnittstellen bzw. Komponenten sind bei allen großen SW-Herstellern vorhanden (SAP, ORACLE, Matrix One, usw.).

## 6.1 Konfigurationsmanagement

Die Einzelteilanzahl von zusätzlichen Ausstattungen in einem Fahrzeug führen durch den Markt und die Gesetzgebung zu einer permanenten Steigerung. Aber nicht nur die Einzelteilanzahl der Fahrzeuge steigt, sondern auch die Zahl der Produktvarianten, durch die Forderung des Marktes nach kundenindividuellen Fahrzeugen und den OEMs die mit der Besetzung von Marktnischen zusätzliche Fahrzeugvarianten produzieren. Diese Faktoren führten zu der Entwicklung der Plattform- und Modulstrategie [Klauke et. al. 2002]. Eine Plattform, die ca. 60% der Kosten eines Fahrzeugs ausmacht, besteht überwiegend aus Bauteilen des Unterbaus und des Fahrwerks. Über entsprechende Anpassteile werden die Plattformen mit den markenspezifischen Auslegungen eines Fahrzeugs verbunden. Die zweite Strategie, um Teilevielfalt und Komplexität zu beherrschen, ist die Modulstrategie (vgl. Entwurfsmethoden komponentenbasierter Systeme in Kapitel 3.3.2.). Module sind für die Montagelinie komplexe, individuelle Zusammenbauten, die verbaupunktorientierte Baugruppen zeigen, die aus funktionaler, logistischer und produktionstechnischer Sicht sinnvolle Einheiten darstellen.

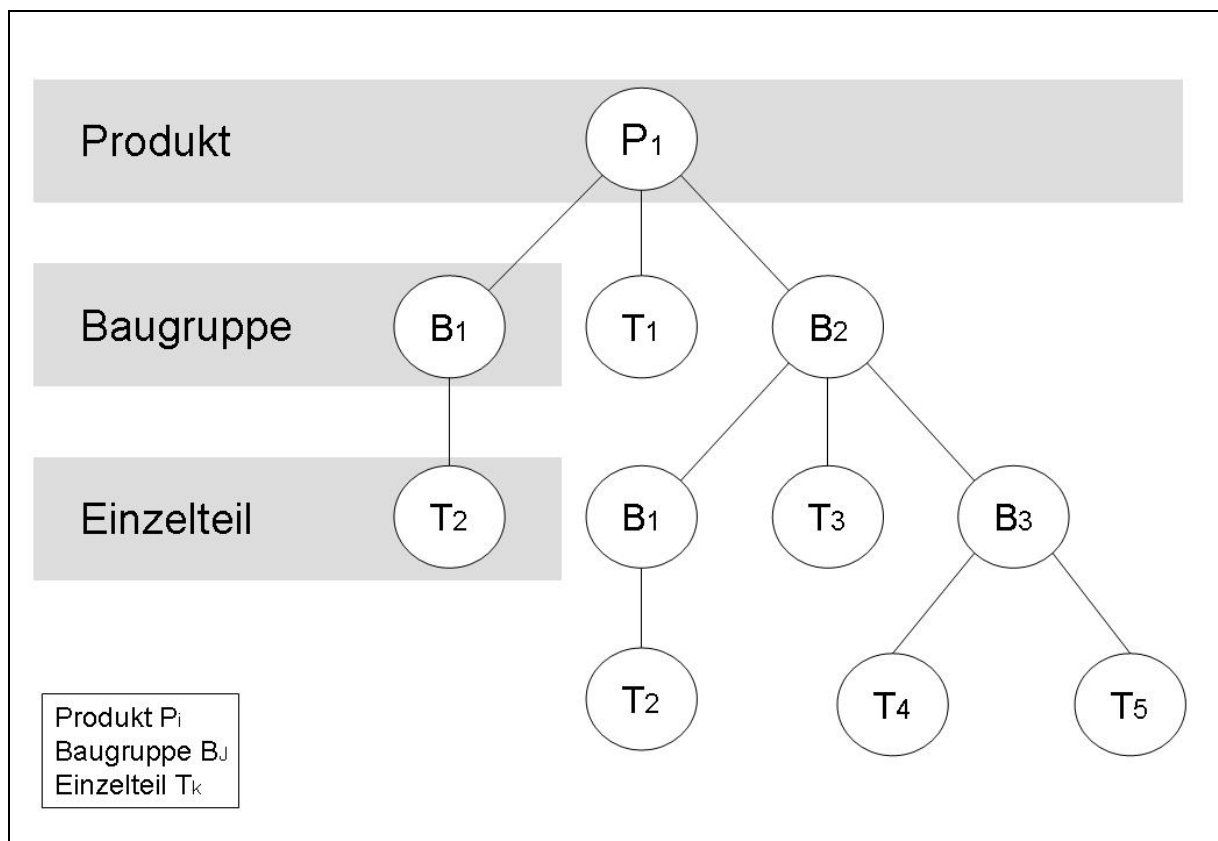


Abbildung 26: Beispielstückliste

Die Verwaltung bzw. die Kundenausprägungen von Fahrzeugen werden mit Produktkonfiguratoren erbracht [Rogoll et. al. 2003]. Die Grundlage für den Einsatz von Konfigurationen liegt in der Entwicklung des Produkts, welches eine entsprechende modulare Struktur vorweisen muss. Durch den Einsatz von Familien- und Gruppen- bzw. Musterprüfplänen wird einer steigenden Varianz entgegengewirkt und der Verwaltungsaufwand verringert.

Um die Stückliste übersichtlich zu halten, wird das Produkt in verschiedene Baugruppen aufgeteilt. Die Zusammenfassung aller Materialien einer Baugruppe ist die Baukastenstückliste. Die Strukturstückliste enthält alle Teile eines Produktes, wobei die Einzelteile der verschiedenen Baugruppen aufgelöst werden (vgl. dazu Abbildung 26).

Grundsätzlich besteht ein Produkttyp aus grundlegenden Kernkomponenten und Zusatzkomponenten, die die gewünschte Grundfunktionalität gewährleisten. Zusätzliche Erweiterungen können durch Sonderkomponenten, die aus gesetzlichen Bestimmungen oder Kundenwünschen erfolgen, hinzugenommen werden. Auf diese Weise können länderspezifische Anforderungen an das Fahrzeug genauso wie individuelle Kundenwünsche abgebildet werden. Sonderkomponenten können manche Zusatzkomponenten erweitern oder auch ersetzen.

Die für Prüfungen relevante Variantenbildung kann aus

- Produktions- / Auftragsnummer
- Baugruppe (Stückliste)
- Datuszeitraum (z.B. durch Temperaturabhängigkeiten im Sommer – Winter)
- Version (Länderspezifischen Varianten, Sondermodellen, usw.)

oder deren Kombination erfolgen. Bei Kombinationen kann die Reihenfolge bzw. Hierarchie der ausgesuchten Einschränkungsmkmale einer Variante eine Rolle spielen, die über eine Logik erfolgt. Diese Logik verwirklicht die Bildung der Variante über eine Abbildungsvorschrift die zum Beispiel so erfolgen kann:

```
Wenn AUFTRAGSNUMMER zwischen MIN_NUMMER und MAX_NUMMER  
und BAUGRUPPE in (BAUGRUPPENNUMMER_x, BAUGRUPPENNUMMER_z)  
führe Prüfung P_xyz durch
```

Die so gebildeten Varianten haben für Fahrzeuge in der Entwicklung durch die Zuordnung zu einem Fahrzeug einen statischen Charakter, welcher durch die Entwicklungsvarianten gezeigt wird (vgl. dazu Kapitel 5.2.1). Die Kundenfahrzeuge in der Produktion hingegen haben einen dynamischen Charakter, der sich in der Bildung von Produktionsvarianten zeigt (vgl. dazu Kapitel 5.2.2), da diese auftragsneutral gebildet werden.

### **6.1.1 Entwicklungsvarianten**

Wie schon in Kapitel 5.2.1 erörtert, sind Produkte die sich in der Entwicklungsphase befinden, häufigen Änderungen unterworfen, die in einer zeitlichen Abfolge oder Version dargestellt werden müssen. Somit beziehen sich die Entwicklungsvarianten auf ein Fahrzeug, welches in verschiedenen Bauzuständen betrachtet werden kann. Für ein virtuelles Fahrzeug bedeutet dies unterschiedliche Konzeptionsphasen und für ein reales Prototypenfahrzeug verschiedene Verbaustufen.

Die in der Entwicklungsphase durchgeführten Prüfungen dienen der Festlegung der Produktqualität und der gesetzlichen Forderungen. Die Qualitätsmerkmale der Teile werden festgelegt und in Prototypen überprüft. Eine Zuordnung einer Entwicklungsvariante zu ihren Prüfergebnissen ist bauzustandsabhängig und muss zu jeder Zeit möglich sein, da diese Prototypenprüfungen auch der Festlegung der Prüfungen für die spätere Serienproduktion dienen.

### **6.1.2 Produktionsvarianten**

Die in der Produktion zum Einsatz kommenden Produktionsvarianten sind auftragsneutrale Partitionen von möglichen Produktkonfigurationen (vgl. dazu Kapitel 5.2.2). Mit Hilfe der Produktionsvarianten werden durch einen Produktionsauftrag die entsprechenden Prüfungen ermittelt, die auf die speziellen Kundenwünsche und die spezifische Länderausführung des Fahrzeugs abgestimmt sind. Dieser Ansatz wird für die Verknüpfung von Produktionsvarianten mit Prüfplänen und für die Verknüpfung mit den tatsächlichen Prüfungen angewandt. Der Übergang von realen Fahrzeugen zu auftragsneutralen Produktionsvarianten und deren Verknüpfung zu Prüfungen, mit speziellen Prüfparametern wird durch den Einsatz der Transformationsebene erreicht, die den Aufbau einer flexiblen und variablen Prüfsteuerung erlaubt (vgl. dazu Abbildung 24).



## 6.2 Benutzersichten und Rechte

Die Mensch-Maschine-Schnittstelle wird über die Benutzeroberfläche (GUI) bewerkstelligt und muss den verschiedenen Bedürfnissen der Anwender gerecht werden. Der Kenntnisstand des Benutzers bei der Bedienung eines Softwaresystems und die Aufgabenangemessenheit der Darstellung muss Berücksichtigung finden. Eine erste Einteilung der Benutzer in drei Gruppen hilft die Zahl der möglichen Lösungen für ein Design zu verringern [Thaller 2002].

- **Novizen und unerfahrene Benutzer**

Das Wissen über die Aufgabe oder die GUI ist gering. Ängste der Benutzer müssen abgebaut werden, zum Beispiel durch Dialogboxen, Hilfetexte und einer Datenreduktion in der Anzeige auf ein notwendiges Minimum. Prozessketten und deren Fortschritt müssen dem Anwender klar dargestellt werden

- **Standardbenutzer**

Die Mehrzahl von Benutzern ist dieser Gruppe zuzuordnen, die ihre Aufgaben kennen und mit einigen Funktionalitäten des Systems vertraut sind, aber nicht regelmäßig bzw. dauernd mit dem System arbeiten. Eine geordnete Struktur, aussagekräftige Meldungen und eine konsistente Terminologie in der GUI sind für diese Personengruppe hilfreich und erforderlich

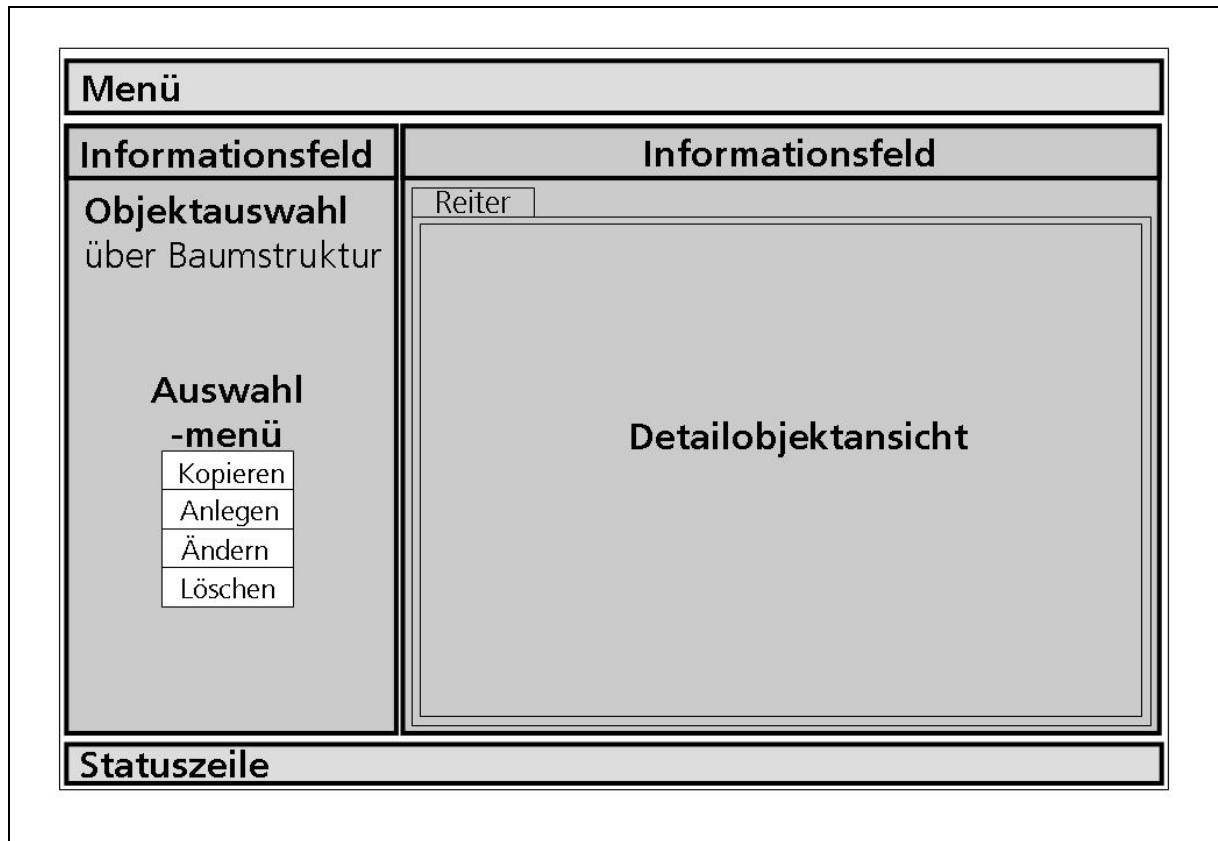
- **Experten und Fachleute**

So genannte Power-User kennen ihre Aufgaben und alle Funktionalitäten des Systems bis ins letzte Detail, so dass die Bearbeitung ihrer Aufgaben schnell und effektiv erfolgt. Sie benötigen einen hohen Detaillierungsgrad der Informationen, Abkürzungen für Kommandos und Sonderfunktionalitäten, die sie eventuell über ein Makro selbst hinzufügen können

Eine Aktivierung bzw. Deaktivierung der verschiedenen Hilfestellungen für diese drei Benutzergruppen kann über Benutzerprofile erfolgen, wobei der Umstand berücksichtigt werden muss, dass Benutzer die verschiedenen Gruppen wechseln können.

Die in Kapitel 5.3 vorgestellten Benutzerrollen mit ihren Anforderungen an Informationen, Funktionalitäten und Diensten benötigen einen Rahmen für die Benutzeroberfläche der dies zur Verfügung stellt. Um ein durchgängiges Layout der Benutzeroberfläche für diese unterschiedlichen Anforderungen und Aufgabengebiete

der Applikationskomponenten zu bieten, ist in Abbildung 27 eine Designvorgabe für Benutzeroberflächen dargestellt.



**Abbildung 27: Designvorgabe für Benutzeroberfläche**

Über die in der Baumstruktur dargestellten Objekte wird die Detailobjektansicht gesteuert. So können für verschiedene Objekte, auch in der Interaktion mit dem Benutzer, verschiedene Objektansichten dargestellt werden. Über ein Auswahlmenü, welches für jedes Objekt individuell angeboten werden kann, sind verschiedene Funktionalitäten gegeben, die für einen Benutzer und für das ausgewählte Objekt aufrufbar sind.

Über ein Rechtemanagement (vgl. Abbildung 20: *Security Manager*) lassen sich verschiedene Felder in einer Detailobjektansicht darstellen oder ausblenden. Die aufrufbaren Funktionalitäten über das Auswahlmenü lassen sich ebenso mit diesem Mechanismus steuern. Auf diese Art und Weise kann Einfluss auf das Aussehen und die Funktionalität der Applikation genommen werden und verschiedenen Benutzern und Rollen ihre Applikationssicht aufgabengerecht zugeordnet werden.

### 6.3 Prüfprozessabbildung

Das Wissen über die Prozesse und die ständige Verbesserung der Prozesse ist für die Unternehmen zwingend vorgeschrieben und muss durch ein prozessorientiertes Qualitätsmanagementsystem unterstützt werden.

*„Eine Tätigkeit oder Operation, die Eingaben erhält und diese in Ergebnisse umwandelt, kann als Prozess angesehen werden. Fast alle Tätigkeiten und Operation im Zusammenhang mit einem Produkt sind Prozesse“* [Winzer 2002a].

Die Ableitung und Entwicklung von Prüfprozessen, erfolgt durch eine Prüfnotwendigkeit, wobei eine entscheidende Voraussetzung für eine Qualitätsverbesserung darin besteht, auftretende Probleme selbst zu erkennen und zielgerichtet zu lösen. Zu diesem Zweck können verschiedene Problemlösungswerkzeuge eingesetzt werden, die vom zu lösenden Problem und den handelnden Personen geprägt sind [Winzer 2002b]. Die wichtigsten Problemlösungswerkzeuge sind die sieben Qualitätswerkzeuge (Q7), die sieben Kreativitätswerkzeuge (K7) und die sieben Managementwerkzeuge (M7), die mit ihren Methoden und dem jeweiligen Einsatzzweck Lösungen finden lassen.

**Q7:** Probleme erkennen und verstehen

Methoden	Zweck
Brainstorming	Fehlererfassung
Qualitätsregelkarte	Fehlererfassung
Fehlersammelliste	Fehlererfassung
Histogramm	Fehlererfassung
Pareto Analyse	Fehleranalyse
Korrelationsdiagramm	Fehleranalyse
Ursache-Wirkungs-Diagramm	Fehleranalyse

**Tabelle 2: Sieben Qualitätsmanagementwerkzeuge**

**K7:** Kreativ-innovative und systematisch-analytische Techniken um Lösungen zu entwickeln

Methoden	Zweck
Brainstorming	Problemerkennung
Methode 635	Problemerkennung
Synektik	Lösungsalternativen
Reizwortanalyse	Lösungsalternativen
Mind-Mapping	Problemerkennung
Progressive Abstraktion	Problemerkennung
Morphologischer Kästen / Matrix	Problemanalyse

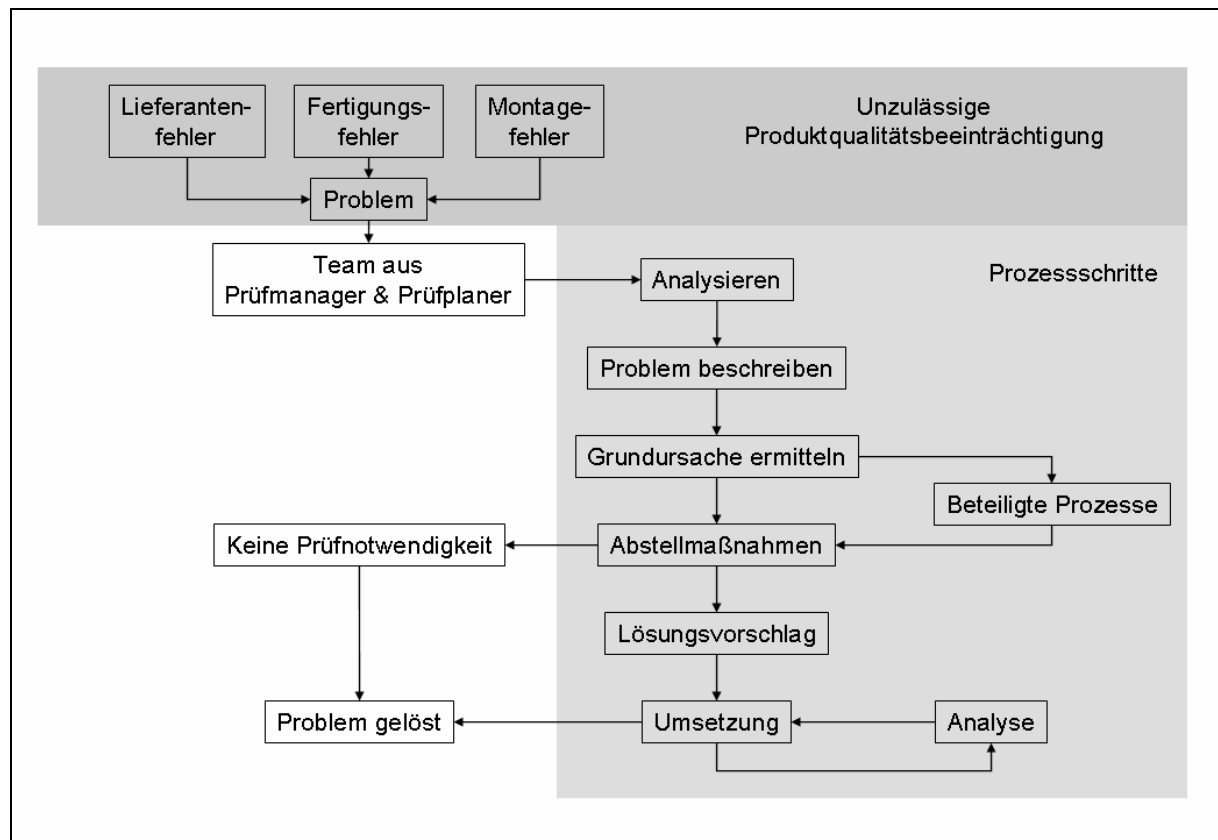
**Tabelle 3: Sieben Kreativitätswerkzeuge**

**M7:** Lösungen realisieren und umsetzen

Methoden	Zweck
Affinitätsdiagramm	Datenanalyse
Relationendiagramm	Datenanalyse
Portfolio	Lösungsfindung
Baumdiagramm	Lösungsfindung
Matrixdiagramm	Lösungsfindung
Netzplan	Lösungsrealisierung
Problem-Entscheidungs-Plan	Lösungsrealisierung

**Tabelle 4: Sieben Managementwerkzeuge**

Diese Techniken und Werkzeuge (vgl. Tabelle 4, 5 und 6) können zweck- und personenabhängig in dem in Abbildung 28 dargestellten Qualitätsverbesserungsprozess zum Einsatz kommen (vgl. Anwender in Kapitel 5.3.1, 5.3.2, 5.3.3).



**Abbildung 28: Qualitätsprozessverbesserung**

Die im Applikationsframework für die Prüfplanung relevanten IT-Prozesse, lassen sich in die Frameworkentwicklungsprozesse und die Applikationsprozesse mit ihrer Anbindung an die externen Prüf- und Unternehmensprozesse unterteilen, die im Folgenden dargestellt werden.

