

Heft 116

A. Gücker, W. Hoffmann, M. Möbus

J. Moro, C. Troll

Objektorientierte Modellierung

eines

Qualitätsinformationssystems

Juni 1995

Die Autoren:

Dipl.-Ing. Andreas Gücker

Institut für industrielle Fertigung und Fabrikbetrieb

Direktor: Prof. Dr.-Ing. Dr. h.c. H.-J. Warnecke

Dipl.-Ing. Wolfgang Hoffmann

Institut für Wirtschaftsinformatik an der Universität des Saarlandes

Direktor: Prof. Dr. A.-W. Scheer

Dipl.-Ing. Matthias Möbus

Institut für Werkzeugmaschinen und Fertigungstechnik

Direktor: Prof. Dr.-Ing. Dr. h. c. E. Westkämper

Dr. habil. Dipl.-Ing. Christian Troll

Dipl.-Ing. Jürgen Moro

Institut für Fertigungsmeßtechnik und Qualitätssicherung i. G.

Direktor: Prof. Dr.-Ing. M. Dietzsch

Inhalt

1.	Definition von Qualitätsinformation	1
2.	Funktionsweise eines Qualitätsinformationssystems	2
3.	Objektorientierte Modellierung von Qualitätsinformationssystemen	4
3.1.	Objektorientierte Methode nach J. Rumbaugh et. al.	5
3.1.1.	Das Modellierungskonzept	5
3.1.2.	Das Objektmodell	5
3.1.3.	Das dynamische Modell	7
3.1.4.	Das funktionale Modell	7
3.1.5.	Zusammenhang zwischen dynamischen und funktionalen Modell mit dem Objektmodell	8
3.2.	Objektorientiertes Referenzmodell des Qualitätsinformationssystems	9
3.2.1	Das Objektmodell des Qualitätsinformationssystems	9
3.2.1.1.	Die Klasse "Unternehmensfunktion"	11
3.2.1.2.	Die Klasse "Zugriff"	12
3.2.1.3.	Die Klasse "Qualitätsinformation"	14
3.2.1.4.	Die Klasse "Merkmal"	15
3.2.1.5.	Die Klasse "Produkt"	15
3.2.1.6.	Die Klasse "Auftrag"	16
3.2.1.7.	Die Klasse "Ressource"	17
3.2.2.	Die dynamischen Modelle des Qualitätsinformationssystems	19
3.2.2.1.	Das dynamische Modell der Klasse "Unternehmensfunktion"	19
3.2.2.2.	Das dynamische Modell der Klasse "Qualitätsinformation"	22
3.2.2.3.	Das dynamische Modell der Klasse "Zugriff"	23
3.2.2.4.	Das dynamische Modell der Klasse "Merkmal"	24
3.2.2.5.	Das dynamische Modell der Klasse "Produkt"	24
3.2.2.6.	Das dynamische Modell der Klasse "Auftrag"	24
3.2.2.7.	Das dynamische Modell der Klasse "Ressource"	25
3.2.3.	Das funktionale Modell der Klasse "Unternehmensfunktion"	27

Entscheidend ist die Anwendung sowohl der Vergleichsvorschrift als auch der Bewertungsvorschrift zur Bildung der Qualitätsinformation, um für alle Betrachter ein gemeinsames Begriffsverständnis zu schaffen. Die Vergleichsvorschrift ist zwecks Reproduzierbarkeit des Vergleichsergebnisses notwendig. Auch die Bewertung des Vergleichsergebnisses muß reproduzierbar sein. Deshalb bedarf es einer Bewertungsvorschrift, die immer zur Erzeugung dieser Qualitätsinformation genutzt wird.

2 Funktionsweise eines Qualitätsinformationssystems

Moderne Strategien des Qualitätsmanagements (QM) in den Unternehmen erfordern aufeinander optimal angepaßte Organisations- und Informationsstrukturen. Die Qualitätsfähigkeit eines Unternehmens wird maßgeblich durch diese beiden Rahmenbedingungen bestimmt. Das Management der (Unternehmens-) Qualität stellt somit eine strategische Querschnittsfunktion dar, die sich in der Gestaltung der betrieblichen Informationssysteme niederschlägt.

Qualitätsbezogene Informationen ermöglichen es, sog. "Qualitätsregelkreise" abzubilden. Qualitätsregelkreise beschreiben modellhaft die Wirkungsketten und Informationsbeziehungen, welche die Geschäftsprozesse miteinander vernetzen. "Rückfließende" Informationen liefern dabei Aussagen über die Qualität (=Erfüllung der Anforderungen) von Produkten und Prozessen. Durch Analyse dieser Informationen können Verbesserungsprozesse im Unternehmen angestoßen werden.

Das Ziel von Qualitätsinformationssystemen ist somit die Unterstützung der betrieblichen Qualitätsregelkreise. Hierzu muß das Informationssystem Qualitätsdaten, die in den Unternehmensfunktionen anfallen, unter verschiedenen Gesichtspunkten aufnehmen, weiterverarbeiten und für Analysen zur Verfügung stellen. Um die Beziehung zu den Unternehmensfunktionen herstellen zu können, muß das Qualitätsinformationssystem über eine geeignete Beschreibung der Aufbau- und Ablauforganisation verfügen. Diese korrespondieren mit den im Rahmen des QM-Systems festgelegten organisatorischen Grundsätzen.

Beim Aufbau von rechnerunterstützten Informationssystemen für das QM sind die Prinzipien von Qualitätsregelkreisen abzubilden. Diese Prinzipien bauen auf der Rückführung von Informationen über die Qualität der erzeugten Produkte auf. Durch sie können Abweichungen und Schwachstellen erkannt und beseitigt werden. Damit Qualitätsregelkreise sich auswirken können muß sichergestellt werden, daß Informationen über die Qualität den verantwortlichen oder beteiligten Organisationseinheiten im Unternehmen zur Verfügung stehen.

Um den oben genannten Anforderungen gerecht zu werden, müssen Qualitätsinformationssysteme in die vorhandene Infrastruktur der Informationsverarbeitung integriert sein. Viele (Qualitäts-) Daten, die zur Bildung von Qualitätsinformationen nötig sind, sind im Rahmen schon existierender Systeme bereits vorhanden. Weiterhin muß das QIS die Qualitätsinformationen für alle betroffenen Stellen jederzeit verfügbar halten können. Durch die

Analyse von Qualitätsinformationen können Prozesse angestoßen werden, welche die Optimierung bzw. Wiederherstellung von Qualität bewirken. Deren erfolgreiche Durchführung benötigt eine flexible Zuordnung der Informationen zu unterschiedlichen Bezugsgrößen im Unternehmen. Diese Bezugsgrößen können beispielsweise Produkte, Prozesse, Ressourcen oder der Auftrag sein.

Bei der Gestaltung von Informationssystemen müssen deshalb sowohl datentechnische als auch organisationsbezogene Konzepte und Strukturen betrachtet werden, um die Qualitätsinformation auf die Bezugsgrößen abzubilden (vgl. Abbildung 2):

- Die datentechnische Betrachtung muß die Anforderungen an die Datenmodelle sowie die Datenhaltungs- und -verarbeitungsverfahren erfüllen, um die Beziehungen der Qualitätsinformationen zu den technischen Bezugsgrößen Produkt, Auftrag und Ressource herstellen zu können.
- Die organisationsbezogene Betrachtung muß die Anforderungen an die Gestaltung der Abläufe sowie die Transparenz von Informationserzeugung und -nutzung in bezug auf die Organisationseinheiten im Unternehmen erfüllen, um die Beziehungen der Qualitätsinformationen zu den Unternehmensfunktionen (z.B. QM-System) herstellen zu können.

Die verbindende Komponente zwischen der (daten-) technischen und der organisatorischen Sichtweise wird durch Qualitätsregelkreise hergestellt. Diese nutzen die Daten über die Qualität der Produkte und Prozesse und ermöglichen es, durch eine Zuordnung dieser Daten zu den korrespondierenden Organisationselementen, beispielsweise eine Reaktion auf Abweichungen auszulösen. Hierbei müssen die technische und die organisatorische Sichtweise in der tatsächlich auftretenden Beziehung gesehen und abgebildet werden.

Hierdurch wird ein effizienter Einsatz möglich und die Aufgabe des QIS beschränkt sich nicht auf ein reines Fehlermeldesystem. Die Quellen und Senken der Qualitätsinformation dienen dabei als Ausgangs- und Endpunkte, um die sich ergebenden Wirkungsketten transparent zu machen und Reaktionen im Unternehmen zu initiieren.

