



Universität Koblenz-Landau
Institut für Softwaretechnik
Prof. Dr. Jürgen Ebert



Referenzmodelle für Krankenhaus-Informationssysteme und deren Anwendung

14. März 1997

Andreas Winter
Jürgen Ebert

in: E. Zwierlein (Hrsg.)
Management im Gesundheitswesen,
München, 1997

Universität Koblenz-Landau
Institut für Softwaretechnik
Rheinau 1
56075 Koblenz

Telefon: 0261/9119-417 (Sekretariat)
0261/9119-445 (Winter)
Telefax: 0261/9119-499
E-Mail: winter@informatik.uni-koblenz.de
WWW: <http://www.uni-koblenz.de/~ist/>

Krankenhäuser müssen heute immer mehr auch unter dem Gesichtspunkt der möglichst effizienten Erbringung von Dienstleistungen betrachtet werden. Unter dem stärker zunehmenden Kostendruck wird es nötig, die vielfältigen informationstechnischen Zusammenhänge der „Organisation Krankenhaus“ zu verstehen und ggfs. zu verbessern. Hierzu werden Struktur und Abläufe im Krankenhaus durch Modelle im Sinne von abstrakten, zielgerichteten Abbildern der realen Welt beschrieben, die dann als Ausgangspunkt z.B. für Optimierungsmaßnahmen und/oder für die Entwicklung von unterstützenden Softwaresystemen herangezogen werden.

Aufgrund der komplexen Struktur von Krankenhäusern werden hierfür Muster gefordert, die sowohl das Erstellen eines Modells für ein Krankenhaus-Informationssystem als auch seine Verwendung zu Analyse Zwecken unterstützen. Zum gegenwärtigen Zeitpunkt existieren (noch) keine allgemein akzeptierten derartigen Referenzmodelle für Krankenhaus-Informationssysteme (vgl. u.a. [Imhoff/Paczkowski, 1997]).

Ziel des vorliegenden Beitrags ist es, mögliche Anwendungsbereiche von Referenzmodellen aufzuzeigen und die hierzu benötigten Beschreibungsmittel darzulegen. Ein kurzer Überblick zu Referenzmodellen für Krankenhaus-Informationssysteme (vgl. hierzu auch KAPITEL YYY) beenden diesen Beitrag.

1 Anforderungen an Referenzmodelle

Referenzmodelle bieten einen **konzeptionellen Rahmen zur Beschreibung charakteristischer Eigenschaften eines Systems** (vgl. [Earl, 1991], [Hollingsworth, 1994]). Für Informationssysteme beziehen sich diese Eigenschaften auf strukturelle (aufbauorganisatorische), auf funktionale (ablauforganisatorische) und statische (objektbezogene) Zusammenhänge.

Durch Referenzmodelle werden die **Hauptkomponenten eines Informationssystems einschließlich seiner Schnittstellen** festgelegt. Je nach Verwendungskontext erfolgt die Beschreibung dieser Komponenten auf unterschiedlichem, aber problemangemessenem Abstraktionsniveau.

Der Begriff ist zu unterscheiden von verwandten Begriffen wie Standard, Architektur oder Bausteinbibliothek. Im Gegensatz zu Referenzmodellen legen **Standards** durch Normung oder allgemeine Akzeptanz fest, welche Rahmenbedingungen für die Realisierung solcher Komponenten zu beachten sind. Die **Architektur** eines rechnerunterstützten Krankenhaus-Informationssystems beschreibt hingegen seine Zerlegung in unabhängige Softwarebausteine. Diese Zerlegung sollte allerdings möglichst kompatibel zur Modellierung des Referenzmodells sein. **Bausteinbibliotheken** enthalten konkrete, jeweils optimal erscheinende, autonome Software-Realisierungen [Winter/Zimmerling, 1995] evtl. unterschiedlicher Hersteller. Diese sollten, um ein ordnungsgemäßes Zusammenspiel aller Bausteine des Informationssystems zu gewährleisten, einem gemeinsamen Standard folgen.

Referenzmodelle sind auch von **speziellen Modellen** zu unterscheiden. Spezielle Modelle beschreiben einen Sachzusammenhang aus einer auf ein konkretes Modellierungsziel hin ausgerichteten Sicht. Sie sind in ihrem Detaillierungsgrad ebenfalls speziell auf den zu beschreibenden Problemkontext zugeschnitten. Referenzmodelle sind dagegen nicht auf einen konkreten Fall bezogen, sondern werden als **problem-übergreifende Modellierungen** eines Sachver-

halts betrachtet. Sie sind als Referenzen für vielfältige, spezielle Modellierungen eines Realitätsausschnitts gedacht und müssen daher **allgemeiner** und **umfassender** angelegt sein.

Damit ein Referenzmodell als Referenz akzeptiert wird, muß es auch für alle möglichen Anwendergruppen **leicht nachvollziehbar** und **möglichst einfach** in Beschreibung und Verwendung sein.

Es ist nicht vorrangig die Aufgabe eines Referenzmodells, ein allumfassendes Modell zu sein; es soll eher einen **Ausgangspunkt für detailliertere, problemangemessenere Modellierungen** bieten. In ihrem Detaillierungsgrad sollten Referenzmodelle daher **nicht zu konkret** sein, da sie dann nicht mehr auf vielfältige Problemstellungen anwendbar sind. Sie sollten aber auch **nicht zu allgemein** sein, da zu allgemeine Modelle die Ableitung problembezogener, spezieller Modelle kaum unterstützen. Die Granularität eines Referenzmodells sollte vielmehr so bemessen sein, daß hieraus durch **wenige und einfache Spezialisierungen und Verfeinerungen** spezielle Modelle abgeleitet werden können.