### 6.3.1 Interne Applikationsprozesse

Prozesse des Software Engineering werden bei der Entwicklung und Erstellung des Frameworks durchlaufen, die durch die Prozesse beim Einsatz des Frameworks zur Applikationsentwicklung ergänzt werden.

#### Frameworkentwicklungsprozesse

Die Frameworkentwicklungsprozesse können in einen Makro- und Mikroprozess in der Entwicklung aufgeteilt werden [Booch 1994]. Der Makroentwicklungsprozess in Abbildung 29 dient als Kontrollgerüst für den Mikroentwicklungsprozess und ist verwandt mit dem traditionellen Wasserfallentwicklungszyklus (vgl. [Weisbecker 2002] und [Sommerville 2000]). Diese generische Vorgehensweise erzeugt eine Reihe von Ergebnissen und Aktivitäten, die es dem Entwicklerteam ermöglichen Risikoabschätzungen zu treffen und Korrekturen im Mikroentwicklungsprozess frühzeitig durchzuführen, um die Analyse- und Designaktivitäten besser fokussieren zu können.

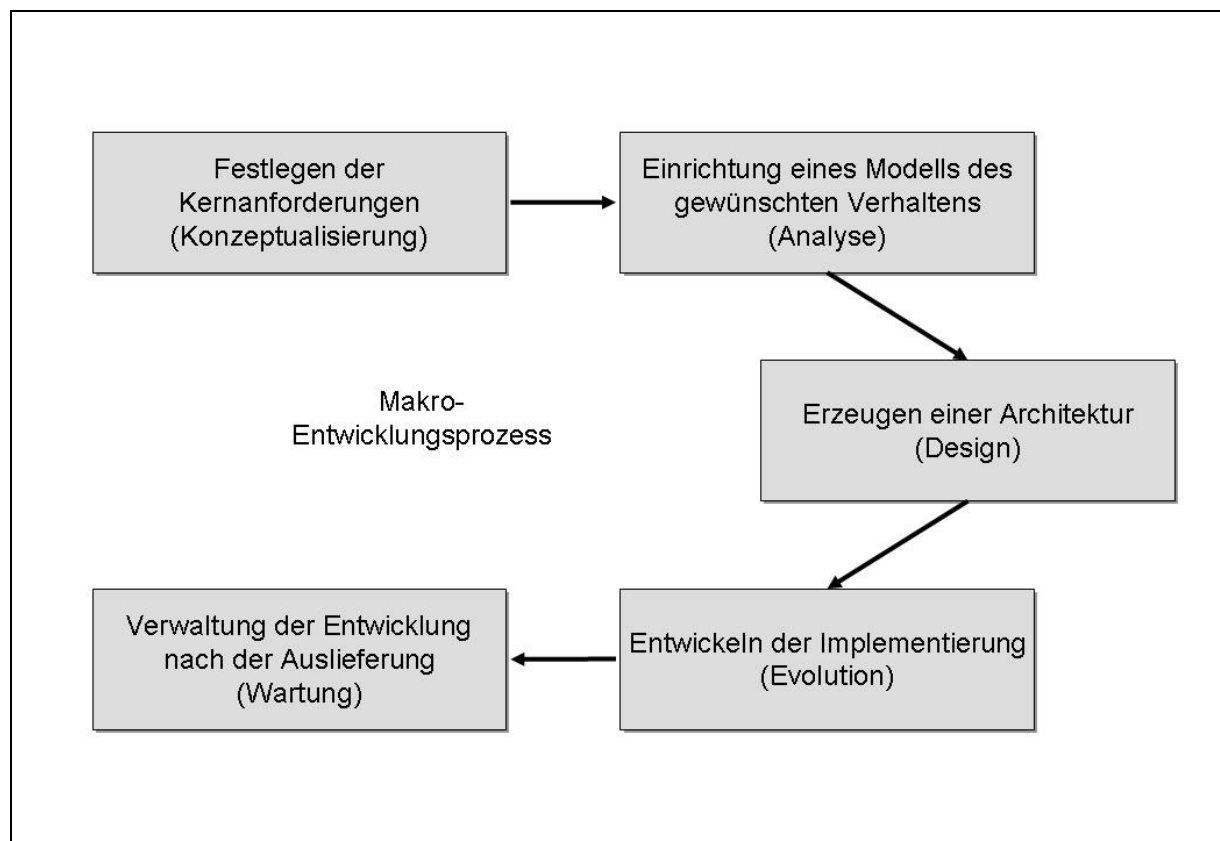
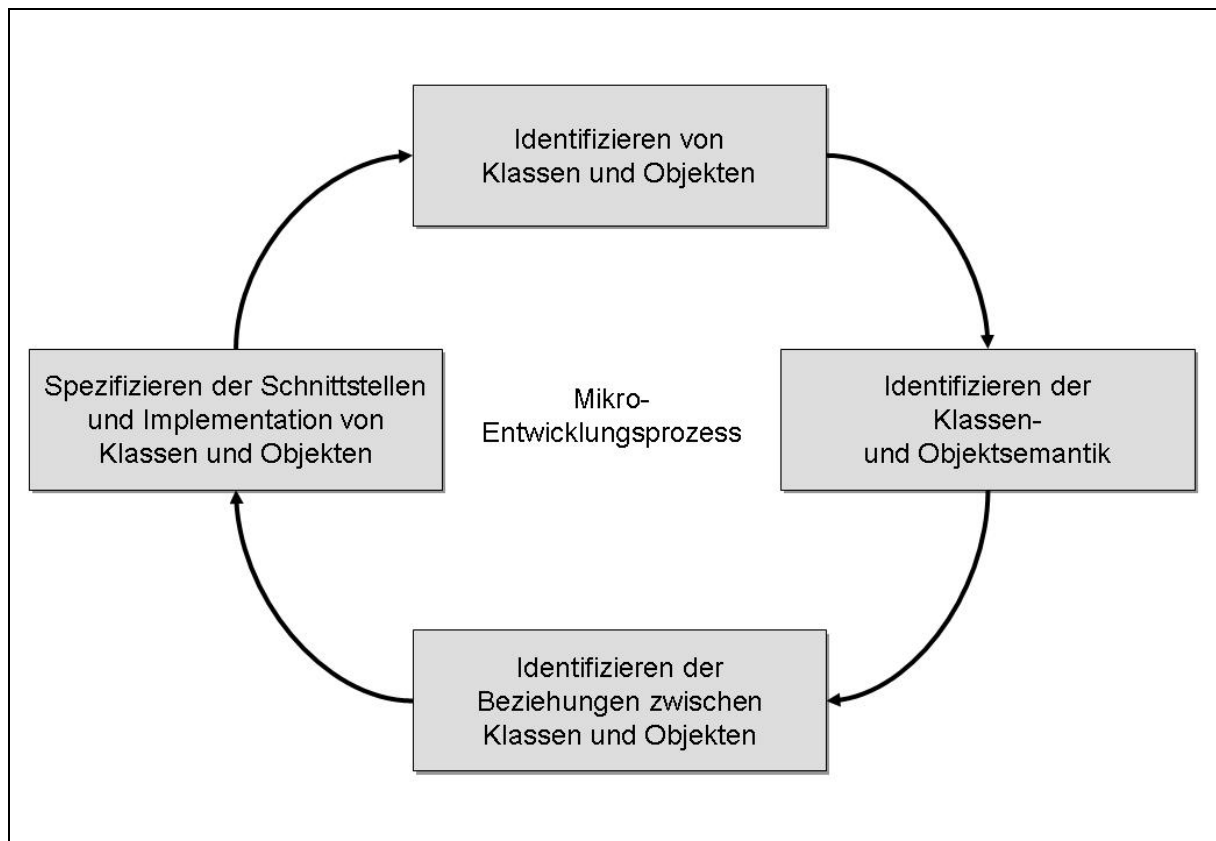


Abbildung 29: Makroentwicklungsprozess (nach [Booch 1994] S.313)

Viele Elemente des Makroentwicklungsprozesses gehören zur Praxis des Softwaremanagements und beinhalten grundlegende Praktiken, wie Konfigurations-

verwaltung der Softwarekomponenten, Qualitätssicherung, Code-Reviews und Dokumentation. Der Makroentwicklungsprozess bezieht sich auf die Risiken und das architektonische Konzept, also die beiden Elemente, die den größten Einfluss auf Pünktlichkeit, Qualität und Vollständigkeit bei der Anwendungsimplementierung haben [Booch 1994]. Sinngemäß wurde der Makroentwicklungsprozess auf den Aufbau dieser Arbeit angewandt (vgl. Kapitel 2) und der folgende Mikroprozess auf die einzelnen Kapitel.



**Abbildung 30: Mikroentwicklungsprozess (nach [Booch 1994] S.295)**

Der Mikroentwicklungsprozess (siehe Abbildung 30) ist mit dem Spiralmodell von Boehm verwandt und dient als Gerüst für einen iterativen und inkrementellen Entwicklungsansatz (vgl. [Weisbecker 2002] und [Sommerville 2000]), der für Softwareingenieure und Softwarearchitekten beschrieben werden kann. Für einen Softwareingenieur bietet der Mikroentwicklungsprozess eine Orientierung für taktische Entscheidungen, die bei der Erstellung und Anpassung der Architektur zu treffen sind. Für den Softwarearchitekten wird ein Gerüst durch den Mikroentwicklungsprozess bereitgestellt, um die Entwicklung der Architektur und die Erprobung alternativer Designansätze zu steuern.

## Applikationsentwicklungsprozesse

Die aus dem Framework zu entwickelnden Module (vgl. Abbildung 18) benötigen eine interne Informationsverarbeitung, die in Abbildung 31 dargestellt ist, um die Entwicklung von einer Unterapplikation einfach und für ihren Anwendungskontext angepasst vorgeben zu können.

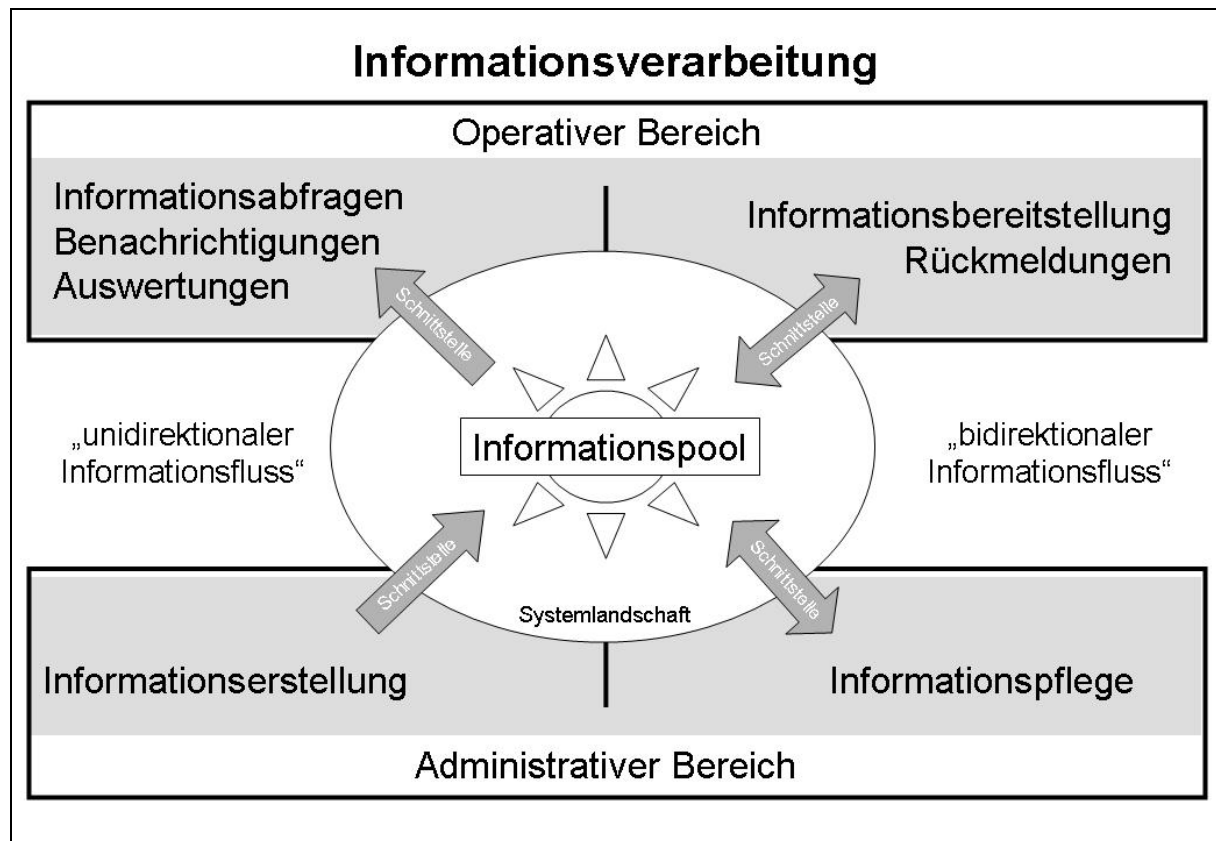


Abbildung 31: Informationsverarbeitung (nach [Schmitz et. al. 1999])

Der Informationspool wird durch alle Systeme auf die der Prüfkern (vgl. Abbildung 19) Zugriff hat definiert, um Informationen konsistent und persistent für eine Unterapplikation (vgl. Abbildung 20 *Unterapplikationen*) zur Verfügung zu stellen. Die Informationserstellung und –benachrichtigung besitzen jeweils unidirektionale Kommunikationsschnittstellen zum Systemkern, da durch diese Schnittstellen nur Daten in das System eingespielt bzw. ausgegeben werden, bei denen keine weiteren Interaktionen erforderlich sind. Für eine weiterreichende Datenmanipulation, wie zum Beispiel der Informationspflege, ist eine bidirektionale Schnittstelle notwendig, damit auch Veränderungen persistent in dem jeweiligen System abgelegt werden können.

Durch diese Vorgaben für ein Modul ist es möglich Veränderungen vorzunehmen die dem individuellen Charakter des spezifischen Moduls gerecht werden und eine strukturelle Ähnlichkeit aller Module ermöglicht. Infolgedessen können sich

Entwickler relativ schnell in verschiedenen Modulen zurechtfinden und durch die vorgegebene, erprobte und bewährte Vorgehensweise hochwertige Module implementieren.

### 6.3.2 Externe Prüfprozesse

In [Eversheim 1991] werden die Aufgaben der Prüfplanung in kurzfristige und langfristige Aufgaben untergliedert. Die Durchführung der Qualitätsprüfung wird durch die kurzfristigen Inhalte vollzogen, während die langfristigen Inhalte präventive Maßnahmen für die Zukunft beinhalten. Die kurzfristigen und langfristigen Qualitätsregelprozesse sind in Abbildung 32 dargestellt, die auch in der Architektur des Systems verankert sind (vgl. Abbildung 19).

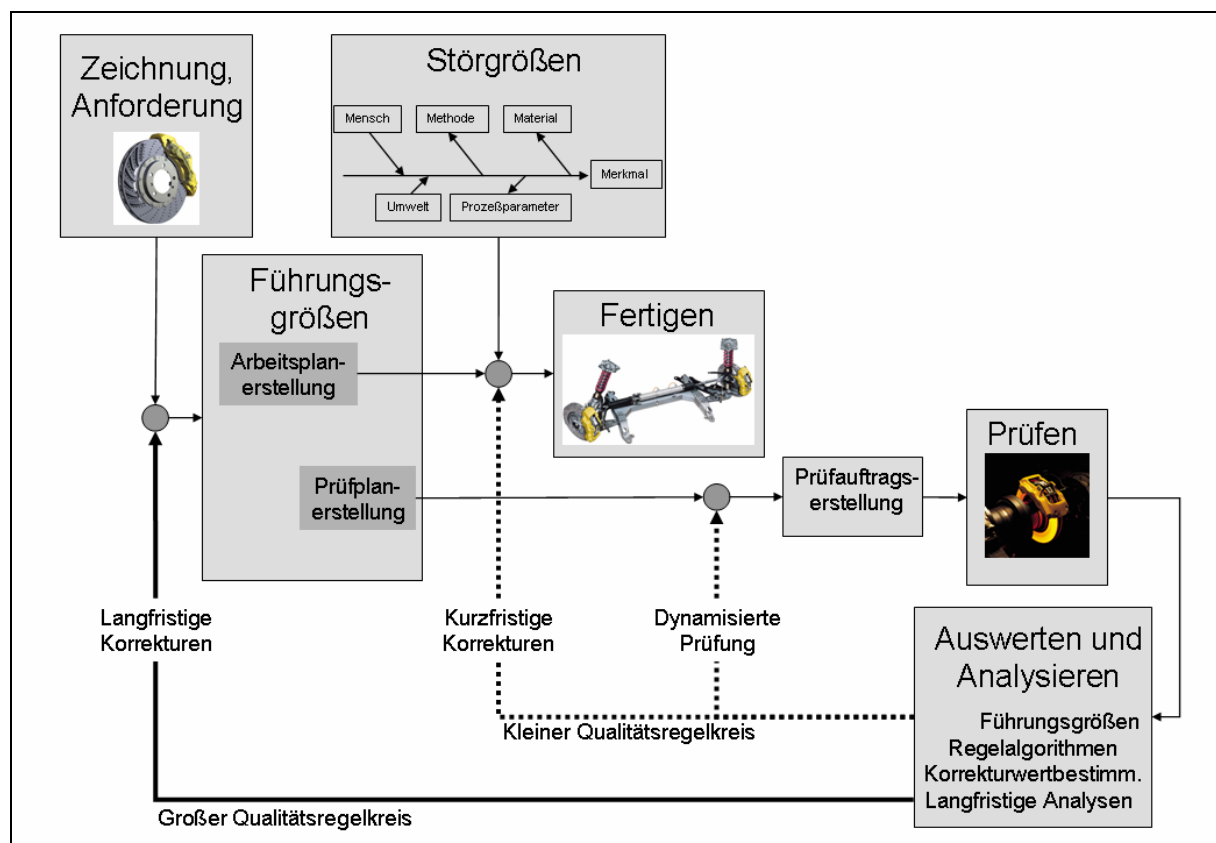


Abbildung 32: Beispiel für Qualitätsregelkreise (nach [Pfeifer 2001] S.425)

Der kleine Qualitätsregelkreis führt zu einer Änderung der Parametereinstellungen während des Fertigungsprozesses bzw. Prüfprozesses und der große Qualitätsregelkreis zur Anpassung der Konstruktionsvorgaben an die Fertigungs- und Montagedaten.



Für die Einbindung der Prüfplanung in den Produktionsprozess ist in Abbildung 33 ein prozess- und informationstechnisches Vorgehen dargestellt:

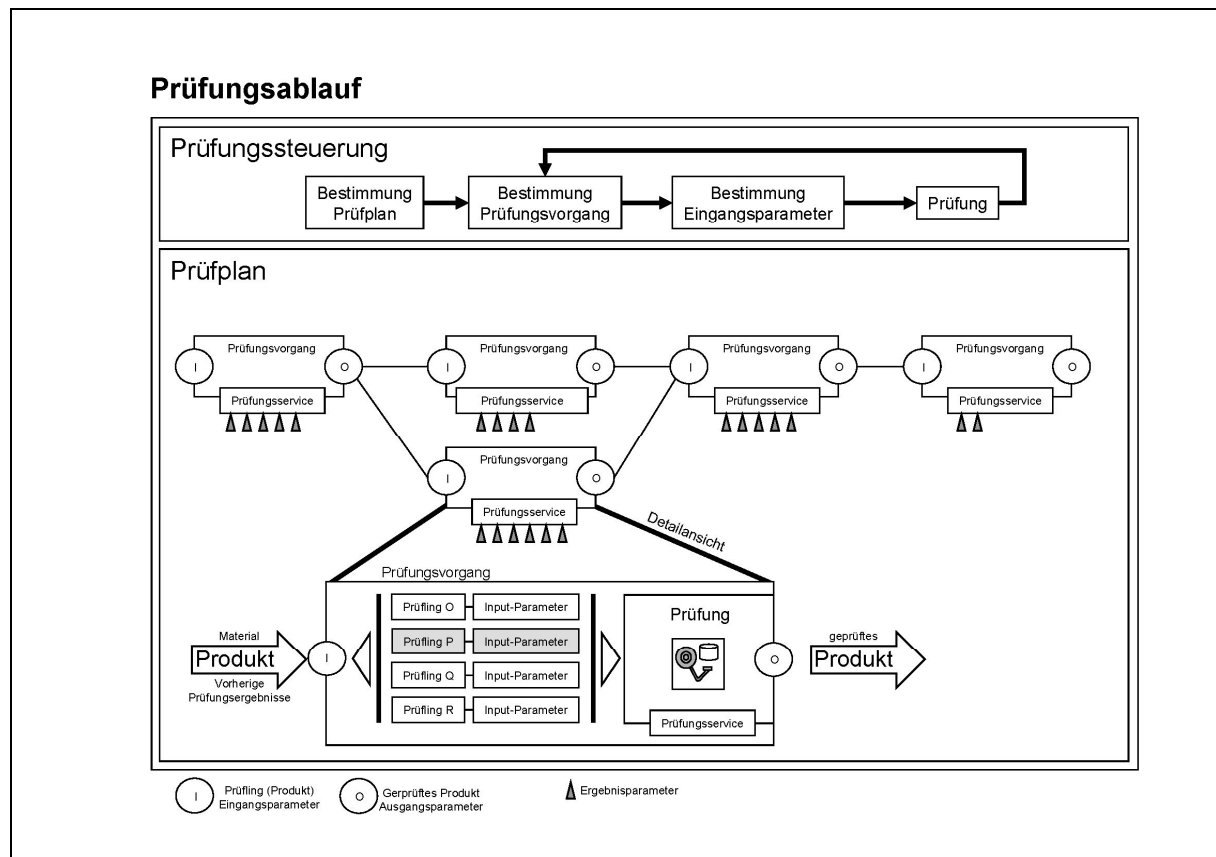


Abbildung 33: Prüfungsablauf

Durch eine Prüfungssteuerung wird für das zu prüfende Fahrzeug ein Prüfplan bestimmt. Der Gültigkeitsbereich eines Prüfplans kann für das Prüffeld oder für einzelne Prüfplätze definiert sein, um variabel auf die Detailtiefe der Prüfprozesse eingehen zu können. Der Prüfplan besitzt eine Zuordnung zu einer Produktvariante (vgl. Kapitel 6.1.2), die für das Prüffeld bzw. den Prüfplatz eindeutig ist, da immer nur ein Prüfplan für ein Fahrzeug gelten kann. Die im Prüfplan festgelegte Ablauffolge von Prüfungsvorgängen bzw. Prüfungen wird durchlaufen und für jede Prüfung anhand des Fahrzeugs und der entsprechenden Produktionsvariante (vgl. dazu Abbildung 24) die Eingangsparameter bestimmt. Die Prüfung erfolgt mit den entsprechenden Parametern und nach erfolgter Prüfung kann der Übergang zum nächsten Prüfungsvorgang erfolgen. Die bei einer Prüfung entstehenden Ergebnisse und Ergebnisdokumentationen werden dem Qualitätsprüfungssystem für Auswertungen und Überwachungen zur Verfügung gestellt (vgl. Abbildung 19).