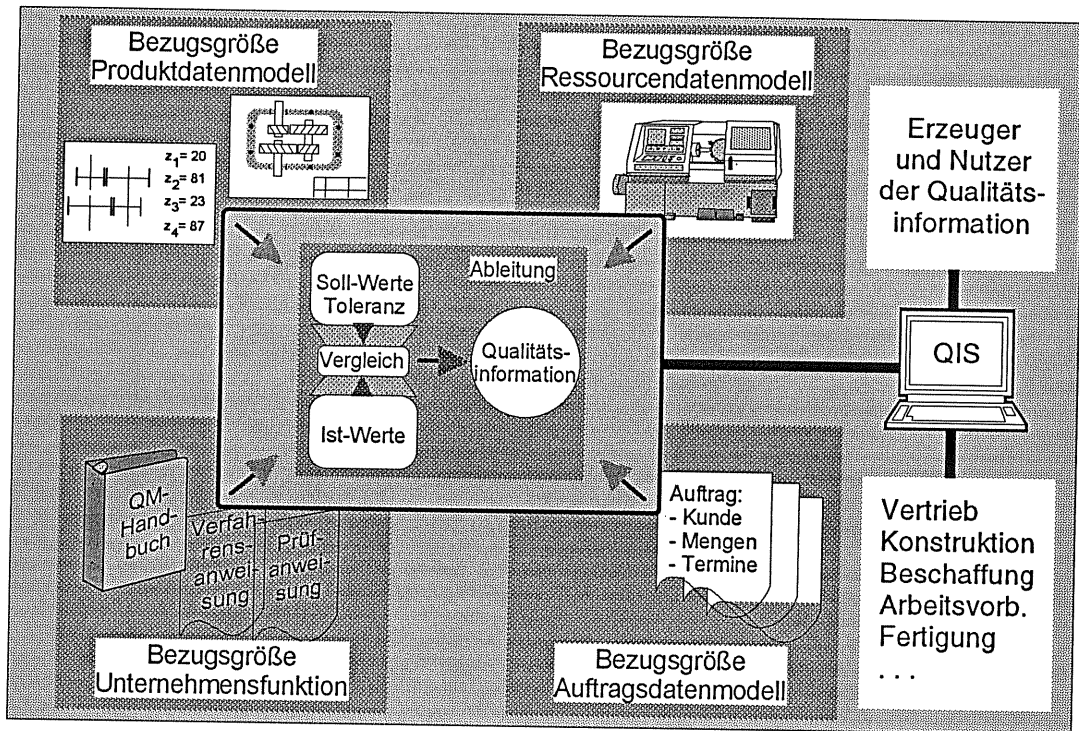


Abb. 2: Bezugsgrößen zur Bildung von Qualitätsinformationen

3 Objektorientierte Modellierung von Qualitätsinformationssystemen

Die Gewinnung und Verteilung von Qualitätsinformationen über die gesamte Wertschöpfungskette durch ein Qualitätsinformationssystem stellt die Entscheidungsgrundlage für ein effektives Qualitätsmanagement dar. Qualitätsinformationen ermöglichen den Aufbau von Qualitätsregelkreisen, angefangen von prozeßnahen bis hin zu ebenenübergreifenden und zwischenbetrieblichen Regelkreisen.

Gerade der Querschnittscharakter von Qualitätsinformationssystemen im Unternehmen stellt besondere Anforderungen an die Modellierungsmethode. Das Modell eines Qualitätsinformationssystems muß in ein Unternehmensinformationsmodell integriert sein. Durch die immer kürzeren Innovationszyklen der Produkte sind auch die Prozesse innerhalb eines Unternehmens einem ständigen Wandel unterworfen. Der Anpassungs- und Reaktionsfähigkeit des Unternehmens an neue Markterfordernisse müssen auch die Unternehmensmodelle gerecht werden. Diese Leistungsmerkmale lassen sich, beim heutigen Stand der Forschung, durch den Einsatz objektorientierter Modellierungsmethoden erreichen. Die "Object Oriented Modeling and Design Technique" (OMT) von Rumbaugh et al. wurde als Vorgehensweise für die folgende Arbeit verwendet. OMT erlaubt, im Vergleich zu anderen objektorientierten Ansätzen, die Verwendung einer einheitlichen grafischen Notation über alle Entwurfszyklen hinweg.

3.1 Objektorientierte Methode nach J. Rumbaugh et al.

3.1.1 Das Modellierungskonzept

Die Systementwicklung führt zu einem Entwurf eines objektorientierten Modells, das ausgehend von der fachlichen Beschreibung des Systems, mit dem Ziel einer Implementierung, phasenweise verfeinert wird. Die OMT umfaßt die Phasen der Modellkonzeption, die Systemgestaltung, die Objektspezifikation und die Implementierung. Der besondere Vorteil der OMT liegt in ihrer durchgängigen Anwendung in allen Phasen des Systementwicklungsprozesses. Die Übergänge zwischen den Phasen der Entwurfstechnik sind fließend.

Anhand der Beschreibung eines Problems wird in der **Modellkonzeption** zunächst ein Modell der realen Situation entworfen. Dieses weist die wichtigsten Merkmale der Problemstellung auf. Das resultierende Analysemodell ist eine knappe und genaue Beschreibung des "was" ein System tun muß und nicht "wie" etwas geschehen wird.

In der Phase des **Systementwurfs** wird die globale Problemlösungsstrategie für die Implementierung des Systems entwickelt. Es werden Entscheidungen auf höchster Ebene über die gesamte Systemarchitektur getroffen. Das Zielsystem wird in Teilsysteme zerlegt, welche den später verwendeten Hard- und Softwarekomponenten zugeordnet werden.

In der Phase der **Objektspezifikation** werden die verschiedenen Modelltypen der OMT, unter Berücksichtigung der definierten Systemarchitektur und der gestellten Anforderungen an Hard- und Softwarekomponenten, integriert. Die Objektspezifikation enthält zusätzlich Implementierungsdetails und erweitert und modifiziert das Analysemodell. Im Mittelpunkt des Objektdesigns steht die Konkretisierung der Datenstrukturen und Algorithmen, die in jeder Klasse benötigt werden. Weiterhin werden Strategien für die Implementierung des dynamischen Systemverhaltens getroffen.

In der **Implementierung** werden die während des Objektdesigns entworfenen Objektklassen und Beziehungen in Programmiersprachen und Datenbanken realisiert. Dieser Teil des Entwicklungszykluses sollte nur einen geringen Umfang annehmen, da alle wesentlichen Entscheidungen in den vorhergehenden Phasen festgelegt wurden.

Die Verwendung objektorientierter Konzepte zusammen mit einer graphischen Notation und einer Entwicklungsmethodologie erhöht beträchtlich die Qualität, Flexibilität und Verständlichkeit von Informationssystemen. In den o. g. Phasen des Systementwicklungsprozesses verwendet die OMT drei Modelltypen, die im folgenden mit ihren wichtigsten grafischen Konstrukten vorgestellt werden.

3.1.2 Das Objektmodell

Objektmodelle beschreiben die statische Struktur von Objekten, Klassen und ihren Relationen zueinander. Ein **Objekt** ist ein Konzept, eine Abstraktion oder eine Sache mit klaren Abgrenzungen und einer klaren Bedeutung für die Anwendung. Eine Gruppe von Objekten mit

gemeinsamen Attributen, Operationen und Semantik wird zu einer **Objektklasse** zusammengefaßt. **Attribute** beschreiben die Eigenschaften der Objekte einer Klasse. **Operationen** sind Funktionen, die auf Objekte einer Klasse angewendet werden.

Relationen zwischen Objekten bzw. Objektklassen werden durch Verknüpfungen bzw. Assoziationen hergestellt. Objekte werden durch Verknüpfungen verbunden, **Assoziationen** beschreiben Gruppen von Verknüpfungen mit gleicher Struktur und Semantik. Durch Angabe von **Multiplizitäten** wird spezifiziert, wieviele Objekte einer Klasse mit Objekten relationaler Klassen in Beziehung stehen können. Weitere Möglichkeiten zur Modellierung von Assoziationen sind Verknüpfungsattribut und Aggregation. Ein **Verknüpfungsattribut** ist eine Eigenschaft der Relation und kann nicht eindeutig einem Objekt zugeordnet werden. Eine **Aggregation** ist eine eng gekoppelte Form der Assoziation mit zusätzlichen semantischen Möglichkeiten, wie Fortpflanzung von Operationen.

Die wichtigsten Konzepte des objektorientierten Entwurfs sind Generalisierung und Vererbung. Die **Generalisierung** erlaubt es, Klassen aufgrund ihrer Ähnlichkeiten und Unterschiede in einer hierarchischen Struktur zu organisieren. Durch Vererbung wird bei der Implementierung die Wiederverwendung von Programmcode erleichtert. Der Begriff **Vererbung** bezieht sich dabei auf den Mechanismus, Attribute und Operationen in einer Klassenhierarchie von übergeordneten an untergeordneten Klassen weiterzugeben. Die Vererbung von Attributen und Operationen ist über eine beliebige Anzahl von Ebenen innerhalb der Klassenhierarchie hinweg möglich. Abbildung 3.1-1 zeigt die ausgewählten grafischen Konstrukte des Objektmodells. Es ist das wichtigste Modell des OMT-Ansatzes, da es Ausgangspunkt für das funktionale und dynamische Modell ist.

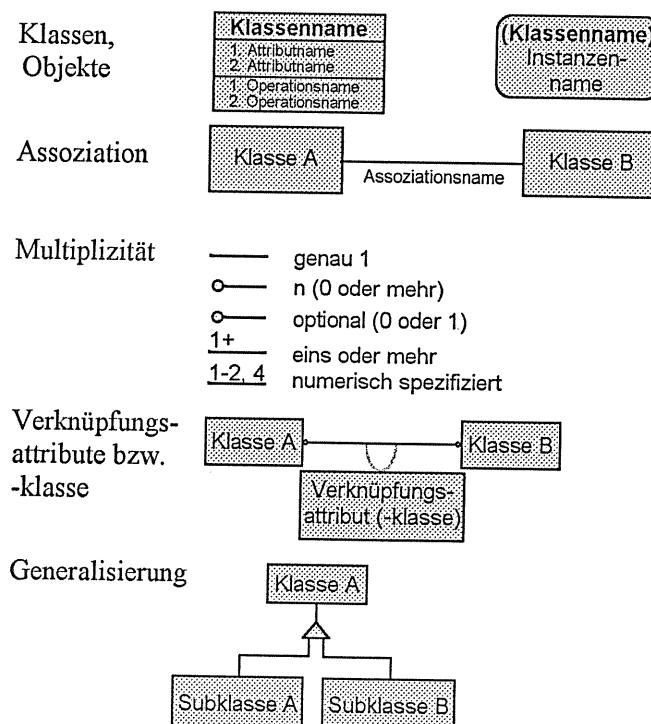


Abbildung 3.1-1: Elemente des Objektmodells

3.1.3 Das dynamische Modell

Das Objektmodell ist Ausgangspunkt für eine dynamische Betrachtung des Systemverhaltens, in dessen Mittelpunkt die zeitlichen Aspekte bzw. die Veränderungen von Objekten und Relationen stehen. Diese Sachverhalte werden in dynamischen Modellen abgebildet. Es stellt Steuerungsinformationen dar, wie z. B. Folge von Ereignissen, Zuständen und Operationen, die in einem Objektmodell auftreten. Der **Zustand** eines Objekts wird durch die jeweiligen Ausprägungen seiner Attributwerte und Verknüpfungen charakterisiert. Während der Laufzeit des Systems wirken die verschiedenen Objekte aufeinander ein, was Zustandsveränderungen nach sich zieht. Der Stimulus, ausgehend von einem Objekt zu einem anderen, wird als **Ereignis** bezeichnet. Die Reaktion des Adressaten hängt von seinem jeweiligen Zustand ab. Sie kann sich in einer Zustandsänderung oder dem Versenden einer Nachricht, z. B. bedingt durch die Erzeugung eines Ereignisses an ein weiteres Objekt bzw. zurück zum Absender realisieren. Die Verknüpfung von Bedingungen mit Ereignissen ermöglicht es, **Zustandsübergänge** zu definieren, die nur bei Erfüllung der Bedingung eintreten. Eine **Aktion** ist eine "zeitlose" Reaktion auf ein Ereignis, wie beispielsweise das Versenden einer Nachricht an ein anderes Objekt. Eine **Aktivität** ist eine Folge von Operationen, die eine gewisse Zeitspanne in Anspruch nimmt. Das Ergebnis einer Aktivität kann als Entscheidungsgrundlage für die Auswahl des nächsten Zustandsübergangs verwendet werden. Sowohl Ereignisse, als auch Zustände können in Vererbungshierarchien organisiert werden.

