Dr.-Ing. Peter Tabeling

HASSO-PLATTNER-INSTITUT
für Softwaresystemtechnik GmbH

Ingenieurmäßige Modellierung - Voraussetzung einer effizienten Wissensverteilung bei der Softwareentwicklung

Einleitung

Ein wesentliches Merkmal bei der Erstellung großer Softwaresysteme ist der hohe Grad an Arbeitsteilung, welcher letztlich aus dem Umfang der zu erstellenden Programmtexte resultiert. Dieser hohe Grad an Arbeitsteilung bedeutet praktisch, dass viele Mitarbeiter Wissen um das zu erstellende System teilen müssen. Somit wird die Verteilung von Wissen - also Kommunikation - zu einem zentralen Problem bei der Schaffung großer Softwaresysteme. Zur Steigerung der Effizienz dieser Kommunikation bieten sich zwei wesentliche Ansatzpunkte an, nämlich Prozesse (wer kommuniziert wann mit wem?) und Mittel (welche Form, welcher Inhalt ist zweckmäßig?). Der vorliegende Beitrag behandelt den zweiten Ansatzpunkt, also die Frage nach der Bereitstellung geeigneter Kommunikationsmittel. Da Entwurf und Darstellung von Systemen - kurz Modellierung - ein wesentlicher Bestandteil klassischer Ingenieursarbeit ist, erscheint es naheliegend, bewährte Vorgehensweisen aus diesem Bereich in den Bereich der Softwareentwicklung zu übertragen. Die sich daraus ergebenden Ansätze sowie erste Erfahrungen damit werden in diesem Beitrag vorgestellt.

Was ist ein „großes“ Softwaresystem?

Die Unterscheidung von kleinen und großen Softwaresystemen wirft die Frage auf, nach welchem Kriterium ein System als groß einzustufen ist. Als wesentliches Merkmal wird hier der Aufwand bei der Systementwicklung betrachtet. Ein kleines System umfasst typischerweise tausende von Programmzeilen, während für ein großes System durchaus 20 Millionen Zeilen Quelltext erstellt werden müssen.

Große Softwaresysteme können nicht von einer oder wenigen Personen entwickelt werden, sondern erfordern den arbeitsteiligen Einsatz hunderter oder gar tausender Personen. Dieser hohe Grad an Arbeitsteilung hat natürlich Konsequenzen für die Organisation der Entwicklung. Während bei kleinen Systemen ein Arbeiten im Team mit wenig Hierarchie machbar ist, erfordern große Systeme die Abgrenzung von Arbeitsgruppen und die Einführung zusätzlicher Hierarchieebenen.

Dies bedeutet, dass das Wissen der einzelnen Personen in Abhängigkeit ihrer Tätigkeit andere qualitative Gewichtung haben wird. Softwareentwickler werden vor allem viel Detailwissen über bestimmte Bereiche haben während Personen mit Leitungsfunktion vor allem konzeptionelles Wissen und Überblick benötigen. Die Folge ist, das der Wissensaustausch zwischen Arbeitsgruppen bzw. zwischen Entwicklern und Vorgesetzten sehr ineffizient sein wird, wenn die verwendeten Beschreibungsmittel keine gemeinsame begriffliche Basis und keine ausgereiften Darstellungsformen aufweisen.

Bei einem großen Softwaresystem ist oftmals auch eine größere Projektdauer gegeben. Die Kombination aus großer Projektdauer und großer Anzahl Projektbeteiligter hat zwangsläufig eine entsprechend hohe Personalfluktuation während eines Projektes zur Folge. Dies bedeutet, dass regelmäßig Menschen als Wissensträger aus Projekten ausscheiden. Einem solchen Wissensverlust kann nur dadurch entgegen gewirkt werden, dass rechtzeitig Wissen in Form geeigneter Beschreibungen festgehalten wird.

Kommunikation bei der Softwareentwicklung

Im Zusammenhang mit der Softwareentwicklung sind verschiedene Arten von Kommunikation gegeben, die sich anhand folgender Fragen unterscheiden lassen:

- Was ist der Gegenstand der Kommunikation?
- Wer sind die Kommunikationspartner?

Gegenstand der Kommunikation wird meistens das zu entwickelnde System sein - daneben kommen Sachverhalte in Frage, die zwar mit der Systementwicklung in Zusammenhang stehen, aber nicht das System selbst betreffen. Dies sind z.B. Informationen, die zur Organisation und Steuerung der Softwareentwicklung ausgetauscht werden. Die folgenden Betrachtungen beschränken sich auf Kommunikation, die das zu entwickelnde System zum Gegenstand hat.