### **6.4 Zusammenfassung**

Die Konzepte die bei einem Konfigurationsmanagement zum Einsatz kommen finden bei der Umsetzung der in Kapitel 5.2.1 und 5.2.2 eingeführten Transformationsebene Verwendung, um ein Produkt über seine Produktstruktur in einen Prüfling zu überführen. Dabei wurden die unterschiedlichen Ausprägungen einer Variante, in der Entwicklung und der Produktion, durch die Bildung von Entwicklungsvarianten und Produktionsvarianten berücksichtigt (vgl. dazu Abbildung 23 und Abbildung 24). Somit können variantenreiche Produkte mit einer Abbildungsvorschrift, in Form einer Konfiguration, auf die unterschiedlichen Prüftypen mit ihren Parametern dargestellt werden.

Die in Kapitel 6.3.2 dargestellten externen Prüfprozesse können durch die Variantenbildung mit den Prüfabbildungen im Qualitätsprüfungssystem verknüpft werden (vgl. Abbildung 33) und bilden damit die Grundlagen für eine ganzheitliche Prüffeldbetrachtung mit einer zentralen Parametrierung.

Die im Qualitätsprüfungssystem abgebildeten internen Applikationsprozesse beziehen sich auf die Erstellung der Grundkomponenten des Frameworks und auf die Anwendung des Frameworks bei der Applikationserstellung (vgl. Kapitel 6.3.1). Die in Kapitel 6.3 vorgestellten generellen Prozesse, die nicht durch das System abgebildet werden, betrachten verschiedene Vorgehensweisen bei der Prüfungsfindung. Die zum Einsatz kommenden Problemlösungswerkzeuge und deren Einbindung in einen Ablauf für eine Prüfprozessentscheidung wurden für die begleitenden Tätigkeiten gemäß der in Kapitel 5.3ff vorgestellten Rollen der Prüfer, Prüfplaner und Prüfmanager dargestellt. Eine umfassende Benutzerunterstützung durch Benutzersichten und die Einbeziehung von Rechten bei der Darstellung erfolgt durch das in Kapitel 6.2 vorgestellte Konzept.

Im nächsten Kapitel werden die in diesem Kapitel dargestellten Umsetzungs-konzepte mit der in Kapitel 5.1ff gezeigten Architektur des Frameworks zu einem Qualitätsprüfungssystem verbunden und anhand repräsentativer Anwendungsfälle demonstriert.

## **7 Erfahrungen und Anwendungsfälle**

Wie in Kapitel 5.1 beschrieben, besteht das Applikationsframework aus mehreren Komponenten, die in den nächsten Unterkapiteln in Umsetzungsbeispielen gezeigt werden. Zunächst wird die Entwicklung des Frameworks in einem Top-Down Verfahren, von der Benutzeroberfläche zu dem dahinter liegenden Objektmodell, durchgeführt. Die Anwendungsdomäne des Frameworks wird durch die in der Qualitätsprüfung benötigten Funktionalitäten gezeigt, wobei der Entwicklungsprozess von Prüfsoftware, die Prüfungssteuerung und die Rückmeldung von Prüfergebnissen eine gesonderte Betrachtung erfahren.

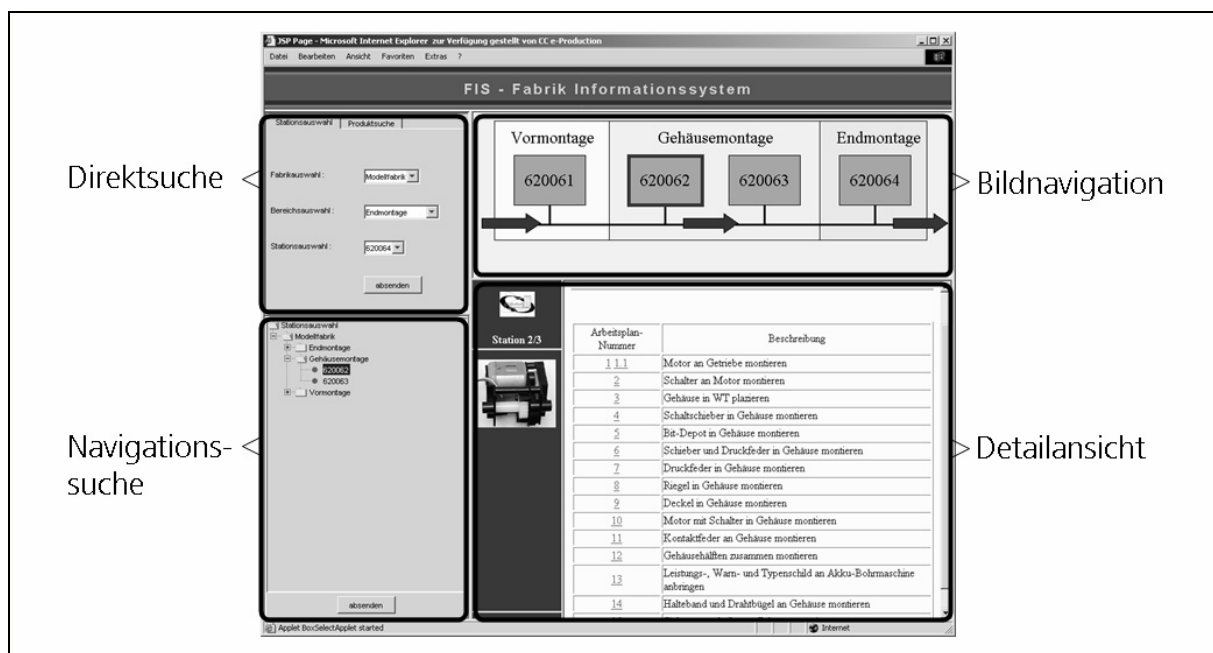
### **7.1 Anwendung des Applikationsframeworks**

Die Implementierung des Frameworks wächst durch eine schrittweise Verfeinerung und durch Modifikationen. Die Evolution einer Architektur ist insoweit problematisch, weil dem Umstand Rechnung getragen werden muss, gleichzeitig mehrere, konkurrierenden Bedingungen zu erfüllen. Wenn eine Einschränkung gelockert wird, werden andere Design-Alternativen möglich, wohingegen bei einer verschärften Einschränkung, bestimmte Designlösungen unmöglich werden. Aus diesem Grund entstehen Prototypen, um alternative Designs zu untersuchen und das Verhalten zu testen oder um noch nicht geklärte Systemfunktionalitäten zu untersuchen. Im Rahmen dieser Arbeit sind daher verschiedene Prototypen entstanden, die auf den folgenden Seiten näher erläutert werden.

Der Einsatz einer Technologie oder eines guten Systementwurfs spielt für die Entwickler eine wichtige Rolle, die dadurch eine leichte Wartbarkeit und Erweiterbarkeit des Systems bewirken können und ihnen jeweils nur kurze Umsetzungs- und Entwicklungszeiträume zur Verfügung stehen. Der Benutzer dagegen wird durch die Implementierung des Entwicklers vom Systemverständnis entkoppelt, damit der Integrationsansatz bzw. die Back-End Umsetzung für die Benutzer transparent wird. Der Anwender bzw. Kunde ist viel mehr an Pünktlichkeit, Qualität, Vollständigkeit, Korrektheit, usw. interessiert und nicht ob ein Entwickler eine besonders „clevere“ Methode gefunden hat. Der primäre Faktor für die Akzeptanz und somit auch für den Erfolg eines Systems ist das User Interface (GUI), welches einfach, also intuitiv und komfortabel bedienbar sein sollte und die entsprechende Funktionalität bereitstellen muss (vgl. dazu Kapitel 6.2).

Die Umsetzung des GUI-Design muss ergonomischen Gestaltungsregeln und Normungsregelwerken entsprechen (vgl. dazu SUN, IBM, Microsoft, DIN 66234, VDI-Richtlinie 5005, usw.). Für Java-Anwendung wird eine umfangreiche Klassenbibliothek in Form von Swing und AWT (Abstract Window Toolkit) Komponenten angeboten, die Layoutmanager, Dialogbausteine und weitere Benutzerinteraktionskomponenten zur Verfügung stellen.

Über die Anordnung und Größen der einzelnen Felder muss bei der Umsetzung entschieden werden, sobald genaue Daten und Kriterien vorliegen. Als Beispiel ist folgender Bildschirmabzug in Abbildung 34 für ein Web-Interface abgebildet.



**Abbildung 34: Beispiel Web-GUI**

Der Aufbau der Benutzerführung hält sich auch hier an die Vorgabe aus Kapitel 6.2 und besitzt Navigationsfunktionalitäten und detaillierte Ansichten, da die Benutzerführung für Web-Applikationen, wie auch für Arbeitsplatzprogramme ähnlich sein sollte. Die dargestellte Web-Applikation wurde für subjektive Beurteilungen (vgl. Kapitel 3.2.3) genutzt und in den Gesamtkontext des hier vorgestellten Qualitätsprüfungssystems integriert. Durch die Architektur des Frameworks (vgl. Abbildung 12) war es nur notwendig eine Web-GUI für die in Kapitel 3.2.3 vorgestellte Werkerprüfung zu implementieren. Verschiedene Detaillierungsstufen der Abfragen können über die verschiedenen Navigationsleisten erfolgen. Die in Abbildung 34 dargestellten Navigationsfunktionalitäten, wie *Direktsuche*, *Navigationssuche* oder *Bildnavigation*, können unterschiedliche

Detailansichten darstellen. Über die *Bildnavigation* kann zum Beispiel eine größere Darstellung der Prozesse oder ein Überblick über die in der Produktion erfolgten Prüfergebnisse gegeben werden, wohingegen über die *Direktsuche* Informationen über ein spezifisches Fahrzeug dargestellt werden. Besondere Beachtung muss dem Umstand entgegengebracht werden, dass Web-Applikationen zustandslos sind und damit nur eine asynchrone Informationsübertragung ermöglicht wird. Aus diesem Grund sind dem Einsatz einer Web-Applikation in der Produktion Grenzen gesetzt, sobald eine zeitliche Prozesssteuerung übernommen werden soll. Für diesen Anwendungsfall ist es sinnvoller eine Applikation zu entwickeln, die synchrone Informationsverarbeitung und ein gesichertes Transaktionsmanagement zur Verfügung stellt.

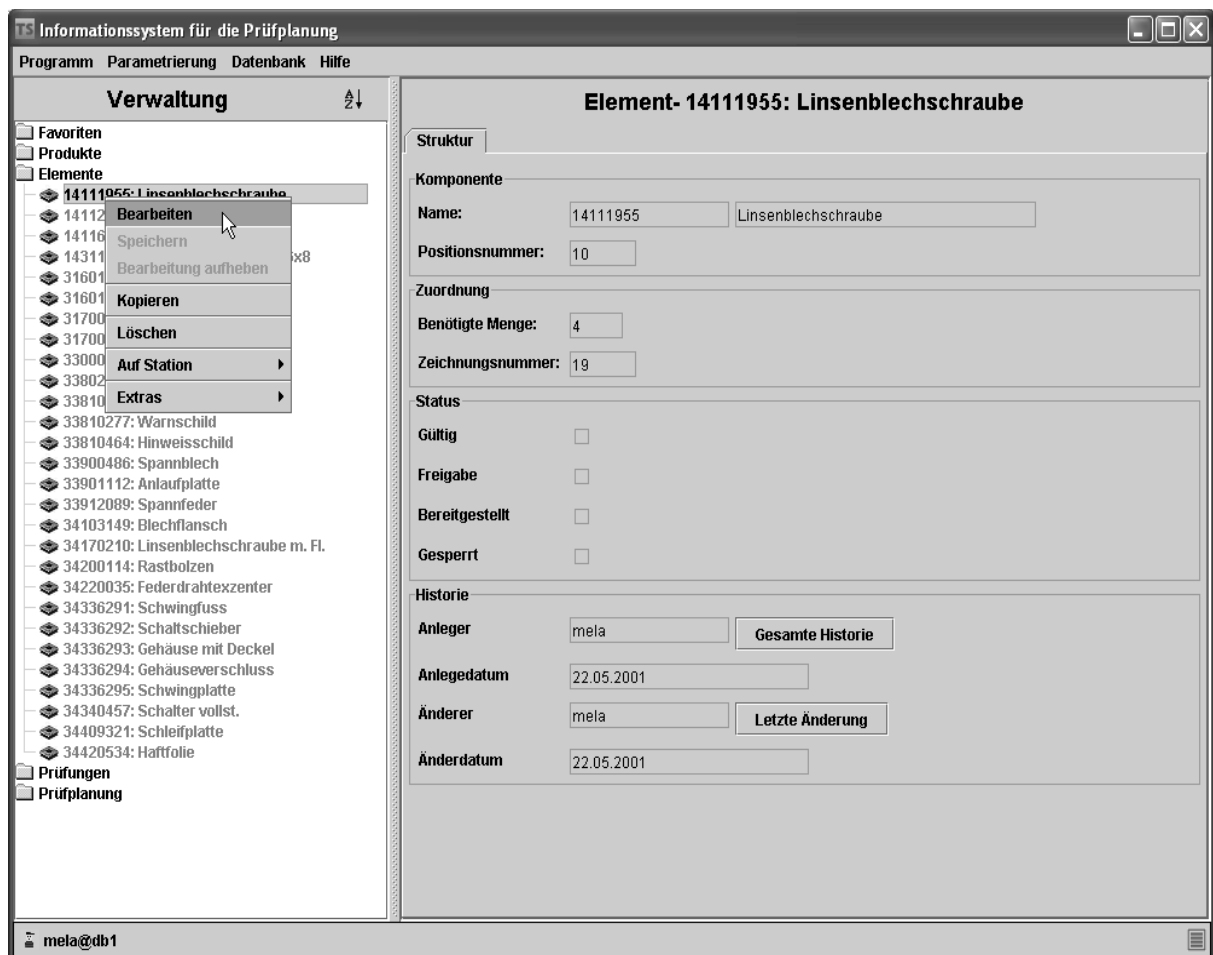


Abbildung 35: Umsetzungsbeispiel für Applikations-GUI

Ein Beispiel für eine Applikation mit einer Darstellung eines Elements (vgl. Abbildung 21), ist in Abbildung 35 dargestellt. Das Layout entspricht dem in Kapitel 6.2 vorgeschlagenen Design (vgl. Abbildung 27) und beachtet die in Kapitel 5.3 beschriebenen Objektmodellsichten auf Benutzerrollenebene. Die Benutzer-

berechtigungen zum Ändern von einem Element werden beim Aufruf der *Bearbeiten*-Methode überprüft und die Objektdetailansicht wird entsprechend der Berechtigungen zum Editieren frei gegeben (vgl. Abbildung 36).

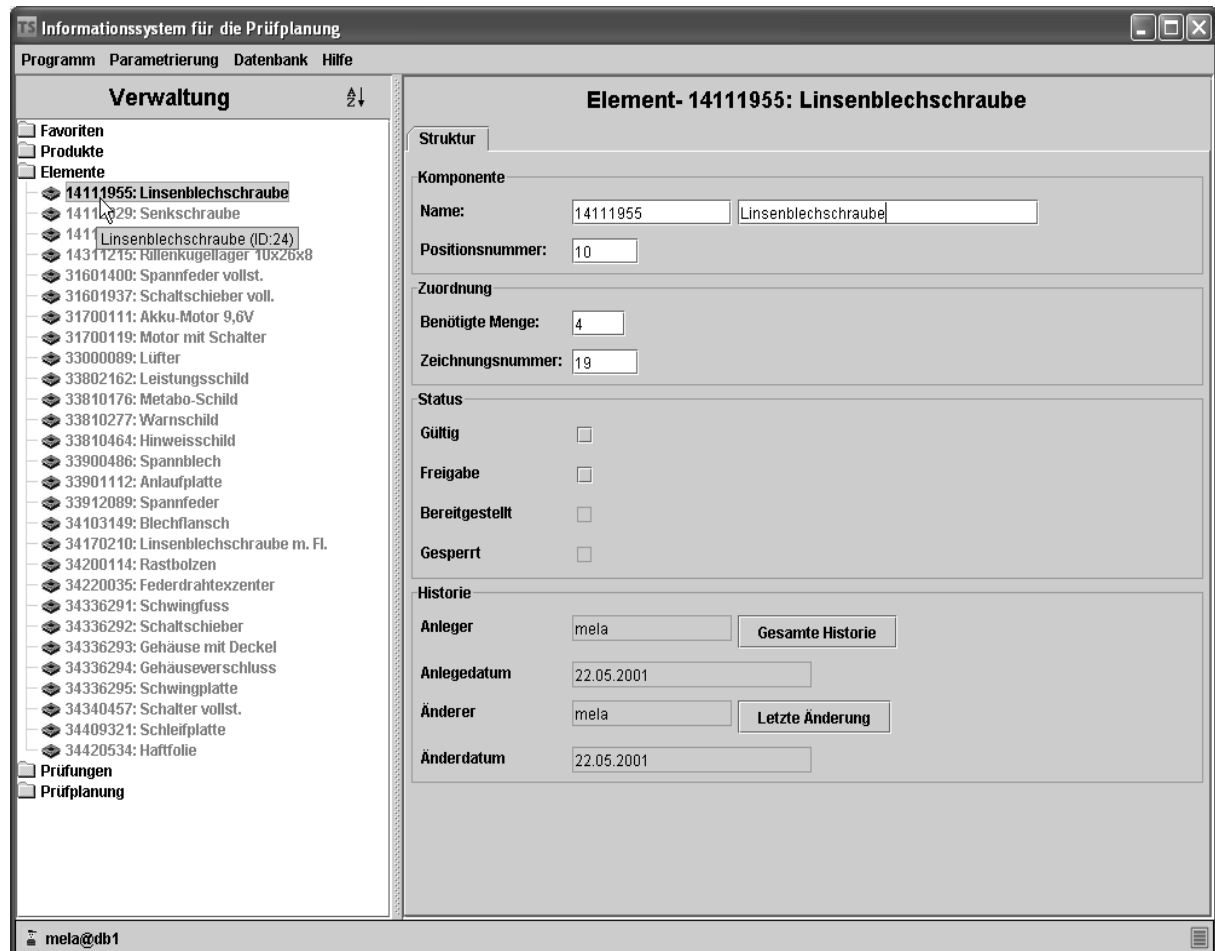


Abbildung 36: Applikation mit editierbarem Element

Der *Status* des Objekts kann über die *Bearbeiten*-Methode nicht geändert werden, sondern wird durch weitere Funktionsaufrufe im Kontextmenü gesetzt, wodurch weiterführende Prozesse initiiert werden können (vgl. Kapitel 7.2).

Die *Historie* (vgl. Kapitel 5.1.1) eines Objekts wird durch das System verwaltet und der Benutzer hat - ohne Änderungsrechte - die Möglichkeit, die letzte durchgeführte Änderung oder die gesamte Objekthistorie zu betrachten.

## 7.2 Objektarchitektur

Bei dem darunter liegenden Objektmodell mit den Businessobjekten (vgl. Abbildung 11) muss auf die Datenart und die Objektattribute detaillierter eingegangen werden (siehe Kapitel 5.2). Unterschiedliche Datenarten geben dem Softwareentwickler Hinweise darüber, wie die Speicherverwaltung eines Objekts erfolgt und die

Updatefunktionalität eines Objekts auf seine Attribute bzw. Inhalte angewandt werden muss. Eine Möglichkeit zur Strukturierung von Daten ist die Unterteilung in Stammdaten, Strukturdaten und Bewegungsdaten [Rauch et. al. 1996].

- Unter Stammdaten versteht man Grunddaten die eine mittel- bis langfristige Gültigkeit besitzen und somit eine geringe Änderungshäufigkeit besitzen, wie Kundenstammdaten, Teilestammdaten, Arbeitsplatzstammdaten, usw.
- Strukturdaten gehören auch zu den Grunddaten und haben einen statischen Charakter. Sie kennzeichnen Beziehungen zwischen Systemelementen, wie zum Beispiel Bauteil-Produkt-Zuordnungen, Bestellungen oder Prozessaufbau
- Bewegungsdaten sind nicht statisch und sind somit häufigen Änderungen unterworfen. Zu dieser Datenart gehören alle betrieblichen Datenerfassungen, wie Bestand, Auftragsfortschritt in Pre-, In- und Postprozesszuständen

Die jeweiligen Objektattribute richten sich nach dem Zweck des Objekts und müssen dementsprechend modelliert werden, wobei das Framework eine begrenzte Anzahl von Objektattributen benötigt, die in Tabelle 5 aufgeführten werden und in Abbildung 35 und Abbildung 36 dargestellt sind.

<b>Objektattribut</b>	<b>Beschreibung</b>
Name	Objektname
Beschreibung	Beschreibungstext für Objekt
Anleger	Benutzer der Objekt angelegt hat
Anlegedatum	Datum an dem der Benutzer Objekt angelegt hat
Änderer	Benutzer der Objekt geändert hat
Änderungsdatum	Datum an dem der Benutzer das Objekt zuletzt geändert hat
Objektstatus	Statusfeld für Freigaben, Gültigkeit, usw.
Status_Änderung_am	Datum der Änderung des Status
Status_Änderung_durch	Benutzer der Status zuletzt geändert hat

**Tabelle 5: Objektattribute**

Ein wichtiger Aspekt sind Datumsaufzeichnungen, die zum Beispiel in der ISO/TS 16949 Abschnitt 4.2.3.1 explizit gefordert werden:

*„Die Organisation muss das Datum aufzeichnen, an dem jedwede Änderung in der Produktion verwirklicht wird. Zur Verwirklichung muss die Aktualisierung der Dokumente gehören“ [ISO/TS 16949:2002].*

Die Dokumentation betrifft auch die Entsorgung bzw. das Löschen von Daten und Dokumenten, welche eine besondere Aufmerksamkeit benötigt (vgl. Kapitel 5.1.1 Änderungshistorie). Die Historie (vgl. Abbildung 19) übernimmt die Dokumentation und die Versionierung dieser Aufgaben, so dass bei dem betrachteten Objekt nur der aktuelle Stand des Objekts mit einem Verweis auf die geänderten Daten angezeigt werden muss (vgl. Abbildung 36).

