

# Modellierung von Workflow-Prozessen in der Radiologie

Sang-Il Kim

Diplomarbeit

Dezember 2003

Fachbereich Informatik  
Universität Hamburg

Betreuer:  
Dr. Ralf Klischewski  
Prof.Dr. Horst Oberquelle

## Inhaltsverzeichnis

<b>1</b>	<b>Einleitung</b>	<b>3</b>
1.1	Hintergrund und Motivation . . . . .	3
1.2	Problemstellung . . . . .	5
1.3	Zielsetzung und Inhalt der Arbeit . . . . .	6
1.4	Aufbau der Arbeit . . . . .	7
<b>2</b>	<b>Workflow-Management Systeme &amp; Modellierung</b>	<b>8</b>
2.1	Workflow Management Systeme . . . . .	8
2.2	Modellierung . . . . .	11
2.2.1	Motivation . . . . .	12
2.2.2	Modelltypen . . . . .	13
2.2.3	Anwendungskontext der Modellierung . . . . .	15
2.2.4	Modellierung im Kontext von WfMS . . . . .	18
2.2.5	Methoden der Modellierung . . . . .	19
2.2.6	Zusammenfassung . . . . .	21
2.3	Workflow-Modellierung: Stand der Kunst . . . . .	21
<b>3</b>	<b>Der Anwendungsbereich 'Radiologie'</b>	<b>29</b>
3.1	Der klinische Hintergrund . . . . .	30
3.2	Die Radiologie . . . . .	33
3.2.1	Allgemeines . . . . .	33
3.2.2	Arbeitsflüsse in der Radiologie und Anwendungsbeispiele	39
<b>4</b>	<b>Methoden</b>	<b>49</b>
4.1	Die 'Serviceflow-Metapher' . . . . .	49
4.1.1	Übersicht . . . . .	49
4.1.2	methodischer Ansatz . . . . .	54
4.1.2.1	Das Auslassen von Aktivitäten . . . . .	58
4.1.2.2	Das ungeplante Hinzufügen von Aktivitäten .	59
4.1.2.3	(ungeplantes) Wiederholen von Aktivitäten .	60
4.1.2.4	Das Abbrechen von Aktivitäten mit Rück- sprung . . . . .	60
4.1.2.5	Pause und Restart von Aktivitäten . . . . .	60
4.1.3	Anwendung . . . . .	62
4.2	Die UML-Methode . . . . .	67
4.2.1	Übersicht . . . . .	68
4.2.1.1	Anwendungsfalldiagramm (Use Case diagram)	70
4.2.1.2	Aktivitätsdiagramm (Activity diagram) . . .	71

<i>INHALTSVERZEICHNIS</i>	2
4.2.1.3 Sequenzdiagramm (Sequence diagram) . . . . .	72
4.2.2 Anwendung . . . . .	72
<b>5 Diskussion und Zusammenfassung</b>	<b>76</b>
5.1 Ausblick . . . . .	77

# 1 Einleitung

## 1.1 Hintergrund und Motivation

Kosteneinsparungen und/oder Effizienzsteigerungen sind mitunter die Hauptgründe für die zunehmende Unterstützung von Arbeitsprozessen durch Informationstechnologie (IT) in fast allen Bereichen der Arbeitswelt.

Vor allem im industriellen und administrativen Bereich ist die elektronische Datenverarbeitung (EDV) inzwischen nicht mehr wegzudenken. So ist die digitale Steuerung von industriellen Fertigungsanlagen sowie die elektronische Sachbearbeitung im Verwaltungssektor selbstverständlich.

In den letzten Jahren gab es jedoch nicht nur einen einfachen Ersatz von einzelnen Tätigkeiten durch die IT, sondern zusehends auch eine Verknüpfung dieser einzelnen Tätigkeiten zu einem Gesamt-Arbeitsprozess.

Die anfängliche daten- oder funktions-orientierte Sicht der Arbeit weicht dabei mehr und mehr der prozess-orientierten Sichtweise, in der jeder Arbeitsschritt einen Teil eines gesamten Arbeitsprozesses darstellt. Genau diese Sichtweise vertritt der Workflow<sup>1</sup>-Management Ansatz, der seit einigen Jahren in technisch/industriellen Anwendungen zu finden ist [Jab95].

Dabei erhofft man sich von Workflow-Management-Systemen (WfMS)<sup>2</sup> insgesamt eine Optimierung der Arbeitsabläufe und eine bessere Auslastung/-Ausnutzung technischer und menschlicher Ressourcen.

Eine besondere Herausforderung an die IT-Unterstützung stellen dabei die Arbeitsbereiche dar, in denen zur Erfüllung der Aufgaben mehrere Beteiligte (Menschen und/oder Maschinen) zusammenarbeiten müssen, also kooperieren. Für eine erfolgreiche Kooperation, müssen die einzelnen Tätigkeiten aufeinander abgestimmt werden, also bedarf es zusätzlich noch einer Koordination von Arbeit.

Ein gutes Beispiel für solch einen Arbeitsbereich stellt das Gesundheitswesen dar, hier im besonderen die Arbeitsabläufe in einem Krankenhaus sowie auch in jeder Krankenhausabteilung (z.B. Kardiologie, Chirurgie oder Radiologie).

Die Gründe für die Komplexität der Arbeit in einem Krankenhaus liegen auf der Hand. Viele verschiedene Menschen und technische Apparaturen tragen im Optimalfall dazu bei, dass die Patienten bestmöglichst versorgt werden, d.h. möglichst umfassend, individuell und schnell. Um dies zu gewährleisten

---

<sup>1</sup>Workflow = Arbeitsvorgang, Arbeitsprozess, Arbeitsfluss

<sup>2</sup>auch als Vorgangsbearbeitungssystem oder Aktivitäten-Management-System bezeichnet

ist eine gut durchdachte Organisation der gesamten diagnostischen und therapeutischen Prozesse notwendig [KK96].

Die medizinische Domäne ist gekennzeichnet durch einerseits immer wiederkehrende Standardprozesse für Routineaufgaben und andererseits durch viele mögliche Abweichungen und Abbrüche aus den Standardprozessen [Sch98]. Die Arbeitsflüsse in der Radiologie sind dafür ein gutes Beispiel.

Durch Einführung von informationstechnischen Standards für die Kommunikation zwischen Informationssystemen in der Medizin versucht man schon seit längerem dieser Komplexität Herr zu werden. So existiert z.B. ein internationaler Kommunikationsstandard für die klinikweite Information bezüglich Patientenverwaltung und Abrechnung, HL7 (Health Level 7) genannt [Qui99]. Für die radiologische Domäne gibt es einen eigenen internationalen Kommunikationsstandard, der vor allem den Bildaustausch im Fokus hat, DICOM (Digital Imaging and Communications in Medicine)<sup>3</sup> genannt .

Hauptanliegen dieser Standards ist jedoch nicht eine Unterstützung der Arbeitsflüsse, sondern vielmehr die Interoperabilität zwischen medizinischen Informationssystemen von verschiedenen Herstellern.

Ein Ansatz die Arbeitsflüsse in der Radiologie mithilfe der Standards zu unterstützen, ist die IHE-Initiative (Integrating the Healthcare Enterprise) [IHE03]. Triebfeder dieser Initiative ist einerseits die versprochene Interoperabilität Wirklichkeit werden zu lassen zwecks Vereinfachung und Erleichterung der Arbeit in der Radiologie, und andererseits die Optimierung der Arbeitsprozesse zwecks Qualitätserhöhung/-sicherung und vor allem Kosten-/Zeiteinsparung. Diese soll sich dann in einem erhöhtem Patientendurchsatz in der Radiologie und dadurch auch kürzeren Patientenaufenthaltsdauer in der Klinik widerspiegeln.

Beides, die Qualität und der Kostenfaktor, stehen im Mittelpunkt der aktuellen Diskussionen um die Reformen im Gesundheitswesen und zeigen somit die Dringlichkeit dieser Bemühungen.

In diese Richtung zielten auch die Anstrengungen im Rahmen einer Projektarbeit des Autors in Zusammenarbeit mit der Firma Siemens Medical Solutions. In dieser Projektarbeit ging es um eine Konzepterstellung für die Implementation einer Workflow-Unterstützung im Bereich von bildgebenden

---

<sup>3</sup>Eine kurze Einführung findet sich unter „[www.rsna.com/practice/dicom/intro/index.html](http://www.rsna.com/practice/dicom/intro/index.html)“. Der Standard findet sich unter [DI03].

Systemen in der Radiologie [Kim02]. Grundlage hierfür war eine Erweiterung des DICOM-Standards, GPWL genannt [GPW00]. Diese Erweiterung besteht im Wesentlichen aus neuen Objekten innerhalb des objektorientierten DICOM-Standards, die es ermöglichen sollen, ein Workflow-Management zu realisieren.

## 1.2 Problemstellung

Grundlage für jede Umsetzung eines IT-Projektes ist die genaue Analyse der jeweiligen Domäne. Um einen maximalen Nutzen aus den Analyseergebnissen zu erzielen, ist es wichtig eine gezielte Aufbereitung zu liefern. Dabei kann die Ergebnisaufbereitung für die Rückkoppelung mit dem Anwender anders aussehen als die Aufbereitung für die Entwickler-Gruppe zwecks Design-Diskussionen. In jedem Fall geht es jedoch um eine Verringerung der Komplexität und um Abstraktion der realen Welt mit Fokussierung auf das Wesentliche bezüglich der gewünschten Problemlösung. Diese Abstraktion und Komplexitätsverringern wird auch Modell-Bildung genannt.

Ein Modell ist also das Bild eines Originals, das bestimmte Aspekte aus der Gesamtheit der Eigenschaften des Originals herausgreift und so eine Sicht auf das Original vermittelt. Ein Modell entsteht in einem Modellbildungsprozess, der beeinflusst wird vom Erkenntnisinteresse, dem Vorwissen und den Leitbildern des Modellierers und sich an einem bestimmten Verwendungszweck des Modells orientiert.

Laut [JBS97] ist die Modellierung von Arbeitsvorgängen, bzw. der ausführbaren Abbilder von Arbeitsvorgängen (Workflows), ein wesentlicher Bestandteil von WfMS. So soll die Modellierung von Workflows alle Aspekte eines Anwendungssystems behandeln und nicht nur einzelne Aspekte wie Kontrollfluss oder Datenfluss. Dadurch kann aus dem Modell eines Workflows ein konzeptionelles Gesamtschema eines Anwendungssystems abgeleitet werden. (nähere Erläuterungen zu Modellierung und WfMS und eine wissenschaftliche Einordnung finden sich im Kapitel 2)

Arbeitsbereiche mit stark strukturierten und sequentiellen Arbeitsvorgängen, in denen keine oder wenige Abweichungen vom Standardprozess vorkommen, lassen sich relativ einfach modellieren. Beispiele hierfür wären eine Fließbandsteuerung in einer Produktionsstätte oder Sachbearbeitung von Dokumenten im Verwaltungsbereich.

Viele Arbeitsbereiche zeichnen sich jedoch durch wesentlich komplexere Arbeitsvorgänge aus, in denen verschiedene Akteure und Rollen für die Erreichung der Endergebnisse gemeinsam agieren müssen. In solchen Umgebungen

sind vor allem auch parallele Arbeitsvorgänge und unvorhersagbare Prozessabbrüche und Ad hoc Entscheidungen möglich und oft sogar die Regel. Eine ganzheitliche Modellierung dieser komplexen Arbeitsvorgänge stellt verständlicherweise eine neue Herausforderung dar.

Die Krankenhausdomäne im allgemeinen ist ein gutes Beispiel für solch eine komplexe Arbeitsumgebung. Hier erschweren die Arbeitsvorgänge über System- und Organisationsgrenzen hinweg und die vielfältigen, nicht immer vorhersagbaren Abhängigkeiten (z.B. Abhängigkeiten vom Gesundheitszustand des Patienten) eine einfache Modellbildung. In der radiologischen Abteilung z.B. finden sich Arbeitsprozesse, die in der Regel strukturierter sind als viele andere Krankenhausprozesse. Trotzdem ist eine Modellbildung, die alle Aspekte der Radiologie und ihrer Arbeitsprozesse umfasst, nicht trivial.

### 1.3 Zielsetzung und Inhalt der Arbeit

Das Ziel dieser Arbeit ist es, einen neuen Modellierungsansatz vorzustellen und auf die Domäne 'Radiologie' anzuwenden. Es wird versucht mithilfe dieses Modellierungsansatzes die oben beschriebene Komplexität der Arbeitsprozesse innerhalb der Radiologie in den Griff zu bekommen. Das resultierende Modell könnte dann in einem nächsten Schritt für die Implementation eines WfMS benutzt werden, was aber nicht Bestandteil dieser Arbeit ist.

Dieser neue Modellierungsansatz ist der Service-Flow-Metapher entlehnt. Der Autor lernte die Service-Flow-Metapher im Rahmen eines Universitätsprojektes kennen. In diesem Projekt wurde in Zusammenarbeit mit einem privaten Krankenhaus ein Prototyp für ein organisationsübergreifendes Informationssystem entwickelt, welches die Kommunikation zwischen dem Krankenhaus und den externen zuweisenden Ärzten verbessern sollte, z.B. um die Vorbereitungen für eine Endprothesen-Operation zu optimieren.

Im Gegensatz zur Modellierung mit der Service-Flow-Metapher werden exemplarisch UML (Unified Modelling Language) Diagramme erstellt. Ein Vergleich mit UML bietet sich an, weil UML die Standard-Modellierungssprache im Bereich der IT geworden ist. Vor allem die Objektorientierung von UML, die eine einfache und schnelle Implementierung mit einer der modernen objektorientierten Programmiersprachen ermöglicht (z.B. Java, C++, C#), haben zu einer weiten Verbreitung von UML in der Analyse- und Modellierungsphase von Softwareprojekten geführt. Ausserdem bietet sich UML auch zum Vergleich an, weil in der radiologischen Domäne sowohl der DICOM-Standard als auch die IHE-Initiative UML ähnliche Konzepte benutzen.

Eine Gegenüberstellung der beiden Modellierungsmethoden soll schliesslich zeigen, ob mit der Service-Flow-Metapher eine bessere Modellierung der radiologischen Arbeitsprozesse gelingt als mit der UML.

## 1.4 Aufbau der Arbeit

In Kapitel 2 kommt es zu Begriffsklärungen zu den Themen 'Modellierung' und 'Workflow-Management-System' sowie zu einer Zusammenfassung von anderen Arbeiten zu dem Thema 'Modellierung von Workflows im medizinischen Umfeld'.

In Kapitel 3 wird das Anwendungsbeispiel 'Radiologie' im Detail erläutert. Nach der Klärung der allgemeinen Aufbau- und Ablauforganisation werden am Ende exemplarisch typische Arbeitsabläufe detailliert beschrieben, die dann im Kapitel 4 mit den verschiedenen Modellierungsmethoden modelliert werden sollen.

In Kapitel 4 folgt dann die Vorstellung der beiden Modellierungsmethoden 'Service-Flow-Metapher' und 'UML' mit jeweiliger Anwendung der Anwendungsbeispiele aus Kapitel 3.

In Kapitel 5 schliesslich werden die beiden Modellierungsmethoden gegenübergestellt die Ergebnisse der Modellierung bewertet und diskutiert. Abschliessend wird ein Ausblick gegeben über mögliche Fortsetzungen dieser Arbeit und Fragestellungen, die aufbauend auf den Ergebnissen, entstehen könnten.



## 2 Workflow-Management Systeme & Modellierung

In diesem Kapitel werden zunächst grundlegende Gedanken aus den Bereichen 'Workflow Management Systeme' und 'Modellierung' erläutert. Danach folgt eine Zusammenstellung anderer Arbeiten auf dem Gebiet der 'Modellierung von Workflows' als 'Stand der Kunst' mit besonderem Fokus auf die medizinische Domäne.

Nach einer kurzen Darstellung der Ursprünge von WfMS wird im Unterkapitel 'WfMS' eine Abgrenzung gegenüber und Beziehung zum 'Business Process Reengineering' gezeigt. Die dann beschriebenen Möglichkeiten und Ziele von WfMS weisen auf die Wichtigkeit und Notwendigkeit einer umfassenden Modellierung, als essentiellen Teil eines WfMS hin.

Das Unterkapitel 'Modellierung' beschäftigt sich mit der Modellbildung im allgemeinen und im speziellen mit den besonderen Anforderungen an Modelle beim Software-Entwicklungs-Prozess.

### 2.1 Workflow Management Systeme

Historisch gesehen entspringt die Idee von einem Workflow-Management-System aus dem Umfeld des 'Workgroup Computing'.

In den letzten Jahren kam es zu einem Paradigmenwechsel in der Verwendung eines Rechnersystems, vom passiven Problemlöser hin zum aktiven Medium, das Interaktion zwischen menschlichen Benutzern und/oder Maschinen unterstützt und kontrolliert. Ein eigenes Forschungsfeld namens CSCW (Computer Supported Cooperative Work) ist dabei entstanden und befasst sich mit den Problemen, die bei der Interaktion essentiell sind: Kommunikation, Kooperation und Koordination [SSU01].

Mit Kommunikation ist dabei die Informationsübertragung zwischen Benutzern gemeint. Kooperation wiederum ist die Basis aller Gruppenaktivitäten wie z.B. gemeinsamer Zugriff auf Informationen oder Notifikationen über erledigte oder noch zu erledigende Aufgaben. Damit Kommunikation und Kooperation effizient und effektiv sind, ist eine gute Koordination oder Abstimmung der Akteure und Arbeitsvorgänge unerlässlich.