Gleichzeitig sollten Referenzmodelle auch den **aktuellen Stand** innerhalb ihres Anwendungsbereichs widerspiegeln. Da dieser einer dynamischen Entwicklung unterworfen ist, muß ein Referenzmodell auch die Anpassung an zukünftige Entwicklungen erlauben. Daher sollte es **leicht änder- und erweiterbar** sein.

Die Referenz-Eigenschaft eines Modells ist somit sowohl von seiner Anwendungsbreite als auch von seiner Aktualität geprägt. Diese Eigenschaften müssen für ein Referenzmodell in seiner Verwendung ständig nachgewiesen werden.

2 Anwendung von Referenzmodellen

Anwendung finden Referenzmodelle in unterschiedlichen Bereichen. Im folgenden werden einige der wichtigsten Anwendungsbereiche von Referenzmodellen für Krankenhaus-Informationssysteme skizziert (vgl. auch [Earl, 1991]).

Wie in vielen anderen Bereichen auch, gibt es im Krankenhausbereich keine einheitliche Terminologie. Durch Referenzmodelle können eindeutige Begrifflichkeiten festgelegt werden. In diesem Zusammenhang werden Referenzmodelle zur **Benennung und Verdeutlichung** von Konzepten und deren Zusammenhang verwendet.

Durch solche Referenzmodelle werden auch Rahmen beschrieben, die **Standardisierungsvorhaben** zugrunde gelegt werden¹. Komponenten dieser Referenzmodelle beschreiben jeweils die zu standardisierenden Bereiche, Beziehungen zwischen diesen und dienen zur Schnittstellenabsprache. Standards für unterschiedliche Bereiche können dann koordiniert durch verschiedene Gruppen zu einem Krankenhaus-Informationssystem-Standard entwickelt bzw. weiterentwickelt werden.

Dadurch, daß mit Referenzmodellen ein terminologischer Rahmen geschaffen wird, sowie grundlegende Komponenten und deren Beziehungen festgelegt werden, eignen sie sich auch als **Schulungsmittel** für alle im Krankenhaus beschäftigten Personengruppen. Entlang eines solchen

¹ Vgl. hierzu das ECMA-Referenzmodell der European Computer Manufacturers Association [Earl, 1991] zur Standardisierung von Software Entwurfs Umgebungen oder das Workflow-Referenzmodell der Workflow Management Coalition [Hollingsworth, 1994].

Modells können die wesentlichen Konzepte im jeweiligen Modellkontext **einheitlich vermittelt** werden und führen somit auch zu einem **gemeinsamen Verstehen** des Anwendungsgebiets.

Die durch ein Referenzmodell beschriebenen Zusammenhänge werden als Grundlage der **Modellierung** eines konkreten, auf ein einzelnes Krankenhaus bezogenen Modells verwendet. Die Erhebung und Dokumentation eines konkreten Modells erfolgt dann durch **Abgleich** mit dem Referenzmodell. Dokumentiert werden dann nur noch Spezialisierungen und Verfeinerungen sowie ggfs. erforderliche Abweichungen vom Referenzmodell.

Referenzmodelle dienen auch als **Vergleichsmaßstab** für bereits vorliegende Modellierungen. Wurde ein Referenzmodell z.B. mit dem Anspruch einer möglichst optimalen Geschäftsprozeß-Modellierung erstellt, können durch einen Vergleich mit der aktuellen Umsetzung der Prozesse Optimierungsmöglichkeiten aufgezeigt werden. Dieses ermöglicht darüberhinaus auch die Vergleichbarkeit verschiedener Krankenhaus-Informationssysteme.

Auch die Auswahl einer möglichst optimalen Softwareunterstützung aus marktgängigen Angeboten für ein Krankenhaus-Informationssystem setzt Klarheit über die Anforderungen voraus. Zur **Formulierung dieser Anforderungen** können ebenfalls Referenzmodelle eingesetzt werden. Diesen können dann sowohl als Grundlage zur Auswahl von Krankenhaus-Softwarelösungen, als auch als Ausgangspunkt einer tiefergehenden Modellierung zur Softwareerstellung herangezogen werden.

Liegt eine Kombination von Referenzmodell und Bausteinbibliothek in der Form vor, daß den Komponenten des Modells Softwarebausteine zugeordnet sind, läßt sich hieraus eine dem Referenzmodell gemäße Softwareunterstützung ableiten (vgl. auch [Winter/Zimmerling, 1995]). Aufgrund der Forderung nach Allgemeingültigkeit eines Referenzmodells zur Formulierung von Anforderungen an eine Rechnerunterstützung, sollte dieses auch **unabhängig** von konkreten Softwarelösungen und Anbietern sein. Insbesondere sollte das Referenzmodell nicht aus einem bereits existierenden rechnerunterstützten Informationssystem abgeleitet werden.

Die Vielfalt der verschiedenen Anwendungsbereiche impliziert auch eine Vielfalt an unterschiedlichen Referenzmodellen, die sich jeweils in ihrer Granularität, aber auch in der Qualität ihrer Referenzeigenschaften bezogen auf den Anwendungsbereich unterscheiden.