Die Dokumente und Daten müssen nach ISO 9000 vor ihrer Herausgabe durch befugtes Personal bezüglich ihrer Angemessenheit geprüft und genehmigt werden. Ein entsprechendes Überwachungsverfahren, das den laufenden Revisionsstatus von Dokumenten identifiziert, muss eingerichtet werden und leicht verfügbar sein, um den Gebrauch ungültiger oder überholter Objekte und Dokumente auszuschließen. Dabei muss sichergestellt sein, dass

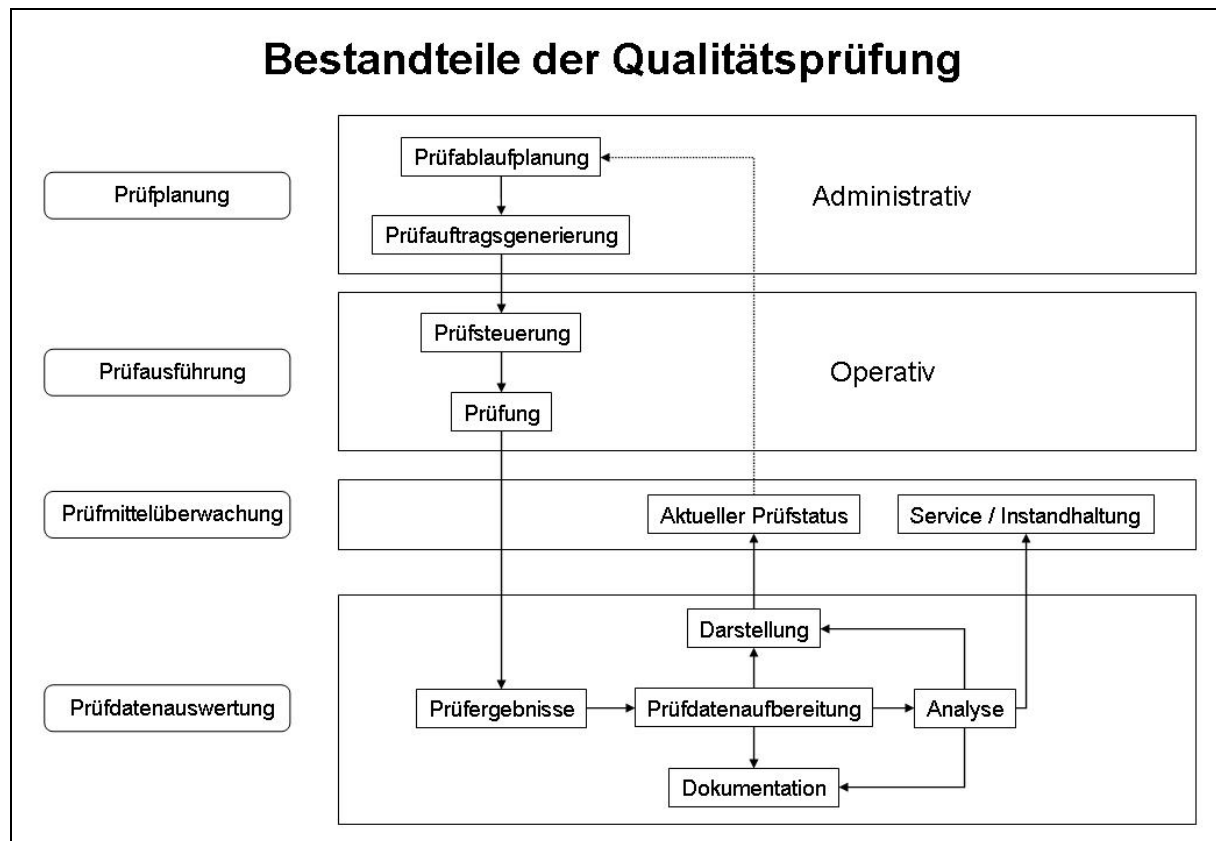
- die zutreffenden Ausgaben der einschlägigen Dokumente an allen jenen Stellen verfügbar sind, wo Tätigkeiten ausgeführt werden, die für das effektive Funktionieren des Systems wesentlich sind
- ungültige und/oder überholte Dokumente sofort an allen Stellen entfernt werden, an denen sie herausgegeben und benutzt werden, oder in anderer Weise, Sicherheit gegen ihren unbeabsichtigten Gebrauch geschaffen wird
- jegliche überholte Dokumente, die aus gesetzlichen Gründen und/oder zur Erhaltung des Wissensstandes aufbewahrt werden, angemessen gekennzeichnet sind

Die hier genannten Objektattribute geben nur die für dieses Konzept eines Qualitätsprüfungssystems benötigte minimale Attributmenge wieder. Insgesamt muss der Informationsgehalt eines Objekts entsprechend seinem Gebrauch modelliert und umgesetzt werden. Zu beachten ist der Umstand, dass unterschiedliche Datenqualitäten von Objekten Einflüsse auf die Qualität eines Gesamtprozesses nehmen [Würthele 2003] und deshalb der Einsatzzweck und die daran beteiligten Prozesse bei der Implementierung im Fokus gehalten werden müssen.

### **7.3 Anwendungsdomäne Qualitätsprüfung**

Die einzelnen Bestandteile der Module und der Ablauf der Prozesse zwischen den einzelnen Unterapplikationen für die Qualitätsprüfung ist in der Abbildung 37 zusammengefasst.





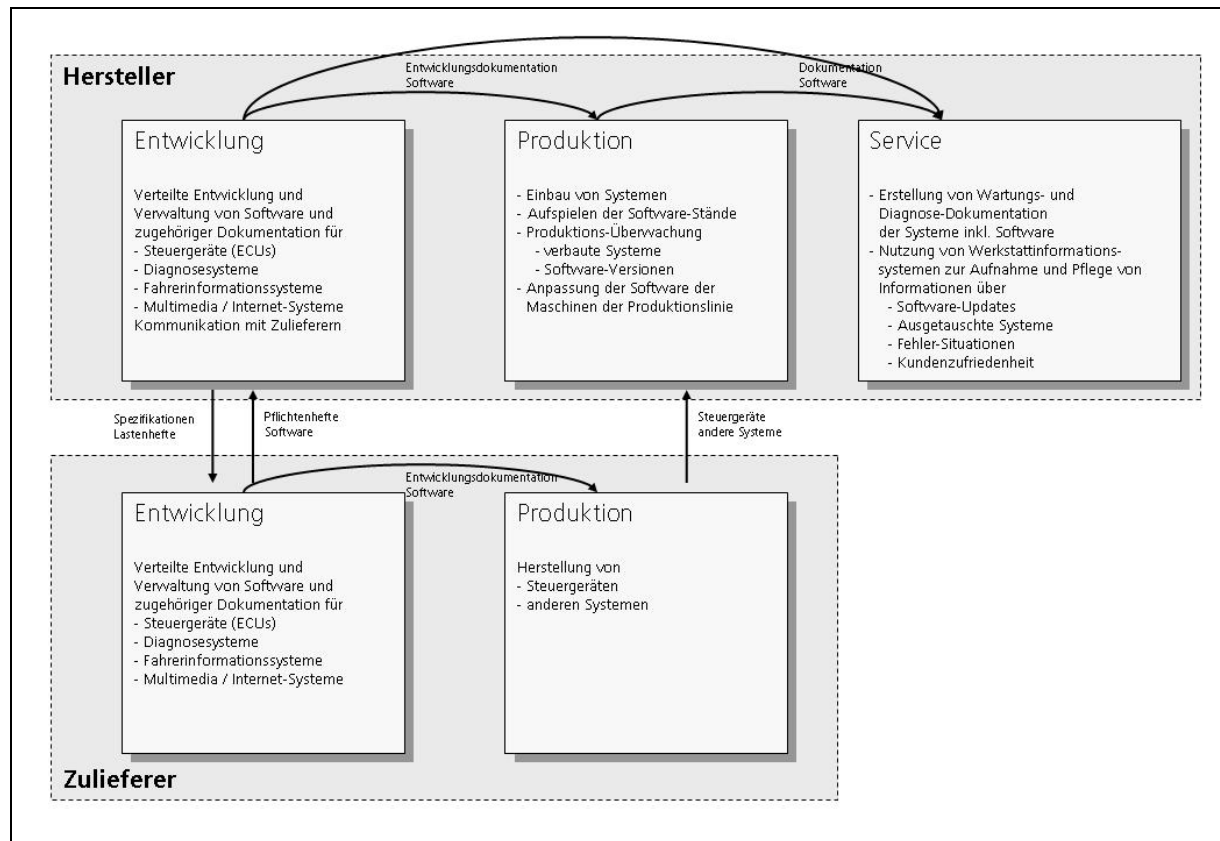
**Abbildung 37: Bestandteile der Qualitätsprüfung**

Zur Überprüfung des gesamten Systems ist es notwendig, die Funktionalität und den einwandfreien Betrieb aller Systemkomponenten zu testen. Besonders bei den Schnittstellen muss darauf geachtet werden, eine reibungslose Synchronisation der Systemmodule innerhalb einer Komponente und untereinander zu gewährleisten. Mangelnde Zieldefinitionen und lückenhafte Lastenhefte sind an der Tagesordnung (vgl. [Bullinger et. al. 2003b], [Kilper et. al. 2000]) und erschweren eine Systemimplementierung. Dies hat zumeist pragmatische Gründe, da eine vollständige Definition zeit- und kostenintensiv und bei komplexen Systemen praktisch nahezu unmöglich ist. Abhilfe schafft eine Art Grobspezifikation, die vorgegebene Wege und Strukturen zur Verfügung stellt, die während der Feinspezifikation in enger Kooperation mit allen Beteiligten detailliert umgesetzt werden (vgl. Kapitel 6.3.1).

### 7.3.1 Entwicklung von Prüfsoftware

Für die Prüfungen und damit auch für die Abbildung von Prüfungen im Prüfplanungssystem in der Prüfungsverwaltung ist das oben beschriebene Vorgehen bei der Systemimplementierung in eine Grob- und Feinspezifikation ebenfalls zweckmäßig. Es kommt häufig vor, dass Steuerungseinheiten, Softwareelemente

bzw. Maschinenkomponenten nicht in der vorgesehenen Art und Weise funktionieren und aus diesem Grund Anpassungen vorgenommen werden müssen. Die Analyse und die Behebung von derartigen Schwierigkeiten muss dokumentiert werden, um die Ursache einer Fehlfunktion besser erkennen und beurteilen zu können.



**Abbildung 38: Entwicklungsprozesse bei der Erstellung von KFZ-Software**

Die Entwicklung der Prüfsoftware erfolgt in einem hohen Maße verteilt. Dies ist auf mehreren Ebenen der Fall wie Abbildung 38 zeigt:

- Innerhalb des Entwicklungsbereichs der Automobilhersteller durch verschiedene Entwickler und Entwicklungsabteilungen
- Durch die notwendige Zusammenarbeit der verschiedenen Bereiche Entwicklung, Produktion und Service bei den herstellenden Unternehmen
- Durch die enge Zusammenarbeit der Hersteller mit Zulieferern von Software, Steuergeräten und Prüfsystemen

In vielen Fällen treten Reibungsverluste an den oben beschriebenen Schnittstellen zwischen den Entwicklungspartnern auf. Häufig sind wichtige Informationen gar nicht, nicht rechtzeitig oder nicht in der geeigneten Form für die unterschiedlichen Entwicklungspartner verfügbar. Dies wird durch unzureichende Prozesse, mangelnde

Systemunterstützung, sowie Medienbrüche unterschiedlichster Art hervorgerufen. Daher besteht neben dem methodischen Bereich des Software-Engineering auch ein großer Unterstützungsbedarf in den Bereichen der Prozesse, der Organisation sowie der Werkzeugunterstützung (vgl. dazu [Ohlendorf 1998]).

Die im Qualitätsprüfungssystem hinterlegten Prüfungen mit ihren Eingangs- und Ausgangsparametern können dann zu Prüfplänen, die abhängig von Produktionsvarianten sind, zusammengefasst werden (vgl. Abbildung 24). Dieses Vorgehen kann genauso mit Nacharbeitsprüfungen durchgeführt werden, die normalerweise eine spezielle Art von Prüfungen bedingen (vgl. dazu Kapitel 5.2.2).

### **7.3.2 Prüfungssteuerung**

Die Prüfungssteuerung kann bei Auftragseingang die auftragsbezogenen Prüfpläne mit den einzelnen Prüfparametern erstellen und den Prüfplätzen zur Verfügung stellen und diese steuern. Dieser Ansatz ist rechenintensiv und relativ unflexibel, da bei Änderungen eine neue komplette Generierung der Prüfpläne durchgeführt werden muss. Ferner muss ein Workflowsystem oder PPS-System, welches die Steuerung des Prüffeldes zentral übernehmen kann, eingesetzt werden.

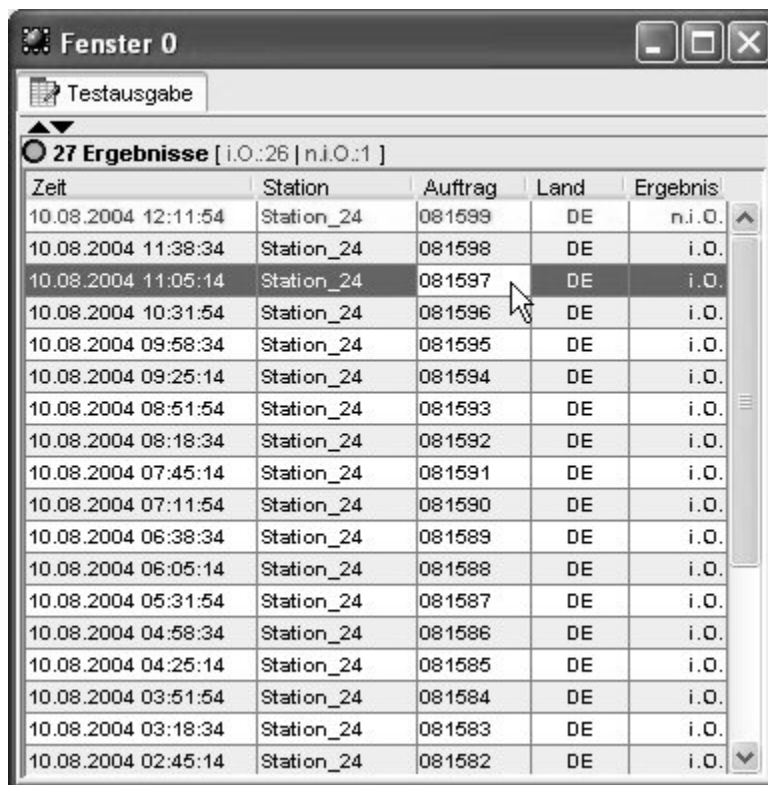
Eine dezentrale Generierung der Prüfparameter auf dem Prüfplatz bietet eine flexiblere Prüfsteuerung, wobei dieser individuelle Ansatz eine Prüfsoftware auf dem Prüfplatz voraussetzt, welche die Generierung und Steuerung der auf einem Prüfplatz möglichen Prüfungen übernimmt (vgl. Abbildung 33). Alle notwendigen Prüfdaten müssen dem Prüfplatz und der Steuerungssoftware in geeigneter Form vorliegen (vgl. Kapitel 7.3.1). Änderungen an Prüfparametern werden durch die Freigabe der neuen Parameter an die Prüfstationssteuerungssoftware gemeldet, die ab der nächsten Prüfung Anwendung finden. Grundsätzlich sind die Prüfpläne mit ihren Produktionsvarianten auf einem Prüfplatz eindeutig, da für ein Fahrzeug nur ein gültiger Prüfplan vorliegen darf. Ein solches Vorgehen ermöglicht es wie bisher autonom die Prüfungen auf dem Prüfplatz vorzunehmen, mit dem Vorteil einer zentralen Verwaltung und Verteilung der Prüfdaten.

Werden in einem nächsten Schritt die Prüfpläne auf den Prüfplätzen miteinander zu Prüffeldplänen verbunden, ist es möglich die für eine Produktfamilie benötigten Prüfungen zu definieren und so das gesamte Prüffeld zu betrachten und zu steuern. Die verschiedenen Prüfungen für eine bestimmte Fahrzeugausprägung werden auf

dieser höheren Abstraktionsebene zusammengeführt und einer Produktionsvariante zugeordnet. Auf diese Weise kann das Vorgehen wie bei den Prüfplätzen angewendet werden und eine gesamte Prüffeldbetrachtung wird ermöglicht.

### 7.3.3 Rückmeldung von Prüfergebnissen

Durch die Steuerungssoftware werden der Prüfstatus und die Prüfergebnisse in der zentralen Datenablage für Ergebnisse gesammelt, die eine Prüfmittelüberwachung bzw. eine Auswertung von Prüfdaten ermöglicht. Die Prüfdatenaufbereitung ist für die entsprechende Bereitstellung von Informationen zuständig, die für die aktuellen Prüfergebnisse oder der Prüfdatenanalyse über einen bestimmten Zeitraum benötigt werden (vgl. Abbildung 37 Prüfdatenauswertung). Mit einer Prüfmittelüberwachung, die den Prüfstatus aktuell darstellt, kann eine direkte Überwachung des Prüffeldes erfolgen, damit bei Fehlern kurzfristige Korrekturen vorgenommen werden können (vgl. Kapitel 12.1 HACCP).



Zeit	Station	Auftrag	Land	Ergebnis
10.08.2004 12:11:54	Station_24	081599	DE	n.i.O.
10.08.2004 11:38:34	Station_24	081598	DE	i.O.
10.08.2004 11:05:14	Station_24	081597	DE	i.O.
10.08.2004 10:31:54	Station_24	081596	DE	i.O.
10.08.2004 09:58:34	Station_24	081595	DE	i.O.
10.08.2004 09:25:14	Station_24	081594	DE	i.O.
10.08.2004 08:51:54	Station_24	081593	DE	i.O.
10.08.2004 08:18:34	Station_24	081592	DE	i.O.
10.08.2004 07:45:14	Station_24	081591	DE	i.O.
10.08.2004 07:11:54	Station_24	081590	DE	i.O.
10.08.2004 06:38:34	Station_24	081589	DE	i.O.
10.08.2004 06:05:14	Station_24	081588	DE	i.O.
10.08.2004 05:31:54	Station_24	081587	DE	i.O.
10.08.2004 04:58:34	Station_24	081586	DE	i.O.
10.08.2004 04:25:14	Station_24	081585	DE	i.O.
10.08.2004 03:51:54	Station_24	081584	DE	i.O.
10.08.2004 03:18:34	Station_24	081583	DE	i.O.
10.08.2004 02:45:14	Station_24	081582	DE	i.O.

Abbildung 39: Prüfstationsüberwachung

Zur Überwachung von aktuellen Prüfungsergebnissen wurde eine Anwendung implementiert, die eine Liste von aktuellen Prüfergebnissen anzeigt. Die relevanten Daten, wie Zeitpunkt der Prüfung, Prüfstation, Auftrag, Land und Prüfergebnis,

können in einem vom Benutzer festzulegenden Umfang abgerufen und dargestellt werden (vgl. Abbildung 39). Die Informationsverdichtung ist auf dieser Stufe sehr hoch, da nur die Gesamtbewertung eines Auftrags für die Prüfstation dargestellt wird.

Durch die Auswahl eines Ergebnisses können Detailinformationen über die gemachte Prüfung aufgerufen werden, die in folgender Abbildung 40 dargestellt ist.

**Information Prüfergebnisse**  
für Station\_24 Auftrag.Nr.:081597 Datum:10.08.2004 11:05:14

**Fahrzeug**

Auftragsnummer	:081597	Wagenfarbe	:graumetallic	Land	:DE
Ausstattung	:0001,0002,0003,0004,0020,0025,0255				

**Station 24: Düse** i.O.  
10.08.2004 11:05:14 Auftrag: 081597

Prüfung	Prüfbezeichnung	Konfiguration	Bew.
P_2447	Testprüfung	Alle	i.O.
P_2450	Synchronisation	Alle	i.O.
P_2470	Fragebaum	Alle	i.O.

Kennung	Typ	Ergebnistext	Parameter	Min	Soll	Max	Wert	Einheit	Bew.
P_2447	0	Anlage in Automatik							i.O.
P_2447	0	Prüfbereitschaft herstellen							i.O.
P_2447	0	Produktionsnummer senden							i.O.
P_2447	0	Dialog Start Prüfung							i.O.
P_2447	0	Spiegel	IstHaltePosition	240	250.000000	260	242.00	--	i.O.
P_2447	0	Fenster	IstHaltePosition	570	580.000000	590	573.00	--	i.O.
P_2447	0	Rahmen	IstHaltePosition	704	710.000000	716	705.00	--	i.O.
P_2447	0	Säule	IstHaltePosition	1250	1260.000000	1270	1256.00	--	i.O.
P_2447	0	Parameter senden							i.O.
P_2450	0	Synchronisation							i.O.
P_2470	0	Fehlersymptome	Fehlerverursacher						i.O.

Fertig Arbeitsplatz

**Abbildung 40: Detailinformationen zu einer Prüfungen**

Falls fehlerhafte Qualitätsprüfungen durchgeführt wurden, können mit dieser Detailansicht über die einzelnen Prüfergebnisparameter Anhaltspunkte für Fehlerquellen gefunden werden.

Auswertungen über einen längeren Zeitraum von diesen Prüfungsergebnissen erfolgen ebenso durch die Prüfdatenauswertung (vgl. dazu Kapitel 5.3), die dann über langfristige Korrekturen von generellen Prüfungsabläufen entscheiden.

## 8 Bewertung und Ausblick

Die im Unternehmen aufkommenden Qualitätsdaten lassen sich mit dem in dieser Arbeit vorgestellten Konzept lenken, zusammenführen und bereitstellen. Einige der Funktionen des Qualitätsprüfungssystems, wie zum Beispiel die Prüfmittelverwaltung und –überwachung, setzen eine Inventarisierung und Kennzeichnung voraus, ohne die der Einsatz dieser Komponenten und die Interaktion mit anderen Komponenten nicht möglich ist. Die Einführung eines Qualitätsprüfungssystems bedingt damit einen anfänglichen Mehraufwand, der jedoch im späteren Einsatz zu neuen, erweiterten Möglichkeiten und Funktionalitäten führt.

Das Verbesserungspotential für das Qualitätsprüfungssystem kann durch eine intensive Kommunikation mit dem Benutzer erhöht werden. Bei der Inbetriebnahme des Systems kann für die Benutzer ein „*Trouble Ticket*“-System zur Verfügung gestellt werden, um den Anwendern die Möglichkeit für Rückmeldungen, Fehlermeldungen und Verbesserungsvorschläge zu geben. So können Schwachstellen und Fehler, die in der Testphase nicht erkannt worden sind, schnell erfasst und behoben werden. Diese Rückmeldungen müssen zügig bearbeitet werden, um den Mitarbeitern kontinuierliche Unterstützung vor, während und nach der Einführung des Systems zu bieten und die Motivation und Akzeptanz der Benutzer aufrecht zu erhalten. Die Schulung der Benutzer ist bei der Einführung und dem Betrieb eines Qualitätsprüfungssystems ein weiterer wichtiger Aspekt. So können die Vorteile des Systems vermittelt und ein effizientes Arbeiten gewährleistet werden.

Beim „*Ramp-Up*“ oder Neuanlauf von neuen Fahrzeugen bzw. beim „*Facelift*“ hat sich die Anwendung als praxistauglich und wartungsfreundlich gezeigt, da die Gesamtarchitektur modular und auf Ebenen aufgebaut ist, in der einzelne Elemente der Software ausgetauscht oder an neue Gegebenheiten angepasst werden können, ohne die gesamte Software verändern zu müssen.

Ein weiterer Investitionsschutz wird durch die Integration von Regelkreisen und bestimmten Abhängigkeiten zwischen einzelnen Modulen der Qualitätsprüfungssoftware ausgeübt und gesteigert. Die problembezogene Auswertung und Darstellung von Prüfergebnissen und Prüfdokumentationen stellt eine wertvolle Basis für die frühzeitige Erkennung von Trends und Problemfeldern dar und hilft dem Anwender ein effektives Qualitätsmanagement durchzuführen.