Bezüglich der Frage nach den Kommunikationspartnern ist es besonders wichtig, zwischen der Kommunikation unter Menschen und der Mensch-Maschine-Kommunikation zu unterscheiden, da sich in Abhängigkeit der Kommunikationspartner sehr unterschiedliche Anforderungen an die Kommunikationsmittel ergegeben.

Mensch-Maschine-Kommunikation

Das naheliegendste Beispiel für eine Mensch-Maschine-Kommunikation ist das Programmieren, bei dem der Entwickler dem Entwicklungssystem das Programm als Beschreibung des gewünschten Systems eingibt. In die gleiche Kategorie fällt auch die Erstellung von Grafiken, die als Ausgangspunkt für die Generierung von Programmcode verwendet werden (können) sowie die Eingabe formaler Spezifikationen, die z.B. eine automatische Verifikation bestimmter Programmeigenschaften erlauben.

Desweiteren können moderne Entwicklungsumgebungen Beschreibungen generieren, welche zwar auf Basis des Programmcodes erzeugt werden, aber dem Menschen einen leichteren Zugang zu bestimmten Programmstrukturen ermöglichen, wie z.B. eine automatisch erstellte grafische Darstellung des Klassenbaumes zu einem objektorientiert programmierten System.

Diese Beispiele zeigen, dass bei der Mensch-Maschine-Kommunikation Beschreibungmittel verwendet werden, die zwar zusätzlich zum Programmcode gegeben sind, aber mit diesem in einer *formalen, vorab definierten Beziehung* stehen. Sie ist formal, weil sonst eine automatische Verifikation bzw. Generierung unmöglich wäre, und vorab definiert, da sie bereits bei der Erstellung des Entwicklungssystems (welches die Verifikation bzw. Generierung nach bestimmten Algorithmen durchführt) festgelegt werden musste. Derartige Beschreibungsmittel werden im Folgenden als „*codenah*“ bezeichnet.

Mensch-Mensch-Kommunikation

Neben der Mensch-Maschine-Kommunikation erfordert die Softwareentwicklung eine Kommunikation unter Menschen. Bei kleinen Systemen kann diese Kommunikation noch ad hoc und in wenig organisierter Weise erfolgen, da die Entwicklung in enger Zusammenarbeit im Team stattfindet. Entwickler können sich z.B. bei Bedarf treffen und im direkten Gespräch alternative Entwürfe diskutieren. Derartige Diskussionen können gut auf Basis codenaher Beschreibungen - oder gar des Programmcodes selbst - erfolgen. Die Beschreibungsmittel der Mensch-Maschine-Kommunikation sind also bei kleinen Systemen auch für die Mensch-Mensch-Kommunikation geeignet.

Dagegen stellt die Mensch-Mensch-Kommunikation bei großen Systemen ein Problem dar, welches nur durch geeignete Organisation und mittels spezieller Beschreibungsmittel in befriedigender Weise gelöst werden kann. Arbeiten mehrere tausend Entwickler an einem System, so erfordert dies weitgehende Arbeitsteilung. Enge Zusammenarbeit und ad-hoc-Kommunikation kann nur noch innnerhalb einzelner Arbeitsgruppen stattfinden.

Von entscheidender Bedeutung für eine funktionierende Arbeitsteilung ist der Überblick, den der Einzelne über das Gesamtsystem hat - auch wenn die eigene Arbeit nur bestimmte Systembereiche betrifft. Dieser Überblick kann jedoch nicht mehr auf Basis codenaher Beschreibungen (geschweige denn des Programmcodes) entstehen. Die Komplexität und der Umfang dieser Beschreibungsmittel wächst mit der Komplexität und dem Umfang des Programmcodes. So mögen z.B. generierte Grafiken kompakter als der entsprechende Quelltext sein. Ab einer bestimmten Systemgröße genügt diese Kompaktheit je-

doch nicht mehr zur Erstellung einer handhabbaren Systembeschreibung. Eine Unmenge generierter Grafiken ist für den Menschen ebenso nutzlos wie eine Flut von Programmzeilen.