3 Beschreibung von Referenzmodellen

Für die Kommunikation zwischen Anwendern und Informatikern zur Erhebung, Dokumentation und Analyse von Informationssystemen haben sich halbformale **graphische Beschreibungsmittel** wie Datenflußbeschreibungen [Yourdon, 1989], ereignisgesteuerte Prozeßketten [Scheer, 1994] oder Kooperationsbilder [Floyd et al., 1997] als geeignet erwiesen. Für tiefergehende Beschreibungen und konkrete Implementationsdarstellungen werden jedoch eher formale, mit einer eindeutigen Semantik versehene Beschreibungsmittel benötigt. Aufgrund der vielfältigen Anwendungsbereiche von Referenzmodellen werden zusätzlich Beschreibungsmittel gesucht, die Modellierungen auf **unterschiedlichen Granularitätsniveaus** unterstützen. Beschreibungsmittel für Referenzmodelle sollten daher alle Anwendergruppen bei der Modellerstellung und -analyse mit der angemessenen Granularität in integrierter Weise und ohne Strukturbruch unterstützen.

Hierzu werden heute **multiparadigmatische Beschreibungsansätze** verfolgt, die mit unterschiedlichen, jeweils problemangemessenen Darstellungstechniken Informationssysteme beschreiben.

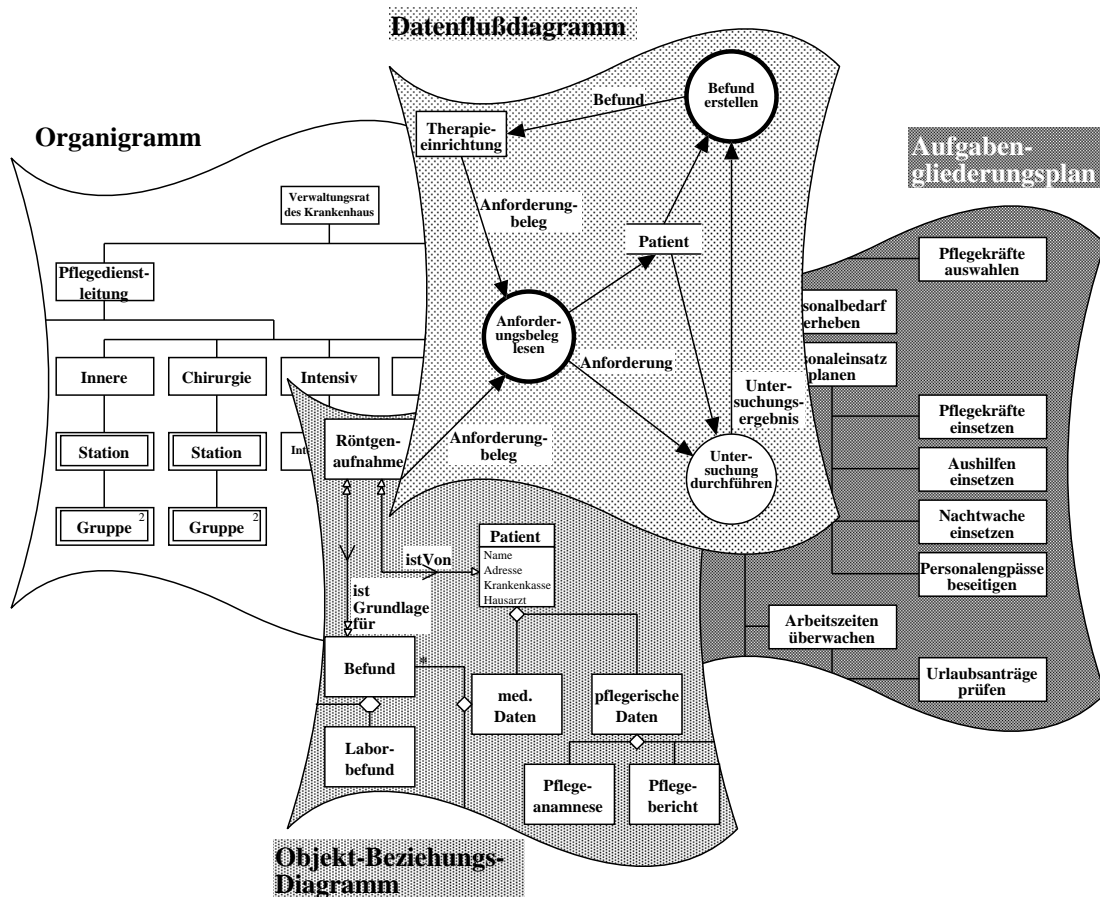


Abbildung 1: Beschreibung eines Krankenhaus-Informationssystems aus verschiedenen Sichten

In Abbildung 1 ist ein Krankenhaus-Informationssystem ausschnittsweise durch verschiedene Beschreibungsmittel dargestellt. Durch ein *Organigramm* wird die Aufbauorganisation beschrieben. Mit dem *Datenflußdiagramm* wird ein Ausschnitt der Prozesse innerhalb des Labors einschließlich der Datenbeziehungen skizziert. Der Ausriß des *Aufgabengliederungsplans* notiert die Aufgaben der Pflegedienstleitung und deren Unteraufgaben. Durch das *Objekt-Beziehungsdiagramm* wird ein Teil der durch das Krankenhaus-Informationssystem zu verwaltenden Daten dargestellt.

Das Krankenhaus-Informationssystem wird hierbei aus der Aufbau- oder Organisationssicht, der Aufgabensicht, der Ablauf- oder Prozeßsicht und der Objektsicht beschrieben. Für jede dieser Sichten gibt es weitere Beschreibungsmittel. Einen Überblick hierzu bieten z.B. [Lehner et al., 1991], [Ebert/Engels, 1993] oder [Scheer, 1994, Teil A].