Durch die beschriebene Komplexität und durch die besonders hohen Qualitätsanforderungen der Software im Automobilbereich ist es notwendig, moderne Methoden und Konzepte des Software-Engineering anzuwenden. Dies bezieht sich auf die Software die zur Produktion von Fahrzeugen benötigt wird und die im Fahrzeug eingesetzten Softwarekomponenten. Es besteht weiterhin ein großer Bedarf bei der Steigerung der Entwicklungseffizienz, d.h. Reduzierung der Entwicklungskosten und der Entwicklungsdauer, sowie bei der Steigerung der Qualität der entstehenden Software.

Die Funktionalitäten der Kernkomponenten des Applikationsframeworks benötigen grundlegende Lösungen, deren Entwicklung meist zeitaufwändig ist. Dagegen liegt der Fokus bei der Anwendungsentwicklung, aus den Kernkomponenten des Frameworks, auf einer sicheren und schnellen Umsetzung. Es empfiehlt sich daher einen pragmatischen Ansatz bei der Entwicklung und Implementierung eines solchen Systems zu wählen, um nicht in die Versuchung zu geraten eine zu allgemeingültige Lösung umsetzen zu wollen und daran zu scheitern. Gerade wenn ähnliche Vorgänge in einem Qualitätsprüfungssystem beschrieben werden sollen, ist es besser eine neue Komponente zu entwickeln, da durch Erweiterungen von vorhandenen Komponenten die Komplexität erhöht wird und die Wartbarkeit abnimmt. Durch sich ändernde Rahmenbedingungen werden Zusammenfassungen unter Umständen rückgängig gemacht und benötigen dadurch einen erheblichen Mehraufwand.

Die variantenreichen Prüfprozesse mit ihren unterschiedlichen Prüfungsarten und Prüftypen, wie sie in der Automobilindustrie auftreten, sind als absolute Spezialfälle für eine allgemeingültige Betrachtung der Prüfplanung bei anderen Branchen zu verstehen. Der exemplarische Charakter der in dieser Arbeit beschriebenen Flexibilisierung und Integration von Prüfprozessen kann jedoch auch für andere Industrie- und Dienstleistungsbereiche als generischer Ansatz dienen. Die Qualitätsprüfung kann nicht nur für sich allein betrachtet werden, sondern muss im Kontext gesamtheitlicher Qualitätssicherung gesehen werden [Masing 1999]. Aus diesem Grund bietet sich eine Ausweitung auf den gesamten Produktlebenszyklus an. Nur durch eine konsequente Rückführung von Prüfungsergebnissen an alle am Produktentstehungsprozess beteiligten Bereiche und an Prüfsystemhersteller kann untersucht werden, ob ein Fehler durch ein defektes Bauteil oder durch falsche Handhabung bzw. nicht fachgerechten Einbau, nicht bedachter Benutzung oder

Einsatzverfremdung zu Stande kam. Die Einbeziehung der Service und Wartungspläne von Maschinen und Prüfstationen bzw. deren Einstellungen während des Produktionsprozesses erbringen eine weitere Verbesserung der Qualität der Produktionsprozesse und der Produkte.

Auch im Hinblick auf spätere Werkstatt- und Serviceeinsätze ist es immer wichtiger die Zustände, Abhängigkeiten und Dokumentationen für ein Produkt zu archivieren und auf dem aktuellsten Stand zu halten. So können bei Serviceeinsätzen Teile die nachträglich als zu fehleranfällig deklariert wurden, ausgetauscht werden und Änderungen am Produkt über die Lebenszeit (Komponentenaustausch, Erweiterungen, Ersatzteile, Wartung) mitgeführt werden. Auch für das Recycling und somit auch für die Demontage von Produkten werden die angefallenen Prüfdokumente und Einstellungen von zunehmender Bedeutung sein. Gerade bei der Wiederverwendung von gebrauchten Ersatzteilen, benötigt man die ursprünglichen Prüfergebnisse und Einstellungsparameter bei der De- bzw. Re-Montage.

Die Einsatzmöglichkeiten dieses Konzepts gelten sinngemäß auch für die meisten anderen Branchen und Industriezweige, wie zum Beispiel in der Mikrosystemtechnik [Spath et. al. 2001], um die benötigten Regelkreise und eine Informationsbündelung darzustellen. Dabei müssen die Anforderungen an die Mikromesstechnik und ihre Umgebung erfüllt sein. In der Fertigung von mikromechanischen Bauteilen sind Messungen in mikroorientierten Dimensionen weder normseitig standardisiert, noch in der industriellen Praxis mit Erfahrungswissen hinterlegt [Weule et. al. 2001]. Für dieses Einsatzgebiet kann mit diesem Konzept die Prozesssicherheit verbessert werden und der Erfahrungsschatz der Anwender durch die Benutzung eines Qualitätsprüfungssystems erweitert werden.

Abschließend ist zu bemerken, dass Anforderungsanalysen, aktuelles Technologie-wissen und Erfahrungswissen sowohl im Informatik- als auch im Ingenieurbereich die grundlegenden Eigenschaften sind, die in Zukunft benötigt werden und zwar nicht nur um ein Qualitätsprüfungssystem umsetzen zu können. Der Geschäftsführer Rainer Glatz des Fachverbands Software im VDMA sagt dazu: „*Die Herausforderung liegt in der Verbindung zweier Welten: der ingenieurwissenschaftlichen und der informationstechnischen.*“ [Visintin 2004].



## 9 Zusammenfassung

Im Rahmen dieser Arbeit wurde durch die Entwicklung und die Umsetzung eines komponentenbasierten Frameworks ein Qualitätsprüfungssystem entworfen, welches die Prüfplanung für variantenreiche Produkte unterstützt und eine Gesamtbetrachtung des Prüffeldes ermöglicht. Das Qualitätsprüfungssystem verschafft die organisierte, prozessorientierte Sicht auf alle Daten und Informationen, die im Zusammenhang mit der Qualitätsprüfung benötigt werden. Darüber hinaus gestattet es einen einheitlichen Zugriff auf alle qualitätsrelevanten Informationen und bietet Möglichkeiten zur Personalisierung der Benutzeroberfläche über Rollen, sowie die Anpassung an den jeweiligen Handlungskontext.

Die Entwicklung des Frameworks erfolgte unter Software-Engineering Aspekten und Erkenntnissen über die Anforderungen an ein Qualitätsprüfungssystem, mit den besonderen Bedingungen die durch den Automobilbau gegeben sind. Zielsetzung des Frameworks war es ein Klassensystem zur Verfügung zu stellen, dass einen Anwendungsentwickler befähigt schnell ein komfortables und sicheres Qualitätsprüfungssystem umzusetzen, welches an die speziellen Bedürfnisse eines Unternehmens angepasst ist. Besonders die Entwicklung des Klassensystems, welches nicht nur für die Produktion, sondern auch für die Entwicklung und den Vertrieb mit wenigen Modifikationen eingesetzt werden kann, hilft ein unternehmensweites Qualitätsverständnis und direkte Rückkopplungsmechanismen zu etablieren.

Das entwickelte Konzept und die Architektur heben die Vorteile der komponentenbasierten Softwareentwicklung in Kombination mit der Qualitätsprüfung als Anwendungsdomäne hervor. Besonders die Integration von vorhandenen Anwendungssystemen aus verschiedenen Unternehmensorganisationen und die Erweiterungsmöglichkeiten des Frameworks ermöglichen ein Qualitätsprüfungssystem, welches sich evolutionär anpassen lässt, wenn dies durch Veränderungen im Prüffeld notwendig wird. Neue Anforderungen, sei es durch Anpassungen an Geschäftsprozesse oder durch technologische Entwicklungen, lassen sich zukünftig flexibel in die Komponenten des Applikationsframeworks einbringen.

Die zentrale Erstellung und Verwaltung von Prüfplänen für eine Produktprüfung, mit der Parametrierung von Prüfungen ist abhängig von der Produktionsstrategie des Unternehmens. Die Prüfpläne können mit dem entwickelten Ansatz bei der

Auftragsgenerierung erstellt werden oder ad hoc auf entsprechenden Prüfplätzen vorgenommen werden. Durch den ad hoc Ansatz wird eine variable Handhabung der Prüfungsvorbereitung ermöglicht, da die Prüfungen dynamisch bei der Produktion auf einem Prüfplatz individuell angestoßen werden und nicht bei Änderungen vollständig für das gesamte Prüffeld neu generiert werden müssen. Während der Produktion kann Einfluss auf die Prüfungen des Produkts genommen werden, was bei Änderungen am Produkt durch den Kunden oder durch produktionsbedingte Modifikationen Vorteile bietet.

Aktuelle Qualitätsprobleme werden durch das Qualitätsprüfungssystem und der Prüfmittelüberwachung dargestellt und Anpassungen an die Parametrierung von Prüfungen bzw. Änderungen der Prüfpläne können unmittelbar erfolgen. Die Prüfergebnisse müssen dafür notwendigerweise rückgemeldet werden, um die durchgeführten Verbesserungsmaßnahmen über einen Regelkreis überwachen zu können. Dieser allgemeine zum Einsatz kommende *Plan-Do-Check-Act* (PDCA) Regelkreis bewirkt einen inhärenten Qualitätsverbesserungsprozess, der durch das System und seinen Aufbau zur Verfügung gestellt wird.

Durch eine ganzheitliche Betrachtung des Prüffeldes und somit des Produktes über die unterschiedlichen Prüfungen ist es möglich eine Bewertung der Produktqualität für jedes einzelne produzierte Produkt vorzunehmen. Die Produktbewertung erfolgt über die dem Produkt zugeordneten Fehler, die über eine festzulegende Gewichtung von den einzelnen Prüfungen zu einem Qualitätswert zusammengefasst werden. Eine solche Bewertung kann zu einem aussagekräftigen Aspekt für das Prüffeld werden und Trends in der Produktqualität aufzeigen. Durch eine Unterstützung von bereichsübergreifenden Aufgaben der Informationsbereitstellung ist es möglich ein unternehmensweites Qualitätssystem aufzubauen, welches zu einem zentralen, zielorientierten Instrument für die Qualitätsziele und -philosophien im Unternehmen werden kann.

Das in dieser Arbeit vorgestellte Konzept bietet eine Verfügbarkeit und Nutzbarkeit von qualitätsrelevanten Informationen in der Qualitätsprüfung, durch den systematischen Einsatz von geeigneten Methoden und Verfahren, zur Sicherstellung von kontinuierlicher und nachvollziehbarer Informationsqualität im Produktionsprozess.

## 10 Summary

### **An open, integrative framework for quality inspection based on the case of automotive assembly for line production of complex products with many variations**

The primary scope of this scientific paper is the development and implementation of a component based framework for quality inspection systems to assist test planning in case of option parts and to provide an overall view of the complete test bay. This quality inspection system considers the organisational and procedural oriented data and information necessary for quality inspection. Further more it allows the uniform access to all relevant quality information and offers the possibility of customising the graphical user interface in the provided context with respect to the users and each users specific role (quality manager, planner and inspectors), concerning the required functionalities.

The framework was developed on the basis of current state of the art software-engineering methods and under full consideration of the requirements for a quality inspection system with the special needs for automotive assembly. The objective target for the framework was to build an object orientated class system available for developers in order to supply them with the ability of a fast and secure implementation of a quality inspection system. This also ensures that all specific requirements of the company are already considered and can be implemented at this stage. The design and development of the class system with its open character, which is not solely for production, but also for development and distribution with only slight modifications, helps to establish a comprehension of quality and fosters the mechanism for direct feedback.

The advantage of component based software development together with quality inspection as the application domain is reflected in the concept and the architecture of the system. Especially the integration of existing application systems from different organisational areas and the possibilities of enhancing the framework enable the evolutionary adoptability of the quality inspection system. New demands, in case of changing business processes or due to technological changes, can easily be integrated into the components of the application framework.

The pooling and management of inspection plans in production/manufacturing with passing parameters to inspection stations depends on the production strategies of the company. With the developed approach inspection plans can be generated directly at ordering stage or “ad hoc” at special inspection stations. Thus the management of the inspection scheduling can be kept very flexible with this “ad hoc”-approach, because the inspection will start dynamically at the corresponding inspection station without the necessity of having to prepare the complete inspection plans for the whole test bay. So it is possible to change inspections within the production process itself without a recalculation of the overall inspection plans of the production order. This could happen due to a customer change request for his product or by modification of the production process.

Arisen quality problems are highlighted by the quality inspection system and through monitoring of the inspection equipment. Any necessary adjustments of the parameters or changes in the inspection plan can be made immediately. Therefore the inspection result must be registered in the system to keep track of the processed improvement measures with a control circuit. The well known PDCA (plan-do-check-act) control circuit initiates an effective and inherent quality improvement process, which is provided by the system and its architecture.

With an integrated overall view of the test bay and thus of the product through the miscellaneous inspections it is possible to assess the quality for each manufactured product. This product assessment is based on the product failures in the inspections by mapping each failure to a quantifier and subsequently by summarizing these quantifiers to one quality value. Such an assessment can be a significant aspect for the test bay and delivers quality trends for the product. The support of cross-functional tasks with the supply of information enables to set up a companywide quality information system, which can grow to a central, target oriented instrument for supporting the quality goals and philosophies of the company.

This developed concept offers the availability and usability of quality relevant information in the scope of quality inspection, through the methodical use of techniques and proceedings for securing continuous and traceable quality of information for the production process.

## 11 Literaturverzeichnis

[Alam 2001]

Alam H.:

*Understanding Integration Technologies*

In: EAI Journal November, S.44-47 – Dallas: Business Integration Journal (2001)

[Asendorf 2001]

Asendorf S.:

*Der richtige Griff in den Werkzeugkasten*

In: Diebold Management Report 03 / 2001.- Eschborn: Diebold Deutschland (2001)

[Bading et. al. 2000]

Bading A., Frech J.:

*Umfassendes Qualitätsmanagement und das EFQM Excellence Modell*

*Relevanz und Implementierung in Unternehmen in Deutschland*

Stuttgart: Fraunhofer-Institut für Arbeitswirtschaft und Organisation (2000)

[Bläsing 1990]

Bläsing J.:

*CAQ – Qualitätssicherung unter CIM-Zielen*

ISBN 3-528-03364-9. – Braunschweig, Wiesbaden: Vieweg (1990)

[Booch 1994]

Booch G.:

*Objektorientierte Analyse und Design – Mit praktischen Anwendungsbeispielen*

ISBN 3-89319-673-0. – Bonn, Paris; Reading, Mass. [u.a.]: Addison-Wesley (1994)

1. Korrigierter Nachdruck 1995

[Bullinger et. al. 2003a]

Bullinger H.-J., Warnecke H.J., Westkämper E.:

*Neue Organisationsformen im Unternehmen*

ISBN 3-540-67610-4.- 2. Aufl. Berlin, Heidelberg, New York: Springer-Verlag (2003)

[Bullinger et. al. 2003b]

Bullinger H.-J., Kiss-Preußinger E., Spath D. (Hrsg.):

*Automobilenwicklung in Deutschland – wie sicher ist die Zukunft?*

ISBN 3-8167-6388-X.- Stuttgart: Fraunhofer IRB Verlag (2003)

[Burghardt et. al. 1996]

Burghardt J., Fleissner F., Spath D., Uhlig A.:

*Verrichtungsorientierte Prüfplanung – Ein neuer Ansatz für eine wirtschaftliche*

*Werkerselbstprüfung*

In: Qualität und Zuverlässigkeit, Band 4, Heft 1, S.60-63

München: Carl Hanser Verlag (1996)

[CAF 2002]

Zweite Qualitätskonferenz für Öffentliche Verwaltung in der EU, in Kopenhagen vom 2. - 4. Oktober 2002

*Das Common Assessment Framework (CAF)*

Veröffentlichung: Bundesministerium des Innern, Alt Moabit 101 D, 10559 Berlin

[http://www.bmi.bund.de/dokumente/Bestellservice/ix\\_92452.htm](http://www.bmi.bund.de/dokumente/Bestellservice/ix_92452.htm).

Abruf am: 03.05.2004 (2002)

[Cooper 2000]

Cooper J.: *The Design Patterns – Java Companion*  
ISBN 0201485397. – Boston [u.a.]: Addison Wesley Professional (2000)

[Crosby 1986]

Crosby P.B.: *Qualität ist machbar*  
ISBN 3-89028-101-x. Hamburg, McGraw-Hill Book Company GmbH (1986)

[Dangelmaier et. al. 2003a]

Dangelmaier W., Rogaischus A.:  
*Trendstudie Dienstleistungen in der Automobilzulieferindustrie*  
Fraunhofer Anwendungszentrum für Logistikorientierte Betriebswirtschaft  
Paderborn in Kooperation mit IBM Consulting Services (2003)

[Dangelmaier 2003b]

Dangelmaier W.:  
*Produktion und Information – System und Modell*  
ISBN 3-540-00480-7. – Berlin, Heidelberg, New York: Springer Verlag (2003)

[DGQ 2003]

DGQ Band 15-45: *Qualitätsmanagement in der Fertigung*  
ISBN 3-410-32905-6.- 1. Auflage Berlin, Wien, Zürich: Beuth Verlag GmbH (2003)

[Dudenhöffer 2001]

Dudenhöffer Prof. Dr. F.: *@utomobil – Die neue Wertschöpfungskette*  
In: Automotive Engineering Partners Ausgabe 3, S.36-39  
Wiesbaden: Friedr. Vieweg & Sohn (2001)

[Eckel 2002]

Eckel Dr. G.: *Ein starkes Signal – Autoindustrie setzt auf „Automotive Excellence“*  
in MQ Management und Qualität Spezialausgabe „ESPRIX 2002“, S.6-10  
Kirchberg, Berneck: Verlagsgemeinschaft SAQ / RDV (2002)

[ECT 2002]

electronics & communications in traffic systems, Peier D. (Hrsg.):  
*Tagungsband ECT: 04. – 06.Juni 2002 Augsburg*  
ISBN 3-7785-2885-8. – Heidelberg: Hüthig GmbH & Co. KG (2002)

[Eversheim 1991]

Eversheim W.: *Aufgaben und Bedeutung der Prüfplanung*  
In: Prüfplanung Grundlage für wirkungsvolle Qualitätsprüfung  
VDI-Kongress, 16./17.10.1991 in Aachen VDI-Verlag, Düsseldorf (1991)

[Fleissner 1998]

Fleissner F.: *Prozeßorientierte Prüfplanung auf Basis von Bearbeitungsobjekten für die Kleinserienfertigung am Beispiel der Bohr- und Fräsbearbeitung*  
ISSN 0724-4967. – Diss., Institut für Werkzeugmaschinen und Betriebstechnik der Universität Karlsruhe (1998)

[Franke et. al. 1998]

Franke H.-J., Pfeifer T.: *Qualitätsinformationssysteme - Aufbau und Einsatz im betrieblichen Umfeld*  
ISBN 3-446-19604-8. – München, Wien: Carl Hanser Verlag (1998)

[Frehr 1994]

Frehr H.-U.: *Total Quality Management: Unternehmensweite Qualitätsverbesserung - Ein Praxisleitfaden für Führungskräfte*  
ISBN 3-446-17779-5. – 2., durchges. Aufl. - München, Wien: Hanser (1994)

[FTK 1997]

Stuttgart Impulse: Innovation durch Technik und Organisation / FTK '97:  
*Tagungsband Fertigungstechnisches Kolloquium Stuttgart 11. - 12. November 1997*  
ISBN 3-540-63552-1. – Berlin, Heidelberg, New York, u.a.: Springer-Verlag (1997)

[Gamma et al. 1997]

Gamma E., Helm R., Johnson R., Vlissides J.:  
*Design Patterns – Elements of Reusable Object-Oriented Software*  
ISBN 0-201-63361-2. – Bonn, Paris; Reading, Mass. [u.a.]: Addison-Wesley (1997)

[Haacke et al. 1995]

Haacke v. U., Hannen C., Lindemann T., Mischke B., Eversheim W. (Hrsg.):  
*Marktspiegel CAQ-Systeme – Untersuchung von Computer Aided Quality Management Systemen*  
ISBN 3-8249-0269-9. – 2., aktualisierte Auflage - Köln: Verl. TÜV Rheinland (1995)

[Hartmann et al. 2003]

Hartmann M., Kracker O., Behr F., Bluschke B.-U.:  
*Zukunftspotentiale des E-Manufacturing – Empirische Marktstudie 2003*  
Berlin: FHTW Berlin – FB 3: Wirtschaftswissenschaften I (2003)

[Hering et al. 1996]

Hering E., Triemel J. (Hrsg.):  
*CAQ im TQM - Rechnergestütztes Qualitätsmanagement*  
ISBN 3-528-06571-0. – Wiesbaden: Vieweg & Sohn (1996)

[Hering et al. 1999]

Hering E., Triemel J., Blank H.-P. (Hrsg.):  
*Qualitätsmanagement für Ingenieure*  
ISBN 3-540-65092-x. – Berlin, Heidelberg, New York: Springer-Verlag (1999)

[Huang et al. 1999]

Huang K.T., Lee Y.W., Wang R.: *Quality Information and Knowledge*  
ISBN 0-13-010141-9. – New Jersey: Prentice Hall (1999)

[Imai 1992]

Imai M.: *Kaizen*  
ISBN 3-7844-7287-7. – München: Wirtschaftsverlag Langen Müller Herbig (1992)

[ISO/TS 16949:2002]

Verband der Automobilindustrie (VDA), Qualitätsmanagement Center (QMC) :  
*Qualitätsmanagementsysteme – Besondere Anforderungen bei Anwendung von ISO 9001:2000 für die Serien- und Ersatzteil-Produktion in der Automobilindustrie*  
Referenz Nummer ISO/TS 16949:2002(D) (2002)

[IT & Automation 2002]

Komitee IT & Automation:  
*Tagungsband IT & Automation: 26. – 28. November 2002 Nürnberg*  
ISBN 3-8007-2726-9. – Berlin, Offenbach: VDE Verlag GmbH (2002)

[Kelka et.al. 2001]

Kelka F., Rögele R., Pfeifer T., Effenkammer D.:  
*Effiziente Qualitätsprüfung durch intelligente Software*  
wt Werkstattstechnik online 91 H.5 - Berlin: Springer VDI Verlag (2001)

[Kilper et.al. 2000]

Kilper H., Schmidt-Dilcher J.:  
*Vom Recht des Stärkeren zur Partnerschaft? Über den schwierigen Weg zu neuen  
Hersteller-Zulieferer-Beziehungen in der Automobilindustrie am Beispiel eines  
Karosserie- und Montagewerks*  
ISSN 0949-4944. - Gelsenkirchen: Graue Reihe des Instituts Arbeit und Technik  
2000-02 (2000)

[Klauke et. al. 2002]

Klauke A., Schreiber W., Wißner R.:  
*Zukunftsorientierte Fabrikstrukturen in der Automobilindustrie*  
wt Werkstattstechnik online Jahrgang 92 H.4 - Berlin: Springer VDI Verlag (2002)

[Klein 2003]

Klein B.:  
*Versuchsplanung - DoE*  
ISBN 3-486-27387-6. – München: Oldenbourg (2003)

[Klesius et. al. 2003]

Klesius J., Baumgarten T.:  
*Veränderung zum kontinuierlich Besseren – Erfolgreiches KVP setzt auf den Input  
der gesamten Belegschaft*  
wt Werkstattstechnik online Jahrgang 93 H. 7/8 - Berlin: Springer VDI Verlag (2003)

[Kring 1989]