Eine effiziente Mensch-Mensch-Kommunikation erfordert Systembeschreibungen, deren Umfang, Form und Inhalt speziell auf die Bedürfnisse des Menschen abgestimmt sind. Immer umfangreichere Softwaresysteme erfordern immer höhere Abstraktionen, ohne die eine kompakte Darstellung der primär interessierenden Sachverhalte nicht möglich ist. Dies gilt insbesondere für diejenige Kommunikation, die über Arbeitsgruppen hinaus geht, also die Kommunikation zwischen unterschiedlichen Arbeitsgruppen und zwischen unterschiedlichen Hierarchieebenen.

Die dazu erforderliche Abstraktionsleistung kann nur von Menschen erbracht werden. Die Vorstellung, dass übergeordnete Modelle durch ein Werkzeug generierbar wären, kommt der Behauptung gleich, man habe einen „universellen Algorithmus des Abstrahierens“ gefunden - niemand wird dies ernsthaft behaupten wollen. Welche die wichtigen Strukturen und die wesentlichen Entwurfsmerkmale eines Systems sind, kann nur von einem Menschen entschieden werden, da „wichtig“ und „wesentlich“ Eigenschaften sind, die sich einer formalen Definition entziehen.

Praktische Erfahrungen bei der Dokumentation großer Softwaresysteme haben gezeigt, dass bedeutende Entwurfsschritte deutlich über einfache Implementierungsschritte wie Dekomposition von Komponenten oder prozedurale Umschreibung von Operationstypen hinausgehen. Die entsprechenden Beziehungen zwischen übergeordneten Modellen und den letztlich verfassten Quelltexten sind i.d.R. gar nicht den programmiersprachlichen Konstrukten zu entnehmen, sondern nur noch den Köpfen der Entwickler. Dies bedeutet, das insbesondere diejenigen Modelle, die für das Verständnis grundlegender Systemstrukturen unverzichtbar sind, nicht auf Basis von Programmcode oder codenahen Beschreibungsmitteln erstellt werden können. Schon deshalb ist einer werkzeugbasierten „Modellierung“ von vorneherein der Boden entzogen.

Darüber hinaus gibt es genügend Situationen, in denen eine gut verständliche Systembeschreibung dringend benötigt wird aber (noch) kein entsprechender Programmcode existent ist. Man denke z.B. an eine Besprechung während einer Frühphase der Softwareentwicklung, in der die Beteiligten alternative Systementwürfe zu diskutieren haben.

Beschreibungsmittel für eine effiziente Mensch-Mensch-Kommunikation sind nach den Bedürfnissen des Menschen zu gestalten. In praktischen Projekten haben sich vor allem halbformale grafische Darstellungen als sehr nützlich erwiesen.

> *Die Mensch-Mensch-Kommunikation über große Softwaresysteme erfordert spezielle Beschreibungsmittel, die zusätzlich zu den Beschreibungsmitteln der Mensch-Maschine-Kommunikation zu erstellen sind.*

„Klassische“ Ingenieure als Vorbild

Nachdem der Bedarf nach speziellen Beschreibungsmitteln für die Mensch-Mensch-Kommunikation verdeutlicht wurde, stellt sich natürlich die Frage nach der zweckmäßigen äußeren und inhaltlichen Gestaltung. Hier lassen sich möglicherweise Ansätze aus den Systembeschreibungen der klassischen Ingenieursdisziplinen wie z.B. Maschinenbau oder Elektrotechnik ableiten.

Die konstruktive Tätigkeit eines Ingenieurs besteht primär darin, Modelle zu entwickeln. Dabei ist unter einem Modell ein zunächst nur gedanklich vorhandenes, abstraktes System zu verstehen, welches erst später in Form des tatsächlich gefertigten Produktes realisiert wird. Der Ingenieur denkt sich solche Modelle jedoch nicht nur aus. Er wird sie auch in einer angemessenen Form beschreiben, um das Ergebnis seiner Denkarbeit anderen zugänglich zu machen - er erstellt also Systembeschreibungen für die Mensch-Mensch-Kommunikation. Beispiele für solche Beschreibungen sind Schaltpläne oder Baupläne für Getriebe.

Was sind nun typische Merkmale dieser ingenieurmäßigen Beschreibungen?