Für jede Klasse im Objektmodell wird ein dynamisches Modell erstellt. Die Integration der einzelnen dynamischen Modelle zu einem Gesamtsystem erfolgt über die Ereignisse. Abbildung 3.1-2 zeigt die wesentlichen Elemente des dynamischen Modells.

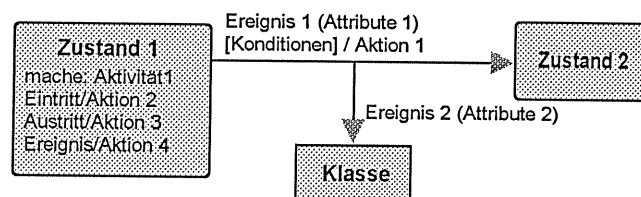


Abbildung 3.1-2: Elemente des dynamischen Modells

3.1.4 Das funktionale Modell

Das funktionale Modell beschreibt die Berechnungen innerhalb eines Systems. Es verdeutlicht die Herleitung der Ausgabewerte aus den Eingabewerten und setzt sich aus Datenflußdiagrammen (DFD) zusammen. DFD sind graphische Modelle zur Veranschaulichung des Werteflusses von externen Eingaben über Prozesse und internen Datenspeichern bis hin zu externen Ausgaben. Im funktionalen Modell wird die Bedeutung von Prozessen spezifiziert. Wie und wann Ergebnisse einer Berechnung entstanden sind, wird nicht untersucht.

Ein **Prozeß** modifiziert Datenwerte. Jeder Prozeß verfügt über eine festgelegte Anzahl von Ein- und Ausgabedaten, sogenannte Datenflüsse. Ein **Datenfluß** verbindet die Ausgabedaten eines Objekts mit dem Zielobjekt. Diese Ausgabedaten stellen für das Zielobjekt wiederum die Eingabedaten für weitere Berechnungen dar. Ein **Handlungsobjekt** aktiviert den Datenfluß in einem DFD, indem es Daten erzeugt oder anfordert. Da sie den Datenfluß als Quelle oder als Senke terminieren, werden sie auch als Terminatoren bezeichnet. Ein **Datenspeicher** ist ein passives Objekt innerhalb eines DFD's, welches lediglich dazu dient, Daten für einen späteren Zugriff zwischenzuspeichern. Abbildung 3.1-3 zeigt die Elemente der funktionalen Modellierung.

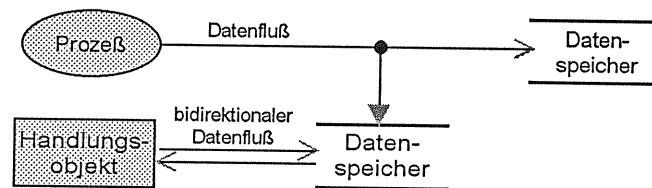


Abbildung 3.1-3: Elemente der funktionalen Modellierung

3.1.5 Zusammenhang zwischen dynamischem und funktionalen Modell mit dem Objektmodell

Eine vollständige Systembeschreibung mit der OMT erfordert ein Objektmodell, je ein Zustandsdiagramm für Klassen mit nicht-trivialem dynamischem Verhalten sowie funktionale Modelle, in denen die Prozesse durch Datenflußdiagramme spezifiziert sind.

Zusammenhänge zwischen den Modelltypen sind in Abbildung 3.1-5 erläutert.

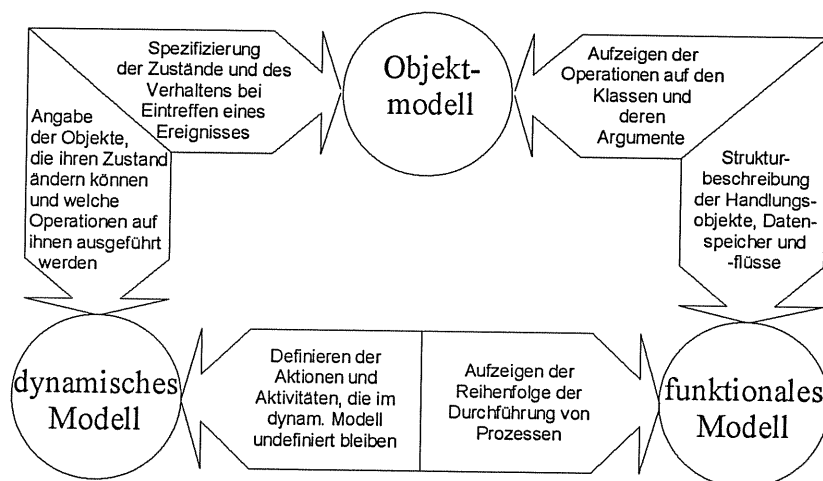


Abbildung 3.1-4: Beziehungen zwischen den Modelltypen

Eine detailliertere Beschreibung der OMT ist in *Rumbaugh 1993*¹ zu entnehmen.

¹ Rumbaugh, J. et al.: Objektorientiertes Modellieren und Entwerfen, dt. Ausg., München et al. 1993

3.2 Objektorientiertes Referenzmodell des Qualitätssystemssystems

Die Definitionen von Referenzmodellen weichen in der Literatur voneinander ab. In der Definition von Hars wird die Gemeinsamkeit aller Ansätze formuliert: "Bei jedem Referenzmodell handelt es sich um ein Modell, das für den Entwurf anderer Modelle herangezogen werden kann"². Ein Referenzmodell orientiert sich an den inhaltlichen Aspekten unternehmensspezifischer Basismodelle. Bei der Erstellung eines Referenzmodells werden auch Standardisierungs- und Normierungsbestrebungen unterstützt, indem Übereinstimmungen aus mehreren Modellen erarbeitet und im Referenzmodell festgehalten werden.

Referenzmodelle sind statische und auf einen Zeitpunkt bezogene Modelle, die gepflegt werden müssen. Die Verfügbarkeit und die Aktualität von Referenzmodellen ist ein wichtiger Aspekt in Bezug auf den mit dem Einsatz verbundenen Nutzen. Durch computerunterstützte Werkzeuge können Referenzmodelle ohne großen Aufwand auf einem aktuellen Stand gehalten werden und sind jederzeit verfügbar.

Der hohe Aufwand bei der Erstellung unternehmensweiter Daten-, Funktions- und Organisationsmodelle kann mit Hilfe von Referenzmodellen bedeutend reduziert werden.

Wegen der Komplexität von Unternehmen und der verschiedenen Zielsetzungen werden Referenzmodelle für bestimmte Branchen, Unternehmenstypen, Objektklassen oder Funktionsbereiche erstellt. Gerade für Klein- und Mittelunternehmen ist der Einsatz von Referenzmodellen die einzige Möglichkeit, die Unternehmensstrukturen mit einem akzeptablen Aufwand zu dokumentieren.

Die Einsatzbereiche für Referenzmodelle werden immer größer. So können Referenzmodelle bei der Auswahl, dem Entwurf und der Einführung von Software eingesetzt werden. Ein weiteres Anwendungsgebiet ist die Optimierung der Unternehmensstrukturen. Das unternehmensweite Referenzmodell des Qualitätssystemssystems unterstützt das Management bei der Einführung eines Qualitätssystemssystems bzw. bei der Optimierung eines bereits vorhandenen Qualitätssystemssystems. Die im folgenden vorgestellten objektorientierten Modelle verfolgen einen branchenneutralen Ansatz. Die Ausrichtung des Qualitätssystemssystems auf branchenspezifische Lösungen erfolgt durch eine Hierarchisierung der Objektklassen.

3.2.1 Das Objektmodell des Qualitätssystemssystems

Grundlage für das Objektmodell des Qualitätssystemssystems sind die drei Basisklassen "Auftrag", "Produkt" und "Ressource" des vom BMBF geförderten Projekts KCIM³. Da bei der Modellierung des Qualitätssystemssystems die Unternehmensfunktionen im Vordergrund stehen (als Erzeuger bzw. Verbraucher von Qualitätssystemssystems), wird eine Klasse "Unternehmensfunktion" als ternäre Beziehungsklasse zwischen diesen Basisklassen

² Hars, A.: Referenzdatenmodelle, Wiesbaden 1994, S. 15

³ Spur, G.; Mertins, K.; Jochem, R.: Integrierte Unternehmensmodellierung, 1. Auflage, Berlin et. al. 1993.

eingeführt. Die Darstellung der Unternehmensfunktion als Beziehungsklasse trägt der Ansicht Rechnung, daß die Beziehungen der Klassen "Auftrag", "Produkt" und "Ressource" nicht getrennt betrachtet werden können. Die eindeutige Identifikation der Klasse "Unternehmensfunktion" in dieser ternären Beziehung wird wahlweise über den Kandidatenschlüssel {Ressource, Produkt} bzw. {Ressource, Auftrag} vorgenommen. Unternehmensfunktionen, die Qualitätsinformationen erzeugen und bereitstellen, werden als Quelle von Qualitätsinformationen betrachtet. Unternehmensfunktionen, die Qualitätsinformationen verarbeiten, werden als Senke bezeichnet. Die Klasse "Zugriff" verbindet die "Unternehmensfunktion" mit der Klasse "Qualitätsinformation". "Zugriff" steuert den Fluß von Qualitätsinformationen zwischen Unternehmensfunktionen. Sowohl die Klasse "Unternehmensfunktion" als auch die Klasse "Qualitätsinformation" können Instanzen der Klasse "Zugriff" initiieren.