Wird ein Informationssystem aus der **Aufbausicht** beschrieben, so stehen organisatorische Einheiten (Abteilungen, Stellen) und deren Beziehungen untereinander im Mittelpunkt der Betrachtung. Zur Darstellung der Organisationshierarchie werden in der Regel Organigramme in unterschiedlichen Notationen verwendet. Kommunigramme [Blum, 1991] oder Kooperationsbil-

der [Krabbel et al., 1996] werden zur Darstellung der Interaktionsbeziehungen verwendet. Bei der Beschreibung eines Informationssystems aus **Aufgabensicht** steht die Darstellung der zu bearbeitenden Aufgaben und deren Untergliederung im Vordergrund. Als Darstellungsmittel bieten sich hier Aufgabengliederungspläne (oder Funktionsbäume) in unterschiedlichen Darstellungsformen an [Nordsieck, 1962], [Kosiol, 1976]. Wird das Informationssystem aus der **Ablaufsicht** betrachtet, interessiert die zeitliche oder logische Folge der Erledigung einzelner Aufgaben. Hierzu gibt es eine Vielzahl unterschiedlicher Beschreibungsmittel wie z.B. Netzpläne [Schwarze, 1994], SADT-Aktivitätendiagramme [Ross, 1977], Nassi-Shneiderman-Diagramme [Nassi/Shneiderman, 1973] und State-Charts [Harel, 1988] als Stellvertreter unterschiedlicher Beschreibungs-Paradigmen [Winter/Ebert, 1996]. Während diese Notationen Prozesse eher statisch beschreiben, erlauben Petrinetze [Baumgarten, 1990] darüberhinaus auch Animationen. Aus der **Objektsicht** werden die im Informationssystem bearbeiteten Objekte wie Daten, Dokumente und Werkstücke gesondert betrachtet. Als Beschreibungsmittel werden hier erweiterte Objekt-Beziehungsdiagramme [Chen, 1976], [Abiteboul/Hull, 1987] oder Datenlexika [Yourdon, 1989] verwendet.

Neben diesen, auf einzelne Sichten bezogenen Darstellungsmittel können auch **sichtenübergreifende Notationen** verwendet werden. Hier sind beispielsweise die weit verbreiteten Vorgangskettendiagramme oder ereignisgesteuerte Prozeßketten [Scheer, 1994] einzuordnen, die Beschreibungen aus allen vier Sichten erlauben.

Ein **Werkzeug** zur Modellierung von (Referenz-) Informationssystemen sollte jedem Anwender die für seine Anwendungsbereiche ihm individuell geeignet erscheinenden Beschreibungsmittel zur Verfügung stellen. Modelle aus verschiedenen Sichten sollten zu einem Gesamtmodell integriert werden können, um so eine Gesamtbetrachtung des Informationssystems zu ermöglichen. Dieses setzt sowohl voraus, daß in einem zugrundegelegten Modellierungswerkzeug die Konzepte der verschiedenen Beschreibungsparadigmen miteinander kombiniert sind, als auch das die jeweiligen Beschreibungsmittel in ihrer konkreten Darstellungsform unterstützt werden. Neben der Unterstützung bei der Modellierung selbst, sollte ein solches Werkzeug z.B. durch einen Modellbrowser auch die Verwendung der Modellierung unterstützen.

4 Referenzmodelle für Krankenhaus-Informationssysteme

In verschiedenen Arbeitsgruppen mit Praktikern aus Krankenhäusern, Informatikern und Unternehmensberatern wurde in mehreren Projekten Modelle von Krankenhaus-Informationssystemen erstellt. Anwendung finden diese Modellierungen in erster Linie als Vergleichs- und Analysemittel sowie als Mittel zur Formulierung von Anforderungen an Softwareunterstützungen bzw. zur aufgabenangemessenen Auswahl von Softwarelösungen.

So wurden in [Schumm et al., 1995], in [Krabbel et al., 1997], und in [Imhoff/Paczkowski, 1997] Modelle zur Unterstützung der Auswahl, Einführung und Weiterentwicklung von rechnerunterstützten Krankenhaus-Informationssystemen erstellt. Mit dem Ziel der Analyse und Optimierung von Arbeitsabläufen und Organisationsstrukturen und anschließender Ableitung einer Anforderungsspezifikation an einen Teilbereich rechnerunterstützter Krankenhaus-Informationssysteme wurde in [Bott et al., 1996] und [Bott et al., 1997] auch ein Simulationsmodell entwickelt.

Durch Verwendung des MOSAIK-M-Ansatzes (Modellierung, Simulation und Animation von Informations- und Kommunikationssystemen in der Medizin) konnte hierbei das Modellverhalten zur Analyse optisch sichtbar gemacht werden. Soll- bzw. Rahmenkonzepten für Krankenhaus-Informationssysteme basieren ebenfalls auf speziellen Modellen (vgl. hierzu z.B. [Gräber, 1995]).

Die hier skizzierten Modellierungen erfolgten i.a. mit **unterschiedlichen Modellierungsmethoden**, jedoch auf Basis der im vorhergehenden Abschnitt skizzierten Beschreibungsmittel. Gemeinsam ist diesen Modellen auch, daß sie speziell auf Fragestellungen einzelner Krankenhäuser ausgerichtet waren und daher nicht den Anspruch erheben, Referenzmodelle für alle Krankenhäuser zu sein. Lediglich für ein Modell wird behauptet, zumindest ein Referenzmodell für Bundeswehrkrankenhäuser zu beschreiben [Imhoff/Paczkowski, 1997]. Validiert wurde dieser Anspruch ansatzweise in zwei weiteren Häusern.

Alle hier skizzierten Modelle können als Ausgangspunkt für die Erstellung eines Referenzmodells für Krankenhaus-Informationssysteme dienen. Hierzu sind die Modelle jeweils zu **verallgemeinern**.