Zunächst weisen diese Pläne eine hohe *darstellerische Qualität* auf. Diese Qualität beruht möglicherweise darauf, dass man bei der Entwicklung der Plantypen lange Zeit nur den Menschen als Betrachter vor Augen hatte, da eine Eignung zur maschinellen Verarbeitung erst nach der Entstehung des Computers in Frage kam. Dies erklärt auch, warum *halbformale, grafische* Darstellungen im klassischen Inge-

nieurbereich selbstverständlich eingesetzt werden. Derartige Darstellungen setzen sich im Softwarebereich erst langsam durch, da dort allzu oft der Wunsch nach maschineller Verarbeitbarkeit im Vordergrund steht.

Die darstellerische Qualität der Ingenieurspläne äußert sich u.a. in einer *ausgereiften Symbolik*. Beispielsweise verfügen Maschinenbauer über ein bewährtes und teilweise sogar genormtes Repertoire von Zeichnungselementen. Dieses Repertoire ist so *universell*, dass sich unterschiedlichste Systemtypen wie Turbinen, Getriebe oder Nähmaschinen damit beschreiben lassen. Eine ähnlich ausgereifte Symbolik wird für den Softwarebereich dringend benötigt.

Dass ein Ingenieur die klare Darstellung seiner Entwürfe als wichtigen und selbstverständlichen Teil seiner Arbeit ansieht, liegt nicht zuletzt daran, dass er *entsprechend ausgebildet* wird. Fächer wie „Technisches Zeichnen“ sind typische Bestandteile eines Maschinenbau-Grundstudiums. Ingenieure für Softwaresysteme sollten eine vergleichbare Ausbildung erhalten. Dieser Ansatz wird am Hasso-Plattner-Institut für Softwaresystemtechnik bereits umgesetzt.

Die Qualität ingenieurmäßiger Darstellungen beschränkt sich keineswegs auf deren Form. Sie ist auch in der *ausgereiften Terminologie* begründet, die hinter diesen Beschreibungen steht. Die Systembeschreibungen von Ingenieuren basieren weltweit auf einem festen begrifflichen Fundament - der (klassischen) Physik. Eine gleichermaßen anerkannte begriffliche Basis lässt sich im Bereich der Softwaresysteme derzeit nicht abgrenzen.

Vielversprechende Ansätze

Aufbauorientierung

Darstellungen aus den „klassischen“ Ingenieursdisziplinen beschreiben i.d.R. einen mehr oder weniger abstrakten Aufbau eines Systems aus einfacheren Komponenten. Man denke z.B. an die Register-Transfer-Netze des Digitaltechnikers oder die Konstruktionszeichnungen eines Maschinenbauers. Das Verhalten des Systems wird zweckmäßigerweise erst auf Basis eines solchen Aufbaus beschrieben, da erst im Systemaufbau die Orte identifiziert werden können, an denen eben dieses Verhalten beobachtbar ist. In diesem Sinne ist die Modellierung durch den Ingenieur als *aufbauorientiert* zu bezeichnen.

Dass diese aufbauorientierte Sicht auch auf Softwaresysteme übertragbar ist, kann durch eine Analogie begründet werden. Informationsverarbeitende Systeme übernehmen Tätigkeiten, die ansonsten von Menschen zu erledigen wären. Daher ist es stets möglich, sich diese Systeme durch kooperierende Menschen zu veranschaulichen [1] (wenn man einmal von Schnelligkeit, Komplexität und Zuverlässigkeit der Verarbeitung absieht). Dabei kann man sich zu jeder im System vorliegenden Information einen physikalischen Träger (z.B. einen beschrifteten Zettel) denken, der auf einem Ort abgelegt ist und zu dem bestimmte Personen Zugang haben. Aus dieser Anschauung lässt sich ein abstrakter Komponenten- und Ortsbegriff ableiten. Dies erlaubt die Beschreibung eines abstrakten Systemaufbaus, welcher losgelöst von der physikalisch-räumlichen Systemstruktur zu betrachten ist und die Grundlage für die Verhaltensbeschreibung des Systems bildet [2].

Eine derartige, aufbauorientierte Beschreibung von Softwaresystemen hat verschiedene Vorteile. Zum einen weist sie - aufgrund der dahinterstehenden Analogie - eine gewisse Anschaulichkeit auf. Dies stellt ein nicht zu unterschätzendes Qualitätsmerkmal im Hinblick auf die Mensch-Mensch-Kommunikation dar und hat sich bereits bei der Dokumentation großer industrieller Systeme wie z.B. dem System R/3 von SAP bewährt. Darüber hinaus hat sich gezeigt, dass erst die ganzheitliche Betrachtung von Systemaufbau und -verhalten zu einer in sich schlüssigen Terminologie führt.