Qualitätsinformationen beziehen sich immer auf ein ausgewähltes Merkmal, das einer der Basisklassen zugeordnet ist. Damit die Möglichkeit besteht, auch komplexen Merkmalen Qualitätsinformationen zuzuordnen, wird die Klasse "Merkmal" eingeführt. Sie enthält alle zur Bildung von Qualitätsinformationen relevanten Merkmale.

Die Klassen "Unternehmensfunktion", "Merkmal", "Auftrag", "Ressource" und "Produkt" weisen zusätzlich die Struktur einer rekursiven Aggregation auf, d. h. sie besitzen eine rekursive Struktur, die eine beliebige Anzahl von untergeordneten Ebenen erlaubt. Daher können mit Hilfe der rekursiven Aggregation Strukturen verschiedenster Unternehmen flexibel erzeugt werden.

Abbildung 3.2.1-1 zeigt das Objektmodell des Qualitätssystemsystems mit den wesentlichen Beziehungen zwischen den Klassen.

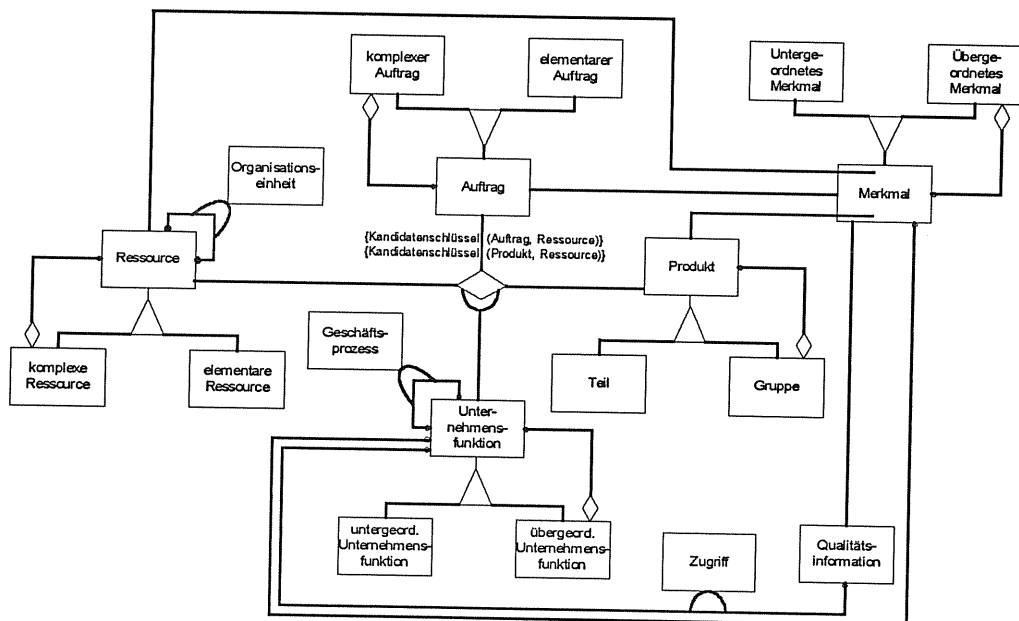


Abbildung 3.2.1-1: Objektmodell des Qualitätssystemsystems

Die folgenden Abschnitte beschreiben die Klassen des Objektmodells mit ihren Attributen und Operationen.

3.2.1.1 Die Klasse "Unternehmensfunktion"

□ Allgemeine Beschreibung

Eine Unternehmensfunktion beschreibt das Zusammenwirken von Ressourcen zur Ausführung eines Auftrages für die Erstellung eines bestimmten Produkts. Unternehmensfunktionen unterscheiden sich von gewöhnlichen Funktionen, die sich jeweils nur auf ein Objekt beziehen, durch ihren betriebswirtschaftlichen Charakter.

Wesentliche Eigenschaften der Unternehmensfunktion sind das Erzeugen, Beschaffen und Analysieren von Qualitätsinformationen, die beim Ablauf der Unternehmensfunktion entstehen können bzw. benötigt werden.

□ Attributbeschreibung

Neben der Bezeichnung "Funktionsname" und den zwei Verweisen auf übergeordnete und untergeordnete Unternehmensfunktionen finden sich relationale Attribute zu den Klassen "Auftrag", "Produkt", "Merkmal" und "Ressource" in der Klassenstruktur wieder.

□ Operationen

Die abstrakte Klasse "Unternehmensfunktion" stellt ihren Unterklassen die Operationen "planen", "beschaffen", "ausführen", "prüfen", "analysieren", "Merkmal ermitteln", "vergleichen" und "bewerten" zur Verfügung. Diese Operationen sind in den Unterklassen durch eine spezielle Wahl einer Methode näher zu beschreiben.

Unter der Operation "planen" verstehen wir hier eine organisatorische Zusammenführung von Tätigkeiten in einen geordneten zeitlichen Ablauf. Die Operation "beschaffen" führt all die Vorgänge aus, die notwendig sind, um die Voraussetzungen zur Bearbeitung eines Auftrages zu schaffen. Die Operation "ausführen" führt die einzelnen Planungsschritte durch. Im Anschluß daran wird durch die Operation "prüfen" die Einhaltung der Vorgaben kontrolliert. Tritt während des Ablaufs der Unternehmensfunktion ein Fehler oder eine Unregelmäßigkeit auf, so wird dies, nach Beschaffung bzw. Erzeugung der entsprechenden Qualitätsinformationen, durch die Operation "analysieren" untersucht. Die Erzeugung einer Qualitätsinformation beinhaltet die Operationen "Merkmal ermitteln", "vergleichen" und "bewerten". Abbildung 3.2.1-2 zeigt Attribute und Operationen der Klasse "Unternehmensfunktion".

Unternehmensfunktion	
Zustands-Attr. U-Fkt.name	Op. planen
rel. Attr. Zugehörigkeit	Op. beschaffen
rel. Attr. Bestandteile	Op. ausführen
rel. Attr. steuernder Auftrag	Op. prüfen
rel. Attr. verwendete Ressourcen	Op. analysieren
rel. Attr. bearbeitetes Produkt	Op. Merkmal ermitteln
rel. Attr. Merkmal	Op. vergleichen
	Op. bewerten

Abbildung 3.2.1-2: Attribute und Operationen der Klasse "Unternehmensfunktion"

3.2.1.2 Die Klasse "Zugriff"

□ Allgemeine Beschreibung

Die Klasse „Zugriff“ beschreibt die Informationsflüsse zwischen "Unternehmensfunktion" und "Qualitätsinformation". Sie realisiert die verschiedenen Zugriffsarten "lesen", "schreiben" und "benachrichtigen". Diese spiegeln sowohl das "Bring"-Prinzip als auch das "Hol"-Prinzip von Qualitätsinformationen wieder. Das "Hol"-Prinzip stellt sicher, daß Unternehmensfunktionen auf die für sie wichtigen Qualitätsinformationen bei Bedarf zugreifen können. Umgekehrt wird durch das "Bring"-Prinzip den Unternehmensfunktionen eine Rückmeldung der für sie relevanten Qualitätsinformation sichergestellt. Die Art der Reaktion auf das Eintreffen einer Qualitätsinformation bleibt der Unternehmensfunktion vorbehalten.

□ Attributbeschreibung

Das Zustandsattribut "Zugriffsart" kann die Werte "lesen", "schreiben" und "benachrichtigen" annehmen. Je nach Belegung von "Zugriffsart" wird das Verhalten der Operation "Zugriff durchführen" bestimmt. Da es sich um eine Beziehungsklasse handelt, kann eine beliebige Anzahl von Instanzen mit unterschiedlicher Belegung des Zustandsattributes "Zugriffsart" erzeugt werden.

Die Beziehungsstruktur zwischen den Qualitätsinformationen und den Unternehmensfunktionen sind in den beiden Tabellen "Liste auf QI-Zugriffe" und "Liste auf UF-Zugriffe" abgelegt.

Liste auf QI-Zugriffe:

UF \ QI	QI _i	QI _j	QI _k	QI...
UF ₁	(R,W)	(R,/)	(/,/)	
UF _m	(R,W)	(R,W)	(R,/)	
UF _n	(R,/)	(R,/)	(R,/)	
UF _:				

R: lesen

W: schreiben

/: kein Zugriff

Liste auf UF-Zugriffe:

QI \ UF	UF ₁	UF _m	UF _n	UF...
QI _i	0	1	1	
QI _j	0	0	0	
QI _k	1	1	1	
QI _:				

1: Änderung der QI muß dieser UF mitgeteilt werden

0: Benachrichtigung nicht erforderlich

Da die Klasse Zugriff sowohl die Kommunikation zwischen der Klasse "Qualitätsinformation" und der Klasse "Unternehmensfunktion" als auch die Kommunikation in umgekehrter Richtung steuert, sind die zwei Relationenattribute "Bezug auf QI" und "Bezug auf UF" notwendig, damit verschiedene Instanzen der beiden Klassen "Qualitätsinformation" und "Unternehmensfunktion" gleichzeitig die Methoden der Klasse "Zugriff" benutzen können.

□ Operationen

Als einzige Operation ist die Methode "Zugriff durchführen" aufgeführt.

Abbildung 3.2.1-3 zeigt Attribute und Operationen der Klasse "Zugriff".

Zugriff	
Zustands-Attr	Op
Zugriffs-Attr	Zugriff durchführen
rel. Attr	Liste auf QI-Zugriffe
rel. Attr	Liste auf UF-Zugriffe
rel. Attr	Qualitäts- information
Unter-Attr	Unternehmens- funktion

Abbildung 3.2.1-3: Attribute und Operationen der Klasse "Zugriff"

3.2.1.3 Die Klasse "Qualitätsinformation"

□ Allgemeine Beschreibung

Eine Qualitätsinformation entsteht aus der Bewertung einer Abweichung, die aus einem Vergleich zwischen Ist- und Soll-Ausprägung eines Merkmals resultiert.