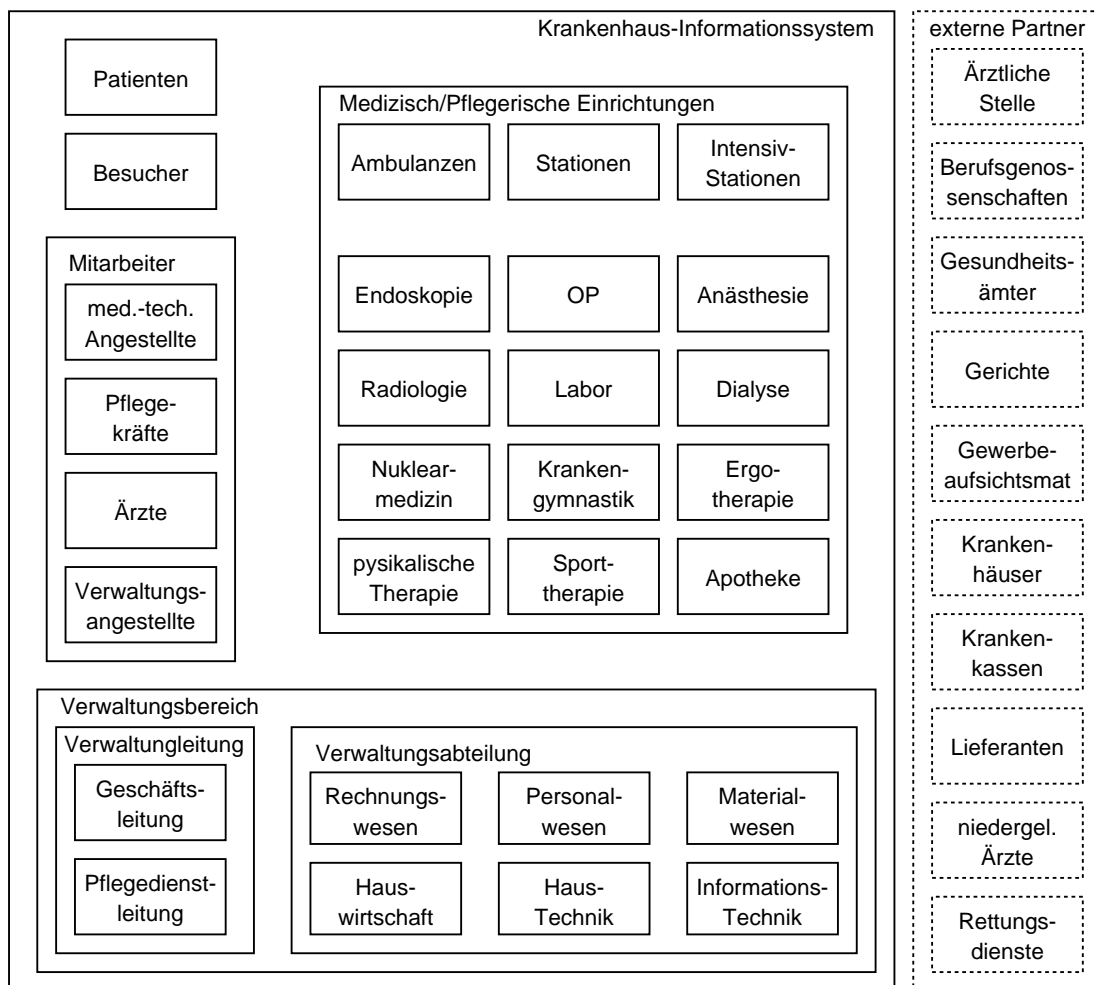


Abbildung 2: Überblicksdarstellung (exemplarischer Ausschnitt)

Im folgenden wird skizziert wie ein Referenzmodell für Krankenhaus-Informationssysteme ent-

wickelt werden kann und welche Beschreibungsmittel hierbei zum Einsatz kommen können.

Ausgangspunkt sollte eine (grobgranulare) Beschreibung der wesentlichen Bereiche/Abteilungen des Krankenhaus-Informationssystems sein. Ein Überblick über diese Komponenten [Schumm et al., 1995] eines Krankenhaus-Informationssystems ist exemplarisch in Abbildung 2 dargestellt.

Dieses Diagramm grenzt zum einen das Krankenhaus-Informationssystem von seiner Umwelt (gepunktet) ab und **benennt** exemplarisch die wesentlichen Bestandteile des Systems. Es legt auch die Positionierung dieser Bestandteile innerhalb des Systems fest und bietet aufgrund einer nachvollziehbaren Darstellung eine **Diskussionsgrundlage** über dieses Teilmodell. In der hier skizzierten Modellierung wurde beispielsweise die Pflegedienstleitung als Teil der Verwaltung und die Apotheke als Teil des medizinisch-pflegerischen Bereichs modelliert. Jeweils umgekehrte Modellierungen sind hierfür sicherlich auch vertretbar.

Ergänzt um Schnittstellen oder Methoden zur Kooperation der einzelnen Komponenten liefert ein solches Überblicks-Referenzmodell auch einen Ausgangspunkt zur **Standardisierung** im Kontext der Krankenhaus-Informationssysteme und kann Grundlage einer Softwarearchitektur sein. Wie auch für die weitere Erstellung des Referenzmodells für Krankenhaus-Informationssysteme ist das Modell aus Abbildung 2 jeweils für die Aufbausicht, die Aufgabensicht, die Prozeßsicht und die Objektsicht zu verfeinern.