Hierarchische Modellierung

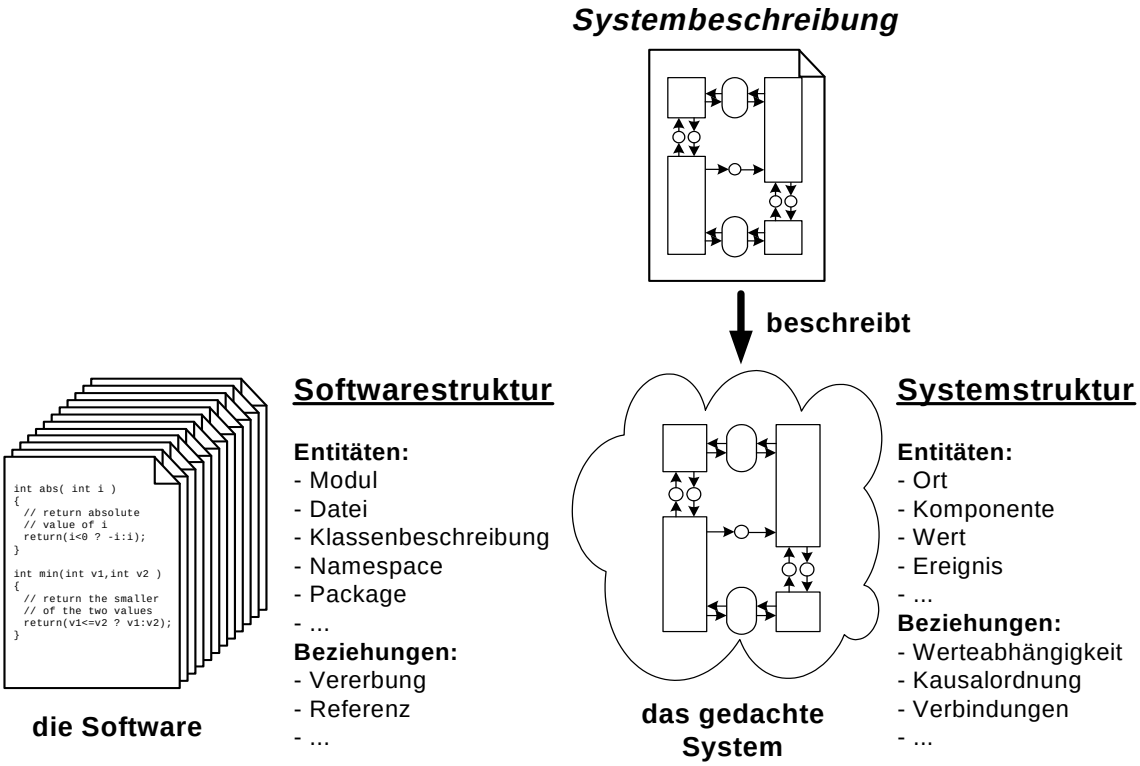
Die aufbauorientierte Sichtweise alleine genügt jedoch nicht. Ein wesentliches Merkmal speziell großer Softwaresysteme Systeme besteht darin, dass eine Betrachtung des Systems auf einer einzigen, bestimmten Abstraktionsebene unzweckmäßig ist. Vielmehr ist eine Halbordnung aus mehr oder weniger realisierungsnahen Modellen zu betrachten [2][3]. Bei einem großen System ist daher stets eine *Modellhierarchie* zu beschreiben, d.h. es sind eine Vielzahl von Modellen sowie deren Beziehungen untereinander zu betrachten.

Besonders große Systeme sind gut zu modellieren, wenn man diese beiden Prinzipien - Aufbauorientierung und Unterscheidung von Modellebenen - befolgt. Typische Merkmale derartiger Systeme wie z.B. Nebenläufigkeit, Verteilung und Transaktionen lassen sich auf diese Weise optimal erfassen [2].

Software versus System

Pläne „klassischer" Ingenieure sind reine *System*beschreibungen. Übertragen auf Softwaresysteme bedeutet dies, das ingenieurmäßige Beschreibungen dieser Systeme *nicht* die Software zum Gegenstand haben sollten, denn Software ist eine für die Mensch-Maschine-Kommunikation erforderliche Systembeschreibung und somit klar vom eigentlichen System zu unterscheiden. Es gilt Strukturen des Beschriebenen (=System) und Strukturen der Beschreibung (=Software) zu trennen.