Eine neue Generation von Software, die sich dieser Interaktionsprobleme annimmt und 'Workgroup Computing' ermöglicht, heisst Groupware [Obe91]. Workflow-Management-Systeme können somit als spezielle

Groupware-Systeme angesehen werden, da WfMS vor allem verschiedene Benutzer, z.T. räumlich verteilt, bei der Lösung einer gemeinsamen Aufgabe koordinieren sollen, insbesondere bezüglich Kommunikation und Kooperation.

So werden WfMS in [MB91] wie folgt definiert:

*„Workflow Management Software is a proactive computer system which manages the flow of work among participants, according to a defined procedure consisting of a number of tasks. It coordinates user and system participants, together with the appropriate data resources, which may be accessible directly by the system or off-line, to achieve defined objectives by set deadlines. The coordination involves passing tasks from participant to participant in correct sequence, ensuring that all fulfill their required contributions, taking default actions when necessary.“*

Die 'Workflow Management Coalition'<sup>4</sup> (WfMC)[WFM03] definiert ein Workflow Management System wie folgt:

*„A system that completely defines, manages, and executes workflows through the execution of software whose order of execution is driven by a computer representation of the workflow logic. The ultimate goal of workflow management is to make sure that the proper activities are executed by the right person at the right time.“*

Mit dem Ausdruck 'completely defines' ist eine Repräsentation eines Workflows gemeint, die alle Facetten oder Ausprägungen des Workflows beinhaltet. Um zu solch einer umfassenden Repräsentation zu gelangen kann ein Workflow oder Arbeitsvorgang aus verschiedenen Richtungen oder Perspektiven betrachtet werden. Eine mögliche Unterteilung wäre z.B. eine Prozess-Perspektive, eine Organisations-Perspektive, eine Informations-Perspektive und eine Funktions-Perspektive.

Die Prozess-Perspektive beleuchtet die Workflow Prozessdefinition (oder auch Workflow Schema bezeichnet), in der spezifiziert ist, welche Aktivitäten in welcher Reihenfolge ausgeführt werden sollen. Eine Aktivität stellt dabei eine atomare Arbeitseinheit dar. Die Workflow Prozessdefinition wird als ein Muster oder Template für einen konkreten Arbeitsprozess benutzt.

---

<sup>4</sup>Die Workflow Management Coalition wurde 1993 als eine Non-Profit Organisation gegründet mit dem Ziel der Entwicklung und Förderung von Workflow Standards.

In der Organisations-Perspektive geht es um die Organisationsstruktur unter Berücksichtigung der Beziehungen zwischen den vorhandenen Rollen und Gruppen, wobei den Rollen funktionale Aspekte zugeordnet werden und die Gruppen organisatorische Aspekte widerspiegeln. Hier sind Eigenschaften wie Verantwortlichkeit und Verfügbarkeit von Akteuren (menschliche und/oder technische) definiert.

Die Informations-Perspektive handelt von Kontrolldaten, die nur zur Steuerung von Kontrollflüssen existieren, und von Produktionsdaten als Informationsobjekte (z.B. Dokumente, Formulare und Tabellen), deren Existenz unabhängig ist vom Vorhandensein eines Workflow Managements.

In der Funktions-Perspektive werden die elementaren Operationen beschrieben, die von den Akteuren oder Applikationen<sup>5</sup> ausgeführt werden. Typischerweise werden diese Operationen in der Prozess-Perspektive benutzt, um Kontroll- und Produktionsdaten zu kreieren oder zu manipulieren.

Diese von der Workflow-Management-Coalition vorgeschlagene Einteilung kann nun benutzt werden, um bei der Analyse und Modellierung einer Anwendungsdomäne eine erste Abstraktion der Realität vorzunehmen.

Bei näherer Betrachtung der verschiedenen Perspektiven erkennt man die Nähe zwischen dem Thema 'Workflow Management' und der Disziplin 'Enterprise Modeling' (Unternehmensmodellierung). Genau in diese Richtung geht z.B. die Sichtweise von Jablonski, der WfMS vor allem im Kontext der Neuorganisation betrieblicher Abläufe (Business Process Reengineering) sieht [Jab95]. Für ihn ist ein Hauptanliegen eines WfMS, einem Betrieb die Möglichkeit zu geben, sich den ständig ändernden Bedingungen des Marktes effizient und effektiv anpassen zu können. Dafür bedarf es einer modularen und orthogonalen Modellierung der Workflows, die dann als Grundlage für eine modulare und orthogonale Architektur eines Workflow-Management-Systems dient.

Im Bereich des Business Process Reengineering spielt die Analyse und Modellierung von Geschäftsvorgängen oder -prozessen, also das 'Enterprise Modeling', eine entscheidende Rolle. Der Hauptfokus eines Geschäftsprozesses liegt dabei immer auf dem ökonomischen, finanziellen Aspekt, wobei hier zwischen operativer und strategischer Ebene unterschieden werden kann. Ein weiteres Ziel eines Geschäftsprozesses sollte eine gute Kundenorientierung und der daraus unmittelbar resultierende ökonomische Nutzen sein. Die ständig ändernden Kundenanforderungen erfordern jedoch neue und flexibel strukturierte Geschäftsprozesse. Diese gilt es noch in entsprechend flexible

---

<sup>5</sup>Im Workflow-Kontext sind Applikationen Programme, die die eigentliche Funktionalität eines Workflows erbringen.

Ausführungssysteme zu integrieren. WfMS könnten solche sein.

Die abstrakte Repräsentation oder Modell eines Betriebes in Form von Geschäftsvorgängen wird beim 'Enterprise Modeling' ebenfalls nach den Kriterien Prozesse, Personen (oder Maschinen), Daten und Applikationen unterteilt.

Das resultierende Modell sollte Basis für die Beschreibung einer Prozessausführung sein, die die Umsetzung von Prozessmodellen in lauffähige Systeme zum Ziel hat.

Die Ähnlichkeiten der Repräsentation eines Geschäftsprozesses zu der eines Workflows legen die Verwendung eines WfMS als Prozessausführungsinstanz nahe. Dafür bedarf es jedoch noch einer Transformation der Geschäftsvorgänge oder -prozesse in Workflows.

Insgesamt versprechen WfMS durch die direkte Umsetzung von Business Process Reengineering-Zielen Wettbewerbsvorteile, da sie mehr Effizienz und Effektivität bei der Modellierung und Ausführung von Geschäftsprozessen ermöglichen. Insbesondere Flexibilisierung und Anpassbarkeit stehen dabei im Vordergrund, um eine rasche, zielgerichtete Modifikation von Geschäftsprozessen als Reaktion auf veränderte Marktsituationen zu ermöglichen.

Jablonski identifiziert desweiteren drei wichtige Merkmale, die ein WfMS unterstützen sollte, falls es erfolgreich sein will:

- *Skalierbarkeit* wegen anzunehmender Wahrscheinlichkeit, dass in Naher Zukunft die Zahl der WfMS-Benutzer ständig steigen wird.
- *Integration von Alt-Software*, weil in absehbarer Zeit bestehende Softwaresysteme (legacy software) weiter verwendet werden, trotz Restrukturierung von Anwendungssystemen.
- *Transparenz*, weil WfMS meist in verteilten heterogenen Systemen verwendet werden und dies aber dem Benutzer verborgen bleiben soll.

## 2.2 Modellierung

Lockemann und Mayr [LM78] definieren:

*“Modellieren heisst: ein Modell von etwas herstellen. Ein Modell ist eine Vorstellung, die sich ein Individuum von einem Gegenstand oder Vorgang in seiner Umwelt macht.“*

In der Brockhaus Enzyklopädie [Br96] findet sich unter 'Modell':

- “1) allg.: *Muster, Entwurf, Vorbild, Beispiel*  
 2) naturw.: *Ein Abbild der Natur unter Hervorhebung für wesentlich erachteter Eigenschaften und Ausserachtlassen als nebensächlich angesehener Aspekte. Ein Modell in diesem Sinne ist ein Mittel zur Beschreibung der erfahrenen Realität, zur Bildung von Begriffen der Wirklichkeit und Grundlage von Voraussagen über künftiges Verhalten des erfassten Erfahrungsbereiches.*“

Im Informatik-Duden [Dud01] wird ein Modell definiert als:

*„Ein Modell ist eine Abbildung von etwas, oft unter Weglassen von Details, also im Sinne einer vereinfachenden Darstellung. Für die Entwicklung von (Hardware-/Software-) Systemen ist die Modellbildung und der sich anschliessende Entwurf einer Architektur von zentraler Bedeutung.“*

### 2.2.1 Motivation

Die Motive für eine Modellierung sind vielfältig und vor allem abhängig in welcher Domäne und mit welcher Zweckbestimmung eine Modellierung geschieht. Grundsätzlich beinhaltet eine Modellierung immer eine bestimmte Vorstellung von etwas Realem. Dabei kann eine Abstraktion oder Vereinfachung des realen Gegenstandes oder Vorgangs gewollt oder nicht gewollt sein. Ein typisches Beispiel für Modellbildungen ohne gewollte Abstraktion oder Vereinfachung sind die Miniatur-Modelle der realen Welt, wie Modelleisenbahnen, Modellautos, Modellschiffe, etc. Hier kommt es gerade auf die Detailtreue an und ein Weglassen von Details würde dem Hauptzweck entgegenstehen.

Dahingegen wird in einem Grundrissmodell eines Hauses bewusst versucht die weniger wichtigen Details zwecks Übersichtlichkeit wegzulassen. Dasselbe gilt z.B. auch für die gegenständlichen Modellentwürfe von Gebäuden, um die räumlichen Dimensionen zu zeigen.

Ausser den gegenständlichen Modellen gibt es auch noch die 'Gedankenmodelle' oder abstrakten (symbolischen) Modelle, die frei von physischer Übereinstimmung mit dem Original sind. Das Original wird durch eine Symbolstruktur mit festgelegter Semantik dargestellt. Ein Beispiel dafür wäre das Modell einer Organisationsstruktur in Form eines Hierarchiebaumes.

Allen Modellen gemein ist die Motivation diese zur Kommunikation zu benutzen.

Im Falle eines Miniaturmodells kann dies die Kommunikation zwischen dem Erbauer und dem Betrachter zwecks Erläuterung von technischen Details

sein.

Der Grundriss eines Hauses und ein Gebäude-Modellentwurf dient der Kommunikation zwischen dem Architekten und dem Bauingenieur und dem zukünftigen Besitzer.

Das oben genannte Beispiel eines Hierarchie-Modells einer Organisation könnte z.B. für die Kommunikation zwischen einem externen Berater und dem Firmenmanagement herangezogen werden.

### 2.2.2 Modelltypen

Eine weitere Unterscheidungsform von Modellen ist die Art der Präsentation, die ebenfalls vom Verwendungszweck abhängen sollte. So kann das Modell gegenständlich plastisch sein, z.B. für Prototyp-Modelle von Gerätschaften, oder einfach nur textuell, z.B. Beschreibung eines Arbeitsvorganges. In den meisten Fällen jedoch findet man visuelle Modellierungen in Form von domänenspezifischen Konventionen von graphischen Elementen. Bedingt durch die visuelle Veranlagung der meisten Menschen scheint die visuelle Modellierung vor allem im Bereich der abstrakten Modellierung besser geeignet zu sein, komplexe Zusammenhänge zu vermitteln.

In Softwareprojekten kommen nur die abstrakten Modelle vor. Es können drei Hauptziele von abstrakten Modellen in der Softwareentwicklung identifiziert werden:

1. Sicherstellung, dass die Anforderungen erfüllt werden und das System-Design solide ist, durch Testen gegen das Modell.
2. Hilfestellung bei der lösungsorientierten Systemplanung. Im Idealfall kann aus dem Modell direkt Code generiert werden.
3. Kommunikationserleichterung zwischen Benutzern, Entwicklern, Analytikern, Testern, Managern und jedem anderem, der in das Softwareprojekt involviert ist.

Erreicht werden diese Ziele im allgemeinen durch Abstraktion der realen Welt. So stellt z.B. ein Abstraktionsgrad die verschiedenen Ebenen eines Systems dar, ein anderer die Interaktionen zwischen Benutzern und System oder die Interaktionen zwischen verschiedenen Systemen.

Die verschiedenen Abstraktionsstufen sind auch nötig, weil die Bedürfnisse der verschiedenen Akteure an ein Modell unterschiedlich sind. Ein Anwender erwartet von einem Modell eher die Veranschaulichung von zukünftigen Interaktionen, wobei ein Entwickler die Objekte, die entworfen werden müssen, mehr interessiert. Dahingegen erwartet ein Tester von einem Modell ei-

ne Veranschaulichung der Interaktionen zwischen den Objekten, um seine Testfälle daraus ableiten zu können.

Ein Modell soll auf jeden Fall einen Erkenntnisgewinn bringen, möglichst für alle. Nicht nur die Zielgruppe eines Modells soll ein besseres und vertieftes Verständnis des untersuchten Systems bekommen, sondern auch der Modellersteller kann bei der Modellierung neue Einblicke bekommen und Zusammenhänge erkennen, die vorher nicht bekannt waren (vor allem hilfreich bei Business Process Reengineering).

Abstrakte Modelle in der Softwareentwicklung können weiter untergliedert werden in mathematische Modelle (z.B. Differentialgleichungssysteme), konzeptuelle Modelle und Entwurfsmodelle.

Unter einem konzeptuelles Modell versteht man eine abstrakte Beschreibung eines Problembereichs, also ein Modell eines Ausschnitts der Realität. Es orientiert sich an der menschlichen Betrachtungsweise des Problembereichs und spiegelt die Wahrnehmung durch die Benutzer (und/oder Entwickler) wieder.

Eine konzeptuelle Modellierungssprache bzw. das Metamodell<sup>6</sup> für eine konzeptuelle Modellierung muss daher Ausdrucksmittel bereitstellen, die der realen Welt angemessen sind und eine „natürliche“ Modellierung erlauben. Beobachtungen in der realen Welt sollen sich möglichst einfach auf Modellelemente und Beziehungen zwischen ihnen abbilden lassen, und umgekehrt müssen die Modellelemente und das Modellverhalten einleuchtende Entsprechungen in der Realität haben.

Die verwendete Sprache für die Modellierung muss am Problembereich orientiert sein, d.h. das Modell kann mit Begriffen beschrieben werden, die eine Bedeutung im Problembereich haben.

Die konzeptuelle Modellierung ist ein Paradigma der Softwareentwicklung [Kun89]. Wie oben schon erwähnt bildet ein konzeptuelles Modell die Kommunikationsgrundlage für alle am Systementwurf Beteiligten und soll dazu beitragen, konzeptionelle Fehler zu vermeiden bzw. in der Frühphase der Entwicklung aufzudecken.

Vor dem softwaretechnischen Entwurf eines Systems wird zuerst ein konzeptuelles Modell erstellt und validiert, welches den Problembereich unabhängig von entwurfs- und implementierungstechnischen Aspekten beschreibt. Hier ist das konzeptuelle Modell eine spezielle Form der Anforderungsspezifikation und kann als Vehikel für eine 'Übersetzung' aus der Anwendungswelt

---

<sup>6</sup>Ein Metamodell ist eine Sprache zur Beschreibung von abstrakten Modellen und damit ein Modell von Modellen

in die Entwicklungswelt gesehen werden. Konzeptuelle Modelle werden auch benutzt, um die Lösung, also ein Softwaresystem, in einer am Problembereich orientierten Sprache zu beschreiben.

Im Gegensatz dazu steht das Entwurfsmodell, welches das zu entwickelnde System unter softwaretechnischen Gesichtspunkten beschreibt und Ausgangspunkt für seine Implementierung ist. Daher sollte es in einer dem Entwickler verständlichen Sprache definiert sein, unabhängig vom Problembereich. Das Entwurfsmodell dient in der klassischen Vorgehensweise der Softwareentwicklung (Analysis-Synthesis-Evaluation-Entwurfparadigma) als Synthese der Anforderungen, welche in der Evaluationsphase im Sinne einer Verifikation gegen die Anforderungen getestet wird [Das91].

Darüber hinaus ist allen Modelltypen die Forderung nach Verwendung von standardisierten graphischen Symbolen zur visuellen Modellierung gemein, da eine Kommunikation nur auf Basis einer gemeinsamen Konvention erfolgreich sein kann.

### **2.2.3 Anwendungskontext der Modellierung**

Der Anwendungskontext einer Modellierung im Rahmen eines Softwareentwicklungsprozesses ist im allgemeinen klar umrissen. Das Modell soll eingesetzt werden, um existierende, geplante oder ideelle rechnergestützte Informationssysteme zu beschreiben, d.h. für eine bestimmte Organisation ein rechnergestütztes Informationssystem zu entwerfen (siehe Abb. 1).

Bei jeder Modellierung wird eine Organisation, z.B. ein Krankenhaus, eine Fachabteilung oder auch ein Unternehmen, untersucht. Dabei ist hier unter einer Organisation nicht notwendig ein real existierendes System zu verstehen. Es kann sich auch um einen speziellen Organisationstyp handeln, wie beispielsweise 'Krankenhaus' oder 'diagnostisch-therapeutische Leistungsstelle' oder um ein beliebiges ideelles, d.h. nur gedanklich existierendes System. Es ist hilfreich, zwischen Ausgangs- und Zielsystem als zwei verschiedene Zustände der Organisation bzw. ihres Informationssystems zu unterscheiden. Anhand des Ausgangssystems wird die Problemstellung analysiert. Im Modellierungsprozess wird ein Modell erstellt, welches das Zielsystem antizipiert. Während der Modellierung ist das Zielsystem nur eine Vorstellung von einer zukünftigen Realität.