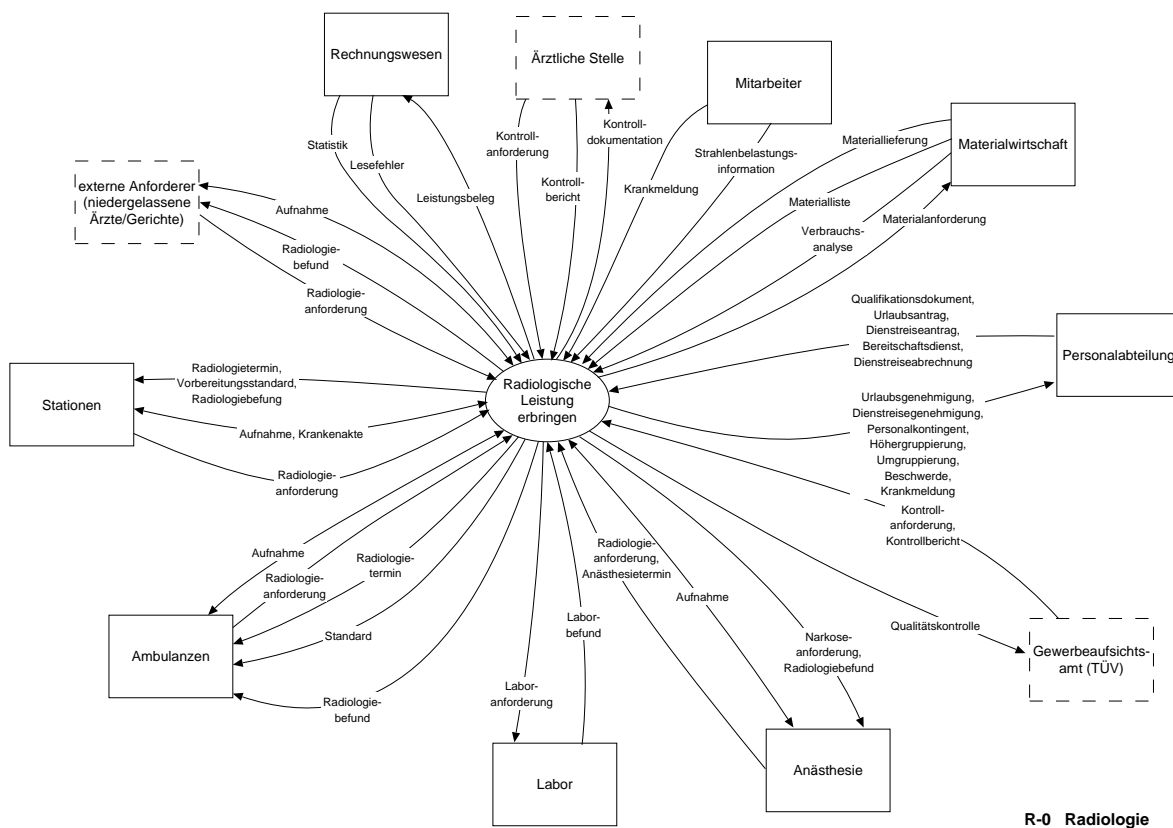


Abbildung 3: Kontextdiagramm: Radiologie (exemplarisch)

Exemplarisch werden in Abbildung 3 durch ein Kontext-Datenfluß-Diagramm die Aufgaben des

Bereichs Radiologie (subsumiert unter dem Prozeß „Radiologische Leistung erbringen“) skizziert. Durch dieses Diagramm wird dargestellt welche Informationen mit welchen Bereichen innerhalb (durchgezogene Rechtecke) und außerhalb (gepunktete Rechtecke) des Krankenhaus-Informationssystems ausgetauscht werden. In solchen Diagrammen dargestellte Prozesse können dann weiter verfeinert werden. Diagramme für die anderen medizinisch/pflegerischen Einrichtungen und die Verwaltungsbereiche können in analoger Weise erstellt werden.

Neben der Modellierung aus Prozeßsicht ist in Abbildung 4 ein hierzu kompatibler Ausschnitt der Modellierung aus Objektsicht notiert. Hier wird exemplarisch der Zusammenhang zwischen den Mitarbeitern der Radiologie und den Anforderungen von und an die Radiologie skizziert². Dieses Teilmodell ist gleichzeitig eine auf die Radiologie bezogene Sicht einer vollständigen Modellierung der Objekte des gesamten Krankenhaus-Informationssystems.