□ Attributbeschreibung

Neben der Bezeichnung der Qualitätsinformation im Attributfeld "QI-Name" wird zusätzlich deren Wert bzw. Ausprägung im Feld "QI-Inhalt" angegeben. "Archivierung" beschreibt den Ort der langfristigen Speicherung der Qualitätsinformation. Das Feld "Bereitstellung" gibt an, wo und wie die Qualitätsinformationen zur Verfügung gestellt werden. Als relationale Attribute verweisen "zugehöriges Merkmal" auf die Instanz des Merkmals, aus dem die Qualitätsinformation abgeleitet wurde und "Unternehmensfunktion" auf die assoziierten Unternehmensfunktionen.

□ Operationen

Als Operationen sind "Speichern" bzw. "Löschen", "Archivieren" sowie "Bereitstellen" und "Entfernen" in die Klassenstruktur integriert.

Das "Bring"-Prinzip wird durch die Operation "Rückmelden" repräsentiert, bei der über die Klasse "Zugriff" alle davon betroffenen Unternehmensfunktionen unterrichtet werden.

Abbildung 3.2.1-4 zeigt Attribute und Operationen der Klasse "Qualitätsinformation".

Qualitäts- information	
Zustands-Attr	Op
QI-Name	speichern
Zustands-Attr	Op
QI-Inhalt	löschen
Zustands-Attr	Op
Archivierung	archivieren
Zustands-Attr	Op
Bereit- stellung	bereitstellen
rel. Attr	Op
Zugehöriges Merkmal	entfernen
Unter-Attr	Op
nehmens- funktion	rückmelden

Abbildung 3.2.1-4: Attribute und Operationen der Klasse "Qualitätsinformation"

3.2.1.4 Die Klasse "Merkmal"

□ Allgemeine Beschreibung

Ein Merkmal charakterisiert eine Einheit (z. B. eine Basisklasse oder eine Kombination von Basisklassen) und kann daher zur Identifikation oder zum Vergleich herangezogen werden.

Ein Merkmal bezieht sich immer auf eine spezifische Ausprägung, d.h. auf objektive oder subjektive Eigenschaften der Einheit. Die betrachtete Eigenschaft einer Instanz der Einheit stellt dabei die Ist-Ausprägung des Merkmals dar.

Diese Beziehungen sind in der Klassenstruktur von Merkmal abgebildet.

□ Attributbeschreibung

Neben dem charakteristischen Merkmalsnamen befinden sich die relationalen Attribute mit dem Verweis auf übergeordnete Merkmale im Punkt "Zugehörigkeit", dem Verweis auf untergeordnete Merkmale im Punkt "Bestandteile" und dem Verweis auf "Qualitätsinformation". Das Attribut "zugehöriges Objekt" zeigt auf das betrachtete Objekt, dem das Merkmal zugeordnet ist. Die "Vergleichsvorschrift" dient zur Ermittlung der Abweichung von Ist- und Sollausprägung des betrachteten Merkmals. Der Bewertung eventueller Abweichungen liegt die "Bewertungsvorschrift" zugrunde. Die Zusammensetzung komplexer Merkmale wird über die "Bildungsvorschrift" definiert.

□ Operationen

Die Operation "Bilden von komplexen Merkmalen" erlaubt das Zusammensetzen von Einfachmerkmalen zu komplexeren Merkmalsbegriffen.

Abbildung 3.2.1-5 zeigt Attribute und Operationen der Klasse Merkmal.



Abbildung 3.2.1-5: Attribute und Operationen der Klasse "Merkmal"

3.2.1.5 Die Klasse "Produkt"

□ Allgemeine Beschreibung

Die Objekte der Klasse "Produkt" repräsentieren die Erzeugnisse des Unternehmens. Beschrieben werden alle das Produkt betreffenden notwendigen Informationen zu seiner

Herstellung und wesentliche Informationen über die geforderten Eigenschaften des fertigen Produktes sowie Qualitätsparameter.

□ *Attributbeschreibung*

Neben der Bezeichnung "Produktname" und den zwei Verweisen auf übergeordnete und untergeordnete Produkte finden sich auf die Klassen "Ressource", "Auftrag" und "Unternehmensfunktion" bezogene Attribute in der Klasse wieder. Weiterhin existieren Bezüge zu "Zeichnung" und "andere Produktdarstellungen". Die Attribute "sonstige Beschreibungen", "Geometrie des Produkts" und "Materialeigenschaften" beschreiben das Produkt in detaillierter Form.

□ *Operationen*

Die Klasse Produkt besitzt keine Operationen, die für das Qualitätssystem relevant sind.

Abbildung 3.2.1-6 zeigt die Attribute der Klasse "Produkt".

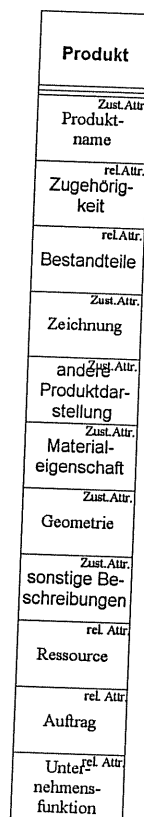


Abbildung 3.2.1-6: Attribute der Klasse "Produkt"

3.2.1.6 Die Klasse "Auftrag"

□ *Allgemeine Beschreibung*

Ein Auftrag bezeichnet in einem produzierenden Unternehmen einen bestimmten Datensatz, der neben Auftragsdaten auch produkt- und ressourcenbeschreibende Daten umfaßt. Ein Auftrag wird von einer Unternehmensfunktion erstellt. Andere Unternehmensfunktionen benötigen für ihren korrekten Ablauf Daten und Informationen, die im Auftrag enthalten sind.

□ *Attributbeschreibung*

Neben der Bezeichnung "Auftragsname" und den zwei Verweisen auf übergeordnete und untergeordnete Aufträge finden sich noch auf die Klassen "Produkt", "Ressource" und "Unternehmensfunktion" bezogene Attribute in der Klassenstruktur wieder. In den Attributen "Auftragsstatus", "Auftragsvolumen" und "Termine" stehen wichtige Daten, die den Auftrag und seine Unteraufträge zusätzlich zum Auftragsnamen kennzeichnen.(evt. Aufnahme des weiteren Attributes „sonstige Kennzeichnungen“)

□ *Operationen*

In der Klasse Auftrag stehen die Operationen "erstellen", "bearbeiten", "abbrechen" und "ändern" zur Verfügung.

Durch den Aufruf einer Unternehmensfunktion werden die Abläufe initiiert, die zum Erstellen eines Auftrages führen. Anschließend können die einzelnen Schritte des Auftrages mit Hilfe der Operation "bearbeiten" abgearbeitet werden. Die Operation "abbrechen" bewirkt die Unterbrechung oder den Abbruch eines Auftrages. Über die Operation "ändern" besteht die Möglichkeit, Attributwerte der Klasse Auftrag zu verändern. Abbildung 3.2.1-7 zeigt die Merkmale der Klasse "Auftrag".

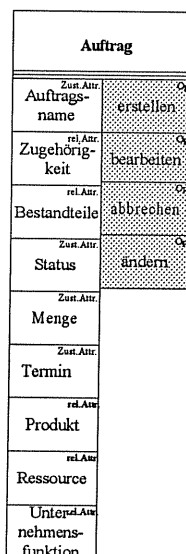


Abbildung 3.2.1-7: Attribute und Operationen der Klasse "Auftrag"

3.2.1.7 Die Klasse "Ressource"

□ *Allgemeine Beschreibung*

Die Objektklasse Ressource und ihre Unterklassen dienen der Klassifizierung und Beschreibung aller zur Ausführung oder Unterstützung von Unternehmensfunktionen notwendigen materiellen und informationellen Hilfsmittel. Ressourcen eines Unternehmens können Betriebsmittel, Kommunikationsinstrumente, Personal, Verfahren, Information und Kapital sein.

□ *Attributbeschreibung*

Neben der Bezeichnung "Ressourcenname" und den zwei Verweisen auf übergeordnete und untergeordnete Ressourcen finden sich noch auf die Klassen "Produkt", "Auftrag" und "Unternehmensfunktion" bezogene Attribute in der Klassenstruktur wieder. Der Bezug zur Klasse "Organisationseinheit" gibt die Zuordnung der Ressourcen zu einem bestimmten Bereich im Unternehmen wieder. Die Attribute "Verfügbarkeit", "Status" und "Funktionsfähigkeit" geben wichtige Auskünfte über den momentanen Zustand der Ressource.

□ Operationen

In der Klasse Ressource stehen die Operationen "prüfen", "reservieren" und "freigeben" zur Verfügung.

Die Operation "prüfen" ermittelt den Zustand der Ressource, d. h. ob die Ressource sich in Bereitschaft befindet und zur Ausführung zur Verfügung steht. Anschließend kann dann die Belegung der Ressource mit der Operation "reservieren" gekennzeichnet werden. Nach Beendigung des Gebrauchs der Ressource, muß diese wieder freigegeben werden. Dieser Vorgang wird durch die Operation "freigeben" angestoßen. Abbildung 3.2.1-8 zeigt die Attribute und Operationen der Klasse "Ressource".

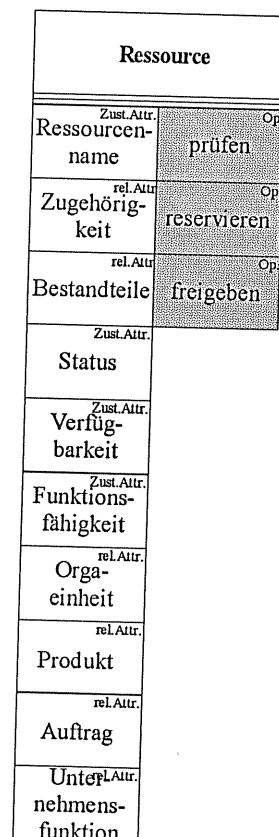


Abbildung 3.2.1-8: Attribute und Operationen der Klasse "Ressource"

3.2.2 Die dynamischen Modelle des Qualitätssystem

Für jede Klasse des Objektmodells existiert ein dynamisches Modell. In ihm werden die Zustände der Klasse, die während eines Zustands ausgeführten Aktionen und die Ereignisse, die den Übergang in den nächsten Zustand bewirken, aufgeführt. Die Integration der dynamischen Modelle erfolgt über sog. Sendeereignisse, die den Nachrichtenaustausch zwischen Klassen repräsentieren.