Die konkrete Überführung des Ausgangssystems in das Zielsystem auf der Grundlage eines erstellten Modells wird als Implementierung bezeichnet.



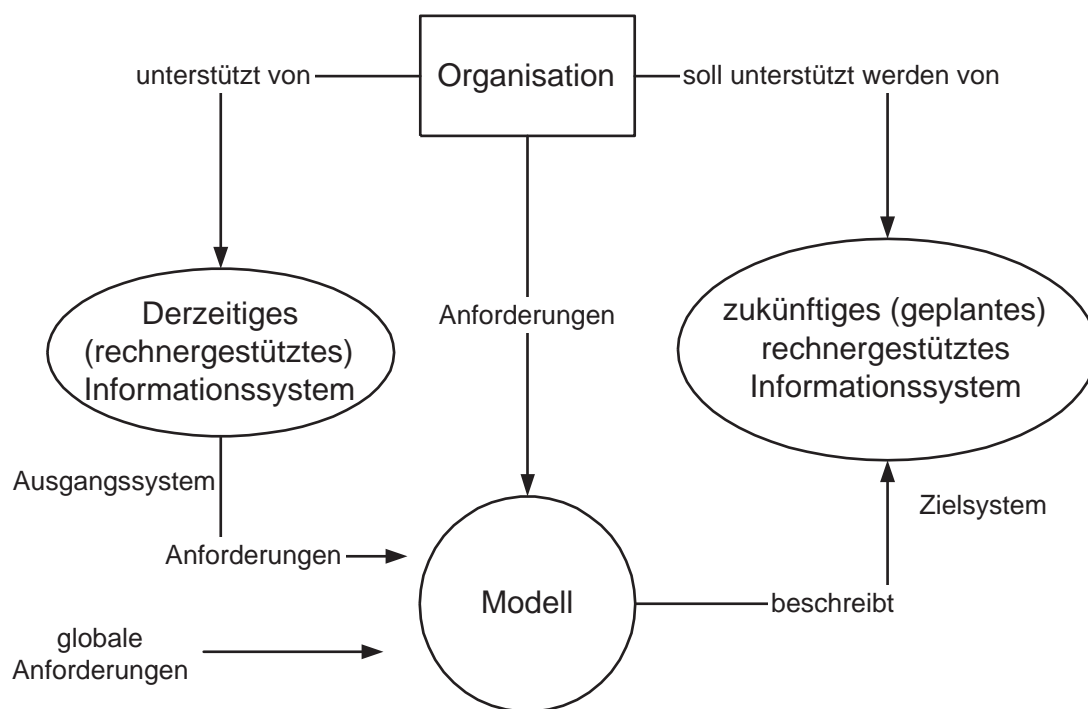


Abbildung 1: Die Analyse der Organisation und des bestehenden (rechnergestützten) Informationssystems wird durch den Modellierer unter Einbeziehung globaler Anforderungen und spezifischen Fachwissens in ein Modell umgesetzt, welches ein mögliches rechnergestütztes Informationssystem, das Zielsystem, für die Organisation beschreibt.

Die Implementierung umfasst dabei die (Neu-) Strukturierung von Arbeitsabläufen und die Implementierung des Anwendungssystems.

Egal, ob man einen iterativen Ansatz oder einen Wasserfallansatz benutzt, die Modellierung ist immer die erste Stufe im Softwareentwicklungsprozess, da sie den Kontext für den Rest des Projektes vorgibt. Die Einbettung in den gesamten Softwareentwicklungsprozess kann grundsätzlich auf zwei verschiedene Weisen geschehen.

Zum einen kann die Modellierung für sich alleine vor dem Entwicklungsprozess stehen (siehe Abb. 2), welches den Vorteil hat, dass alle im Modell abgebildeten Strukturen und Vorgänge in das Systemdesign einfließen können. Aber genau hier ist auch ein grosser Nachteil zu sehen, wenn nämlich das Modell unzureichend war und somit nicht die gewünschte Funktionalität in das Endsystem einfließt. Spätere Veränderungen am Systemdesign sind meist sehr aufwendig.

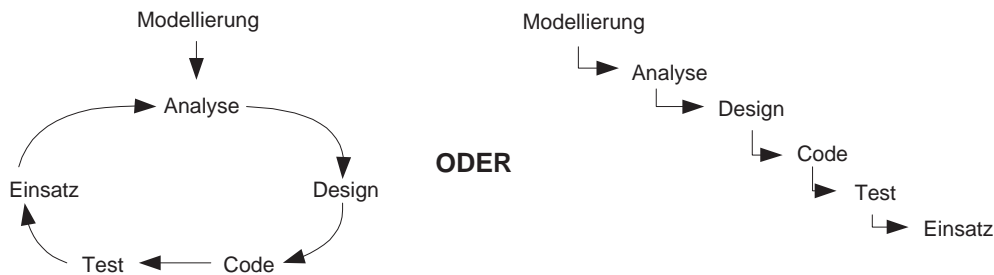


Abbildung 2: Sowohl in einem iterativen, als auch wasserfallartigen Entwicklungsprozess kann die Modellierung für sich alleine stehen, d.h. dass eine anfängliche Modellierung unveränderbar ist. In diesem Fall sollte die Modellierung gründlich und umfassend sein.

Bei der anderen Einbettung ist die Modellierung im iterativen Entwicklungszyklus integriert (siehe Abb. 3), was den Vorteil hat, dass Anpassungen des Modells an veränderte Ausgangsbedingungen immer wieder möglich sind, die dann auch in das Systemdesign einfließen können. Bei diesem Vorgehen kann es jedoch dazu kommen, dass erst im Nachhinein entscheidende Prozesse entdeckt werden, die wesentliche Auswirkungen auf das System haben. Ein weiterer Nachteil ist der hohe Aufwand, der bei solch einem iterativen Prozess von den Beteiligten geleistet werden muss.

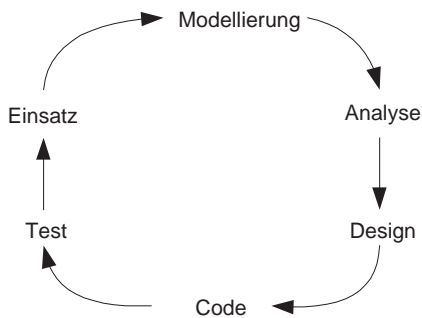


Abbildung 3: Bei einer Integration der Modellierungsphase in einen iterativen Entwicklungsprozess besteht immer wieder die Möglichkeit die Modellierung anzupassen, wobei auch hier wesentliche Veränderungen am Systemdesign nicht einfach zu realisieren sind.

### 2.2.4 Modellierung im Kontext von WfMS

Auch bei der Realisierung eines Workflow Management Systems ist die Modellierung des Anwendungsgebietes Teil des gesamten Entwicklungsprozesses. Ähnlich wie bei dem 'Enterprise Modeling' bietet sich eine erste Unterteilung des Anwendungsgebietes in eine Aufbauorganisation (Mitarbeiter, Gruppen) und in eine Ablauforganisation (Geschäftsprozesse oder Workflows) an. Die Ablauforganisation lässt sich weiter aufteilen in eine Kontrollebene (z.B. Managementaufgaben) und Ausführungsebene (z.B. Produktionsprozess). Eine etwas andere Sichtweise von WfMS entwickelt Jablonski in [Jab95], demnach in einem WfMS vor allem die Koordinierung und Korrelation zwischen Prozessen und Elementen der Aufbauorganisation massgeblich sind. So leitet er nach der Koordinierungstheorie von Malone und Crowston ([MC91]), die Koordination wie folgt definieren:

*„Coordination is the act of managing interdependencies between activities.“*

folgende Eigenschaften von Koordination ab:

- Ziele als Grund und Ursache allen Handelns
- Aktoren als die Subjekte, die Handlungen ausführen
- Aktivitäten als die ausgeführten bzw. auszuführenden Handlungen
- Abhängigkeiten, die im Rahmen einer Zusammenarbeit korrelierter Aktivitäten zu berücksichtigen sind (z.B. Abarbeitungsreihenfolge, Inanspruchnahme gleicher Aktoren für verschiedene Tätigkeiten)

Daraus leitet Jablonski die Erkenntnis für WfMS ab: Workflows (als das ausführbare Abbild von Geschäftsvorgängen) werden nicht ausschließlich durch Aktivitäten modelliert, sondern Aspekte wie Ziele, Aktoren und Abhängigkeiten müssen auch erfasst werden. Aufgrund dieser Beobachtung untergliedert sich ein allgemeines Referenzmodell eines Workflows in einen aktivitätsbezogenen, einen aktorenbezogenen, einen abhängigkeitsbezogenen und einen kausalen Aspekt.

Die Abb. 4 aus [Jab95] demonstriert diese Untergliederung anhand eines einfachen Beispiels für einen komplexen Workflow, nämlich einer Reisekostenabrechnung. Sie setzt sich zusammen aus den elementaren Aktivitäten *Ausfüllen, Genehmigen, Bearbeiten, Auszahlen und Ablegen*. Jeder dieser Prozessschritte verweist auf eine Applikation (Programm), z.B. *Reisekostenabrechnungssystem, Buchungssystem und Archivsystem*. Der Kontrollfluss ist durch die einfachen Pfeile symbolisiert. Jeder Aktivität ist ein Bearbeiter

zugeordnet, z.B. *Genehmigen* wird vom Bearbeiter *Manager(x)* ausgeführt. Zwischen Aktivitäten werden Informationen (Daten) ausgetauscht, die durch gestrichelte Linien gekennzeichnet sind. Zusätzlich protokolliert jede Aktivität seine Handlungen auf einem Protokollmedium, gestrichelte Pfeile. Der gesamte Workflow ist einer bestimmten Kausalität oder Unternehmensrichtlinie zuzuordnen, d.h. bestimmte kausale Zusammenhänge führen dazu, dass dieser Workflow angestossen wird. Ausserdem kann die Kausalität während der Abarbeitung des Workflows zur Überprüfung der Zweckmässigkeit der einzelnen Aktivitäten herangezogen werden.

Wenn die Modellierung von Workflows letztendlich alle Aspekte eines Anwendungssystems behandelt und nicht nur einzelne Aspekte, wie z.B. nur Kontrollfluss oder Datenfluss, dann kann aus dem Modell ein konzeptuelles Gesamtschema eines Anwendungssystems (z.B. ein WfMS) abgeleitet werden.

### 2.2.5 Methoden der Modellierung

Wie oben schon erwähnt ist die abstrakte Modellierung textuell oder visuell möglich. Die textuelle Beschreibung von grösseren Systemen bietet sich jedoch nicht an, da der Text schnell unleserlich und undurchdringbar werden kann. Die visuelle Methode der Modellierung hat eindeutige Vorteile in Hinblick auf Strukturierbarkeit und Abstraktion der realen Welt. Hinzu kommt die im allgemeinen bessere menschliche Aufnahmefähigkeit durch visuelle Reize.

Die Benutzung von grafischen Symbolen und Repräsentationen hat ausserdem den Vorteil, dass wir Menschen in unserem Alltag ständig damit konfrontiert werden und daher gewohnt sind, diese zu interpretieren (z.B. Schilder im Strassenverkehr und Piktogramme in Anwendungssoftware). Wichtig ist dabei die schon angesprochene Einhaltung von Konventionen und Standards.

In den letzten Jahren haben sich vor allem zwei visuelle Modellierungsmethoden in der Softwareentwicklung etabliert.

Die am weitesten verbreitete ist die Unified Modeling Language (UML), die ihren Ursprung in der Objektorientierung und dem ER-Modell (Entity-Relationship-Modell) hat. UML wird im Kapitel 4.2 noch näher behandelt. Die zweite wichtige visuelle Modellierungsmethode sind die Petri-Netze, die vor allem zur Beschreibung und Analyse von Abläufen mit nebenläufigen

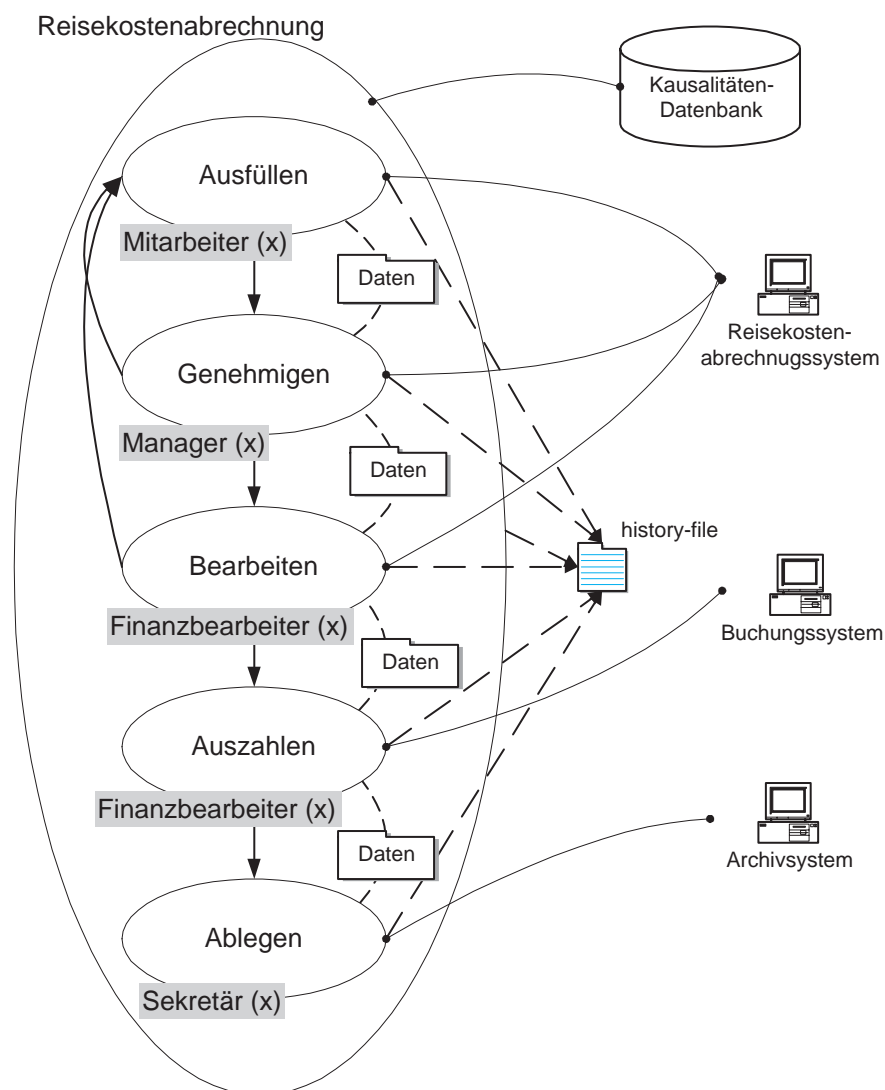


Abbildung 4: Workflow-Beispiel Reisekostenabrechnung: man beachte, dass auch die Reisekostenabrechnung selbst, als Ganzes, in dem History-File protokolliert wird.

Prozessen und nichtdeterministischen Vorgängen herangezogen werden. Diese Methode wurde 1962 von Carl Adam Petri vorgeschlagen und wird vor allem im Bereich der Simulation und Validierung von Systemen genutzt. Jablonski postuliert in [Jab95], dass Petri-Netze für Teilbereiche der Modellierung von Workflows sehr gut geeignet sind, wie z.B. Synchronisation von transaktionalen Schritten oder Abbildung von Kontrollflüssen, aber eben nur Teilaspekte des Gesamtproblems abdecken. Im nächsten Unterkapitel werden

Arbeiten zu 'Modellierung mit Petri-Netzen' angerissen.

Darüber hinaus gibt es noch zahlreiche weitere Ansätze der Modellierung von Systemen und Arbeitsvorgängen, die aber sehr oft den beiden oben erwähnten stark angelehnt sind. Einige davon werden im nächsten Unterkapitel vorgestellt.

### 2.2.6 Zusammenfassung

Zusammenfassend lässt sich sagen, dass die Modellierung im Kontext der Gestaltung von rechnergestützten Informationssystemen eine entscheidende Rolle einnimmt. In der Entwurfsphase eines rechnergestützten Informationssystems geht es um die Gestaltung des Zusammenspiels von Menschen, Aufgaben und Anwendungssystem in einem organisatorischen Rahmen. Insbesondere hier unterstützt die Modellierung die Lösung derartiger Entwurfsaufgaben. Der Schwerpunkt der Modellierung sollte hierbei auf der möglichst einfachen Erstellung von Modellen und ihrer Visualisierung liegen, um sie im Kommunikationsprozess einsetzen und die Modellvalidierung erleichtern zu können. Am Ende sollte im Idealfall jedes Modell die ablauffähige Beschreibung eines rechnergestützten Informationssystems sein, also eine ausführbare Spezifikation.