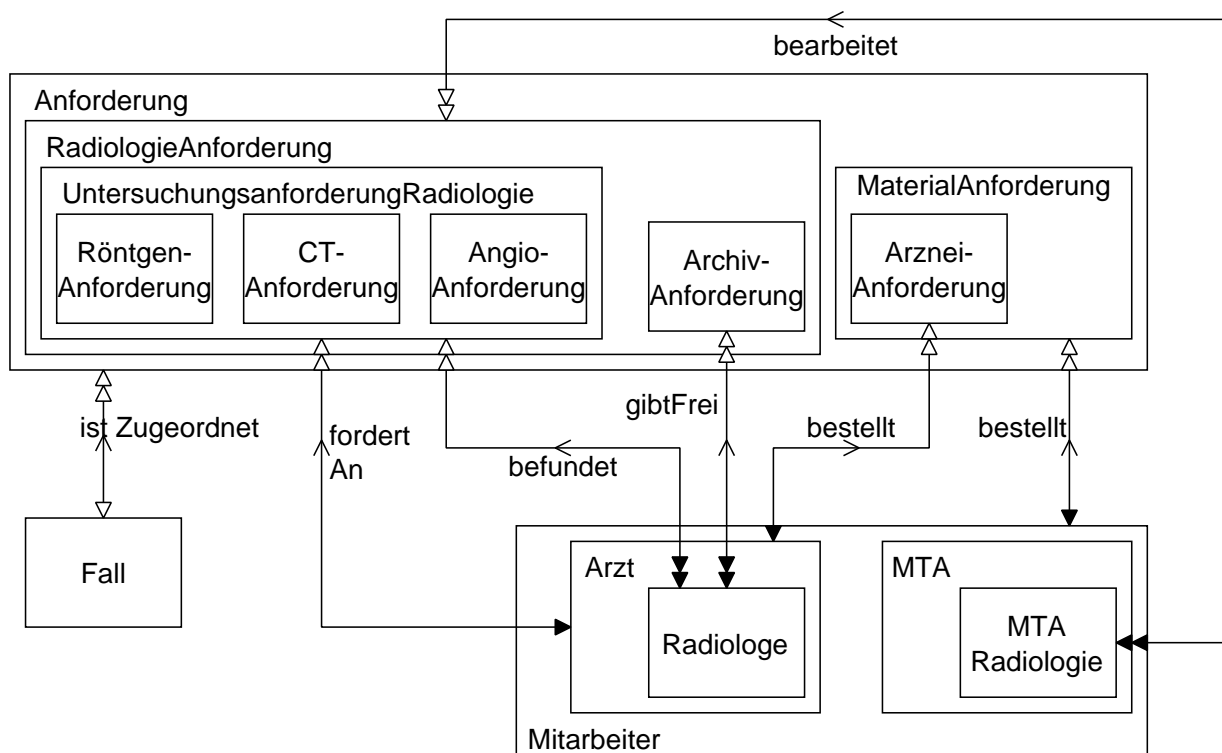


Abbildung 4: Objekt-Beziehungs-Diagramm: Radiologie (exemplarischer Ausschnitt)

Ein Modell, wie das durch die Abbildungen 2 bis 4 skizzierte, liefert eine **problemübergreifende Modellierung** für Krankenhaus-Informationssysteme die ausreichend allgemein ist und somit für viele Krankenhäuser Gültigkeit hat. Je nach Bedarf kann das Modell auf **unterschiedlichen Granularitätsniveaus** zwischen Überblicksdiagramm und beliebig tiefer **Verfeinerung** der Kontextdiagramme bzw. beliebig tiefer **Spezialisierung** der Objekt-Beziehungsdiagramme betrachtet werden. Vorhandene Modellierungen können dann einer Referenz auf vergleichbarer Granularität **gegenübergestellt** werden.

Ein Modell nach dem hier skizzierten Ansatz ist darüberhinaus auch **erweiterbar**. Beispielsweise ist für die Ergänzung eines weiteren radiologischen Untersuchungsverfahrens im Objektmodell aus Abbildung 4 lediglich das Objekt „UntersuchungsanforderungRadiologie“ um die

² Ineinanderschachtelung veranschaulicht Spezialisierung.

entsprechende Anforderung zu spezialisieren ist. Analog kann in der Prozeßmodellierung ein entsprechender Prozeß ergänzt werden.

Stellt man einem solchen Referenzmodell eine kompatible Softwarearchitektur zur Seite, kann es ebenfalls zur **Entwicklung** eines rechnerunterstützten Krankenhaus-Informationssystems verwendet werden. Eine mit den Modell-Skizzen aus Abbildung 2 bis 4 verträgliche Architektur kann z.B. durch eine Anpassung des ECMA-Referenzmodells [Earl, 1991] auf rechnerunterstützte Krankenhaus-Informationssysteme erreicht werden. Unabhängige Bausteine zur Unterstützung einzelner Krankenhausbereiche werden hierbei in einen Rahmen eingesetzt, der eine einheitliche, krankenhausweite Datenbasis, eine gemeinsame Benutzungsschnittstelle und ein gemeinsames Kommunikationskonzept bereitstellt. Die Kopplung mit den Teilsystemen erfolgt durch jeweils geeignete Managementsschichten.

5 Zusammenfassung und Ausblick

Referenzmodelle für Krankenhaus-Informationssysteme wurden zunächst durch an sie gestellte Anforderungen und ihre Anwendungsbereiche charakterisiert. Ausgehend von einer kurzen Betrachtung der zur Beschreibung von Referenzmodellen benötigten Darstellungsmittel wurde skizziert, wie ein solches Referenzmodell erstellt werden kann. Die Erhebung aller hierzu benötigten Informationen, die Entwicklung des Modells mit dem Ziel einer breiten Akzeptanz als Referenz und einer hierauf aufsetzenden, kompatiblen Softwarearchitektur, erfordert eine intensive Zusammenarbeit von Praktikern in Krankenhausbereich und Softwaretechnikern.

Literatur

- [Abiteboul/Hull, 1987] S. Abiteboul, R. Hull. IFO: A Formal Semantic Database Model. ACM Transactions on Database Systems, 12(4):525–565, December 1987.
- [Baumgarten, 1990] B. Baumgarten. Petri-Netze, Grundlagen und Anwendungen. BI-Wissenschaftsverlag, Mannheim, Wien, Zürich, 1990.
- [Becker/Vossen, 1996] J. Becker, G. Vossen, (Hrsg.). Geschäftsprozeßmodellierung und Workflows, Modelle, Methoden, Werkzeuge. Thomson, Bonn, 1996.
- [Blum, 1991] E. Blum. Betriebsorganisation, Methoden und Techniken, Organisation als Gestaltungsprozeß, Erhebungs- und Darstellungstechniken, Problemanalyse/Alternativensuche, interne Kontrolle. Gabler, Wiesbaden, 3. Auflage, 1991.
- [Bott et al., 1996] O. J. Bott, O.-S. Penger, A. Terstappen. Ein Ansatz zur methoden- und werkzeuggestützten Anforderung- und Systemspezifikation auf der Grundlage objektorientierter Modellierungs- und Simulationstechniken. EMISA-Forum, (1):50–53, 1996.
- [Bott et al., 1997] O. J. Bott, O.-S. Penger, D.P. Pretschner. Folgerungen der Spezifikation eines Pflegeinformationssystems für die Architektur von Krankenhausinformationssystemen. in Proceedings 41. Jahrestagung der Deutschen Gesellschaft für Medizinische Informatik, Biometrie und Epidemiologie, (GMDS), Bonn, 1996. 1997.
- [Chen, 1976] P. P.-X. Chen. The Entity–Relationship Model — Toward a Unified View of Data. ACM Transactions on Database Systems, 1(1):9–36, March 1976.
- [Earl, 1991] A. Earl. A Reference Model for Computer Assisted Software Engineering Environments Frameworks. Softwaretechnik-Trends, 11(2):15–48, Mai 1991.