3.2.2.1 Das dynamische Modell der Klasse "Unternehmensfunktion"

Die Klasse Unternehmensfunktion besitzt drei parallele Zustände: "Ablauf", "QI-Erzeugung" und "QI-Beschaffung". "Ablauf" beschreibt die Zustände der Unternehmensfunktion, die einen Beitrag zur aktiven Wertschöpfung im Unternehmen liefern. Dieser Zustand besitzt Schnittstellen zu den Klassen "Produkt", "Auftrag" und "Ressource", die der Informationsbeschaffung für die einzelnen Unterzustände dienen. Die Zustände "QI-Erzeugung" und "QI-Beschaffung" können aus jedem Unterzustand von "Ablauf" aktiviert werden, ohne daß dieser Zustand verlassen wird.

Der Zustand Ablauf setzt sich aus folgenden Unterzuständen zusammen:

□ *bereit*

Im Zustand "bereit" wartet die Unternehmensfunktion auf eine Beauftragung durch die Klasse Auftrag, sie verhält sich also passiv. Der Anstoß zur Beauftragung kann wiederum von einer Unternehmensfunktion erfolgen. Ist ein Auftrag bereitgestellt, so bewirkt das Ereignis "Auftrag bereitgestellt [Planung notwendig]" einen Übergang in den Folgezustand "planend", bzw. "Auftrag bereitgestellt [Planung nicht notwendig]" in den Zustand "ausführend". Die Ausdrücke in den eckigen Klammern stellen Bedingungen dar.

□ *planend*

Ist das Ereignis "Auftrag bereitgestellt" verknüpft mit der Bedingung [Planung notwendig] aufgetreten, wird von der Unternehmensfunktion der Zustand "planend" eingenommen. In diesem Zustand wird die Aktivität "planen" ausgeführt. Die Unternehmensfunktion plant die zum Auftrag gehörenden Ressourcen, Produkte, ihre Vorgehensweise usw. Die dazu notwendigen Informationen erhält sie z. B. aus Arbeitsplänen, die durch eine Schnittstelle zu der Klasse Ressource bereitgestellt werden. Ist der Planungsvorgang korrekt beendet, wird durch das Ereignis "Planung abgeschlossen", verknüpft mit den Bedingungen [Beschaffung notwendig] / [Beschaffung nicht notwendig], ein Zustandsübergang bewirkt. Trifft die Bedingung [Beschaffung notwendig] bei Eintritt des Ereignisses zu, so wechselt die Unternehmensfunktion in den Zustand "beschaffend", ansonsten wird der Zustand "ausführend" eingenommen.

Tritt während der Planungsaktivität ein Bedarf an Qualitätsinformationen auf, so kann die in diesem Zustand ausgeführte Aktivität zur Beschaffung von Qualitätsinformationen unterbrochen werden. Das Ereignis "Planung unterbrochen", verknüpft mit der Bedingung [QI

beschaffen], aktiviert den Parallelzustand "QI-Beschaffung". Der Unterzustand "planend" wird in den Unterzustand "analysierend" überführt.

Zu einer Unterbrechung der Planungsaktivitäten führt auch die Rückmeldung von Qualitätsinformationen. In diesem Falle ist die Unternehmensfunktion eine Informationssenke. Generell gilt dies für alle Unterzustände von "Ablauf".

Wird die Planungsaktivität nicht vollständig durchgeführt, z. B. aufgrund fehlender Informationen, so wird das Ereignis "Planung abgebrochen" erzeugt. Dieses Ereignis veranlaßt die Erzeugung einer Qualitätsinformation, indem der parallele Zustand "QI-Erzeugung" aktiviert wird. Die Unternehmensfunktion wechselt gleichzeitig in den Zustand "analysierend".

□ *beschaffend*

Wenn nach abgeschlossener Planung eine Beschaffung notwendig ist, werden in diesem Zustand die Aktivitäten "Ressourcen beschaffen" und "Produkte beschaffen" ausgeführt. Dazu sind Schnittstellen zu den Klassen "Produkt" und "Ressource" vorhanden. Sind alle Beschaffungsmaßnahmen erfolgreich durchgeführt, bedingt das Ereignis "Beschaffung erfolgreich" den Übergang der Unternehmensfunktion in den Zustand "ausführend".

Führt ein Bedarf an Qualitätsinformationen zu einer Unterbrechung der Beschaffungsaktivitäten, wird derselbe Mechanismus wie im Unterzustand "planend" angestoßen.

Wurden Ressourcen oder Produkte nicht vollständig beschafft, zeigt das Ereignis "Beschaffung nicht möglich" einen Zustandsübergang in "analysierend" an. Wie im Zustand "planend" ist auch mit diesem Ereignis die Erzeugung einer Qualitätsinformation verbunden.

□ *ausführend*

In diesem Zustand erfolgt die Durchführung des Auftrags. Dies wird durch die Aktivität "Anweisungen durchführen" vorgenommen. Unter dem Begriff "Anweisungen" werden hierbei Operationen verstanden, die keinen betriebswirtschaftlichen Charakter besitzen, d. h. sie werden nicht als Unternehmensfunktion abgebildet. Ziel dieses Unterzustands ist die Erzeugung eines Produktes, ob materieller oder immaterieller Art. Das Verlassen des Zustandes wird durch zwei Ereignisse charakterisiert. Zum einen wird bei einer erfolgreichen Abarbeitung des Auftrags durch das Ereignis "Ausführung beendet" der Zustandsübergang in "prüfend" bewirkt. Zum anderen kann durch einen auftretenden Fehler die Bearbeitung abgebrochen werden. Das daraus resultierende Ereignis "Ausführung abgebrochen" bewirkt den Zustandsübergang in "analysierend". Verknüpft mit diesem Ereignis ist wiederum die Erzeugung einer Qualitätsinformation. Ebenso kann die Ausführung der Anweisungen zur Beschaffung von Qualitätsinformationen unterbrochen werden.

□ *prüfend*

Nach beendeter Abarbeitung des Auftrags, überprüft die Unternehmensfunktion in diesem Zustand das Ergebnis. Dies wird durch die Aktivität "prüfen" in diesem Zustand durchgeführt. Die Prüfung bezieht sich immer auf das im Vorgängerzustand hergestellte Produkt. Die Beschaffung von Prüfplänen wird schon in der Planungsphase des Auftrags berücksichtigt,

ebenso notwendige produktbeschreibende Informationen. Bei erfolgreicher Prüfung kehrt die Unternehmensfunktion in den Zustand "bereit" zurück und wartet auf den nächsten Auftrag. Austrittsereignis ist in diesem Fall "Ausführung OK".

Auch während des Prüfvorgangs ist die Beschaffung von Qualitätsinformationen bei Bedarf möglich.

Wird die Ausführung des Prüfvorgangs nicht ordnungsgemäß beendet oder erfüllt der Prüfgegenstand nicht die gestellten Anforderungen, erfolgt ein Zustandsübergang der Unternehmensfunktion in "analysierend" und die Erzeugung einer Qualitätsinformation wird angestoßen. Austrittsereignis aus diesem Zustand ist "Prüfung nicht OK".

□ *analysierend*

Jeder Zustand, der nicht ordnungsgemäß beendet oder zwecks Beschaffung bzw. Rückmeldung von Qualitätsinformationen unterbrochen wurde, führt die Unternehmensfunktion in den Zustand "analysierend". Die im parallelen Zustand "QI-Beschaffung" zur Verfügung gestellten bzw. rückgemeldeten Qualitätsinformationen werden ausgewertet. Ist das Auswertungsergebnis negativ, müssen qualitätssichernde Maßnahmen getroffen werden, die zur Korrektur der Fehlerursache führen. Diese Fehlerbeseitigungsmaßnahmen werden in einer Neuplanung des Auftrags berücksichtigt. Führt auch dies nicht zur Erfüllung der Qualitätsanforderungen, muß der vollständige Auftrag abgebrochen werden.

Verläuft bei Unterbrechung eines Zustands die Auswertung positiv, so wird der ursprüngliche Zustand, in dem die Unterbrechung verursacht wurde, wieder eingenommen. Im Modell findet sich diese Tatsache in der Ausgangsaktion "Rückkehr zum Ausgangszustand", verknüpft mit der Bedingung [bei Unterbrechung], wieder.

Wesentliche integrative Bestandteile des Qualitätssystemsystems in der Unternehmensfunktion sind die beiden zu "Ablauf" parallelen Zustände "QI-Erzeugung" und "QI-Beschaffung".

Ersterer setzt sich aus drei Unterzuständen zusammen, die charakteristisch für die Bildung von Qualitätsinformationen sind. Aus jedem aktiven Zustand des Ablaufs der Unternehmensfunktion kann die Erzeugung aktiviert werden. Zuerst werden, wenn nicht bekannt, die zur Bildung der Qualitätsinformation notwendigen Merkmale ermittelt. In der Regel handelt es sich dabei um komplexe, d. h. zusammengesetzte Merkmale, die nicht zwangsläufig einer der Objektklassen zugeordnet werden können. Eine Schnittstelle zur Klasse Merkmal liefert dazu die erforderlichen Informationen. Dies sind im wesentlichen das Merkmal selbst sowie seine Ist- und Sollausprägung. Im darauffolgenden Zustand wird die Vergleichsvorschrift ermittelt und ein Soll-Ist-Vergleich durchgeführt. Ist das Ergebnis des Vergleiches bekannt, so wird im letzten Unterzustand, nachdem eine Bewertungsvorschrift festgelegt ist, die Abweichung bewertet. Eine Schnittstelle zur Klasse Zugriff gewährleistet das

"gespeichert" oder (langfristig) "archiviert" werden, was durch die Ereignisse "QI speichern" bzw. "QI archivieren" ausgelöst und über die entsprechenden Aktionen ausgeführt wird. Der dritte Zustand beschreibt das "Hol-Prinzip" der Qualitätsinformation. Auf Anfrage, d. h. durch das Ereignis "QI bereitgestellt", wird die Qualitätsinformation, falls sie vorhanden ist, dem Interessenten z. B. für eine Berichterstattung zur Verfügung gestellt.