## 2.3 Workflow-Modellierung: Stand der Kunst

In [Obe96] beschreibt Oberweis einen auf Petri-Netzen basierenden integrierten Ansatz zur Modellierung von betrieblichen Abläufen und Objekten. Es wird eine evolutionäre Vorgehensweise zur Ablaufbeschreibung vorgestellt, welche von einer anwendungsnahen Notation zu einer präzisen und für die Ausführung mit Workflow-Managementsystemen geeigneten Notation führt. Basierend auf den Sprachkonzepten für die Ablaufbeschreibung wird die Architektur eines Workflow-Management-Systems konzipiert. Die Besonderheit dieses Systems besteht darin, dass Petri-Netze unmittelbar als Grundlage für die Ablaufkontrolle und -steuerung eingesetzt werden. Die beschriebene Workflow-Engine kann auch als frei konfigurierbare Ablaufsteuerung von Standardsystemen eingesetzt werden. Die Abläufe sind hier nicht „fest verdrahtet“ in der Software enthalten, sondern als flexible Beschreibungen in Form eines Ablaufschemas gegeben, das im Rahmen der Ablaufmodellierung erstellt und optimiert worden ist.

Oberweis entwickelt dafür eine neue Variante höherer Petri-Netze, die sogenannten  $NF^2$ -Relationen/Transitionen-Netze (auch NR/T-Netze genannt), die eine Verbindung zwischen Prädikate/Transitionen-Netzen und dem  $NF^2$ -Relationenmodell herstellen. NR/T-Netze sind dabei eine aufwärtskompatible Erweiterung von (strikten) Pr/T-Netzen, ebenso wie das  $NF^2$ -Relationenmodell das (flache) Relationenmodell als Spezialfall beinhaltet.

Mithilfe der NR/T-Netze werden kooperative Zugriffe auf komplex strukturierte Objekte beschrieben, ebenso werden nebenläufige Zugriffe auf unterschiedliche Komponenten eines Objektes oder exklusive Zugriffe auf Objekte ausgedrückt. Laut Oberweis qualifizieren sich die NR/T-Netze besonders als Modellierungssprache für Ablaufschemata in Workflow-Management-Systemen.

Ein grosser Vorteil der Modellierungsmethode mit Petri-Netzen ist die Möglichkeit einer Simulation zur Validierung. Insbesondere ermöglicht die Visualisierung von Simulationsläufen die Einbeziehung der Anwenderseite bei der Überprüfung von Ablaufschemata auf Korrektheit.

Der Aspekt der System- oder Organisationsübergreifenden Ablaufmodellierung ist in dieser Arbeit nicht untersucht worden. Auch zeigt dieser Ansatz noch keine ausreichenden methodischen Vorgehensweisen zur Reorganisation von Workflows während der Laufzeit.

Ausgehend von der Problematik, dass Workflow-Management-Systeme im Zuge der voranschreitenden Vernetzung der Welt mehr und mehr mit dynamisch verändernden Workflow-Prozessen umgehen können müssen, adressiert van der Aalst in [VdA99] mit seinem Ansatz des 'generischen Workflow Modells' zwei Grundprobleme von adaptiven Workflows:

1. Management Informationen mit angemessenen Detaillierungsgrad und zur richtigen Zeit zu liefern und
2. dynamische Veränderungen zu unterstützen, d.h. eine Migration von 'alten' Workflows in 'neue' Workflows zu ermöglichen

Mit dem 'generischem Workflow Modell' werden Klassen von Varianten desselben Workflow-Prozesses beschrieben. Der Ansatz ist inspiriert durch Techniken der industriellen 'Product Configuration' [VW92].

In der Industrieproduktion gibt es eine immer grössere werdende Variationsvielfalt ein und desselben Produktes, z.B. ein Auto in verschiedenen Ausführungen. Um dieser Marktanforderung gerecht zu werden, gibt es sogenannte Produktfamilien, die einen gewissen Bereich eines Produkttyps ab-

decken und somit einem Modell einer generischen Produktstruktur entsprechen.

Analog dazu erweitert van der Aalst den Prozessgedanken und formuliert Prozess-Familien, um generische Workflow Modelle zu konstruieren. Ein generisches Workflow Modell ist also ein Prozessmodell, das durch Konfiguration flexibel gestaltet wird. Dadurch können sowohl Ad-hoc Veränderungen<sup>7</sup> als auch evolutionäre Veränderungen<sup>8</sup> unterstützt werden.

Durch die Unterteilung in Familien oder Klassen erweitert der Ansatz des 'generischen Workflow Modells' das klassische Workflow Modell um die Vererbungseigenschaft, die van der Aalst als die 'horizontale' Navigationskomponente (Dimension der Generalisierung und Spezialisierung) bezeichnet. Im Gegensatz dazu sieht er als 'vertikale' Navigationskomponente die Dimension 'ist Teil von / beinhaltet'.

Zur Visualisierung des 'generischen Workflow Modells' benutzt van der Aalst Petri-Netze.

Van der Aalst und Kollegen weisen in [AHV02] auf weitere Vorzüge der Modellierung mit Petri-Netzen oder zumindest Transformation von Workflow-Graphen in Petri-Netze hin, nämlich die automatische Verifikation eines Workflow-Modells. Hierfür stellt er einen Algorithmus zur Transformation von Workflow-Graphen in sogenannte Workflow-Netze vor. Diese Workflow-Netze sind eine Klasse von Petri-Netzen zu verstehen, die massgeschneidert sind für eine Workflow-Analyse. Als Resultat können nun die Petri-Netz Theorie und bekannte Werkzeuge benutzt werden, um Modellierungs- und Designfehler zu finden. Im Besonderen benutzt die Arbeitsgruppe um van der Aalst das eigene entwickelte Workflow-Verifikations-Werkzeug 'Woflan' [VBA01]. Darüberhinaus wird in diesem Artikel gezeigt, dass die Komplexität der Petri-Netz-Analyse unterhalb der Workflow-Graph-Analyse liegt und daher die Verifikation von grossen Workflow-Modellen mit dem Workflow-Netz Ansatz performanter ist.

Die Arbeitsgruppe um Pretschner beschreitet einen ganzheitlichen Ansatz bei der Modellierung von Workflows. In ihrem vorgestelltem Vorge-

---

<sup>7</sup>Ad-hoc Veränderungen müssen von Fall zu Fall behandelt werden. Eine Unterstützung von Ad-hoc Veränderungen ist wichtig für selten auftretende Fälle und kundenspezifische Lösungen.

<sup>8</sup>Evolutionäre Veränderungen sind oft das Resultat von Prozess-Reengineering, um die Kundenanforderungen besser zu erfüllen oder die Effizienz zu erhöhen (do more with less).



hensmodell und Werkzeug zur Modellierung, Simulation und Animation von Informations- und Kommunikationssystemen in der Medizin (MOSAIK-M) [BPT96] betrachten sie ein Informationssystem (IS) als Teilsystem eines sozio-technischen Systems. Dabei postulieren sie einen Paradigmenwechsel bei der Entwicklung organisationsunterstützender Softwaresysteme: von der Datenorientierung über die Aufgabenorientierung hin zur Vorgangs- bzw. Prozessorientierung.

Somit umfasst das MOSAIK-M Modell die Darstellung der Aufbau- und Ablauforganisation, der zugrundeliegenden Informationsstrukturen, der eingesetzten EDV-Systeme (Hardware und Software) sowie der Systemumgebung des betrachteten IS.

Das Vorgehensmodell von MOSAIK-M zur Modellierung eines IS beinhaltet die Phasen Problembereichsdefinition, Analyse, Modellierung und Evaluation. Das Besondere ist hier die Evaluationsphase, in der die Korrektheit und Vollständigkeit des Modells *gemeinsam* mit den Fachexperten des Zielsystems anhand von animierten Simulationsläufen verifiziert wird. Stellen sich hierbei Abbildungsfehler heraus, wird nochmals eine Analyse-, eine Modellierungs- und eine Evaluationsphase durchgeführt. Die Modellierung selbst stellt somit einen iterativen, evolutionären oder partizipatorischen Prozess dar.

Eine genaue Ist-Analyse steht also im Vordergrund dieser Methode, wobei vor allem die Identifikation und Quantifizierung von Schwachstellen der Organisation und Prozesse durch intensive Partizipation der Anwender eine höhere Qualität verspricht. Ein Anwendungsbeispiel von MOSAIK-M in einer unfallchirurgischen Abteilung hinsichtlich möglicher Optimierungspotentiale durch den Einsatz eines EDV-Systems wird in [BBD<sup>+</sup>97] beschrieben.

MOSAIK-M verwendet für die Modellierung der Aufbauorganisation das ER-Modell und für die visuelle Darstellung und anschließende Simulation der Ablauforganisation hierarchisch organisierte Petrinetze.

Unter dem Schlagwort „Virtualisierung zur Optimierung des klinischen Prozesses“ beschreibt Bott aus der Arbeitsgruppe von Pretschner die Idee eines Metamodells, welches für die Architekturkonzepte für prozessorientierte Systeme im medizinischen Umfeld eingesetzt werden kann [Bot01].

Bott stellt sich die zentrale Frage, welche Anforderungen an prozessorientierte Krankenhausinformationssysteme (KIS) zu stellen sind, und wie die Architektur solcher Systeme beschaffen sein sollte. Um die Ursachen der Probleme bisheriger Ansätze der Prozessunterstützung im Krankenhaus zu verstehen, entwickelt er ein Referenzmodell des klinischen Leistungsprozesses (KLP). Aus diesem Modell wird ein Referenzmodell vorgangunterstützender KIS abgeleitet (ReVIS/K genannt), dessen wesentliche Eigenschaft die Virtualisierung des KLP ist.

ReVIS/K umfasst drei aufeinander aufbauende Systemschichten (Metaschemaebene = Katalogschicht, Schemaebene = Planungsschicht und Instanzebene = Ausführungsschicht), jeweils beschrieben durch UML-Modelle der relevanten Anwendungsobjekte, Anwendungen und Anwendungsfälle. Abgeleitet aus den drei Ebenen des Prozessmodells ergeben sich drei Ebenen der Vorgangsunterstützung.

- Die Ausführungsschicht: Die Vorgangsunterstützung auf dieser Ebene umfasst die Dokumentation der Ausführung von Elementaraufgaben und der damit in Beziehung stehenden Informationsergebnisse
- Die Planungsschicht: Sie ermöglicht den planungsbevollmächtigten Akteuren die Planung und Kontrolle der Ausführung von Prozessinstanzen
- Die Katalogebene: Sie ermöglicht die explizite Formulierung von Prozessmustern zur Wiederverwendung in der Prozessplanung und nachfolgenden Prozessinstanziierung

Somit kann durch Vergleich der Umfang der Prozessunterstützung eines zu prüfenden Systems beurteilt werden. Zudem kann es als Entwurfsmuster bei Entwicklungsprojekten verwendet werden. Er schlussfolgert, dass durch die Vorgabe eines definierten Begriffsgerüsts, Referenzmodelle wie ReVIS/K ein unerlässliches Hilfsmittel für Analyse und Diskussion der Eigenschaften der betrachteten Systeme sind. So sieht Bott die Modelle von ReVIS/K als Grundgerüst zentraler Konzepte der Vorgangsunterstützung, die im Rahmen von Entwicklungsprozessen angepasst und erweitert werden müssen.

ReVIS/K sieht daher die explizite Nachbearbeitung eines Prozessmusters durch den planenden Mitarbeiter vor. Damit ist eine Abweichung vom Prozessmuster seitens des Planenden möglich. Durch die zu jedem Zeitpunkt mögliche Nachbearbeitung von Plänen und die freie Dokumentation von Aktivitäten in der Ausführungsschicht und deren nachträgliche Zuordnung zu Plänen ist die notwendige Freiheit in Planung und Ausführung von Prozessen gegeben. Dies bedingt jedoch, dass die Modellierung von Prozessen zur täglichen Arbeit des Endbenutzers sein kann, was gerade im medizinischen Umfeld keine hohe Akzeptanz haben dürfte.

In Hinblick auf die Besonderheiten der medizinischen Domäne identifizieren Schäfer et al. [SBD<sup>+</sup>98] einige wichtige Anforderungen an ein WfMS im klinischen Bereich, die da wären:

- Steuerung des Arbeitsflusses
- Steuerung des Dokumentenflusses

- Steuerung des Patientenstromes
- Mittel zur Prozesskommunikation
- Vollständige Leistungsdokumentation

Die dafür benötigten Konzepte müssen von der Modellierung berücksichtigt werden, wie z.B. ein differenziertes Ressourcen-Rollen-Konzept (wegen des hohen Arbeitsteilungsgrades), ein Vertreterkonzept (wegen häufiger Vertretungen aufgrund von Ressourcenengpässen).

Vor allem die Auftragsmetapher (Aktivitäten in der Medizin basieren meist auf einem erteilten Auftrag) im Sinne eines „Kunden-Lieferanten-Verhältnisses“ hilft bei der Beschreibung der Prozesskommunikation zwischen Leistungsstellen. Die Unterteilung von Aufträgen in Teilaufträge wiederum, bis hin zu atomaren Aufträgen, erleichtert die Modellierung von Arbeitsflüssen. Das Ablehnen, Stornieren oder Quittieren eines Auftrags wird über Auftragszustände beschrieben, denn Aufträge müssen unterbrochen und später fortgesetzt, abgebrochen, wiederholt oder storniert werden können. Desweiteren müssen einzelne Elemente einer Auftragsfolge als optional markierbar sein, damit sie übersprungen werden können.

Die Arbeitsgruppe in Ulm um Dadam und Reichert greift die Problematik von adaptiven Workflows auf und beschreibt mit ADEPT (Application Development based on Encapsulated Pre-modeled activity Templates) einen Ansatz, der durch strikte Trennung und Kapselung von Ablauflogik sowie Ausnahme- und Fehlerbehandlung vom eigentlichen Anwendungsprogramm diese Komplexität für den Anwendungsentwickler zu reduzieren versucht. Die Motivation für diesen Ansatz war die Problematik, für den klinischen Bereich zuverlässliche, flexible und kooperierende Assistenzsystemen zu entwickeln [DKR95]. Ein Fokus des Modellierungsansatzes ist die Unterstützung von verlässlichen verteilten Anwendungen, die durch die starke Verbreitung von PCs begründet werden. Dafür sind Recovery-Mechanismen und Logging-Strategien notwendig, die ebenfalls von ADEPT adressiert werden.

Eine zentrale Komponente von ADEPT sind EPATs, „Encapsulated Pre-modeled Activity Templates“, welche die komplexe Ablauflogik medizinisch-organisatorischer Abläufe beschreiben, und aus denen durch Konfiguration und Einsetzen von implementierten Services fertige Aktivitäten-Implementierungen resultieren. Auf diese Weise können Anwendungen realisiert werden, die zum einen dem Endbenutzer die geforderte flexible Unterstützung anbieten, zum anderen den Anwendungsprogrammierer 'vor Ort' aber nicht

mit den systemnahen Details einer Aktivitäten-Implementierung belasten. Die Fortschritte in der Bearbeitung einer Aktivität, das Monitoring einzelner Teilschritte sowie sinnvolle Reaktionen auf auftretende Fehler- und Ausnahmefälle sind weitgehend durch die Laufzeitumgebung auf Basis des zugrundeliegenden EPATs zu bewerkstelligen. Hierdurch werden die Modellierung von Shortcuts, Rücksprüngen und Kompensationsmechanismen unterstützt. Der Modellierungsansatz ermöglicht auch planbare Abweichungen vom Standardablauf eines Arbeitsprozesses bereits zur Modellierzeit festzulegen und dadurch einen Beitrag zur Flexibilisierung von WfMS zu leisten [Rbfd02].

Ein grundsätzliches Problem bei der 'a priori' Modellierung von geplanten Abweichungen ist, dass alle Ausnahmen meist nicht zu modellieren sind. Eine detaillierte Diskussion zur Behandlung von Ausnahmen mit dem ADEPT-Ansatz findet sich in [Rei00a]. Eine Lösung für den Umgang mit nicht vorhersehbaren Abweichungen, die auch dynamisch zur Laufzeit erfolgen können, bietet es jedoch nicht.

Aufbauend auf den Arbeiten der ersten ADEPT-Version entwickelte die Ulmer Gruppe weitere Ausprägungen wie (siehe [ADE02]):

- *ADEPT<sub>base</sub>* - Workflow Modeling Concepts
- *ADEPT<sub>flex</sub>* - Support of Dynamic Workflow changes in WfMS
- *ADEPT<sub>time</sub>* - Support of Temporal Aspects in WfMS
- *ADEPT<sub>distribution</sub>* - Architecture for a Large-Scale Workflow Management System
- *ADEPT<sub>workflow</sub>* - Architectural and ADEPT implementation issues

Zusammenfassend lässt sich sagen, dass alle vorgestellten Modellierungsansätze bzgl. Workflow-Modellierung unterschiedliche Aspekte des komplexen Problems angehen. So haben die Petri-Netze vor allem ihre Stärken in der Simulation und Validierung, UML dagegen ermöglicht durch die reichhaltigen Modellierungstypen eine differenzierte Sicht auf verschiedene Systemebenen. Die einen haben Metamodelle als generische Prozessmodelle im Fokus, andere wiederum nehmen sich der Problematik von dynamischen Prozessänderungen an, welche vor allem in der medizinischen Domäne eine wichtige Rolle spielt.

Bezüglich des Einsatzes von WfMS und ihrer Modellierung kommen sowohl das Ulmer (Arbeitsgruppe um Dadam/Reichert), als auch das Braunschweiger Projekt (Arbeitsgruppe um Bott, Penger und Pretschner) zu dem Schluss,

dass heutige WfMS zur Unterstützung der Arbeitsabläufe in der Klinik nur sehr bedingt geeignet sind [RD98][SBD<sup>+</sup>98]. Die Hauptgründe hierfür liegen in der Komplexität der organisatorischen Strukturen und der Dynamik der Prozesse im klinischen Umfeld, die mit den existierenden Metamodellen nur unzureichend abgebildet werden können.