- [Ebert/Engels, 1993] J. Ebert, G. Engels. Design Representation. in [Marciniak, 1993], S. 382–394. 1993.
- [Floyd et al., 1997] C. Floyd, A. Krabbel, S. Ratuski, I. Wetzel. Zur Evolution der evolutionären Systementwicklung: Erfahrungen aus einem Krankenhausprojekt. *Informatik Spektrum*, 20(1):13–20, Februar 1997.
- [Gräber, 1995] S. Gräber. Modellierung eines Krankenhausinformationssystems mit einem objektorientierten Verfahren. in [Huber-Wäschle et al., 1995], S. 711–719. 1995.
- [Harel, 1988] D. Harel. On Visual Formalisms. *Communication of the ACM*, 31(5):514–530, May 1988.
- [Hasselbring, 1997] W. Hasselbring, (Hrsg.). Erfolgsfaktor Softwaretechnik für die Entwicklung von Krankenhausinformationssystemen, in: *Informatik für Systementwickler*, Band 4. Krehl, Münster, 1997.
- [Hollingsworth, 1994] D. Hollingsworth. The Workflow Reference Model. Technical Report TC00-1003, Workflow Management Coalition, Brussels, 29. November 1994.
- [Huber-Wäschle et al., 1995] F. Huber-Wäschle, H. Schauer, P. Widmayer, (Hrsg.). GISI 95, Herausforderungen eines globalen Informationsverbund für die Informatik, in: *Informatik aktuell*. Springer, Berlin, 1995.
- [Imhoff/Paczkowski, 1997] B. Imhoff, J. Paczkowski. Erstellung und Validierung eines Referenzmodells für Krankenhausinformationssysteme. in [Hasselbring, 1997], S. 55–63. 1997.
- [Kosiol, 1976] E. Kosiol. Organisation der Unternehmung. Th. Gabler, Wiesbaden, 2. Auflage, 1976.
- [Krabbel et al., 1996] A. Krabbel, I. Wetzel, S. Ratuski. Objektorientierte Analysetechniken für übergreifende Aufgaben. *Softwaretechnik-Trends*, 16(3):65–72, September 1996.
- [Krabbel et al., 1997] A. Krabbel, I. Wetzel, S. Ratuski. Anforderungsermittlung für Krankenhausinformationssysteme: Definition von Kernsystem und Ausbaustufen. in [Hasselbring, 1997], S. 1–8. 1997.
- [Lehner et al., 1991] F. Lehner, W. Auer-Rizzi, R. Bauer, K. Breit, J. Lehner, G. Reber. Organisationslehre für Wirtschaftsinformatiker, in: *Hanser Studienbücher*. Carl Hanser Verlag, München, Wien, 1991.
- [Marciniak, 1993] J. J. Marciniak, (Hrsg.). *Encyclopedia of Software Engineering*. John Wiley & Sons, New York, 1993.
- [Nassi/Shneiderman, 1973] I. Nassi, B. Shneiderman. Flowchart Techniques for Structured Programming. *ACM SIGPLAN Notices*, (8):12–26, 1973.
- [Nordsieck, 1962] Fritz Nordsieck. Die schaubildliche Erfassung und Untersuchung der Betriebsorganisation. C.E. Poeschel Verlag, Stuttgart, 6. Auflage, 1962.
- [Ross, 1977] D. T. Ross. Structured Analysis (SA): A Language for Communicating Ideas. *IEEE Transactions on Software Engineering*, 3(1):16–34, Jan. 1977.
- [Scheer, 1994] A.-W. Scheer. *Wirtschaftsinformatik, Referenzmodelle für industrielle Geschäftsprozesse*. Springer, Berlin, 5. Auflage, 1994.
- [Schumm et al., 1995] T. Schumm, C. Thomann, A. Winter. Evaluation von Krankenhaus-Informationssystemen für das Ev. Stift St. Martin, Koblenz. Interner Projektbericht 4/95, Universität Koblenz-Landau, Institut für Softwaretechnik, Koblenz, Juli 1995.
- [Schwarze, 1994] J. Schwarze. Netzplantechnik, Eine Einführung in das Projektmanagement, in: *NWB-Studienbücher Wirtschaftswissenschaften*. Verlag Neue Wirtschafts-Briefe, Herne, Berlin, 7. Auflage, 1994.
- [Winter/Ebert, 1996] A. Winter, J. Ebert. Ein Referenz-Schema zur Organisationsbeschreibung. in [Becker/Vossen, 1996], S. 101–123. 1996.
- [Winter/Zimmerling, 1995] Alfred Winter, R. Zimmerling. Die Bedeutung von Referenzmodellen für das Management von Krankenhausinformationssystemen. in [Huber-Wäschle et al., 1995], S. 703–710. 1995.
- [Yourdon, 1989] E. Yourdon. *Modern Structured Analysis*. Prentice Hall, Englewood Cliffs, 1989.