Abbildung 3.2.2-2 zeigt das dynamische Modell der Klasse Qualitätsinformation.

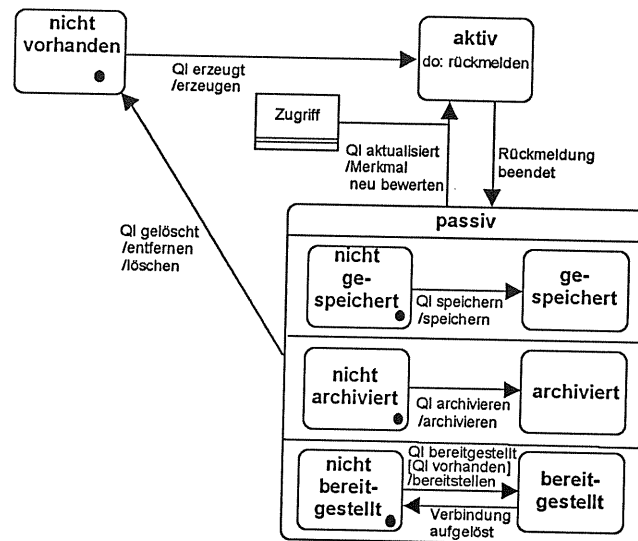


Abb. 3.2.2-2: Dynamisches Modell der Klasse Qualitätsinformation.

3.2.2.3 Das dynamische Modell der Klasse "Zugriff"

Die Klasse Zugriff steuert die bidirektionale Beziehung (Kommunikation) zwischen den Klassen Qualitätsinformation und Unternehmensfunktion. Diese Beziehung spiegelt sich auch in den Zuständen der Klasse Zugriff wider.

Es existieren die beiden Hauptzustände "aktiv" und "passiv". Wird ein Beziehungsvorgang von der Klasse Unternehmensfunktion (Ereignisse "Anfrage ist gestellt", "QI lesen", "QI-schreiben") oder der Klasse Qualitätsinformation (Ereigniss "QI ist rückgemeldet") initiiert, so wechselt der Zustand von "passiv" nach "aktiv". Die Unterzustände von "aktiv" sind "lesend", "schreibend" und "benachrichtigend". Sie können parallel eingenommen werden, da gleichzeitig mehrere Instanzen der Beziehungsklasse "Zugriff" aktiv sein können. Es gibt keine Prioritätsunterschiede oder Anordnungen dieser Zustände.

Wird der Zustand "aktiv" eingenommen, egal welcher spezifische Unterzustand es auch ist, wird erst eine Überprüfung auf Zugriffsberechtigung der aufrufenden Unternehmensfunktion durchgeführt.

Im Unterzustand "lesend" wird die Operation "QI-Wert ermitteln" ausgeführt. Will eine Unternehmensfunktion über den Zustand "schreibend" den Wert einer Qualitätsinformation ändern, so wird zuerst überprüft, ob diese auch existiert. Ansonsten muß eine neue Instanz für die betreffende Qualitätsinformation angelegt werden. Im Unterzustand "benachrichtigend"

werden aus einer Tabelle diejenigen Unternehmensfunktionen ausgewählt, die von der Änderung der ausgewählten Qualitätsinformation betroffen sind, und benachrichtigt.

Nach Durchführung einer Transaktion ist der Zugriff beendet.

Abbildung 3.2.2-3 zeigt das dynamische Modell der Klasse Zugriff.

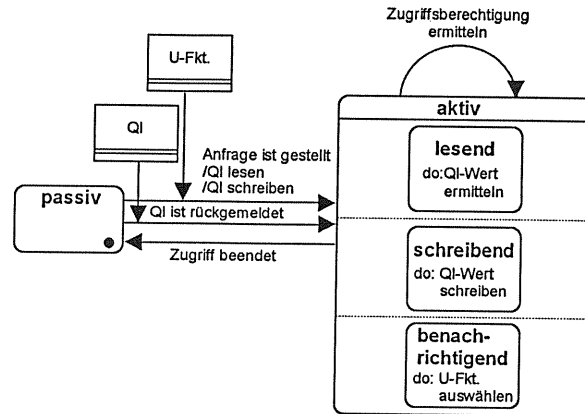


Abb. 3.2.2-3: Dynamisches Modell der Klasse Zugriff

3.2.2.4 Das dynamische Modell der Klasse "Merkmal"

Der Klasse Merkmal wurde kein dynamisches Modell zugeordnet, da deren Dynamik nur aus den trivialen Zuständen "Merkmal existiert" bzw. "Merkmal existiert nicht" besteht. Eine detaillierte Betrachtung dieser Zustände ist für die Dynamik des Gesamtsystems irrelevant und wird daher nicht durchgeführt.

3.2.2.5 Das dynamische Modell der Klasse "Produkt"

Die Klasse Produkt besitzt kein dynamisches Modell, da sie keine für die Konzeption des Qualitätsinformationssystems relevanten Zustände besitzt. Diese werden ausschließlich von der Klasse Unternehmensfunktion erzeugt.

3.2.2.6 Das dynamische Modell der Klasse "Auftrag"

Für die Konzeption des Qualitätsinformationssystems sind in der Klasse Auftrag die beiden Zustände "nicht vorhanden" und "vorhanden" von Bedeutung. Qualitätsinformationen werden in dieser Klasse nicht erzeugt. Die relevanten Qualitätsinformationen für die Klasse Auftrag werden von der Klasse Unternehmensfunktion geliefert.

Nach Auftreten des Ereignisses "Anfrage erhalten", erzeugt durch eine Unternehmensfunktion, entsteht durch die Operation "Auftrag erstellen" der zugehörige Auftrag. Der Zustand wechselt von "nicht vorhanden" nach "vorhanden". In letzterem Zustand besitzt die Klasse Auftrag die vier folgenden Unterzustände:

□ *erstellt*

Der Zustand "erstellt" repräsentiert den Ausgangszustand innerhalb des Unterzustands "vorhanden". Ausgelöst durch die Anforderung einer Unternehmensfunktion, wird der Auftrag

durch das erzeugte Ereignis "Auftrag bearbeiten", bereitgestellt (Operation "Auftrag bereitstellen"). Die Abarbeitung des Auftrags wird durch den Unterzustand "aktiv" dargestellt.

□ *aktiv*

Der Unterzustand "aktiv" beschreibt die Abarbeitung der für die Ausführung eines Auftrags notwendigen Tätigkeiten. Die Aktivität "Unternehmensfunktion aufrufen" trägt diesem Sachverhalt Rechnung. Die Bearbeitung eines solchen Auftrags kann entweder fehlerfrei beendet (Ereignis: "Ausführung fehlerfrei beendet") oder abgebrochen ("Ausführung abgebrochen") werden, was zu den Folgezuständen "beendet" bzw. "abgebrochen" führt. Diese Informationen werden von der jeweiligen, den Auftrag abarbeitenden, Unternehmensfunktion bereitgestellt.

□ *beendet*

"Beendet" beschreibt den Endzustand eines nominal abgearbeiteten Auftrags.

□ *abgebrochen*

Nach dem Abbruch der Auftragsbearbeitung fällt unter Beachtung der aktuellen Situation und möglicher Ursachen die Entscheidung (Aktivität "entscheiden"), ob der Auftrag nach einer Änderung erneut bearbeitet oder ob ein neuer Auftrag generiert werden soll. Entsprechend der Entscheidung wird der Auftrag über das Ereignis "Änderung notwendig" und die Aktion "Auftrag ändern" in den Zustand "erstellt" bzw. über "Ausführung nicht realisierbar" und "Fehlerauftrag erstellen" in den Zustand "beendet" überführt.

Abb. 3.2.2-4 zeigt das dynamische Modell der Klasse Auftrag.

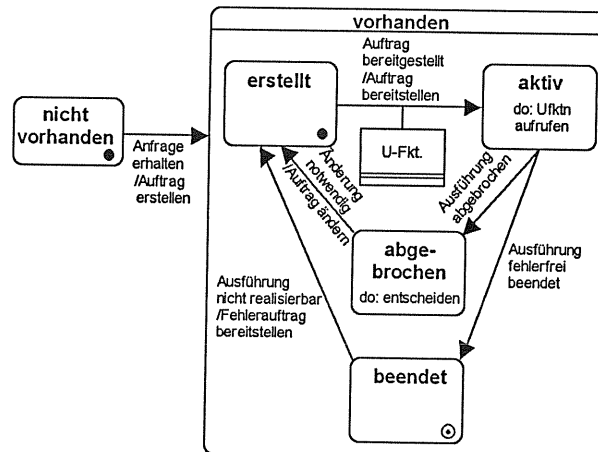


Abb. 3.2.2-4: Dynamisches Modell der Klasse Auftrag

3.2.2.7 Das dynamische Modell der Klasse "Ressource"

Jede Unternehmensfunktion benötigt zu ihrer Ausführung bestimmte Ressourcen. Sind die notwendigen Ressourcen im Unternehmen nicht vorhanden, müssen sie beschafft werden (Aktion "Ressource erwerben"). Die Ressource steht nun den Unternehmensfunktionen, die sie benötigen, zur Verfügung. Dies spiegelt sich im Zustand "vorhanden" wieder, der sich aus folgenden Unterzuständen zusammensetzt:

□ *bereit*

Die Ressource ist einsatzfähig und kann von Unternehmensfunktionen angefordert werden. Das Austrittsereignis "Ressource beantragt" verknüpft mit der Aktion "Ressource belegen" reserviert der anfordernden Unternehmensfunktion die Ressourcen.

□ *belegt*

Solange die Unternehmensfunktion eine Ressource zur Erstellung eines Produkts nutzt, ist sie im Zustand "belegt". Sie kann von keiner weiteren Unternehmensfunktion angefordert werden. Dies trifft z. B. auch für Informationen zu, die in einer Datenbank gehalten werden. Solange eine Funktion auf einen Datensatz zugreift, bleibt dieser zur Bearbeitung für andere Funktionen gesperrt. Er darf nur gelesen werden. Auch kann von einer Ressource nur eine bestimmte Kapazität belegt werden, wie z. B. eine bestimmte Übertragungskapazität in einem Netzwerk. In diesem Fall würde sich der Zustand "belegt" ausschließlich auf die reservierte Übertragungskapazität beziehen.