Dadam, Reichert und Kuhn sehen in den klinischen Arbeitsabläufen gar eine „Killer-Applikation“ für prozessorientierte Systeme [DRK97]. Dennoch wird erwartet, dass sich Prozessorientierung und Workflow-Technologie mittelfristig auch im klinischen Umfeld durchsetzen werden [Pen98][SCZ96][DRK97].

### 3 Der Anwendungsbereich 'Radiologie'

Dieses Kapitel soll dem Leser das Anwendungsbeispiel 'Radiologie' näher erläutern, in Hinblick auf die Organisationsstruktur und die Arbeitsabläufe in der Radiologie selbst, aber auch in Hinblick auf die Einordnung der Radiologie im gesamten klinischen Kontext.

Es werden die aktuellen Probleme im Bereich der Informationsverwaltung aufgezeigt und somit das Potential, das elektronische Informations-Systeme in der Medizin haben können.

Nach einer kurzen Erklärung über die Gründe der Auswahl dieser Anwendungsdomäne wird der klinische Hintergrund beschrieben, um den Gesamtkontext zu vermitteln. Danach wird die Radiologie mit ihren spezifischen Eigenheiten dargestellt. Abschliessend werden exemplarische Anwendungsbeispiele näher beschrieben, die dann im Kapitel 4 als Basis für die verschiedenen Modellierungsansätze dienen sollen.

Die Auswahl des Anwendungsbereiches 'Radiologie' hatte zwei konkrete Gründe. Zum einen weil der Autor als ausgebildeter Mediziner mit langjähriger Arbeitserfahrung in der Radiologie das notwendige Domänenwissen mitbringt und zum anderen weil eine Projektarbeit des Autors [Kim02], die in Zusammenarbeit mit der Firma Siemens Medical Solutions auf dem Gebiet der Workflow-Unterstützung in der Radiologie erstellt wurde, den Anstoss für diese Arbeit lieferte.

Der Autor besitzt somit die für die Analyse der Arbeitsprozesse wichtigen Kenntnisse und ein umfassendes Verständnis der Arbeit in einer Klinik und insbesondere in der Radiologie. Zusätzliche aktuelle Informationen gewann der Autor im Rahmen der oben angesprochenen Projektarbeit, bei der er verschiedene radiologische Abteilungen besuchte und Interviews mit Ärzten, MTRAs (Medizinisch Technische Röntgen Assistenten) und Verwaltungspersonal führte.

Die fachliche Berechtigung für die Wahl des Anwendungsbeispiels aus dem medizinischen Umfeld wird durch die zunehmende Zahl der wissenschaftlichen Arbeiten im Bereich der Modellierung und Entwicklung von Vorgangunterstützenden Informations-Systemen in der Medizin untermauert (z.B. [SCZ96],[Pen98],[Rei00b],[Bot01]).

### 3.1 Der klinische Hintergrund

Die Arbeit in einem Krankenhaus ist seit jeher vielschichtig und komplex. Für eine optimale Zielerreichung, die Diagnose und Behandlung der Patienten, ist ein möglichst gutes Zusammenarbeiten von vielen verschiedenen Personen oder Personengruppen notwendig. Auch eine sinnvolle Einbindung vieler unterschiedlicher technischer Apparaturen (Laborgeräte, bildgebende Systeme, Operationshilfen, Informations-Systeme, etc.) in den gesamten Behandlungsprozess ist wichtig für den Behandlungserfolg.

Man erkennt sogleich, dass die Güte der Kommunikation in der Klinik ein entscheidendes Kriterium darstellt. Ebenso besteht die klinische Arbeit zu einem grossen Anteil aus kooperativen Aufgaben, d.h. dass für die Erledigung einer bestimmten Aufgabe mehr als eine Person oder Maschine zusammenarbeiten. Sowohl Kommunikation als auch Kooperation sollten gesteuert, also koordiniert werden, wobei insbesondere die zeitliche Komponente eine grosse Rolle spielt, denn viele Aktivitäten sind voneinander zeitlich abhängig (z.B. kann erst operiert werden, wenn die Laborwerte vorhanden sind). Dadurch kommt es zu einer grossen Vielfalt von Koordination:

- Kooperation und Koordination finden sowohl innerhalb von Teams (innerhalb der Funktionsbereiche/Abteilungen) als auch über die Organisationsgrenzen hinweg (zwischen den Funktionsbereichen/Abteilungen) statt
- Kooperation und Koordination findet sowohl verteilt als auch nicht verteilt bezüglich Ort und Zeit statt. Dabei existieren alle Kombinationsmöglichkeiten.
- Kooperation und Koordination findet sowohl zwischen Angehörigen derselben Berufsgruppen statt als auch zwischen Angehörigen von z.T. verschiedenen Berufsgruppen.
- Es gibt sowohl formale als auch informale Kooperation.

Ein besonderes Charakteristikum der klinischen Arbeit ist, dass der Anteil der informalen Kooperation sehr hoch ist. Das liegt vor allem daran, dass die Arbeit in grossem Masse durch den Zustand des Patienten bestimmt wird. Sein Gesundheitszustand und seine Behandlungsfortschritte lassen sich nicht formal planen. Der Patient stellt somit einen 'Unberechenbarkeits-Faktor' dar.

Dies führt dann häufig dazu, dass ein vorgeplanter Behandlungs-Prozess plötzlich verändert, unterbrochen oder gar abgebrochen werden muss. Das unvorsehbare Ereignis stellt in gewisser Weise ein 'normales' Phänomen dar,

auf das das klinische Personal flexibel reagieren muss.

In Einzelfällen werden Arbeitsabläufe sogar komplett erst zur Laufzeit dynamisch festgelegt, z.B. wenn im Rahmen des Behandlungsprozesses eines Patienten kontextabhängig ein bestimmtes Bündel an diagnostischen Massnahmen erforderlich wird.

Natürlich basiert ein Grossteil der klinischen Arbeit auf festgelegten Standardprozessen, wie z.B. die typische Arbeitsabfolge bei einer stationären Aufnahme eines Patienten (z.B. Registrierung, Anamnese, Untersuchung, Blutentnahme). Diese Abfolge kann jedoch von Station zu Station und von Klinik zu Klinik verschieden sein. Die sehr grosse Variationsbreite der klinischen Standardprozesse stellt die aktuell eingesetzten Informationssysteme vor grosse Probleme.

Ein weiteres Problem sind die unterschiedlichen Verantwortlichkeiten der Klinikmitarbeiter. So dürfen bestimmte Aufgaben nur von bestimmten Personen oder Personengruppen ausgeführt oder angeordnet werden. Erschwert wird die Sachlage noch durch individuelle Vertreterregelungen, z.B. darf ein Oberarzt nur dann gewisse Dinge anordnen, wenn er gerade die Vertretung für den Chefarzt inne hat.

Desweiteren unterliegt die heutige Arbeit in den Krankenhäusern einer immer grösser werdenden Dokumentationspflicht für alle Leistungserbringer. Zum einen zur Qualitätssicherung und -überprüfung und zum anderen wegen der immer wichtiger werdenden Abrechnung medizinischer Leistungen. So wird in den nächsten Jahren das gesamte klinische Abrechnungssystem in Deutschland umgestellt auf fallbasierte Pauschalen, die definiert sind in 'Diagnosis Related Groups' (DRGs) (siehe hierzu [LL00]). Diese Diagnosen müssen für die Abrechnung also dokumentiert sein.

Die klinische Dokumentation an sich kann als eine der zentralen Aufgaben der klinischen Arbeit angesehen werden, auch wenn das Personal, egal ob Pflegekräfte oder Ärzte, diesen „Papierkram“ als sehr lästig empfindet. Die wohlbekannte Patientenakte als das zentrale Dokument sollte eigentlich immer 'gut gepflegt' sein, denn der Inhalt dieser Akte kann im Ernstfall Leben retten. Aber bei der alltäglichen Hektik und Stress im Klinikalltag ist eine ordentliche Dokumentation der klinischen Leistungen oft nicht gewährleistet. Ordentlich ist dabei wörtlich zu nehmen, denn schon falsch eingeordnete Befunde können dazu führen, dass wesentliche Informationen verlorengehen. Ein durchgängiges elektronisches Informations-System könnte hier Abhilfe leisten, wobei ein Wunschgedanke ist, dass eine ordentliche Dokumentation quasi als 'Nebenprodukt' abfällt.



Bezüglich der Koordinierungsprobleme in einer Klinik ist vor allem die Dezentralisierung, d.h. die Leistungserbringung durch unabhängige Abteilungen, zu nennen. Das führt dazu, dass die einzelnen Abteilungen sich nur auf ihre eigene Leistungserbringung konzentrieren ohne Berücksichtigung der Gesamtsituation des Patienten. Die logische Verknüpfung dieser Einzelleistungen findet leider meist nur in den Köpfen der Prozessbeteiligten statt. Eine patientenbezogene und den gesamten Behandlungsprozess begleitende Sicht fehlt oft. Vor allem die fehlende bereichsübergreifende Kommunikation und Kooperation der medizinischen, pflegerischen und administrativen Tätigkeiten führt zu vielfältigen alltäglichen Problemen wie z.B. das Vergessen von Terminen, Doppeluntersuchungen, langwierigen telefonischen Nachfragen, etc.

Dies ist sicher mit ein Grund, warum immer mehr Stimmen laut werden, die derzeitigen datenorientierten klinischen Informations-Systeme (KIS) durch mehr prozess-orientierte Informationssysteme abzulösen. Das grosse Ziel lautet demnach:

**Verfügbarkeit der richtigen Daten zur rechten Zeit am rechten Ort**

Nach [KP96] sind die allgemeinen Ziele und Anforderungen an ein Informations-System im Krankenhaus somit klar umrissen:

- alle Entscheidungsträger im administrativen, ärztlichen oder pflegerischen Bereich sollen gezielt aufbereitete aktuelle Informationen bereitgestellt bekommen.
- die Informationen sollen umfassend und zeitnah sein, sowohl im Bereich der unmittelbaren Krankenversorgung, als auch bei der Erfassung und Steuerung des Kosten- und Leistungsgeschehens wie auch für das Qualitätsmanagement.
- die steigenden Dokumentationsanforderungen sollen möglichst ohne zusätzlichen Aufwand mitabgedeckt werden.
- ein systematisches Informationsmanagement soll trotz der grösser werdenden Ressourcenknappheit die Effizienz und Wirtschaftlichkeit steigern.

Die für die Arbeit im Krankenhaus festgestellten Prozesse und Probleme

sind zum grossen Teil auch auf die Radiologie übertragbar, wie z.B.: Verschiedene Personen und Personengruppen, die an einem Arbeitsschritt gemeinsam arbeiten; verteilte Computer-Systeme, die zum Informationsaustausch über Abteilungs- und Organisationsgrenzen hinweg genutzt werden; räumlich und zeitlich auseinanderliegende Arbeitsschritte zur Erfüllung einer Aufgabe. Auch in der Radiologie existiert somit eine hohe Komplexität der Arbeitsprozesse mit vielen Abbrüchen und Variationen, wie im folgenden gezeigt wird.

Idealisiert betrachtet, ist der radiologische Prozess nicht mehr als ein Support-Prozess für den klinischen Gesamtprozess, den ein Patient in seinem Behandlungsprozess durchläuft.

## 3.2 Die Radiologie

### 3.2.1 Allgemeines

Die Radiologie<sup>9</sup> ist ein relativ junges Fach in der Medizin. Der Beginn ist gleichzusetzen mit der Entdeckung der Röntgenstrahlen und deren Anwendungsmöglichkeiten durch Wilhelm Conrad Röntgen im Jahre 1895 und 1896 (8. November 1895: Entdeckung der sogenannten 'X-Strahlen', die später Röntgenstrahlen genannt werden; schon am 23. Januar 1896: erste öffentliche Vorführung einer Röntgenaufnahme einer Hand).

Mit dieser Technik war es zum ersten Mal möglich geworden in einen lebendigen Körper 'hineinzuschauen', ohne ihn 'zu öffnen'.

Seit den Anfängen dieser neuen Diagnostikmethode Ende des 19. Jahrhunderts hat es sehr viele technische Neuerungen gegeben. Die wichtigsten sind unter anderem die Strahlentherapie mit radioaktiven Strahlen, die Ultraschalldiagnostik (seit 1949), die Computertomografie (seit 1971) und die Kernspintomografie<sup>10</sup> (seit 1977).

Die drei letztgenannten basieren im wesentlichen auf digitaler Technik, womit sie vor allem für die Weiterbearbeitung durch digitale Informationstechnologie geeignet sind. In diesem Zusammenhang gelang in den letzten Jahren mit der digitalen Radiografie ein weiterer technischer Meilenstein, denn dadurch ist die vormals analoge Technik der Röntgenaufnahmen digitalisiert worden. Somit stehen heute alle wichtigen diagnostischen bildgebenden Verfahren in digitaler Technik zur Verfügung.

---

<sup>9</sup>Fremdwörterduden: Radiologie = Wissenschaft von den Röntgenstrahlen und den Strahlen radioaktiver Stoffe und ihrer Anwendung, Strahlenkunde

<sup>10</sup>auch Magnet-Resonanz-Tomografie genannt

Die radiologische Fachdisziplin nimmt unter den Disziplinen in der Medizin eine besondere Stellung ein. Genauso wie die Fachdisziplin klinische Chemie mit dem klinischen Labor stellt sie eine zentrale Komponente im gesamten diagnostischen Prozess dar.

Die zentrale Stellung bedingt jedoch oftmals, dass die Radiologie einen Engpass oder 'Flaschenhals' im Gesamtablauf darstellt, denn die Hauptaufgabe der Radiologie besteht in der Erstellung von Bild-Befunden für die Diagnose von Erkrankungen, die dann zusammen mit anderen Befunden die Grundlage bilden für die Therapie des Patienten, z.B. Medikation oder OP-Planung.

Eine Effizienzsteigerung innerhalb der Radiologie mit schnellerer Bearbeitung der Untersuchungen würde also auch eine Effizienzsteigerung der Gesamttherapie bedeuten !

Eine Sonderstellung in der Radiologie nimmt die Strahlentherapie ein, bei der unter Ausnutzung von radioaktiver Strahlung biologisches Gewebe, zu meist Tumorgewebe, zerstört wird.

Die Arbeit in der Radiologie ist, wie auch in anderen Bereichen der Klinik oder Arztpraxis, sehr vielschichtig und komplex.

Allgemeine Merkmale sind:

1. das Zusammenarbeiten von verschiedenen Berufsgruppen: **MTRA's** (medizinisch technische Röntgen-Assistenten), **Ärzte** (zuweisende Ärzte aus fast allen Disziplinen und die Radiologen), **Techniker** (Ingenieure, Physiker und Informatiker), **Pflegepersonal** und **Verwaltungspersonal**
2. hieraus resultierend die notwendige Kommunikation, Kooperation und Koordination aller Beteiligten
3. die grosse Anzahl verschiedener Untersuchungsmethoden und damit viele verschiedene Arbeitsabläufe

Besondere Merkmale sind:

1. die hohe Techniklastigkeit der Arbeit durch die aufwendige hochtechnologische Apparatur
2. der hohe Anteil an Informationstechnologie (fast jedes Gerät wird heutzutage per Computer bedient)

Als Beispiele für die Vielzahl möglicher Untersuchungsarten in der Radiologie wären zu nennen:

- konventionelles Röntgen (z.B. Röntgen-Aufnahmen der Lunge oder des Skeletts)
- Durchleuchtung mit Röntgenstrahlen (z.B. des Magen-Darm-Traktes, des Harnleiter-Systems oder der Blase)
- Herzkatheter-Untersuchung mit Darstellung der Herzkranzgefäße
- allgemeine Gefäßdarstellungen (z.B. der Hirnarterien oder Becken-/Beinvenen)
- interventionelle Radiologie, minimalinvasive Chirurgie mit Kathetern (z.B. Verschluss von Aneurysmen, Dilatation von Gefäßeinengungen)
- Computertomografie aller Körperregionen und daraus resultierenden Weiterverarbeitungsmöglichkeiten (3D, Perfusion, Analyse des Calciumsgehaltes, etc.)
- Kernspintomografie aller Körperregionen und daraus resultierenden Weiterverarbeitungsmöglichkeiten (3D, Perfusion, etc.)
- Szintigrafie aller Körperregionen
- Ultraschall-Diagnostik fast aller Körperregionen und daraus resultierenden Weiterverarbeitungsmöglichkeiten (3D, Flussmessung, etc.)
- PET (Positronen-Emissions-Tomogramm)
- u.v.a.

Diese Auflistung zeigt, dass es 'DIE radiologische Untersuchung' nicht gibt, sondern von Modalität zu Modalität<sup>11</sup> variiert. Aber auch innerhalb einer Modalität kann es sein, dass jede Institution, oftmals jeder Untersucher (Arzt oder MTRA), dieselbe Untersuchung anders durchführt.

Ein weiteres Charakteristikum der Arbeit innerhalb der Radiologie ist das häufige Auftreten von Alternativ-Entscheidungen und Abbrüchen während einem Untersuchungsprozess.

Trotz dieser grossen Diversifikation in der Radiologie mit seinen vielen Modalitäten, gibt es auch viele Gemeinsamkeiten in der Durchführung der Untersuchungen.

So sind Aufgaben wie Anmeldung eines Patienten zu einer Untersuchung; Eingabe des Patienten am Untersuchungsgerät; Interpretation der Bilder; Befunddiktat; Befund schreiben und Befund abzeichnen, Tätigkeiten, die bei jeder Untersuchung anfallen und in der Regel gleich sind.