Kring J.:  
*Ein Modell für ein integriertes Qualitäts- und Prüfplanungssystem in der Montage*  
ISBN 3-540-51195-4. – Diss.- Berlin, Heidelberg, New York: Springer Verlag (1989)

[Kühnle et.al. 2001]

Kühnle H., Lorentz K., Klostermeyer A.:  
*Neue Wege in der Fabrikautomatisierung*  
wt Werkstattstechnik online Jahrgang 91 H.3 - Berlin: Springer VDI Verlag (2001)

[Kurbel et.al. 1994]

Kurbel K., Rautenstrauch C., Opitz B., Scheuch R.:  
*From „make or buy“ to „make and buy“:  
Tailoring Information Systems Through Integration Engineering*  
In: Journal of Database Management 5, S.18-30  
Hershey: IDEA Group Publishing (1994)

[Leonhard et. al. 2002]

Leonhard K.-W., Naumann P., Deutsche Gesellschaft für Qualität e.V. Peter  
Naumann (Hrsg.): *DGQ-Band 11-04  
Managementsysteme – Begriffe : Ihr Weg zu klarer Kommunikation*  
ISBN 3-410-32951-x. – 7. Aufl. - Berlin, Wien, Zürich: Beuth Verlag (2002)



[Linsenmaier 1999]

Linsenmaier T.:  
*Eine Architektur verteilter Objekte zur Integration von Produktions-  
Informationssystemen*  
ISBN 3-540-65636-7. – Zugl. Diss. - Berlin, Heidelberg: Springer-Verlag (1999)

[Lübbe 1994]

Lübbe U.:  
*Modell für ein rechnergestütztes Qualitätssicherungssystem gemäß DIN ISO 9000ff*  
ISBN 3-540-57831-5. - Berlin, Heidelberg, New York: Springer-Verlag (1984)

[Magnusson et.al. 2001]

Magnusson K., Kroslid D., Bergman B.:  
*Six Sigma umsetzen – Die neue Qualitätsstrategie für Unternehmen*  
ISBN 3-446-21633-2. – München, Wien: Carl Hanser Verlag (2001)

[Masing 1999]

Masing W. (Hrsg.):  
*Handbuch Qualitätsmanagement*  
ISBN 3-446-19397-9. – 4., überarb. und erw. Aufl. - München, Wien: Hanser (1999)

[McLaughlin 2002]

McLaughlin B.:  
*Java and XML Data Binding*  
ISBN 0-596-00278-5. – Sebastopol: O'Reilly & Associates, Inc. (2002)

[Oehme et.al. 2002]

Oehme O., Künzer A., Kabel D., Mackau D.:  
*Entwicklung eines intranetbasierten Wissens- und Qualitätsmanagementsystems*  
wt Werkstattstechnik online Jahrgang 92 H.3 - Berlin: Springer VDI Verlag (2002)

[Ohlendorf 1998]

Ohlendorf T.:  
*Architektur betrieblicher Referenzmodellsysteme – Konzept und Spezifikation zur  
Gestaltung wiederverwendbarer Norm-Software-Bausteine für die Entwicklung  
betrieblicher Anwendungssysteme*  
ISBN 3-8265-5661-5. – Zugl.:Hildesheim, Univ., Diss., 1997  
Aachen: Shaker Verlag (1998)

[Pfaffmann 2003]

Pfaffmann E., Hrsg.: Barske, Gerybadze, Hünninghausen, Sommerlatte:  
*Die Kooperation von Zulieferern und Endherstellern in der automobilen  
Produktentwicklung: das smart-Projekt*  
In: Qualitätsmanagement: Methoden, Praxisbeispiele, Hintergründe  
ISBN 3-936608-10-5. – Düsseldorf: Symposion Publishing GmbH (2003)

[Pfeifer et.al. 2000]

Pfeifer T., Hanel G., Berger M.:  
*Schlanke, integrierte Lösungen für Qualitätsregelkreise auf der Basis von  
Produktionsdaten*  
wt Werkstattstechnik online 90 H.9 - Berlin: Springer VDI Verlag (2000)

[Pfeifer 2001]

Pfeifer T.:  
*Qualitätsmanagement - Strategien Methoden Techniken*  
ISBN 3-446-21515-8.- 3. Aufl. München / Wien: Carl Hanser Verlag (2002)

[Pfeifer 2002a]

Pfeifer T.: *Qualität in produzierenden Unternehmen 2002 – Eine Untersuchung zum Zusammenhang zwischen Unternehmenserfolg und Qualitätsmanagement*  
Aachen: Fraunhofer IPT Abteilung Mess- und Qualitätstechnik (2002)

[Pfeifer et. al. 2002b]

Pfeifer T., Glombitza M., Brauchle R., Schmitt R., Freudenberger R., et. al.:  
*Prüfplanung als Element einer durchgängigen Prozesskette – Reduzierung der Kosten bei Erhöhung der Produktqualität*  
In: Wettbewerbsfaktor Produktionstechnik: Aachener Perspektiven  
Hrsg. AWK: W. Eversheim, M. Weck, G. Schuh, T. Pfeifer, F. Klocke  
ISBN 3-8265-9858-X. S. 307-338 Aachen: Shaker-Verlag (2002)

[Pfeifer et.al. 2002c]

Pfeifer T., Grob R., Hansen W. (Hrsg.), Kamiske G. F. (Hrsg.):  
*Planung technischer Informationssysteme für das Qualitätsmanagement*  
In: Qualitätsmanagement: Methoden, Praxisbeispiele, Hintergründe  
ISBN 3-936608-49-0. – Düsseldorf: Symposion Publishing GmbH (2002)

[Piller 1998]

Piller F.: *Kundenindividuelle Massenproduktion - Die Wettbewerbsstrategie der Zukunft*  
ISBN 3-446-19336-7.- München / Wien: Carl Hanser Verlag (1998)

[Piller 2001]

Piller F.:  
*Mass Customization: Ein Wettbewerbskonzept für das Informationszeitalter*  
ISBN 3-8244-7476X.- Wiesbaden: Gabler DUV Verlag 2. Edition Oktober (2001)

[Pree 1995]

Pree W.:  
*Design Patterns for Object-Oriented Software Development*  
ISBN 0-201-42294-8.- Wokingham: Addison-Wesley Publishing Company (1995)

[QMC 2004]

QMC-Report Ausgabe 22:  
*Hilfsmittel zum Qualitätsmanagement in der Automobilindustrie (QAI)*  
Oberursel - VDA-QMC Ausgabe 22 (2004)

[Rauch et.al. 1996]

Rauch C., Augustin H., Warnecke G. (Hrsg.):  
*Marktstudie PPS/CAQ – Innovative Entwicklungen und Integrationspotentiale*  
ISBN 3-18-990014-0. – Düsseldorf: VDI-Verlag GmbH (1996)

[Redeker et.al. 2003]

Redeker G., Keunecke L., Pommerenke J.:  
*Dynamisches Qualitätsmanagement für die hochflexible Variantenproduktion*  
wt Werkstattstechnik online Jahrgang 93 H.4 - Berlin: Springer VDI Verlag (2003)

- [Reinhart et. al. 1996]  
Reinhart G., Lindemann U., Heinzel J.:  
*Qualitätsmanagement – Ein Kurs für Studium und Praxis*  
ISBN 3-540-61078-2. – Berlin, Heidelberg, New York: Springer-Verlag (1996)
- [Reinhart et. al. 2001]  
Reinhart G., Berlak J., Weber V., Spangler T., Ermisch A., Stawinoga C.:  
*Multimedialinformationen in der Kleinserienmontage – Konzeption und Realisierung eines multimedialen Werkerinformationssystems*  
Iwt Werkstattstechnik online Jahrgang 91 H. 12 - Berlin: Springer VDI Verlag (2001)
- [Rogoll et. al. 2003]  
Rogoll T., Piller F.:  
*Konfigurationssysteme für Mass Customization und Variantenproduktion - Strategie, Erfolgsfaktoren und Technologie von Systemen zur Kundenintegration*  
München März 2003: 2. unveränderte Auflage Think Consult (2003)
- [Rothe 2000]  
Rothe L.:  
*Organisationsverschulden*  
In: Qualitätsmanagement – Methoden, Praxisbeispiele, Hintergründe  
Digitale Fachbibliothek - Düsseldorf: Symposium Publishing GmbH (2003)
- [Schmitz et. al. 1999]  
Schmitz M., Schuster E., Stoll V., Wieland J.:  
*Service-Support-System (S3-BaWü) für den Maschinenbau in Baden-Württemberg*  
ISBN 3-8167-5526-7. – Stuttgart, Fraunhofer IRB Verlag (1999)
- [Schramm et al. 2002]  
Schramm M., Hölzer M.: *Sicher prüfen und planen – Möglichkeiten und Grenzen der Softwareunterstützung im Prüfmittelmanagement*  
In: QZ – Qualität und Zuverlässigkeit Jahrg. 47 S. 43 – 46  
München: Carl Hanser Verlag (2002)
- [Sinell et.al. 1996]  
Sinell H.-J. (Hrsg.), Meyer H. (Hrsg.):  
*HACCP in der Praxis, Lebensmittelsicherheit*  
ISBN 3-86022-290-2 . – Hamburg: Behr's Verlag (1996)
- [Sommerville 2000]  
Sommerville I.:  
*Software Engineering 6th Edition*  
ISBN 0-201-39815-X . – Bonn, Paris; Reading, Mass. [u.a.]: Addison Wesley (2000)
- [Spath et. al. 1995]  
Spath D., Burghardt J., Walter W.:  
*Aus Erfahrung gut – Die Rückführung von Erfahrungsdaten verbessert die NC-Programmerstellung*  
In: Die Arbeitsvorbereitung, Band 32, Heft 4, S. 267 - 271 (1995)

[Spath et. al. 1997]

Spath D., Uhlig A., Vossman D.:  
*Qualitätsmanagement rund um das Produkt – Automatische Erstellung von Prüfplänen und Prüfzeichnungen*  
In: Qualität und Zuverlässigkeit, Band 42, Heft 3, S. 276  
München: Carl Hanser Verlag (1997)

[Spath et. al. 1998a]

Spath D., Vossman D., Kobinger J., Musiol R., Schnurrer J.:  
*Qualitätsplanung vernetzen – Qualitätsziele bei der Produktentwicklung durch Integration erreichen*  
In: Qualität und Zuverlässigkeit Band 43, Heft 5, Seite 567-572  
München: Carl Hanser Verlag (1998)

[Spath et. al. 1998b]

Spath D., Vossman D., Schmitt L., Kreß N.:  
*Gemeinsam zum Erfolg – Wissensmanagement durch die inhaltlich sinnvolle Verbindung der präventiven QM-Methoden QFD und FMEA*  
In: QZ Qualität und Zuverlässigkeit Nr.12, S. 1478 – 1484  
München: Carl Hanser Verlag (1998)

[Spath et. al. 2001]

Spath D., Elsner J.:  
*Große Anforderung an kleine Teile – Qualitätssicherung in der Mikrosystemtechnik*  
In: Qualität und Zuverlässigkeit, Band 46, Heft 11, S. 1408 – 1409  
München: Carl Hanser Verlag (2001)

[Spath et. al. 2002]

Spath D., Lotter B., Baumeister M.:  
*Verrichtungsweise Montage komplexer Produkte in hybriden Montagesystemen*  
wt Werkstattstechnik Ausgabe 09/2002 S.411 - Berlin: Springer VDI Verlag (2002)

[Spath et. al. 2003a]

Spath D., Fleischner J., Lanza G.:  
*Qualitätssimulation im Serienanlauf – Vorbestimmte Qualitätsfähigkeitskurven von Elementarprozessen*  
wt Werkstattstechnik online Jahrgang 93 H. 1/2 - Berlin: Springer VDI Verlag (2003)

[Spath 2003b]

Spath D. (Hrsg.):  
*Qualitätsmanagement im Zeichen von Six Sigma – auch für den Mittelstand?*  
ISBN 3-8167-6337-5. – Stuttgart: IRB Verlag (2003)

[SPS/IPC/DRIVES 2002]

Bender K. (Hrsg.), Brandenburg G. (Hrsg.), Schraft R. (Hrsg.):  
*Tagungsband SPS/IPC/DRIVES: 26. – 28. November 2002 Nürnberg*  
ISBN 3-7785-2863-7. – Heidelberg: Hüthig GmbH & Co. KG (2002)

[Steinbeck et.al. 1994]

Steinbeck (Hrsg.), Autorenteam, herausgegeben durch die  
Japan Human Relations Association:  
*CIP – Kaizen – KVP: Die kontinuierliche Verbesserung von Produkt und Prozeß*  
ISBN 3-478-91130-3. – Landsberg: verlag moderne industrie (1994)

[Stonebraker 1999]

Stonebraker M.: *Integrating Islands of Information*  
In: EAI Journal Sept./Okt., S.1-5 - Dallas: Business Integration Journal (1999)

[Thaller 2002]

Thaller G. E.:  
*Software- und Systementwicklung:  
Aufbau eines praktikablen QM-Systems nach ISO 9001:2000*  
ISBN 3-88229-190-7. – Hannover, Heise (2002)

[Vasters et. al. 2001]

Vasters, Oellers, Javidi, Jung, Freiburger, DePetrillo:  
*Microsoft .NET Crashkurs*  
ISBN 3860635131. – Unterschleißheim: Microsoft Press Deutschland (2001)

[VDA 2001]

Verband der Automobilindustrie e.V. (Hrsg.): *Auto Jahresbericht 2001*  
ISSN 0171 – 4317, Internet: [www.vda.de](http://www.vda.de) - Druckerei Heinrich GmbH (2001)  
<http://www.vda.de/de/service/jahresbericht/index.html> Abfrage am: 14.12.2004

[VDA 2002]

Verband der Automobilindustrie e.V. (Hrsg.): *Auto Jahresbericht 2002*  
ISSN 0171 – 4317, Internet: [www.vda.de](http://www.vda.de) - Druckerei Heinrich GmbH (2002)  
<http://www.vda.de/de/service/jahresbericht/index.html> Abfrage am: 14.12.2004

[VDA 2003]

Verband der Automobilindustrie e.V. (Hrsg.): *Auto Jahresbericht 2003*  
ISSN 0171 – 4317, Internet: [www.vda.de](http://www.vda.de) - Heinrich Druck + Medien (2003)  
<http://www.vda.de/de/service/jahresbericht/index.html> Abfrage am: 14.12.2004

[Visintin 2004]

Visintin G.:  
*System-Engineering sprengt disziplinäre Ketten*  
In: Computer Zeitung Nr. 4, 19.01.2004 - Leinfelden: Konradin Verlag (2004)

[Weisbecker 2002]

Weisbecker, A.:  
*Software-Management für komponentenbasierte Software-Entwicklung*  
ISBN 3-931388-92-1. - Heimsheim: Jost Jetter Verlag (2002)

[Westkämper 1991]

Westkämper, E. (Band-Hrsg.), Jeschke, K.:  
*Integrationspfad Qualität*  
ISBN 3-540-53247-1. – Berlin u.a.: Springer-Verlag (1991)

[Westkämper et. al. 1998]

Westkämper E. (Hrsg.), Mai C., Kaumanns W.:  
*Umfassendes Qualitätsmanagement in kleinen und mittleren Unternehmen*  
ISBN 3-8167-5227-6. – Stuttgart: Fraunhofer IRB Verlag (1998)

[Westkämper et.al. 2003]

Westkämper E., Bierschenk S., Kuhlmann T.:  
*Digitale Fabrik – nur was für die Großen?*  
wt Werkstattstechnik online Jahrgang 93 H. 1/2 - Berlin: Springer VDI Verlag (2003)

[Weule et. al. 2001]

Weule H., Spath D., Schmidt J., Elsner J., Buchholz C., Tritschler H.:  
*Prozesskette der Fertigung mikromechanischer Bauteile – Automatisierung, Handhabung und Qualitätssicherung sind entscheidende Faktoren auf dem Weg zur Wirtschaftlichkeit*  
wt Werkstattstechnik online Jahrgang 91 H.12 - Berlin: Springer VDI Verlag (2001)

[Wilhelm 2003]

Wilhelm S., Spath D. (Hrsg.):  
*Information und Kommunikation in der Produktion – Ergebnisse einer Unternehmensbefragung*  
ISBN 3-8167-6350-2. – Stuttgart: IRB Verlag (2003)

[Winzer 2002a]

Winzer P.:  
*Qualitäts- und Prozessmanagement - Grundlagen*  
ISBN 3-8322-0238-2. – Aachen: Shaker Verlag (2002)

[Winzer 2002b]

Winzer P.:  
*Qualitäts- und Prozessgestaltungstechniken – Teil 1*  
ISBN 3-8322-0343-5. – Aachen: Shaker Verlag (2002)

[Winzer 2002c]

Winzer P.:  
*Qualitäts- und Prozessmanagement - Führungsaufgaben*  
ISBN 3-8322-0970-0. – Aachen: Shaker Verlag (2002)

[Würthele 2003]

Würthele V.:  
*Datenqualitätsmetrik für Informationsprozesse*  
ISBN 3833403454. – Diss. ETH Zürich Nr.15242, Department of Computer Science  
Norderstedt, Verlag Books on Demand GmbH (2003)

[Zäh et. al. 2003a]

Zäh M. F., Lercher B., Pörnbacher C., Wünsch G.:  
*Datenmanagement in der Mechatronik – Funktionsmodellierung als Basis zur frühzeitigen Produktvalidierung*  
wt Werkstattstechnik online Jahrgang 93 H. 7/8 - Berlin: Springer VDI Verlag (2003)

[Zäh et. al. 2003b]

Zäh M. Prof. Dr. Ing. et al.:  
*Virtuelle Produktion – Nutzenpotenziale im Lebenszyklus der Fabrik*  
ISBN 3-89675-068-2. – München: Herbert Utz Verlag GmbH (2003)  
Seminar iwB – TU München am 11. September in Garching

[Zollondz 2002]

Zollondz H.-D.:  
*Grundlagen Qualitätsmanagement: Einführung in Geschichte, Begriffe, Systeme und Konzepte*  
ISBN 3-486-25950-4. München, Wien: Oldenbourg (2002)

## Internetquellen

Abfragen für alle Internetquellen am 01.06.2005:

<http://www.asam.net>

<http://www.deutsche-efqm.de>

<http://www.dgq.de>

<http://www.efqm.org>

<http://www.eipa.nl> (CAF)

[http://www.industrienet.de/aw/markttool/modul/qestart.asp?MARKT\\_ID=128](http://www.industrienet.de/aw/markttool/modul/qestart.asp?MARKT_ID=128)

<http://www.isixsigma.com>

<http://www.olev.de>

<http://www.qm-trends.de>

<http://www.quality.de>

<http://www.quality-link.de>

<http://www.tuev-sued.de>

<http://www.vda.de>

<http://www.vdi.de>

<http://www.vdma.de>

## **12 Anhang A: Qualitätsmanagement**

### **12.1 Strategien des Qualitätsmanagements**

Wesentliche Erfolgsfaktoren, bei der Anwendung von Qualitätsprogrammen und Strategien des Qualitätsmanagements, sind kundenorientierte Ausrichtungen des Qualitätsbegriffs, sowie die unternehmensweite und unternehmensübergreifende Betrachtung der Qualitätssicherung [Westkämper 1991].

#### **12.1.1 Null-Fehler-Prinzip**

Der Grundgedanke des Null-Fehler-Prinzips besteht darin, keine generelle oder akzeptable Fehlerquote zuzulassen. Die Hauptaufgabe ist die Fehlervermeidung, da jeder Fehler zu Zeit- und Kostennachteilen führt [Crosby 1986]. Die Forderung nach Null-Fehlern erscheint unrealistisch, da jeder Mensch aus eigener Erfahrung weiß, dass er immer wieder mal Fehler macht. Die Zielsetzung ist es, keine Fehler mehr zu machen, wobei es nicht darum geht dieses Ziel zu erreichen, sondern dem Ziel „Null-Fehler“ möglichst nahe zu kommen [Pfeifer 2002a]. Somit liefert das Null-Fehler-Prinzip Erkenntnisse und Methoden darüber, wie fehlerhaft arbeitende Menschen fehlerlose Produkte und Dienstleistungen generieren können [Frehr 1994].

#### **12.1.2 Six-Sigma**

„6 $\sigma$ “ ist ein Begriff aus der Statistik, der als Synonym für Null-Fehler-Qualität steht, da in einem Prozess, der Six Sigma erfüllt, unter bestimmten Rahmenbedingungen bezogen auf 1 Million Möglichkeiten nur 3,4 fehlerhafte Ergebnisse entstehen. Somit wird ein Wert für eine Fehlerquote festgelegt, der dem „Null-Fehler“ sehr nahe kommt. Bezugsgröße und Ansatzpunkt für diesen Wert und alle Verbesserungen im Six-Sigma-Ansatz sind die Prozesse im Unternehmen. Der Ansatz umfasst die Produktionsprozesse, sowie alle Geschäftsprozesse [Pfeifer 2002a]. Die Anwendungsbereiche von Six Sigma sind Prozessverbesserung, Designverbesserung, Projektmanagement und Entwicklungsprozesse [Magnusson et. al. 2001]. Six Sigma bezeichnet auch das zum Erreichen dieser Wahrscheinlichkeit in der Organisation eingesetzte Qualitätsförderungsprogramm. Nach Spath ist Six Sigma *„der nächste wichtige Schritt zur Optimierung von Qualität, Kosten und Zeit, auch in mittelständischen Unternehmen“* [Spath 2003b].



### **12.1.3 Total Quality Management (TQM)**

Nach DIN EN ISO 8402 ist TQM, eine auf die Mitwirkung aller an der Produktentstehung Beteiligten gestützte Managementmethode, die Qualität in den Mittelpunkt stellt und durch das Zufriedenstellen der Kunden auf langfristigen Geschäftserfolg, sowie auf Nutzen für die Mitarbeiter des Unternehmens und die Gesellschaft abzielt. Es basiert auf dem Prinzip der kontinuierlichen Verbesserung (vgl. Kapitel 12.2.5).

TQM geht damit über die Anforderungen der DIN EN ISO9000:2000 ff. hinaus, auch wenn die Fassung 2000 der ISO 9000 bereits Teile des TQM integriert hat. TQM erfordert eine im ganzen Unternehmen gelebte Qualitätsphilosophie, wobei der Qualitätsbegriff umfassend abgedeckt ist. Nicht nur die Produkt- und die Servicequalität, sondern auch die Qualität im Hinblick auf die Belange der Mitarbeiter, der Umwelt und der Gesellschaft werden gefordert [Frehr 1994].