Wird die Ressource von einer Unternehmensfunktion nicht mehr benötigt, so erfolgt deren Freigabe. Sie kehrt wieder in den Zustand "bereit" zurück.

□ *ausgefallen*

Im Verlauf der Durchführung einer Unternehmensfunktion kann es allerdings vorkommen, daß eine Ressource ausfällt, z. B. durch eine Störung elektrischer oder mechanischer Art. Solange die Ressource nicht wieder funktionsfähig ist, bleibt sie in diesem Zustand. Die von dem Ausfall betroffene Unternehmensfunktion muß sich um eine gleichgeartete Ressource bemühen oder ihre Aktivitäten solange einstellen, bis die Ressource wiederhergestellt ist. Ist letzteres der Fall, wird die Ressource wieder freigegeben und befindet sich anschließend im Zustand "bereit".

Wird eine Ressource im Unternehmen nicht mehr benötigt, wird sie abgeschafft.

Abb. 3.2.2-5 zeigt das dynamische Modell der Klasse Ressource.

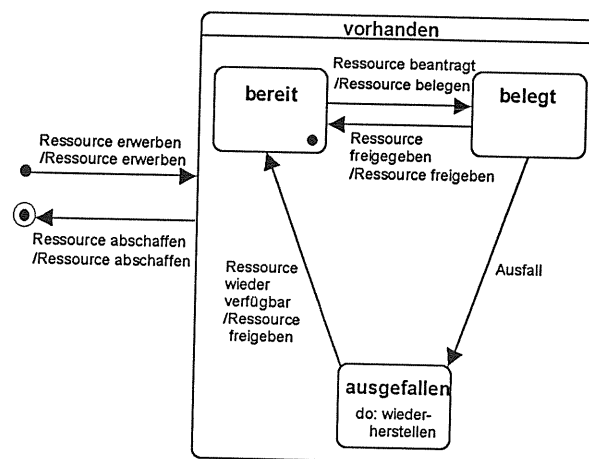


Abbildung 3.2.2-5: Dynamisches Modell der Klasse Ressource

3.2.3 Das funktionale Modell der Klasse "Unternehmensfunktion"

Die funktionalen Modelle der OMT haben die Aufgabe, Informationsflüsse und die sie verändernden bzw. erzeugenden Prozesse darzustellen. Das Objektmodell und die dynamischen Modelle zeigen die Integration des QIS in unternehmensweite Informationsmodelle. Dies ist in den funktionalen Modellen nicht mehr der Fall, da Qualitätsinformationen ausschließlich von Unternehmensfunktionen erzeugt bzw. verändert werden. In den verbleibenden Klassen des Objektmodells werden keine Transformationen an Qualitätsinformationen vorgenommen. Ein funktionales Modell wird damit nur für die Klasse "Unternehmensfunktion" existieren.

Das funktionale Modell der Unternehmensfunktion gliedert sich in vier Teilmodelle auf, die zum einen den allgemeinen Informationsfluß innerhalb einer Unternehmensfunktion betrachten. Zum anderen werden die QIS-spezifischen Informationsströme dargestellt. Die Teilmodelle orientieren sich an den parallelen Subzuständen des dynamischen Modells der Unternehmensfunktion. Abbildung 3.2.3-1 zeigt die Informationsflüsse und die sie transformierenden Prozesse bei einem Standardablauf der Unternehmensfunktion.

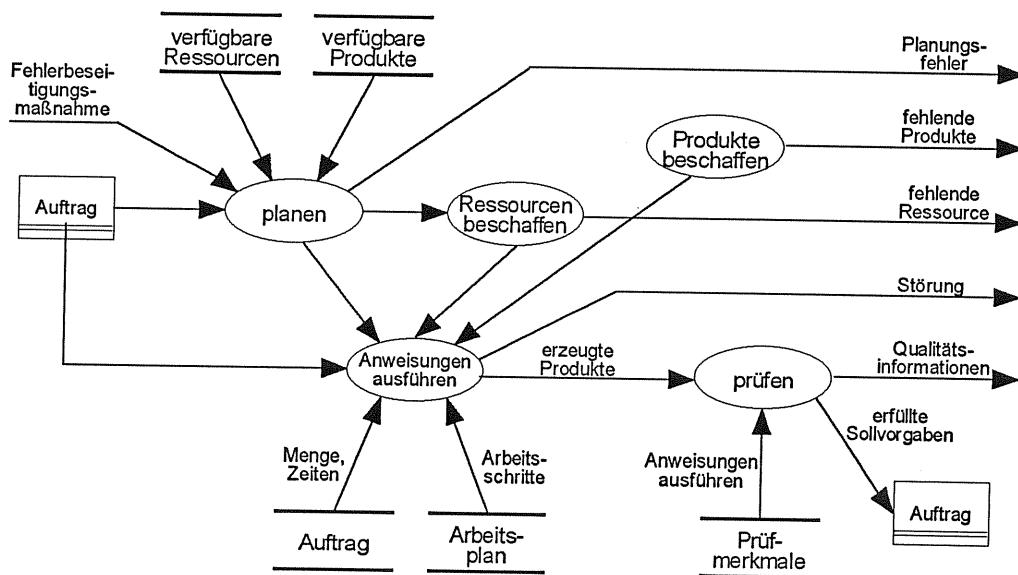


Abb. 3.2.3-1: Funktionale Teilmodelle der Standardprozesse einer Unternehmensfunktion

Begrenzendes Objekt des Teilmodells ist der Auftrag. Ein Auftrag veranlaßt die Unternehmensfunktion dazu, aktiv zu werden. Die Bearbeitung des Auftrages von der Planungsphase bis zu seiner Fertigstellung beinhaltet Prozesse, die bereits im dynamischen Modell der Unternehmensfunktion beschrieben wurden. In Datenspeichern werden Informationen von externen Klassen, die ein Prozeß benötigt, zwischengespeichert. Die eingehenden und ausgehenden Informationsflüsse in dem Modell bilden die Schnittstellen zu den QIS-spezifischen Teilmodellen der Unternehmensfunktion. Ein eingehender Informationsfluß ist z. B. eine Fehlerbehandlungsmaßnahme. Ausgehende Informationsflüsse sind Fehlermeldungen und Qualitätsinformationen selbst.

Die Fehlermeldungen führen dazu, daß von der Unternehmensfunktion eine Qualitätsinformation erzeugt wird. Sie sind die Eingaben für das Teilmodell zur QI-Erzeugung, das Abbildung 3.2.2-2 zeigt.

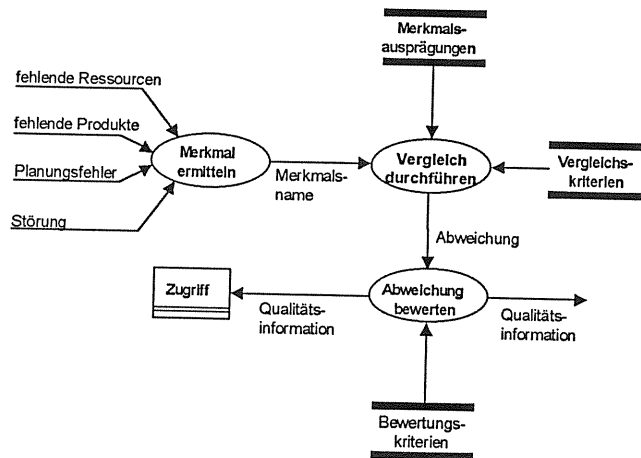


Abb. 3.2.3-2: Funktionales Teilmodell der Unternehmensfunktion zur Erzeugung von QI

Die bewertete Abweichung, die aus dem Vergleich der Soll-Ausprägung eines Merkmals mit der jeweiligen Ist-Ausprägung erfolgt, stellt die Qualitätsinformation dar. Es besteht nun zum einen die Möglichkeit, daß die Qualitätsinformation die Klasse "Unternehmensfunktion" verläßt, indem sie der Klasse "Zugriff" übergeben wird. Im anderen Fall verbleibt sie in der Unternehmensfunktion und ist Eingabe für das Teilmodell "Analyse von QI" in Abbildung 3.2.3-4.

Ein weiterer Bestandteil des funktionalen Modells der Unternehmensfunktion ist das Teilmodell der Beschaffung von Qualitätsinformationen. Es dient der reinen Information für den Benutzer. Es werden keine Daten erzeugt oder verändert. Da die QI-Beschaffung jedoch Bestandteil des QIS ist, sei es hier der Vollständigkeit wegen aufgeführt.

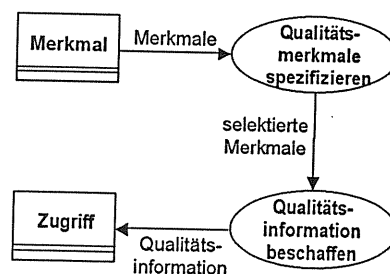


Abb. 3.2.3-3: Funktionales Teilmodell der Unternehmensfunktion zur Beschaffung von QI

Eine Qualitätsinformation kann auf verschiedene Art und Weise in das System der Klasse "Unternehmensfunktion" gelangen. Entweder wird sie von der Unternehmensfunktion direkt erzeugt oder sie wird von der Klasse "QI" angefordert bzw. rückgemeldet. In letzterem Fall erfolgt die Eingabe von der Klasse "Zugriff". Verarbeitet werden die Qualitätsinformationen im Teilmodell der Analyse von QI, dargestellt in Abbildung 3.2.3-4. Aufgrund der Analyse wird

Literatur

Hars, A.: Referenzdatenmodelle, Wiesbaden 1994

Rumbaugh, J. et al.: Objektorientiertes Modellieren und Entwerfen, dt. Ausg., München et al. 1993

Spur, G.; Mertins, K.; Jochem, R.: Integrierte Unternehmensmodellierung, 1. Auflage, Berlin et. al. 1993.