Teil-Gemeinsamkeiten wie Bildarchivierung oder Bildnachverarbeitung sind

---

<sup>11</sup>Modalität = bildgebendes Verfahren

ebenfalls zu finden.

Ein umfassendes Informationssystem sollte in erster Linie diese Gemeinsamkeiten abdecken.

*Bemerkung:*

*Im Vergleich zu einem umfassenden Informationssystem für eine gesamte Klinik (KIS<sup>12</sup> oder HIS<sup>13</sup>) ist ein umfassendes Informationssystem 'nur' für die Radiologie vergleichsweise einfach, da hier die Prozesse weniger bereichsübergreifend sind und auch wesentlich weniger verschiedene Akteure beteiligt sind. In der Radiologie dagegen sind viele Arbeitsprozesse strukturierter, oftmals bedingt durch technische Vorgaben der bildgebenden Systeme. Die Benutzung eines standardisierten Bild-Austauschformates hat ebenfalls zu mehr Struktur und Organisation der Prozesse geführt. Trotzdem sind im klinischen Alltag auch in der Radiologie Abweichungen von den Standardprozessen und adhoc-Entscheidungen eher die Regel als die Ausnahme. Daher ist das Thema Flexibilisierung und dynamische Anpassung einer Prozess-Steuerung auch in der Radiologie evident.*

Die obige Auflistung der Modalitäten zeigt auch, dass die technische Ausstattung der radiologischen Abteilungen sehr vielfältig sein kann. Somit gibt es auch nicht 'DIE radiologische Abteilung'.

Es gibt Unterschiede in der Anzahl der Geräte und in der Ausprägung der elektronischen Vernetzung. Die Vernetzung kann abteilungsintern oder abteilungsübergreifend sein. Die abteilungsinterne Vernetzung basiert meist auf einem RIS/PACS-System<sup>14</sup>, wobei das PACS zunehmend auch eine abteilungsübergreifende Komponente besitzt, z.B. wenn auch ausserhalb der Radiologie der Zugriff auf Bilder und Befunde ermöglicht wird (Stichwort: Teleradiologie).

Für die abteilungsübergreifende Vernetzung ist meist ein KIS oder HIS zuständig.

Ein Hauptproblem bei der Vernetzung der verschiedenen Informationssysteme besteht darin, dass diese nicht miteinander kommunizieren können. Z.T. weil sie von verschiedenen Herstellern sind, aber auch wenn sie vom gleichen Hersteller sind, ist eine interne Kommunikation nicht garantiert. D.h. dass eine systemübergreifende Prozess-Steuerung ähnliche Probleme zu bewältigen hat wie eine organisationsübergreifende Prozess-Steuerung.

---

<sup>12</sup>KIS = Krankenhaus-Informationssystem; siehe Glossar

<sup>13</sup>HIS = Hospital-Information-System

<sup>14</sup>RIS = Radiologie-Informationssystem; PACS = Picture Archiving and Communication System

Das Verhältnis zwischen analogen und digitalen Untersuchungsmethoden und die Menge der täglich anfallenden Datenmengen sind oftmals ausschlaggebend für die letztendliche IT-Infrastruktur. Abb. 5 zeigt ein Beispiel für den organisatorischen Aufbau einer grossen Radiologie-Abteilung eines Universitätskrankenhauses, Abb. 6 dagegen die Struktur einer kleinen radiologischen Praxis.

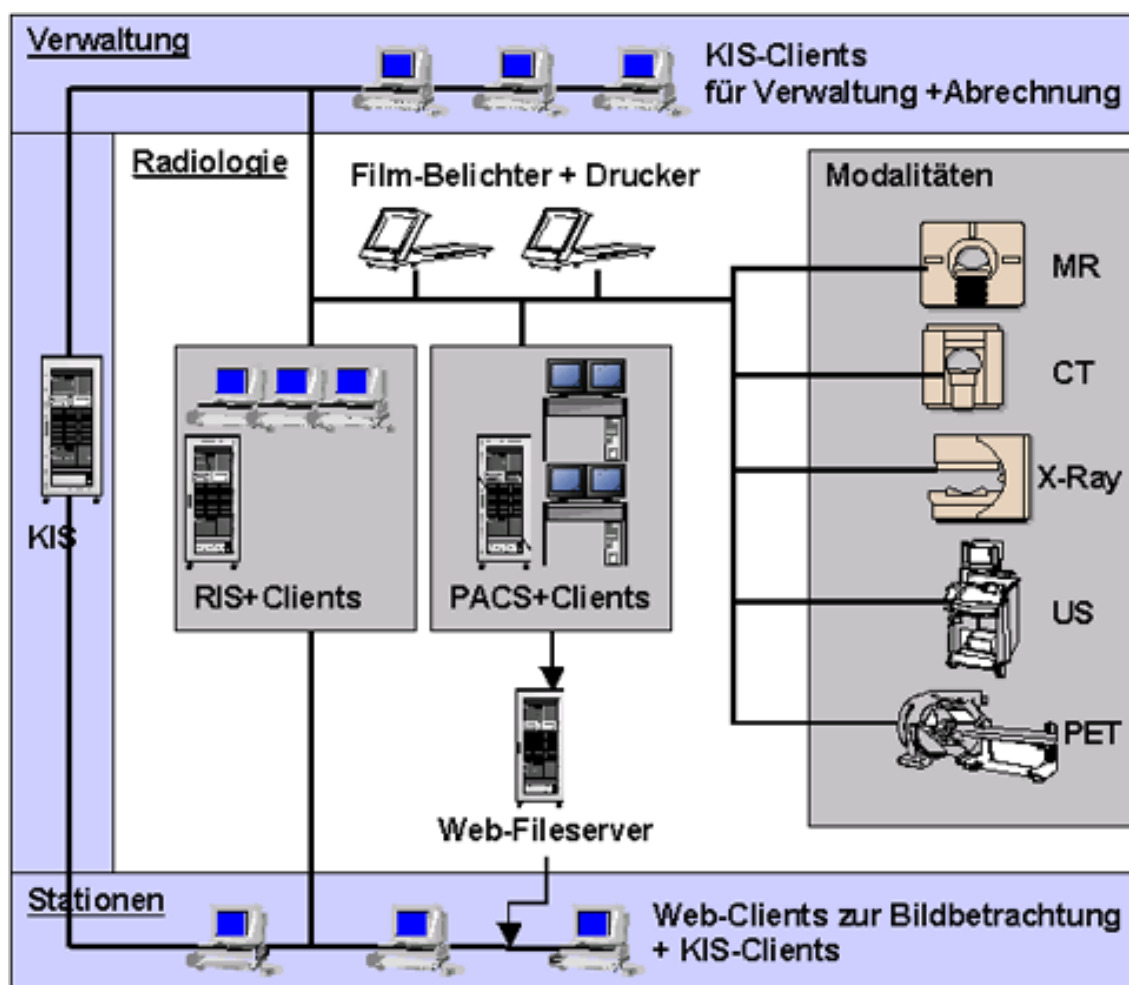


Abbildung 5: Aufbauorganisation einer grossen Radiologie-Abteilung; die zentralen Komponenten sind hier das PACS und das RIS. Sie haben Verbindungen zu allen Modalitäten und zu den Befund-Arbeitsplätzen innerhalb der radiologischen Abteilung, sowie zu den einfachen Betrachtungs-Arbeitsplätzen und KIS-Terminals auf den peripheren Stationen.

Die zentralen Komponenten in Abb. 5 sind das PACS und RIS. Das PACS hat Verbindungen zu allen Modalitäten und zu den Befund-Arbeitsplätzen innerhalb der radiologischen Abteilung, sowie zu den einfachen Betrachtungs-Arbeitsplätzen auf den peripheren Stationen. RIS-Arbeitsplätze sind ebenfalls an allen Arbeitsplätzen zu finden, ausserdem existiert noch eine Verbindung vom RIS zum KIS für administrative Zwecke wie Abrechnung, Statistik und Anmeldung von Untersuchungen. Über das KIS ist darüber hinaus auch eine Ankopplung der Radiologie zu den anderen Abteilungen möglich, sofern dies nicht über die PACS-Betrachtungs-Arbeitsplätze geschieht.

In Abb. 6 ist weder ein PACS noch ein RIS zu erkennen. Die wenigen Modalitäten haben nur eine einfache Netzwerkverbindung zu einem PC-System, an dem die Daten auf CD-ROM archiviert werden. Eine digitale Bildverteilung findet nicht statt.

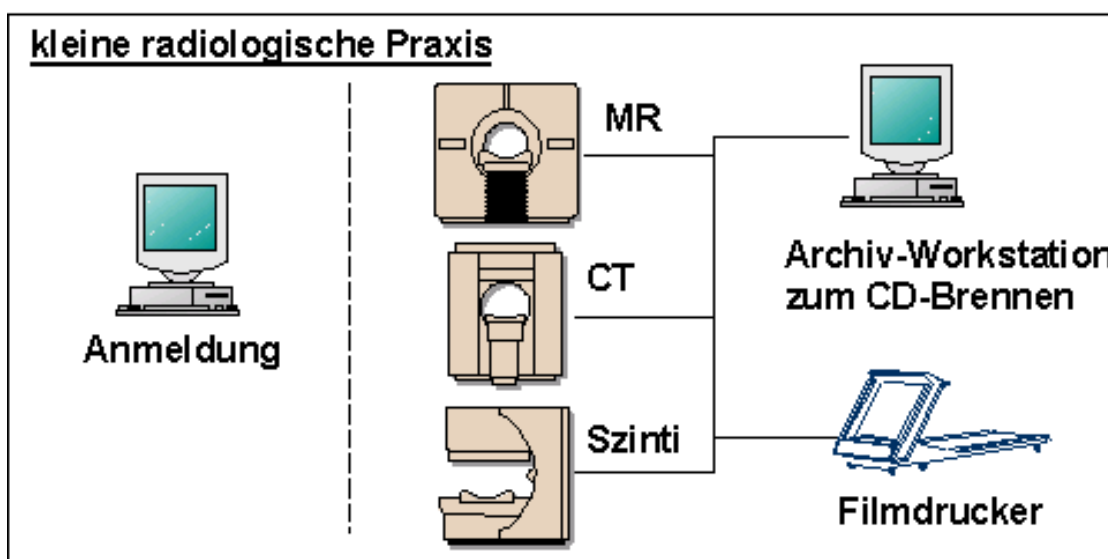


Abbildung 6: Aufbauorganisation einer kleinen Praxis ohne PACS oder RIS

Die technische Ausstattung einer radiologischen Institution hat einen grossen Einfluss auf die Arbeitsweise, insbesondere spielt der Grad der Digitalisierung eine grosse Rolle. So ist z.B. die Arbeit an einem analogen Röntgen-System sehr verschieden zu der an einem digitalen Röntgen-System, nicht nur die manuellen Tätigkeiten betreffend, sondern vor allem auch in Hinblick auf die Handhabung mit dem Bildmaterial (z.B. direkte Qualitätskontrolle oder anschliessende Archivierung).

Ebenso entscheidend für die Arbeitsweise ist der Grad der Integration der

verschiedenen Geräte und Informationssysteme untereinander, also wie gut klappt die Kommunikation von System A mit System B, etc. Doch gerade in diesem Punkt gibt es noch viele Probleme, trotz vielfältiger Anstrengungen die Interkommunikation zwischen Systemen mit Standards zu verbessern.

### 3.2.2 Arbeitsflüsse in der Radiologie und Anwendungsbeispiele

Wenn man sich den Gesamtkontext eines Behandlungsprozesses für einen Patienten anschaut, ist der radiologische Prozess im Grunde nichts weiter als ein Support-Prozess für den klinischen Gesamtprozess den ein Patient in seinem Behandlungsprozess durchläuft.

Das „grosse Bild“ in der Radiologie ist sehr einfach und schnell beschrieben:

1. ein Patient wird mit einer klinischen Fragestellung in die Radiologie überwiesen
2. aufgrund der klinischen Fragestellung werden Aufnahmen (Bilder) der entsprechenden Körperregion(en) angefertigt
3. diese Aufnahmen werden von einem Radiologen befundet und der Befund wird an den überweiser (z.T. mit den Aufnahmen) übermittelt

Die Minimal-Anforderungen an den radiologischen Prozess sind also:

1. irgendeine Identifikation des Patienten, zur Not auch eine willkürlich festgelegte , im System aber eindeutige ID-Nummer.
2. irgendein Hinweis welches Körperteil warum untersucht werden soll
3. Bild-Erzeugung
4. irgendeine Bilddokumentation (rechtlich vorgeschrieben)
5. Befunderstellung und Befundverteilung

Nimmt man diese 5 Schritte als den Hauptpfad durch den radiologischen Prozess, so könnte man die restlichen Arbeitsschritte als Support-Prozesse zu den Hauptprozessschritten bezeichnen.

In der Realität ist der oben beschriebene radiologische Prozess natürlich nicht so einfach und strukturiert. Jeder Schritt lässt sich in viele Teilschritte zerlegen und jeder dieser Teilschritte z.T. noch weiter zerlegen. Hinzu kommt vor allem, dass diese Teilschritte nicht immer vorhersagbar sind, sondern meist von vielen Faktoren abhängen.



Zur Veranschaulichung dieser Problematik zuerst zwei Anwendungsbeispiele zur Anschauung, die aus dem normalen klinischen Alltag sein könnten:

**Anwendungsbeispiel 1:** Ein Patient wird von einer internistischen Station geschickt zur Abklärung einer Nierenarterienstenose, die möglicherweise Ursache für seinen Bluthochdruck ist. Ausserdem soll eine normale Brustkorbaufnahme gemacht werden zur Beurteilung von Herz und Lunge des Patienten.

Die Anmeldung des Patienten ist am Tag zuvor über das Krankenhaus-Informationssystem geschehen, wobei nur die Abklärung der Nierenarterienstenose angemeldet wurde und nicht die Brustkorbaufnahme.

Der Patient bringt nur den Anforderungsschein von seinem Stationsarzt mit. In dem Anforderungsschein sind keine weiteren klinischen Angaben zum Patienten enthalten, obwohl eine Labor-Aussage über seine Nierenfunktion durchaus entscheidend sein kann, ob und wie viel Röntgenkontrastmittel gegeben werden kann. Ebenso entscheidet der Blutgerinnungsstatus, ob eine Angiografie überhaupt durchgeführt werden darf.

Der Radiologie muss daher erst einmal bei der Station nachfragen, wie die Nierenfunktion des Patienten ist, um seine Untersuchung planen zu können. In der Zwischenzeit wird der Patient zur Brustkorbaufnahme geschickt. Dort muss der Patient erst manuell in das Röntgensystem eingegeben werden, da es versäumt wurde ihn digital per KIS anzumelden.

Die Brustkorbaufnahmen werden erstellt und der Patient in die Angiografie-Abteilung geschickt. Noch müssen alle warten, da die aktuellen Laborwerte bzgl. seiner Nierenfunktion noch nicht da sind. Erst als diese eintreffen und bewertet sind, wird beschlossen die Gefässdarstellung der Nierenarterien mit niedriger Kontrastmitteldosierung durchzuführen.

Bei der Untersuchung der Nierenarterien stellt sich heraus, dass neben den Nierenarterien selbst auch die Bauchaorta deutliche pathologische Veränderungen aufweist. So müssen noch zusätzliche Aufnahmen und weitere Bildnachverarbeitungsschritte getätigt werden, die so am Anfang der Untersuchung nicht geplant waren.

Am Ende schreibt der Radiologe einen vorläufigen Kurzbefund in das KIS, damit die Stationsärzte sofort mit einer adäquaten Therapie des Patienten beginnen können. Die Bilder und der endgültige Befund werden am nächsten Tag zur Station gebracht.

**Anwendungsbeispiel 2:** Ein Autounfall-Patient wird vom Krankenwagen in die Klinik gebracht. Der Patient ist beatmet und liegt im Koma. Es besteht dringender Verdacht auf eine schwere Schädel/Hirn-Verletzung, multiple knöcherne Frakturen und weitere innere Verletzungen im Bauchraum.

Als allererstes wird eine Computer-Tomografie des Patienten vom Kopf bis zu den Oberschenkeln gemacht.

Da eine Identifikation des Patienten noch nicht möglich gewesen ist, wird er im System nur mit einer eindeutigen ID aufgenommen.

Die CT-Untersuchung bestätigt eine Hirnblutung, die sofort operativ von den Neurochirurgen versorgt werden muss. Ausserdem werden mehrere Rippenfrakturen und eine Fraktur des rechten Schlüsselbeins festgestellt. Im Bereich des Bauchraumes wird eine grosse Nierenzyste entdeckt, die jedoch keinen Zusammenhang mit dem Unfall hat.

Aufgrund der Notfall-Situation übergibt der Radiologe dem Neurochirurgen den entscheidenden Befund nur kurz mündlich, um die notwendige Operation nicht zu verzögern.

Inzwischen hat sich die Identität des Patienten geklärt und die Patientenstammdaten können nachträglich in das RIS und in das Modalitätssystem eingegeben werden, so dass später eine eindeutige Zuordnung der Bilder und Befunde möglich ist.