### **12.1.4 European Foundation for Quality Management (EFQM)**

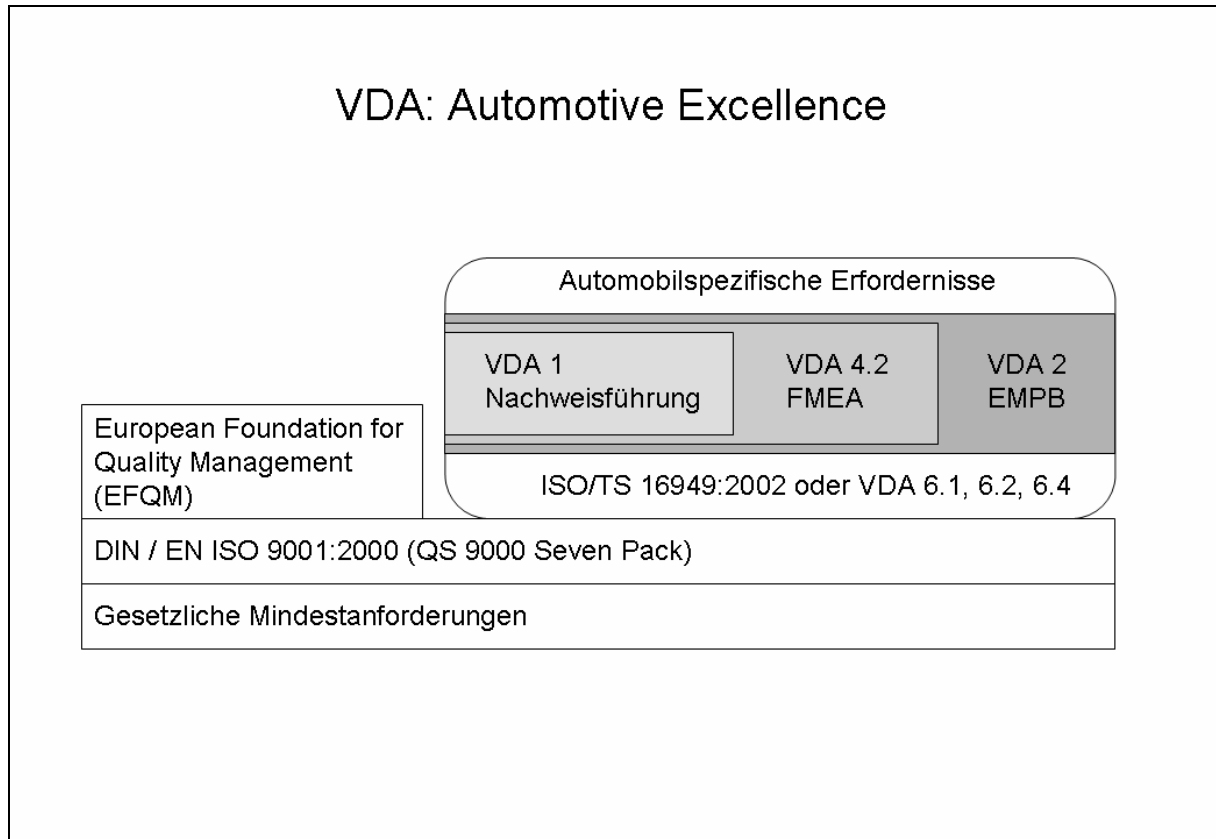
Die European Foundation for Quality Management (Europäische Stiftung für Qualitätsmanagement) ist eine gemeinnützige Organisation, der über 800 Mitglieder (Firmen, nationale Qualitätsorganisationen) aus den meisten europäischen Ländern angehören. Sie hat das EFQM-Modell für Excellence entwickelt und vergibt jährlich den Europäischen Qualitätspreis (EQA), der sich an diesem Modell orientiert. Das EFQM-Modell ist ein Modell zur Umsetzung von TQM und hat weite Verbreitung und hohe Akzeptanz gefunden, auch im öffentlichen Bereich (vgl. dazu [Bading et. al. 2000]). Als Vorstufe von TQM kann das Europäische Qualitätsbewertungssystem angewandt werden. Durch das CAF (Common Assessment Framework) ist eine Verbesserung der Organisation durch eine Selbstbewertung möglich [CAF 2002].

### **12.1.5 Automotive Excellence**

Das EFQM-Modell wurde vom Verband der Automobilindustrie (VDA) als Vorbild für das Automotive Excellence (AE) gewählt. Das Automotive Excellence Modell gibt einen Handlungsrahmen vor und überlässt dem Unternehmen die spezifische Umsetzung. Auf diese Weise wird das Unternehmen nicht nach einem festgelegten Regelwerk gemessen, sondern daran, was das Unternehmen selbst festgelegt hat. Entscheidend bei diesem Vorgehen ist die Bildung eines Bewusstseins im

Unternehmen, dass mit diesem Modell der Erfolg des Unternehmens langfristig gesichert wird und nicht nur der Abnehmer zufrieden gestellt wird [Eckel 2002].

Einen Überblick über die verschiedenen Normen und deren Aufbau im Automotive Excellence Modell gibt folgende Abbildung 41.



**Abbildung 41: Automotive Excellence (in Anlehnung an [Dietz 2003])**

Die Zusammenführung der bedeutendsten QM-Standards (VDA 6.1, QS 9000) unter dem Standard ISO/TS 16949 wird mit der Herausgabe der zweiten Auflage ISO/TS 16949:2002 an die ISO 9000:2000 angepasst [ISO/TS 16949:2002]. Der VDA 6.1 Standard bleibt davon unberührt und behält seine Gültigkeit [VDA 2002]. Mit der endgültigen Einführung der QM-Norm für die Automobilindustrie wird das VDA 6.1-Darlegungs-Regelwerk seine Gültigkeit verlieren [Zollondz 2002].

Der VDA Band 18 Teil 7 gibt an, auf welche Prozesse des nach VDA 6.1 oder ISO/TS 16949:2002 zertifizierten Managementsystems aufgesetzt werden kann. Bei dem Streben nach Automotive Excellence hilft dieser Band den Blick auf diejenigen Abschnitte und Aspekte des Managementsystems zu lenken, die thematisch mit dem jeweiligen Teilkriterium bzw. Ansatzpunkt des EFQM-Modells verwandt sind [QMC 2004].

## **12.2 Methoden des Qualitätsmanagements**

Im Laufe der Produktentstehung, kommen verschiedene Methoden des Qualitätsmanagements zum Einsatz, die in Beziehung zum Produktentstehungsprozess in der Abbildung 8 dargestellt werden. Nachfolgend wird ein Überblick über die wichtigsten Methoden des Qualitätsmanagements gegeben.

### **12.2.1 Quality Function Deployment (QFD)**

Quality Function Deployment ist eine Planungs- und Kommunikationsmethode, die bereits in der Entwicklungsphase eingesetzt wird, um möglichst alle Kundenanforderungen zu erfassen und in technische Merkmale umzusetzen. Diese Arbeitssystematik kann wesentlich zur Verkürzung der Entwicklungszeiten und zur Senkung der Entwicklungskosten beitragen. Weiterführende Erklärungen und das House of Quality (Werkzeug des QFD) können zum Beispiel in Masing [Masing 1999] oder Winzer [Winzer 2002b] nachgelesen werden.

### **12.2.2 Fehler- Möglichkeits- und Einflussanalyse (FMEA)**

Die Fehler- Möglichkeits- und Einflussanalyse (FMEA) und die verwandte Fehlerbaumanalyse (FTA) sind Methoden die systematisch Fehlerpotentiale in Entwicklung, Konstruktion und Fertigung erfassen [Hering et. al. 1999]. Je nach Entwicklungsstadium unterscheidet man zwischen drei Arten der FMEA:

- **System-FMEA**  
Untersuchung der Funktionstüchtigkeit der einzelnen Systemkomponenten im Gesamtsystem und Analyse der Schnittstellen zwischen den einzelnen Komponenten
- **Konstruktions-FMEA**  
Untersuchung von Komponenten auf mögliche Fehler in der Konstruktion, bei der Fertigung und der Montage
- **Prozess-FMEA**  
Untersuchung des Fertigungsprozess auf mögliche Fehler

In der Praxis werden QFD und FMEA meist getrennt voneinander durchgeführt. Dieser isolierte Einsatz der beiden sich ergänzenden Methoden hat eine Reihe von Problemen zur Folge, die durch einen Methodenverbund vermieden werden können [Spath et. al. 1998b].

### **12.2.3 Design of Experiments (DoE)**

Unternehmen verwenden DoE als Werkzeug zur Verkürzung von Innovationszeiten, durch eine statistische Versuchsplanung. DoE wird durch Simulationen auf Basis funktionaler Daten (DACE), der Erstellung mathematischer Wirkzusammenhänge (multiple Regression) und die Planung wirtschaftlicher Versuchsprogramme (Matrixexperimente) erreicht [Klein 2003]. Für den Einsatz von DoE ist eine umfangreiche DV-Unterstützung durch verschiedene statistische Berechnungsverfahren und grafische Darstellungen vorhanden (vgl. [Hering et. al. 1999]).

### **12.2.4 DIN EN ISO 9000:2000**

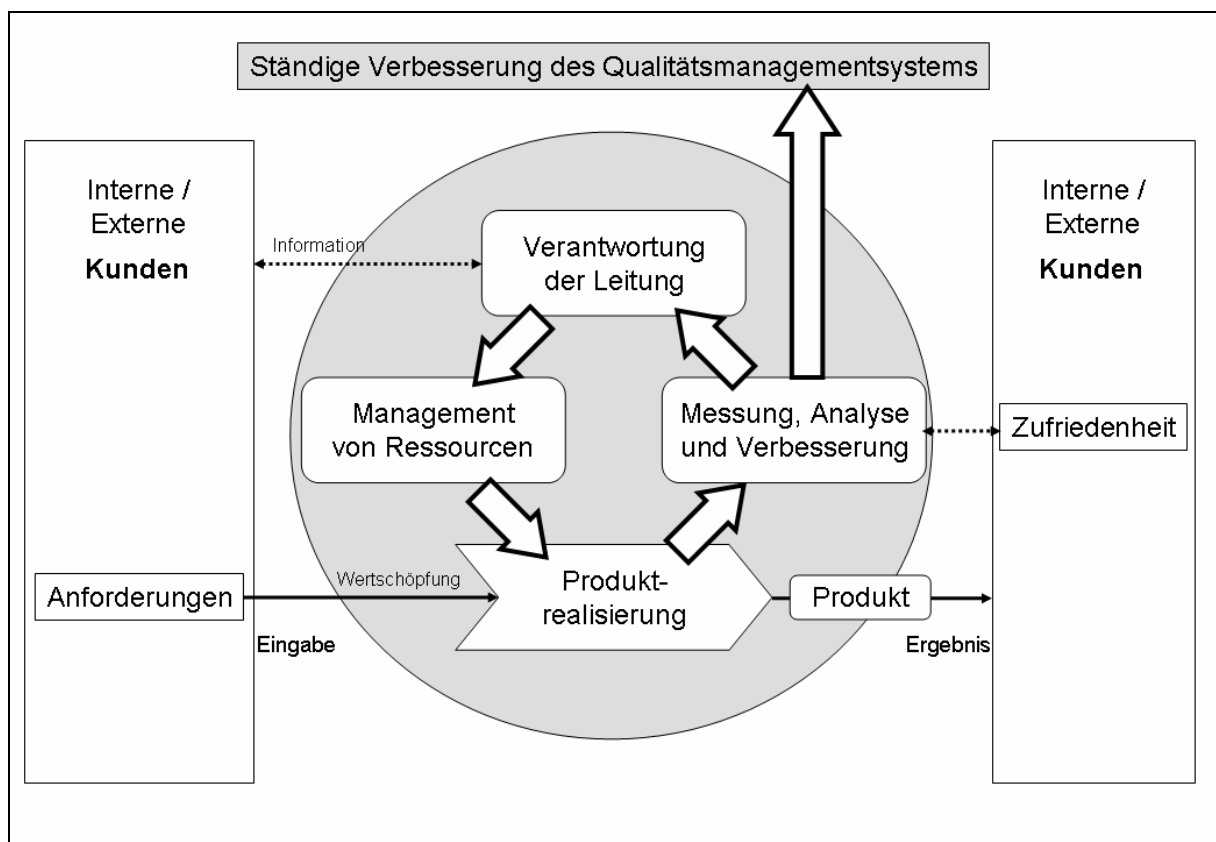
Ziel dieser Normenreihe ist es Organisationen jeder Art und Größe zu helfen mit wirksamen Qualitätsmanagementsystemen ihre Produkte und Prozesse ständig zu verbessern und die Zufriedenheit der Kunden zu erhöhen. Im Folgenden sind die acht Grundsätze des Qualitätsmanagements wie sie in DIN EN ISO 9000:2000 beschrieben sind aufgeführt, um die Leistungsfähigkeit des Unternehmens zu verbessern.

- **Kundenorientierung**  
Erfordernisse der Kunden verstehen, ihre Anforderungen erfüllen und ihre Erwartungen übertreffen
- **Führung**  
Übereinstimmung von Zweck und Ausrichtung der Organisation, sowie ein internes Umfeld zur Zielerreichung schaffen
- **Einbeziehung der Personen**  
Fähigkeiten der Mitarbeiter zum Nutzen der Organisation einsetzen
- **Prozessorientierter Ansatz**  
Tätigkeiten und dazugehörige Ressourcen als Prozess leiten und lenken
- **Systemorientierter Managementansatz**  
Beziehungen zwischen Prozessen für eine wirksame und effiziente Zielerreichung managen
- **Ständige Verbesserung**  
Ständige Verbesserung der Gesamtleistung der Organisation als permanentes Ziel

- **Sachbezogener Ansatz zur Entscheidungsfindung**  
Entscheidungen auf Basis der Analyse von Daten und Informationen wirksam treffen
- **Lieferantenbeziehungen zum gegenseitigen Nutzen**  
Beziehungen zum gegenseitigen Nutzen erhöhen die Wertschöpfungsfähigkeit aller Beteiligten

Die DIN EN ISO 9000 ff. wurde von der ISO (International Organization for Standardization) erstmals 1987 veröffentlicht und liegt, nach einer Überarbeitung im Jahr 1994, in der grundlegend überarbeiteten Version vom Dezember 2000 vor. Die Umstellung der Zertifizierung von Unternehmen auf die DIN ISO 9000:2000 musste innerhalb einer Frist von 3 Jahren, also bis Dezember 2003, erfolgen.

Als prozessorientierter Ansatz bezeichnet die DIN EN ISO 9000:2000 das systematische Erkennen sowie Handhaben der verschiedenen Prozesse innerhalb einer Organisation, vor allem aber der Wechselwirkungen zwischen den Prozessen [Bullinger et. al. 2003a].



**Abbildung 42: Modell eines prozessorientierten QM-Systems nach DIN EN ISO 9000:2000**

Das Modell eines prozessorientierten Qualitätsmanagementsystems nach dem Modell der DIN EN ISO 9000:2000 ist in Abbildung 42 dargestellt. Ausgehend von den Anforderungen der Kunden – Interne wie auch Externe - werden die verknüpften Prozesse der Organisation dargestellt, die zu einer ständigen Verbesserung des Qualitätsmanagementsystems führen und somit zu einer besseren Zufriedenheit der Kunden.

### **12.2.5 Kontinuierlicher Verbesserungsprozess (KVP) (jap.: Kaizen)**

Kaizen bezeichnet für sich allein nur die Verbesserung, das heißt, dass der gegenwärtige Zustand als solcher akzeptiert und er nach einer Analyse modifiziert weitergeführt wird. Das japanische Wort Kaizen, das sich aus den beiden Kanji-Zeichen „*Kai*“ (ändern) und „*Zen*“ (Güte) zusammensetzt, bedeutet das Streben nach ständiger, systematischer und schrittweiser Verbesserung [Imai 1992]. Kaizen ist ein humanorientierter Ansatz der die Motivation der Mitarbeiter und ihre Identifikation mit den Arbeitsinhalten fördert, in dem sie die Möglichkeit erhalten, Prozesse mitzugestalten [Steinbeck et. al. 1994].

Die Umsetzung des Kaizen-Gedankens wird in Europa als kontinuierlicher Verbesserungsprozess (KVP) bezeichnet und ist ein ständiger Prozess zur Verbesserung der Leistungserstellung, der Kundenbetreuung, des Umfeldes, der Situation der Mitarbeiter oder anderer relevanter Faktoren des betrieblichen Geschehens nach dem Motto: „*Viele kleine Schritte ergeben einen großen Schritt*“ [Klesius et. al. 2003]. Dazu werden entsprechende Prozesse eingerichtet, die in festgelegten Perioden durchlaufen werden und die Voraussetzungen für eine kontinuierliche Beteiligung der Mitarbeiter für Verbesserungen schaffen.

### **12.2.6 Hazard Analysis and Critical Control Points (HACCP)**

Das HACCP-System ist speziell für die Lebensmittelindustrie als Hygienesicherungssystem entwickelt worden [Sinell et. al. 1996]. Bei HACCP handelt es sich um eine rein präventive Methode, die eine Vermeidung von bekannten Gefahren zum Ziel hat. Die ablaufenden Prozesse werden kontinuierlich auf bestimmte Kriterien überprüft, um auftretende Abweichungen frühzeitig zu erkennen und Gegenmaßnahmen einleiten zu können. Grundsätzlich kann die Entwicklung eines HACCP-Systems in sechs Schritten dargestellt werden:

1. Analyse der möglichen Gefahren (Hazard Analysis)
2. Bestimmen der kritischen Merkmale (Critical Control Points)
3. Festlegen der Grenzwerte
4. Festlegen von Überwachungsmechanismen (Monitoring) der kritischen Merkmale
5. Festlegen von Eingriffskonzepten für den Fall, dass ein kritisches Merkmal nicht mehr fehlerfrei funktioniert
6. Festlegen eines Verifizierungsverfahrens für die Überprüfung der fehlerfreien Funktion des HACCP-Systems

Auf diese Art und Weise wird eine kontinuierliche Verbesserung erreicht, da sich Schwankungen schneller identifizieren und eliminieren lassen.

### 12.3 Einsatz der Methoden und Strategien

Der Einsatz dieser Methoden ist in einer Studie von Westkämper untersucht worden, die als Zielgruppe kleine und mittelständische Unternehmen (KMU) des produzierenden Gewerbes in Deutschland hatte und in Abbildung 43 dargestellt wird [Westkämper et. al. 1998]:

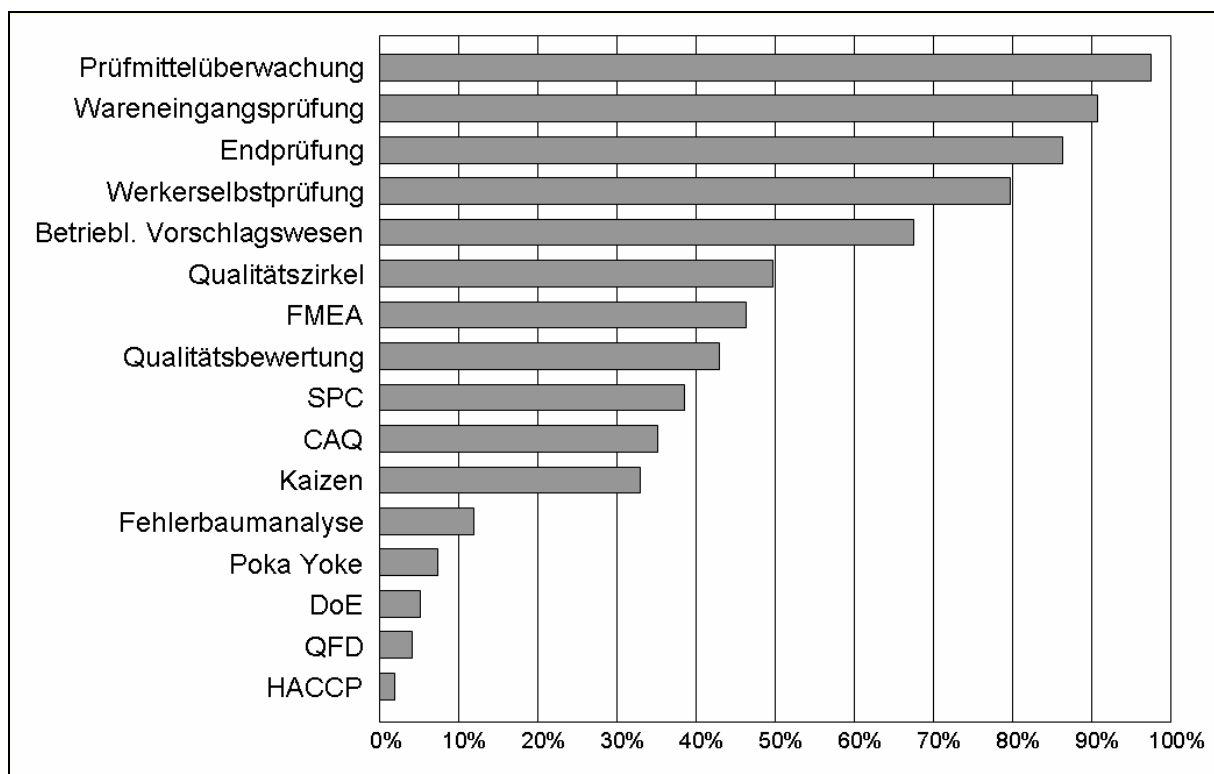


Abbildung 43: Methodenanwendung in den Unternehmen (nach [Westkämper et. al. 1998] S.17)

Eine differenziertere Befragung hat Pfeifer in einem ähnlichen Umfeld durchgeführt [Pfeifer 2002a]. Seine Befragungsergebnisse sind in Abbildung 44 zusammengefasst, wobei man feststellen kann, dass sich Veränderungen im Gebrauch der Verfahren und Methoden im Qualitätsmanagement nicht gravierend wandeln.

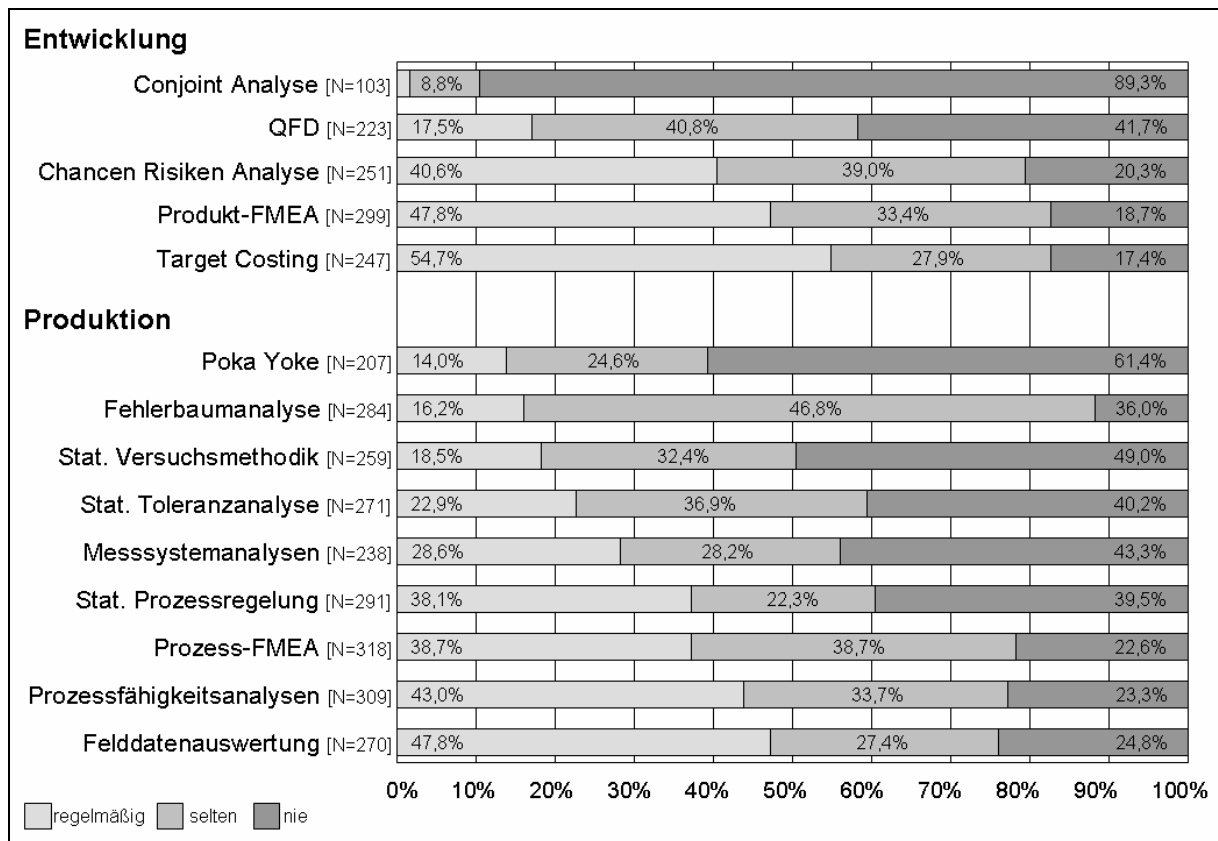


Abbildung 44: Methodeneinsatz in Unternehmen (nach [Pfeifer2002a] S.64-68)

Die Verbreitung von Normen und Richtlinien zeigt die folgende Tabelle 6:

	QS 9000	VDA 6/1	EFQM-Modell
keine Angabe	59,4 %	62,6 %	75,4 %
bekannt	22,5 %	18,7 %	17,0 %
geplant	14,6 %	14,3 %	6,1 %
zertifiziert/eingeführt	3,5 %	4,4 %	1,5 %

Tabelle 6: Verbreitung von Normen und Modellen (nach [Westkämper et. al. 1998] S.13)

Jeweils 14 Prozent der Unternehmen planen QS 9000 bzw. VDA 6 Richtlinien einzuführen, die beide Richtlinien der Automobilindustrie sind.