Das unten stehende Bild veranschaulicht das Gesagte. Will man das eigentlich gewollte, (aus-) gedachte System verstehen, so ist man an einer anschaulichen Vorstellung interessiert. Die dabei interessierenden Entitäten sind die Systemkomponenten, die bestimmte Teilaufgaben übernehmen, die Orte, an denen Information abgelegt wird und an denen Ereignisse beobachtbar sind usw. Die relevanten Beziehungen zwischen diesen Entitäten sind z.B. die Verbindungen von Komponenten oder die kausalen Kopplungen zwischen Ereignissen.



Wenn man sich dagegen der Frage widmet wo diese Sachverhalte im Programmcode beschrieben sind und wie der Programmcode strukturiert ist, so werden die Strukturen der Software interessant. Erst dann werden Entitäten wie z.B. Module oder Klassenbeschreibungen sowie die zugehörigen Beziehungen wie z.B. Vererbung relevant.

Zur Bewältigung der Komplexität großer Softwaresysteme ist es von besonderer Bedeutung zuerst ein Verständnis des eigentlich gewollten Systems zu erzeugen. Erst danach sollte dargestellt werden, wie der zugehörige Programmcode organisiert ist. Programmverständnis setzt Systemverständnis voraus - aber nicht umgekehrt.

Hinzu kommt, dass es gerade bei großen Systemen viele Situationen gibt, in denen man ausschließlich an einem Systemverständnis interessiert ist. Soll z.B. eine Datenbank eines bestimmten Herstellers in einem Projekt Verwendung finden, so benötigen diejenigen, die die Datenbank einbinden ein gutes Sys-

temverständnis der Datenbank, damit sie diese z.B. im Hinblick auf Performance optimal in das zu erstellende System integrieren können. Das Wissen, in welcher Programmiersprache die Datenbanksoftware geschrieben wurde und wie diese Software strukturiert ist, ist für die Verwendung der Datenbank völlig irrelevant. Aus Sicht des Datenbankherstellers stellt dieses Wissen um Softwarestrukturen sogar ein wichtiges Betriebsgeheimnis dar.

Aspektorientierung

Ein weiteres Mittel der Komplexitätsreduktion sind Beschreibungen von *Aspektmodellen*. Zweckmäßigerweise wird man nicht nur Aufbau und Verhalten eines Systems in entsprechenden Plänen darstellen, sondern auch bestimmte, gerade interessierende Merkmale eines Systemmodells isoliert betrachten. Beispiele hierfür sind Beschreibungen bestimmter Teilsysteme oder die Darstellung von Kommunikationsprotokollen. Anstelle eines komplexen Dokumentes treten dann mehrere mit jeweils verringerter Komplexität.

Abschließende Bemerkungen

Wenn es um die Kommunikation über Softwaresysteme geht, so sind geeignete Werkzeuge zweifelsohne ein wesentliches Mittel zur Optimierung der *Prozesse*. Hier kann eine geeignete technische Infrastruktur z.B. bewirken, dass Informationen schneller und gezielter die richtigen Adressaten erreichen. Betrachtet man dagegen die *Mittel* der Kommunikation, so können Werkzeuge nur einen begrenzten Beitrag zur Optimierung leisten. Die beste Infrastruktur zur Wissensverteilung wird nutzlos bleiben, wenn *Form und Inhalt* der verteilten Information nicht angemessen ist. Daher ist es erforderlich, dass Softwareunternehmen dieses Problem nicht halbherzig angehen, sondern dafür in ausreichendem Maße und gezielt Personal bereitstellen. Das Beschreiben eines großen Softwaresystems darf nicht eine Nebentätigkeit von Programmierern sein, sondern muß die Hauptaufgabe entsprechend qualifizierter Mitarbeiter darstellen.

Literatur

[1] Siegfried Wendt. *Nichtphysikalische Grundlagen der Informationstechnik.* Springer Verlag, Heidelberg 1989; S. 246

[2] Peter Tabeling. *Der Modellhierarchieansatz zur Beschreibung nebenläufiger, verteilter und transaktionsverarbeitender Systeme.* Shaker Verlag, Aachen 2000 (zugl. Dissertation, Universität Kaiserslautern)

[3] Andreas Bungert. *Beschreibung programmierter Systeme mittels Hierarchien intuitiv verständlicher Modelle.* Shaker Verlag, Aachen 1998 (zugl. Dissertation, Universität Kaiserslautern)