Bei einer Recherche im digitalen Bildarchiv stellt sich heraus, dass der Patient früher schon einmal in dieser radiologischen Abteilung untersucht wurde, nämlich wegen der Nierenzyste. Der Radiologe lädt daher die alten Bilder auf seine Befundkonsole um einen Vergleich zu den aktuellen Bildern zu haben. Mithilfe eines Bildnachverarbeitungsprogramms misst er das Volumen der Nierenzyste auf den Voraufnahmen und auf den aktuellen Aufnahmen aus. Diese Messungen gehen in seinen endgültigen Befund ein, den er digital in das RIS diktiert.

Das digitale Diktat wird von einer Schreibkraft in Reinform geschrieben und dann dem Radiologen zur Durchsicht vorgelegt. Dies geschieht alles digital ohne Papieraufwand über entsprechende Arbeitslisten, die auf den Arbeitskonsolen in der Radiologie aufgerufen werden können. Nach Durchsicht des korrigierten Befundes entscheidet der Radiologe, ob der Befund als gültig markiert direkt zur Station geschickt wird oder noch weitere Korrekturen nötig sind.

Die beiden Beispiele zeigen deutlich, dass es im Verlaufe eines Untersuchungsprozesses in der Radiologie zu vielen ad-hoc Entscheidungen kommen kann, die so im Vorfeld nicht geplant oder vorhersagbar waren.

Viele Informationen, die für den Untersuchungsprozess selbst nötig oder zumindest hilfreich wären, müssen oft mühsam zusammengesucht werden. Ergebnisse gewisser Teilschritte verändern den Untersuchungsprozess z.T. erheblich. Viele Arbeitsschritte, die in den obigen Beispielen gar nicht erwähnt wurden, geschehen im Hintergrund, also parallel zu anderen, so z.B. die Archivierung der erzeugten Bilder in ein PACS oder die Bilddokumentation auf

Filmblätter.

Diese Hintergrundprozesse müssen aber nicht notwendigerweise parallel laufen, auch der Zeitpunkt, wann diese angestossen werden, kann sehr variieren.

Insgesamt lässt sich festhalten: Die Ausprägung fast aller Arbeitsschritte in der Radiologie hängen z.T. sehr stark von verschiedenen Faktoren ab, die wichtigsten Faktoren sind:

- Wer erledigt den Arbeitsschritt ?
  - Jedes Individuum hat seine eigenen Vorlieben gewisse Dinge zu erledigen, so wird der eine Radiologe seine Bilder in einer anderen Reihenfolge anordnen, um sie zu befunden, als ein anderer Radiologe
- Wo wird der Arbeitsschritt erledigt ?
  - Viele Arbeitsweisen hängen davon ab, in welchem Land oder Kulturkreis man sich gerade befindet. Nochmehr hängen sie von der Institution selbst ab, da viele Chefarzte ihre eigenen Vorstellungen vom Arbeiten in ihren Abteilungen haben. Also wird in fast jeder Klinik ein wenig anders gearbeitet.
- Wie ist die Infrastruktur ?
  - Viele Arbeitsschritte hängen von den technischen Möglichkeiten ab, die angeboten werden. So kann eine elektronische Bildverteilung durch ein mächtiges PACS das Erstellen von Filmblättern innerhalb einer Klinik ersparen, wobei bei ambulanten Patienten nach wie vor auf Filmblätter zur Bilddokumentation nicht verzichtet werden kann.
  - Entscheidend ist auch der Grad der Vernetzung und Interkommunikation der verschiedenen Informationssysteme innerhalb der Radiologie. So kommt es z.B. häufig vor, dass es ein RIS und ein PACS gibt, die aber nur bedingt miteinander kommunizieren können. So ist z.B. ein direkter Aufruf eines alten Befundes aus dem PACS heraus nicht möglich und der Benutzer muss dafür von der PACS-Konsole zu einer RIS-Konsole wechseln. Hier verhindern also systemimmanente Kommunikationsbarrieren einen durchgängigen Arbeitsfluss.

Die Komplexität liesse sich durch weitere Parameter noch weiter beliebig steigern, aber im Gegenzug muss festgehalten werden, dass letztendlich doch sehr viele Prozesse in der Radiologie standardisiert sind.

So gibt es international anerkannte Qualitätsrichtlinien, wie bestimmte Untersuchungsarten durchzuführen sind, z.B. dass bei gewissen Fragestellungen das zu untersuchende Organ in mindestens 2 Ebenen aufgenommen werden muss oder mindestens eine schräge Rekonstruktion der Nervenlöcher bei einer Wirbelsäulenuntersuchung mit CT oder MR gemacht werden muss (siehe z.B. [BHH03],[ME02]).

Gewisse Standardprozesse in den radiologischen Abteilungen hängen auch von der Infrastruktur ab. Z.B. bei Vorhandensein eines digitalen Spracherkennungssystems werden die Befunde nur noch im Notfall auf ein analoges Magnetband diktiert oder wenn in einer Abteilung der Befund am Monitor erhoben wird und die Filme nur zur Dokumentation für den überweisenden Arzt sind, ist es klar, dass von allen CT-Aufnahmen nur jedes zweite Dickschichtbild auf Film aufgenommen wird.

Dies zeigt uns, dass eine starke Verringerung der Komplexität durch Vorkonfigurationen und benutzerdefinierte Anpassungen ermöglicht wird. Ein „gutes“allumfassendes radiologisches Informationssystem sollte also in der Lage sein möglichst feingranulare Anpassungen an die jeweiligen Benutzerprozesse zu ermöglichen.

Desto einfacher wird dann die Bewältigung der restlichen Komplexität sein. Grundbedingung dabei ist aber, dass der Benutzer immer die Möglichkeit besitzt aus diesen Vorkonfigurationen jederzeit auszubrechen und individuelle Prozesswege zu beschreiten.

Zur weiteren Veranschaulichung der Arbeitsschritte in der Radiologie und deren zeitliche Abhängigkeiten werden die wichtigsten Teilschritte identifiziert und beschrieben, die da wären:

- Abholen einer Arbeitsliste (Worklist) vom KIS/RIS:  
Ein Modalitätssystem fragt bei dem übergeordnetem Informationssystem nach, ob es eine Arbeitsliste für dieses Modalitätssystem gibt. Es könnten hier auch einzelne Einträge abgefragt werden. Vorteil hierbei ist, dass die Patienten-Stammdaten nicht manuell eingegeben werden müssen (also weniger Eingabefehler, die oft zu Kontext- und Bildverlust führen) und oft auch schon die klinische Fragestellung mitgeliefert wird. Bedingung ist natürlich eine Anbindung der Modalität zu einem KIS oder RIS, welches diesen Service einer Bereitstellung einer Arbeitsliste unterstützt (ist schon fast Standard in den grösseren vernetzten Krankenhäusern). Zeitlich gesehen steht dieser Arbeitsschritt ziemlich am Anfang des radiologischen Prozesses.
- Suchen nach Patienten-Stammdaten im KIS/RIS:

Es kann vorkommen, dass ein Patient nicht in der Arbeitsliste erscheint, z.B. weil er ein Notfall war. Dann muss hinterher manuell im KIS/RIS nach ihm gesucht werden. Bedingung ist natürlich auch hier eine Anbindung der Modalität zu einem KIS oder RIS, welches diesen Service unterstützt. Zeitlich gesehen kommt dieser Arbeitsschritt entweder am Anfang oder ganz am Ende vor, wenn alle Ergebnisse mit den gefundenen Patientendaten abgeglichen werden.

- **Patientenregistrierung:**  
Hiermit ist die Initialisierung der eigentlichen Untersuchung am Bildaufnahmesystem gemeint. Durch die Patientenregistrierung wird der Patient mit seinen Patientenstammdaten dem Bildaufnahmesystem bekannt gemacht, so dass alle folgenden Prozessschritte eindeutig diesem Patienten zugeordnet werden können. Zeitlich gesehen steht dieser Arbeitsschritt am Anfang einer Untersuchung.
- **Abrufen von klinischen Informationen vom KIS/RIS:**  
Oftmals ist es notwendig oder sehr hilfreich für die Untersuchungsplanung mehr klinische Daten zur Verfügung zu haben als auf dem Anforderungsschreiben steht. Aber auch während der Bildbefundung können zusätzliche klinische Informationen sehr wertvoll sein. Bedingung ist natürlich auch hier eine Anbindung der Modalität zu einem KIS oder RIS, welches diesen Service unterstützt (ist zur Zeit nur in sehr wenigen Krankenhäusern möglich). Zeitlich gesehen kommt dieser Arbeitsschritt entweder am Anfang oder beim Befunden vor, aber auch zwischendurch ist er sinnvoll.
- **Abrufen von Voraufnahmen und Vorbefunden aus dem PACS und RIS:**  
Gerade für die Verlaufsbeobachtungen bei Tumorpatienten ist der Vergleich von aktuellen Aufnahmen mit den Voraufnahmen essentiell. Für die PACS-Systeme ist dieser Anwendungsfall quasi der Hauptanwendungsfall. Es kann aber auch sinnvoll sein vor einer Untersuchung die Voraufnahmen zu sehen, damit man genau dieselben Untersuchungsschritte ausführt wie vorher. So sind die Ergebnisse besser miteinander vergleichbar. Leider gibt es einen Bruch zu den Vorbefunden, da diese meist in einem RIS abgespeichert werden. Nur wenige PACS-Systeme sind in der Lage zu den Bildern auch die dazugehörigen Befunde abzuspeichern. Zeitlich gesehen kommt dieser Arbeitsschritt entweder am Anfang oder spätestens beim Befunden vor.
- **Vorbereitung des Patienten für die Untersuchung (Bildaufnahme):**  
Je nach Untersuchungsart werden die Patienten spezifisch vorbereitet, z.B. Ablegen der Kleidung oder Metall-Gegenstände beim Kernspinto-

mografen, Anlegen eines Zuganges für die Kontrastmittel-Applikation oder Darmentleerung vor Darstellung des Darmbereiches. Zeitlich gesehen kommt dieser Arbeitsschritt immer vor der eigentlichen Untersuchung.

- Die Untersuchung oder Bildaufnahme selbst:  
Hier besteht die grösste Vielfalt. Wie oben schon einmal aufgezählt, gibt es viele verschiedene Aufnahmemodalitäten, angefangen von der normalen konventionellen Röntgenaufnahme bis zu PET-Aufnahmen wo radioaktive Marker eine Darstellung von Körperfunktionen ermöglichen. Je nach klinischer Fragestellung gibt es innerhalb jeder Modalität wiederum spezifische Untersuchungsprozesse. Internationale Qualitätsstandards grenzen aber den weiten Spielraum jedoch erheblich ein, so dass von gewissen Richtlinien ausgegangen werden kann (siehe z.B. [BHH03],[ME02]).  
In modernen Bildaufnahmesystemen sind einige logisch folgende Arbeitsschritte automatisierbar, z.B. werden manche erzeugte Bilder sofort weiterverschickt zum Archivieren oder zur Bildnachverarbeitung. Daraus folgt, dass heutzutage die Bildaufnahme selbst meist parallel zu anderen Arbeitsschritten geschieht.
- Die Bild-Qualitäts-Kontrolle:  
Dieser Arbeitsschritt hat in letzter Zeit an Bedeutung verloren, weil die modernen Bildnachverarbeitungsmöglichkeiten viele Korrekturen zulassen, die eine nochmalige Aufnahme ersparen. Für einige Untersuchungsprozesse ist dieser Arbeitsschritt jedoch noch sehr wichtig. Zeitlich gesehen kommt dieser Arbeitsschritt direkt nach der Bildaufnahme, kann aber auch bis zur Befundung vorkommen.
- Die Bildnachverarbeitung oder Post Processing:  
Im Zuge der Digitalisierung der gesamten Radiologie gewinnt dieser Arbeitsschritt immer mehr an Bedeutung. Vor allem im Bereich der Schnittbilddiagnostik (z.B. CT und MR und PET) ist eine Befunderstellung ohne vorheriges Post Processing quasi undenkbar. Die neuen Möglichkeiten gehen von alltäglichen Bildrekonstruktionen aus einem 3D-Datenvolumen bis hin zu vollautomatischer Tumorlokalisation in der Lunge oder in der weiblichen Brust. Zeitlich gesehen kommt dieser Arbeitsschritt natürlich erst nach der Bildaufnahme, aber dann bis zur Befunderstellung, manchmal sogar bis zur endgültigen Befundabzeichnung.
- Die Bilddokumentation:  
Unter Bilddokumentation versteht man klassischer Weise die ausge-

druckte Form des Bildmaterials, welches Grundlage war/ist für den endgültigen Befund. Es gibt gesetzliche Regelungen, die ein Mindestmass dieser Bilddokumentation einfordern. In Deutschland z.B. muss der Radiologe die befundrelevanten Bilder mind. 10 Jahre in irgendeiner sicheren Form aufbewahren. Früher waren dies die Röntgenfilme. Heutzutage werden diese Filme abgelöst durch PACS-Systeme oder digitale Medien wie CDs, DVDs oder MODs.

Grundsätzlich gibt es also drei mögliche Arbeitsschritte zur Bilddokumentation: 1. Belichten von Filmen, 2. Archivieren in ein PACS-System und 3. Brennen von externen Medien.

In der Realität gibt es meistens ein Mix aus allen 3 Möglichkeiten, abhängig von Infrastruktur und Gesetzgebung. Aufgrund des Kostendrucks wird jedoch vermehrt auf die Filmproduktion verzichtet. Zeitlich gesehen steht dieser Arbeitsschritt natürlich auch nach der Bildaufnahme, aber dann bis zum Ende des gesamten Prozesses. So wird in manchen Kliniken erst am Ende eines Arbeitstages der Archivierungsprozess aller Tagesresultate in das PACS gestartet.

- Die Bildbefundung selbst mit Befunddiktat:  
Dieser nach der Bildaufnahme weitere zentrale Arbeitsschritt ist ebenfalls extrem vielfältig. Vor allem hängt er von der gegebenen Infrastruktur und den jeweiligen persönlichen Gewohnheiten der einzelnen Radiologen ab. Hier lässt sich der Benutzer kaum Vorschriften machen wie er zu arbeiten hat (vielleicht zu recht!).  
Von diesem Arbeitsschritt aus können viele Support-Arbeitsschritte angestossen werden. So kommt es z.B. häufig vor, dass während der Befundung weitere Post Processing Ergebnisse angefordert werden oder z.B. die Voraufnahmen des Patienten zur Vergleichsbeobachtung angefordert werden.  
Zeitlich gesehen steht dieser Arbeitsschritt natürlich nach der Bildaufnahme und meistens nach der Qualitätskontrolle und dem Post Processing, wobei parallel dazu meist noch die Bilddokumentation läuft.
- Das Abtippen des Befunddikates oder Korrektur des vorläufigen Befundes:  
Die Form dieses Arbeitsschrittes hängt stark von der gegebenen Infrastruktur ab. Bisher ist es noch meist üblich, dass eine Schreibkraft das Befunddiktat abtippt. Man findet in der Radiologie jedoch vermehrt digitale Spracherkennungssysteme, die eine Bearbeitung dieses Arbeitsschrittes enorm beschleunigen. In der Tat ist dieser Arbeitsschritt ein zeitlicher Flaschenhals im radiologischen Prozess, d.h. dass früher viele Befunde viel später zu den überweisenden Ärzten kamen und somit sich

die gesamte Behandlungszeit der Patienten unnötig verlängert hat.

- Das Gegenzeichnen oder Unterschreiben des vorläufigen Befundes:  
Im Grunde genommen sollte dieser Arbeitsschritt nur ein formaler Akt sein, aber er ist doch sehr wesentlich, weil der Radiologe hier die letzte Gelegenheit hat, nochmals den gesamten Fall durchzugehen und eventuelle Fehler zu beseitigen, denn wenn der endgültige Befund einmal rausgeschickt wurde, kann es mitunter dramatische Auswirkungen in der Behandlung des Patienten haben, z.B. ein versehentliches Vertauschen von Seitenangaben durch die Schreibkraft, die zu einer Verwechslung bei einer Operation führt.
- Die Verteilung der Bilddokumentation und der Befunde:  
Dieser letzte Arbeitsschritt im radiologischen Prozess wird manchmal etwas vernachlässigt, obwohl er zur Komplettierung ebenfalls wichtig ist, denn was nützt der beste Befund und die schönsten Aufnahmen, wenn sie nicht zur rechten Zeit am richtigen Ort sind.  
Zu erwähnen wäre hier auch die Tatsache, dass oft die Bild-Verteilung weit vor der Befund-Verteilung geschieht, weil der Befund meist wesentlich länger benötigt. Als Zwischenlösung haben sich deshalb handschriftliche Kurzbefunde oder einfach nur telefonische Rücksprachen etabliert.

Die oben beschriebenen Teilschritte sind in Abb. 7 in einer zeitlichen Zusammenschau schematisch dargestellt. Es besteht kein Anspruch auf eine absolute Richtigkeit der zeitlichen Abhängigkeiten, da in der Realität Abweichungen immer wieder vorkommen.

Ausser der sichtbaren Parallelität von verschiedenen Arbeitsschritten ist ein weiterer wichtiger Punkt, dass einzelne Arbeitsschritte mehrfach durchlaufen werden können und manche gar nicht. So kann es vorkommen, dass in einem Fall kein Post Processing gemacht wird und im nächsten Fall mehrere, jedoch zeitlich voneinander getrennt.

Zusammenfassend lässt sich festhalten, dass eine genaue und umfassende Modellierung der Arbeits-Prozesse innerhalb der Domäne Radiologienicht trivial ist und eine Herausforderung darstellt.

Vor allem die Nicht-Vorhersagbarkeit von einzelnen Arbeitsschritten und die dynamischen Veränderungen und Abweichungen von vorgeplanten Prozesspfaden stellen die grössten Schwierigkeiten einer konsistenten Modellierung dar.