In [Pfeifer 2002a] wird die Automobilbranche separat betrachtet und für die 79 Unternehmen, die dieser Branche zugeordnet sind, haben sich folgende Häufigkeiten für die Unterstützung ihres QM-Systems ergeben:

<b>Norm</b>	<b>Häufigkeit</b>
QS 9000	20,3 %
VDA 6.1	22,8 %
TS 16949	19,0 %

**Tabelle 7: QM-System Ausrichtung an Normen (nach [Pfeifer 2002a] S.41)**

In der Automobilindustrie ist die Zertifizierung ein wichtiger Aspekt für die B2B- und B2C-Beziehung, wie auch die Verbreitung von Normen und Richtlinien.

## 13 Anhang B: Qualitätsprüfungen

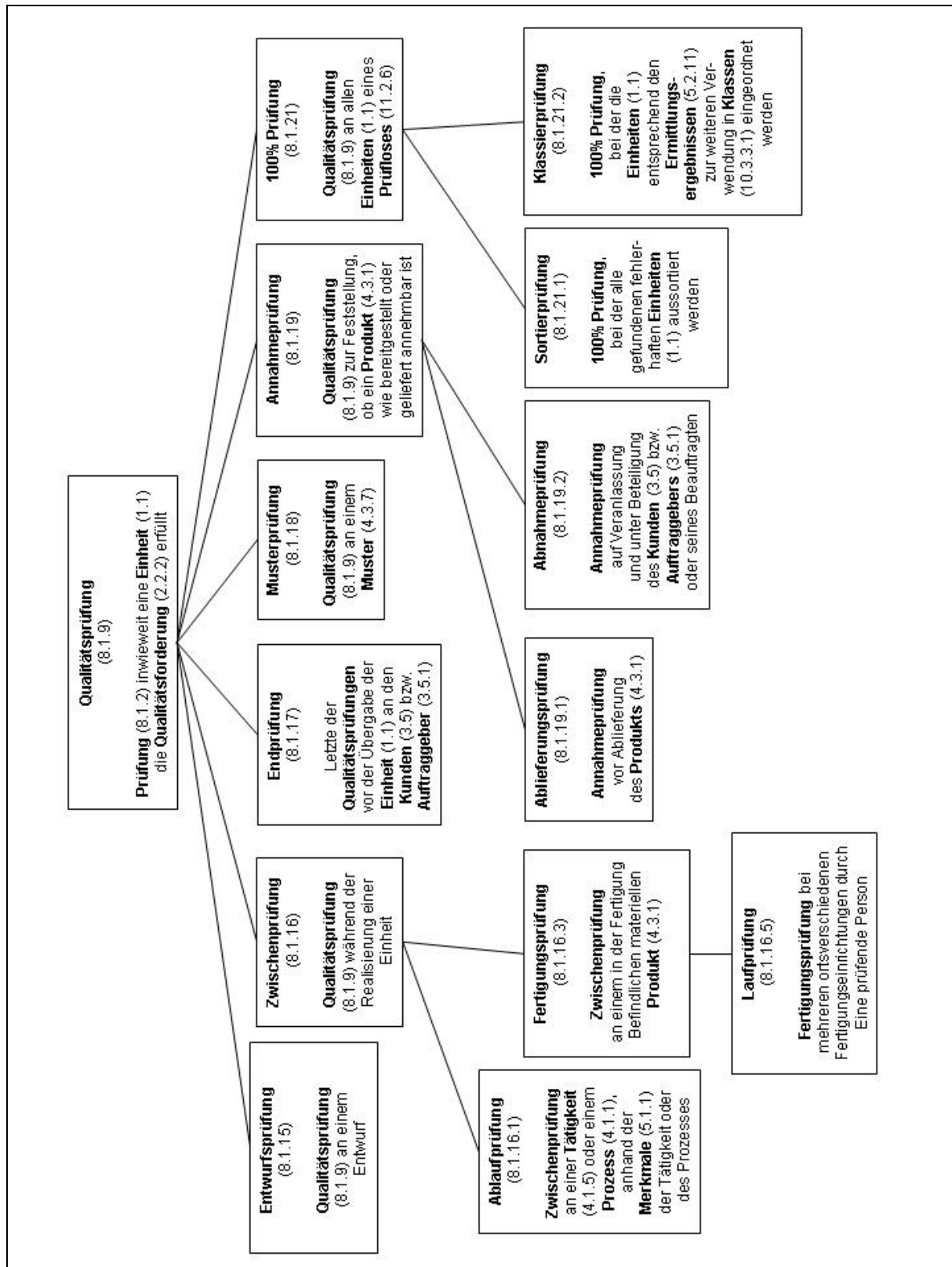


Abbildung 45: Qualitätsprüfungen nach DGQ [Leonhard et. al. 2002] S.191

## 14 Anhang C: Merkmale für Qualität

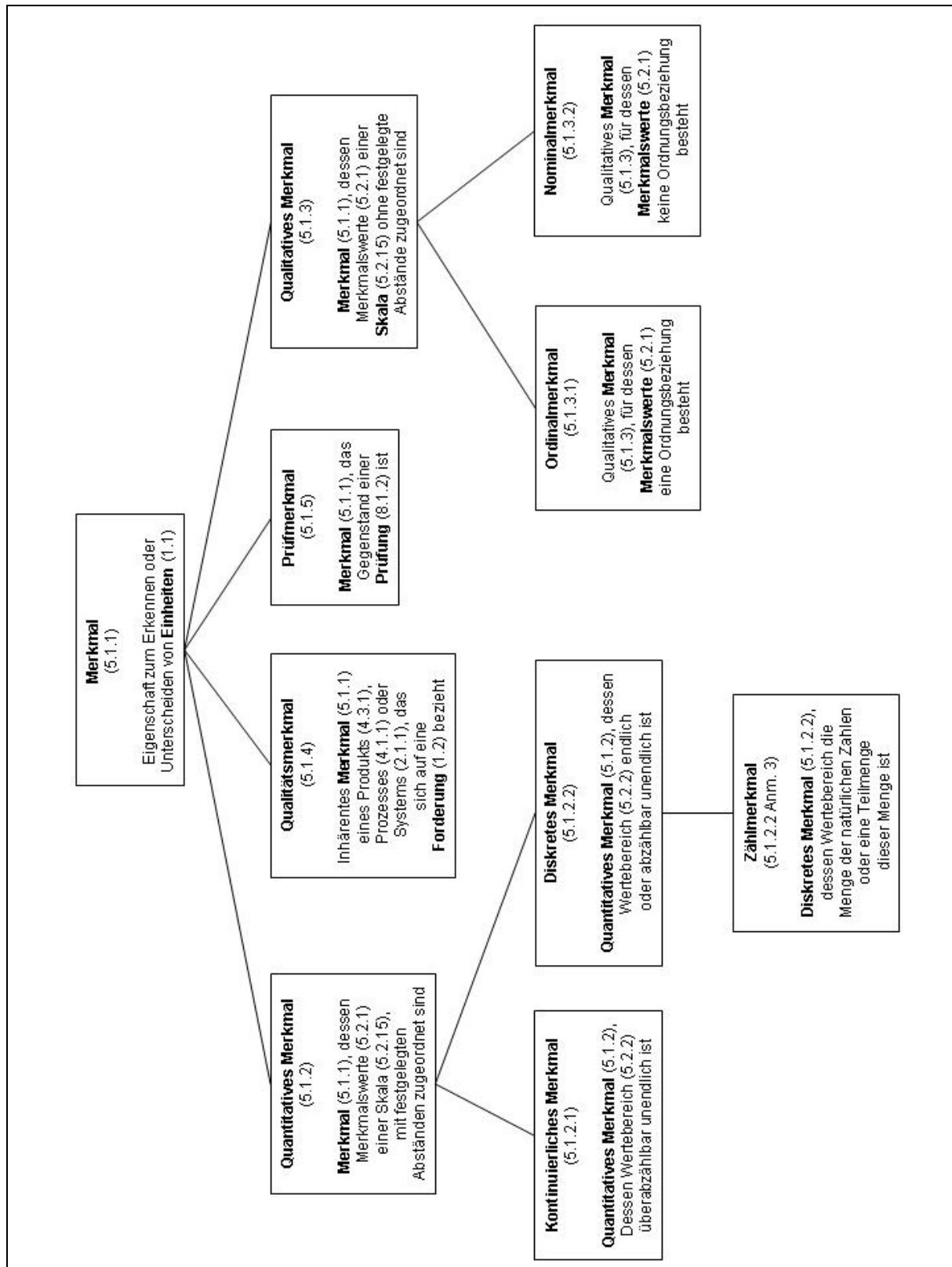


Abbildung 46: Merkmale nach DGQ [Leonhard et. al. 2002] S.116

## 15 Anhang D: Softwarearchitekturen und Frameworks

Durch die Entwicklung von Komponententechnologien und Standards für den Zusammenbau und die Kommunikation zwischen Softwarekomponenten werden neue Potentiale (Flexibilität, Wiederverwendbarkeit, Kommunikation) für die Softwareindustrie geschaffen. Eine erhebliche Verkürzung der Entwicklungszyklen und eine Verringerung der Aufwände für die Unternehmen sind möglich. Einen Überblick über die wichtigsten Architekturen bzw. Frameworks geben die folgenden Unterkapitel.

### 15.1 Java Frameworks

Die Programmiersprache Java basiert auf dem Paradigma der Objektorientierung. In Java geschriebener Quelltext wird durch einen Java Compiler in plattformunabhängigen Bytecode übersetzt. Dieser Bytecode kann durch einen plattformspezifischen Interpreter – die Java Virtual Machine – ausgeführt werden. Es kann bestimmt werden, welcher Programmcode ausgeführt werden darf oder auf welche Ressourcen auf der ausführenden Plattform Zugriff besteht. Eine Konfiguration an Rechten bzw. Restriktionen (Sandbox) definiert die Grenzen, in denen sich ein Programm entfalten kann.

Die eigentliche Programmiersprache wird durch eine umfangreiche Klassenbibliothek ergänzt. Drei Konfigurationen an Klassenbibliotheken stehen heute zur Verfügung:

- Standard Edition (J2SE)
- Enterprise Edition (J2EE)
- Micro Edition (J2ME)

Die **Standard Edition** erlaubt es, komplexe Anwendungen zu implementieren. Aus diesem Grund stehen Bibliotheken zur Erstellung komplexer grafischer Benutzungsoberflächen, zur Kommunikation mit anderen Prozessen (Netzwerkunterstützung) oder zur Kommunikation mit Datenbanken zur Verfügung. Eine besondere Klasse von Anwendungen stellen Java Applets dar. Sie unterscheiden sich von Anwendungen durch eine besonders restriktive Konfiguration einer Sandbox. Internet Browser können eine solche Sandbox definieren und über das Internet Anwendungen (Applets) von entfernten Servern auf die lokale Plattform laden und ausführen. Dabei wird sichergestellt, dass diese Programme keinen

Schaden auf der lokalen Maschine anrichten können. Es steht dem Benutzer bzw. Administrator jedoch frei, diesen Anwendungen weitere Rechte an Ressourcen zuzuweisen.

Die **Enterprise Edition** basiert auf der Standard Edition, ergänzt diese jedoch um eine Vielzahl an Komponenten. Das Entwurfziel war eine skalierbare, robuste, sichere und möglichst einfach zu nutzende Plattform zu schaffen, die es erlaubt, unabhängig von der jeweiligen Implementierung der Plattform geschäftskritische Anwendungen zu erstellen. Es wurde das Prinzip der impliziten Middleware realisiert: möglichst viel Funktionalität hinsichtlich Sicherheit (Rechte), Transaktionssicherheit und auch Skalierbarkeit wird von der Plattform bereitgestellt und soll es dem Anwendungsentwickler erlauben, sich auf die eigentliche Implementierung der Geschäftslogik zu konzentrieren. Die gesamte Plattform der Enterprise Edition lässt sich in den Web Container und den Enterprise JavaBeans (EJB) Container gliedern. Der Web Container dient zur Kommunikation mit Benutzern über deren Internet Browser und der EJB Container zur Realisierung der eigentlichen Geschäftslogik.

Die **Micro Edition** ist speziell für Geräte mit eingeschränkten Möglichkeiten der Interaktion mit dem Benutzer hin entworfen. Es können mit ihr zum Beispiel Mobiltelefone oder auch tragbare Kleinrechner (PDA) programmiert werden.

In der Java Standard Edition (J2SE) ist eine umfangreiche Klassenbibliothek zur Kommunikation mit anderen Prozessen enthalten. Es werden neben anderen folgende Protokolle bzw. Dienste unterstützt:

- Einfache Sockets (TCP / UDP)
- HTTP
- SMTP (email)
- IIOP (CORBA)
- JDBC (Datenbanken)
- JMS (Messaging)
- JNDI (Naming und Directory)
- RMI

Der Begriff RMI (Remote Method Invocation) ist doppelt belegt, er deckt zum einen die Java spezifische Kommunikation zwischen Virtual Machines und zum anderen das grundsätzliche Prinzip der entfernten Methodenaufrufs zwischen zwei Objekten (unabhängig von der Implementierungssprache) ab. In diesem Kontext ist RMI eine Java spezifische Möglichkeit der Kommunikation zwischen verschiedenen Java Virtual Machines. Es basiert auf dem Prinzip des entfernten Methodenaufrufs. Als Besonderheit ist hervorzuheben, dass zur Laufzeit Code von einer Virtual Machine auf eine andere wandern kann. Es müssen also nicht bereits vor dem entfernten Methodenaufruf alle Klassen auf beiden Virtual Machines vorhanden sein.

Mit **Enterprise Java Beans** (EJB) soll Geschäftslogik implementiert werden. Die jeweiligen Enterprise Java Beans können auf jedem Applikationsserver ausgeführt werden, der die Spezifikation der Java Enterprise Edition erfüllt. Es gibt drei Arten an EJBs:

- Session Beans: Sie werden nur über eine relativ kurze Zeit genutzt und verlieren ihren Zustand, sobald sie nicht mehr genutzt werden. Beispielsweise kann ein Geschäftsprozess durch eine Session Bean modelliert werden
- Entity Beans: Sie sollen ihren Zustand über lange Zeit behalten: Ein Kundenfahrzeug kann zum Beispiel durch eine Entity Bean modelliert werden
- Message Driven Beans: Sie werden im Kontext von Messaging Systemen eingesetzt

EJBs können – transparent für den Entwickler – in einem Transaktionskontext ausgeführt werden. Der Lebenszyklus einer EJB wird durch den Applikationsserver in dem sie ausgeführt wird verwaltet.

## 15.2 CORBA

Die „*Common Object Request Broker Architecture*“ (CORBA) ist der von der OMG (Object Management Group) entwickelte Standard, um verteilte komponentenbasierte Anwendungen zu entwickeln und als reine Middleware zu verstehen, die die Kommunikation und den Zugriff auf verteilte Objekte ermöglicht. Diese definiert und spezifiziert sowohl die zugrunde liegende Architektur der verteilten Anwendungen, als auch deren wichtigste Dienste. Zum CORBA Standard (aktuelle Version 2.6) gehören:

- Das CORBA Object Model, welches generell die Art und Weise der Interaktionen von CORBA Objekten vorschreibt
- Interface Definition Language (IDL), welche die Schnittstellen der Komponenten beschreibt, um den Zugriff auf deren Dienste zu ermöglichen. Sie realisiert auch die Trennung zwischen dem Interface und dessen Implementierung
- Das General Inter-ORB Protocol (GIOP), welches die Kommunikation zwischen verteilten CORBA Implementierungen ermöglicht. Spezifiziert sind: Common Data Representation, GIOP Message Formats und GIOP Message Transfer über TCP/IP
- Das Internet Inter-ORB Protocol (IIOP), welches Interoperabilität zwischen CORBA Implementierungen via Internet ermöglicht, welches durch Mapping zum GIOP Message Transfer bewerkstelligt wird

Die wichtigsten Dienste (CORBA-Services), welche vom CORBA Standard spezifiziert werden, sind Security Services, Lifecycle Services, Naming Services und Transaction Services. Weitere Services sind z.B. Event Service, Time, Licensing, Trading, Properties, Relationships, Query, Persistent Object, Concurrency Control und Externalisation.

Da von der OMG keine Referenzimplementierung vorgeschlagen wurde, haben sich mehrere Produkte mit unterschiedlicher Marktdurchdringung und Funktionsumfang etabliert. Die beiden Marktführer in CORBA Plattformen sind die Unternehmen IONA (<http://www.iona.com>) und BEA Systems (<http://www.bea.com>).

### **15.3 Microsoft .NET**

Microsoft .NET ist ein derzeit neues und umfangreiches Konzept zur Entwicklung und Bereitstellung von verteilten, komponentenbasierten Anwendungen, welches aus sechs Kernbereichen besteht. Besonders die Entwicklung verteilter Softwaresysteme, die aus Komponenten verschiedener Granularität zusammengesetzt werden, soll in .NET Unterstützung finden. Microsoft definiert: *„Microsoft .NET is an XML Web services platform that will enable developers to create programs that transcend device boundaries and fully harness the connectivity of the Internet“* [Vasters et. al. 2001]. Darüber hinaus lassen sich sowohl Windows-Anwendungen, Dienste und Steuerelemente, als auch Konsolenanwendungen

entwickeln. Bei der Entwicklung verteilter Webanwendungen spielen besonders die in ASP .NET gehosteten SML Webdienste eine wichtige Rolle.

Im Folgenden werden die sechs Kernbereiche von .NET genannt:

1. **.NET Framework**

Beinhaltet die Laufzeit (Common Language Runtime – CLR) und die sprachunabhängige Klassenbibliothek (Framework Class Library – FCL)

2. **Visual Studio .NET**

Entwicklungswerkzeug für die Implementierung von Anwendungen auf Basis des Frameworks

3. **.NET Enterprise Server**

Stellen eine Vielzahl von zusätzlichen Diensten und Funktionen für .NET Anwendungen bereit

4. **.NET Device Software**

Anbindung von mobilen Endgeräten, wie Handy, PDA, sowie zukünftig auch Fernseher, Kühlschränke usw. Aktuelles Beispiel ist der MS Mobile Information Server, welcher den Zugriff auf persistente Daten und Email Dienste via WAP (Wireless Applikation Protocol) ermöglicht

5. **.NET Endanwenderdienste**

Sollen bessere Benutzerschnittstellen und ein optimiertes Informationsangebot für Endanwender bereitstellen. -> Agenten

6. **Building Blocks / Foundation Services**

Dienen der Bereitstellung von Endanwenderdiensten. Beispiel: Microsoft Passport. Der Benutzer kann sich registrieren und hat dann Zugriff auf die Services von Microsoft Passport Partnerseiten, ohne sich dort erneut zu registrieren oder anzumelden

### **15.4 Serviceorientierte Architekturen am Beispiel von Web Services**

„Ein Stück Code, das mit anderen Code-Stücken über Standard Internetdienste kommuniziert. Web-Services sind für B2B das, was Browser für B2C sind.“

Die Architektur von Web-Services ist „service based“, d.h. sie nutzt Formate und Protokolle für Kommunikation zwischen Services (vgl. zum Beispiel RosettaNet) und sie ist „service oriented“, d.h. sie erlaubt das dynamische Finden zur Laufzeit.



### **SOAP** (Simple Object Access Protocol):

Mit SOAP können RPC (Remote Procedure Calls) über das Internet realisiert werden, wobei existierende Technologien genutzt werden. XML dient zur Formulierung sowohl einer Anfrage als auch einer Antwort. Sender und Empfänger übermitteln mit Hilfe von HTTP SOAP -Anfragen und -Antworten.

Eine SOAP Anfrage muss das Objekt und dessen aufzurufende Methode mit entsprechenden Parametern beinhalten.

Folgendes Beispiel einer HTTP POST Anfrage soll dies verdeutlichen:

```
POST /StockQuote HTTP/1.1 (StockQuote ist der Objektname)
Host: www.stockquoteserver.com (StockQuote lokalisiert)
Content-Type: text/xml;
...
<SOAP-ENV:Envelope xmlns:SOAP-ENV= .../>
<SOAP-ENV:Body>
    <m:GetLastTradePrice ...> (Methodenname)
        <symbol>DIS</symbol> (Parameter des Methodenaufrufs)
    </m:GetLastTradePrice>
</SOAP-ENV:Body>
</SOAP-ENV:Envelope>
```

### **UDDI** (Universal Description, Discovery and Integration)

Mit Hilfe von UDDI können Web-Services veröffentlicht werden. Es ist eine Registrierungsstelle für Anbieter von Services und eine Stelle, an der von potentiellen Nutzern nach Services gesucht werden kann. Diese Registrierungsstelle kann öffentlich oder privat sein. Es werden in UDDI drei Typen an Registrierungsdaten verwaltet:

1. White Pages: Sie beschreiben den Dienstanbieter an sich, seinen Namen und seine Kontaktinformationen.
2. Yellow Pages: Sie beschreiben die Geschäftskategorie durch 3 Standard Taxonomien, um welche Industrie es sich handelt (NAICS,...), um welches Produkt/Service es sich handelt (UN/SPSC, ECMA) und an welchem Ort der Service angeboten wird
3. Green Pages: Sie beschreiben wie man die Geschäfte über Web-Services durchführt. Sie können auf externe Dokumente (Standards) verweisen.