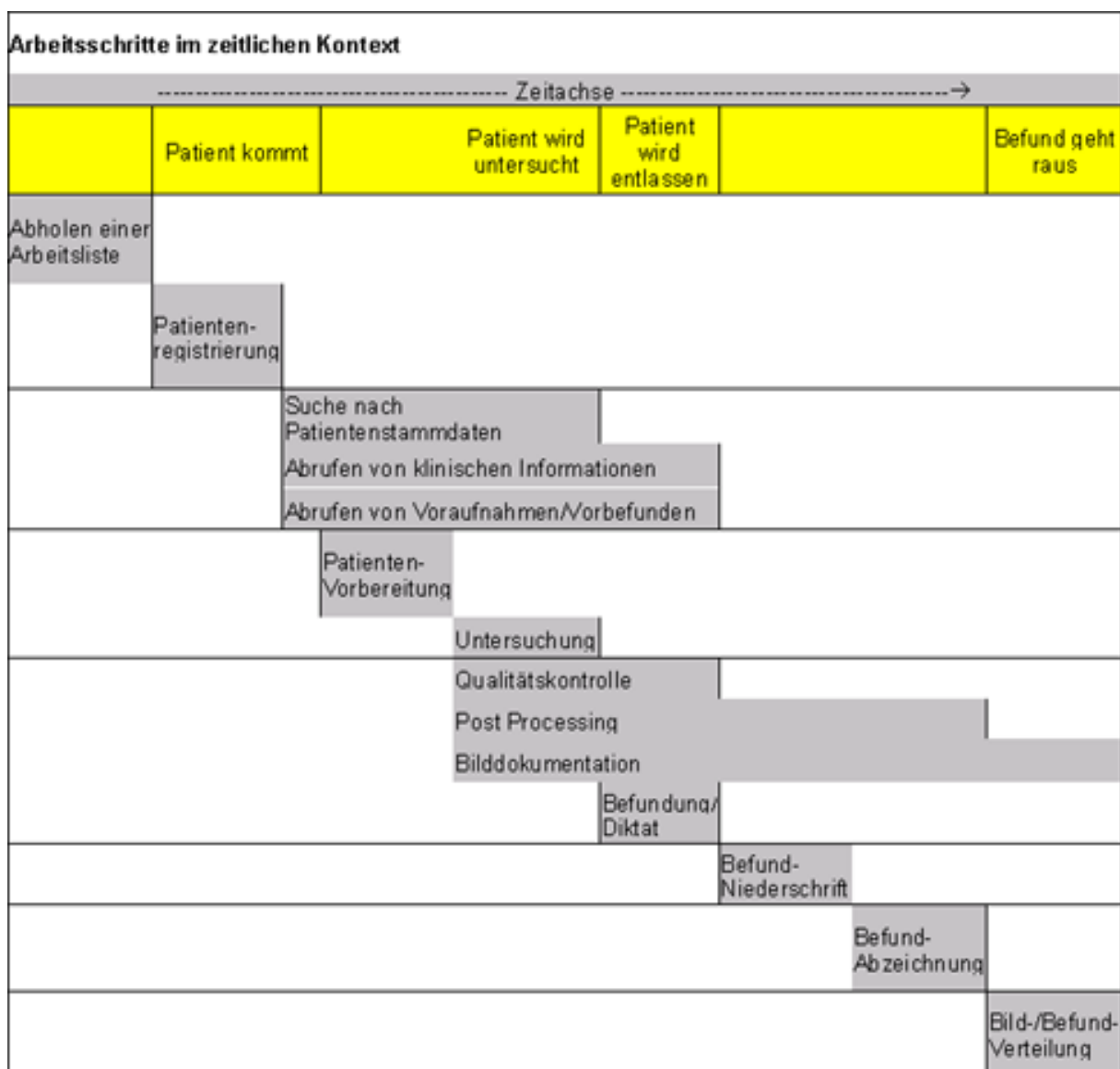


Abbildung 7: Hier sieht man die wichtigsten radiologischen Arbeitsschritte im zeitlichen Kontext mit ihren Abhängigkeiten und Parallelitäten

## 4 Methoden

Dieses Kapitel behandelt den neuen Modellierungsansatz nach der Serviceflow-Metapher mit Darstellung einer beispielhaften Anwendung auf das Anwendungsbeispiel 1 aus Kapitel 3.

Danach folgt eine kurze Übersicht über UML mit anschließender exemplarischer Visualisierung von verschiedenen Diagrammtypen.

### 4.1 Die 'Serviceflow-Metapher'

#### 4.1.1 Übersicht

Zuerst ein Zitat aus [KW00]:

*„Services sind soziale Beziehungen, basierend auf einer Vereinbarung, zum Zweck der Bedürfnisbefriedigung.“*

Ausgehend von dieser Sichtweise kann aus der Bedürfnisbefriedigung im allgemeinen eine Kundenbefriedigung im Umfeld der Informationstechnologie abgeleitet werden, d.h. bekommt der Kunde oder Anwender von dem Computersystem die Resultate, die er erwartet, dann hat das Computersystem seinen Zweck erfüllt.

In zunehmenden Masse steigen jedoch die Kundenerwartungen und -anforderungen an die Informationstechnologie, nicht zuletzt auch durch die zunehmende Vernetzung der Computersysteme.

Früher war der Anwender froh eine bestimmte Aufgabe am Computer erledigen zu können, heute erwartet er diese Funktionalität aber fast schon allgegenwärtig. Das Internet und die Email-Funktionalität ist ein gutes Beispiel dafür.

Durch die Vernetzung hat sich auch das Einsatzgebiet für die Informationstechnik verändert. Ehemals eigenständige Insellösungen sollen nun auch gemeinsam im Verbund den Anwender in seinen Aufgaben erfolgreich unterstützen.

Z.B. gab es früher in den Kliniken für jede Abteilung eigene Computersysteme, die den speziellen Anforderungen gerecht geworden sind und nicht miteinander kommunizierten. Mit der Vernetzung sind aber auf der Kundenseite neue Bedürfnisse entstanden, wie eine eindeutige Patienten-Identität im System oder Austausch von wichtigen Daten zwischen den Systemen.

Es geht also vermehrt um system- und organisationsübergreifende Lösungen, die der Anwender benötigt, nicht nur im Klinikumfeld. Die Serviceflow-Metapher befasst sich genau mit dieser Problematik, wie mit komplexen,

aus Teilleistungen zusammengesetzten Dienstleistungen umgegangen werden muss, damit eine erfolgreiche Kooperation und Koordination über Systemgrenzen klappt. Im Blickpunkt stehen dabei besonders die Dienstleistungen oder Services, die von mehreren Organisationen oder Organisationseinheiten angeboten werden.

Einige Beispiele für solche Dienstleistungen sind:

- Begleitung von Reisenden (vom Start am Wohnort bis zurück zum Wohnort)
- Begleitung von Einkäufern in einem Shopping Center
- Behandlung eines Patienten in einem Krankenhaus (von der Einweisung bis zur Entlassung)
- umfassende Dienstleistungen einer Stadtverwaltung z.B. für Bürger in besonderen 'Lebenslagen'

Die 'Serviceflow'-Metapher setzt einen Kontrast gegen die bekannte Metapher vom 'Fluss der Arbeit' (Workflow) und sieht vielmehr den Bearbeitungsgegenstand im 'Fluss von Services', z.B. eine Vorgangsmappe, die von Bearbeiter zu Bearbeiter weitergereicht wird.

Die Gründe und Ziele des Serviceflow Managements sind aber die gleichen wie beim Workflow Management: Optimierung des Ressourceneinsatzes, Verkürzung von Durchlaufzeiten, bessere Kundenorientierung.

Vor allem die bessere Kundenorientierung stellt sich als besonders hohe Hürde dar, denn dies bedeutet eine flexible Gestaltung des Systems, das sich schnell und unkompliziert den oftmals wandelnden Bedürfnissen der Kunden anpasst.

Passend dazu findet sich in [KW00] eine Definition von Service:

*„Service ist eine unternehmerische Leistung, die ihre Wertschöpfung darauf begründet, die Bedürfnisse des Kunden zu erkennen und zu befriedigen. Dafür werden nach Möglichkeit betriebliche Standardabläufe auf die Erfordernisse der jeweiligen Dienstleistungssituation angepasst.“*

Wichtig ist also, zusätzlich zu den Standardabläufen weitere Möglichkeiten zur Flexibilisierung und Anpassung von Dienstleistungen oder Services zu haben.

Um einen hohen Grad an Flexibilität zu erreichen, kann es nicht ausreichend sein, sich auf einen vorher festgelegten Ablauf einer Serviceteilleistung zu verlassen, sondern diese muss stetig auf Gültigkeit überprüft werden. Auch

muss die Infrastruktur geschaffen werden, damit die Dienstleistungsmitarbeiter direkt vor Ort flexibel auf die Kundenanforderungen reagieren können.

Für die Wertschöpfung eines Services ist es mitentscheidend, dass der Kunde die umfassende Gesamtleistung, Serviceflow genannt, als eine 'Einheit' wahrnimmt, d.h. dass die einzelnen Teilleistungen erkennbar zusammenhängend sind und sinnvoll aufeinander aufbauen.

Die Ähnlichkeiten des Serviceflow Managements (SFM) zum Workflow Management (WFM) sind offensichtlich, aber für das weitere Verständnis des neuen Ansatzes müssen deutliche Unterschiede zum Workflow Management Ansatz veranschaulicht werden.

Das SFM stellt Muster für die Prozesslogik bereit (siehe Abb. 8), aber keine Logik für den Übergang zwischen den einzelnen Aufgaben. Diese ist stark situationsabhängig und folgt deshalb oftmals nicht dem bereitgestellten Muster. Daher muss an jedem Servicepunkt über die nächsten Schritte neu entschieden werden.

Beim WFM wird dagegen versucht die Prozesslogik durch Automatisierung der Ausführung zu erzwingen.

Unterschiede finden sich auch im Bereich des Arbeitsinhaltes. SFM hat die Dienstleistungen für die Menschen (oder ihre persönlichen Objekte) im Fokus, beim WFM steht die Bearbeitung des jeweiligen 'work items' im Mittelpunkt.

Zentraler Punkt beim SFM ist die situative Anpassung der Serviceleistung. Diese ergibt sich beim WFM nur durch vorhergesehene Varianten des Standardablaufs oder durch spezielle Ausnahmebehandlung. Der Fokus liegt in der Abarbeitung des vordefinierten Prozessmodells.

Mitvoraussetzung für die oben genannte Adaptivität beim SFM ist eine transparente Prozesshistorie, d.h. die einzelnen Servicepoints müssen die spezifische Historie jedes Serviceflows kennen, um angemessen reagieren zu können.

Die Prozesshistorie ist einer der wesentlichen Bestandteile des 'Serviceflows', einer Metapher für die Verbindungen zwischen den Servicepunkten. Ausser der Prozesshistorie enthalten diese kundenbezogenen Serviceflows Pakete mit dem 'Wissen' über den gesamten Prozess (Prozessmuster, individuelle Prozesshistorie, alle Materialien/Informationen).

Bei Parallelisierung einzelner Serviceleistungen müssen gegebenenfalls Kopi-

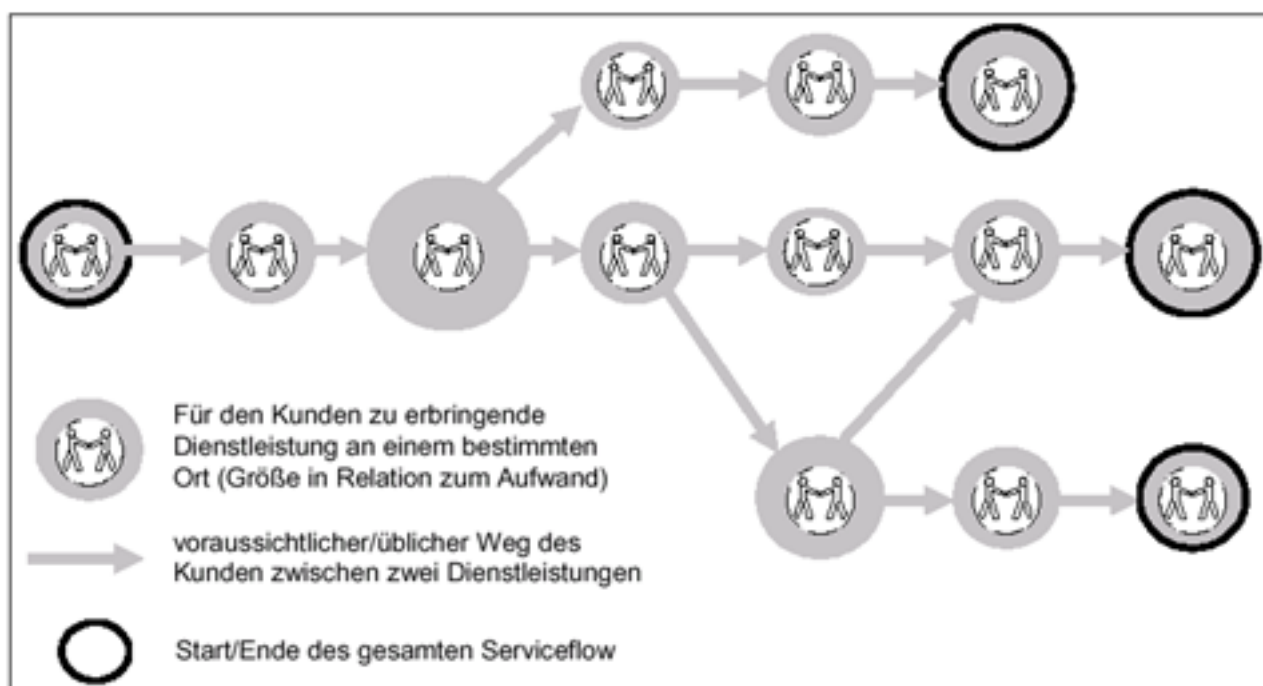


Abbildung 8: Serviceflow-Muster: Standardablauf mit möglichen Alternativen (aus [KW00])

en erzeugt und wieder geordnet zusammengeführt werden.

Das fachliche Wissen um die Prozesslogik, das die Serviceflows verändert, steckt in sogenannten Servicepoint-Scripts, die Teil jedes Servicepunktes sind. Abb. 9 aus [KWb] zeigt das Zusammenspiel von Serviceflows und Servicepoint-Scripts.

Die spezifischen Servicepoint-Scripts nehmen also die Serviceflows von vorhergehenden Servicepoint auf und verändern es während der Abarbeitung der Teildienstleistung und schicken es am Ende an den nächsten Servicepoint, der in der Liste der geplanten Servicepunkte steht.

Für die Modellierung von Serviceflows und Servicepoints empfehlen Klischewski und Wetzel desweiteren auch den Einsatz eines Servicepoint Metamodells, welches dem UML Use Case Diagram angelehnt ist (siehe Abb. 10 aus [KWb]).

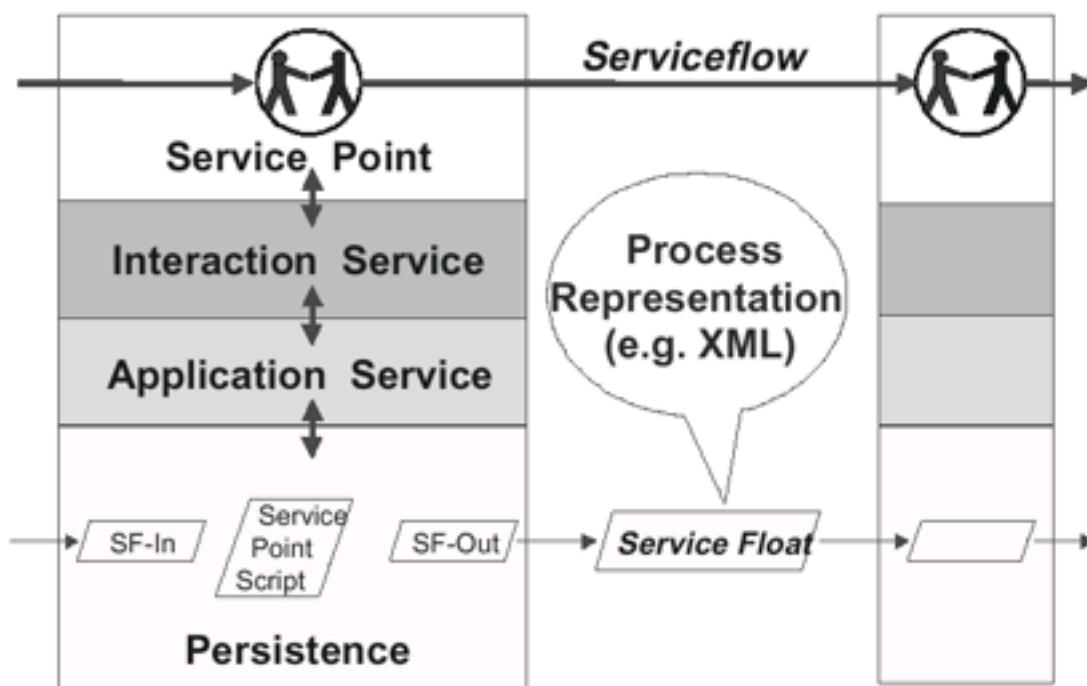


Abbildung 9: Zusammenspiel zwischen Servicefloats und Servicepoint-Scripts (aus [KWb])

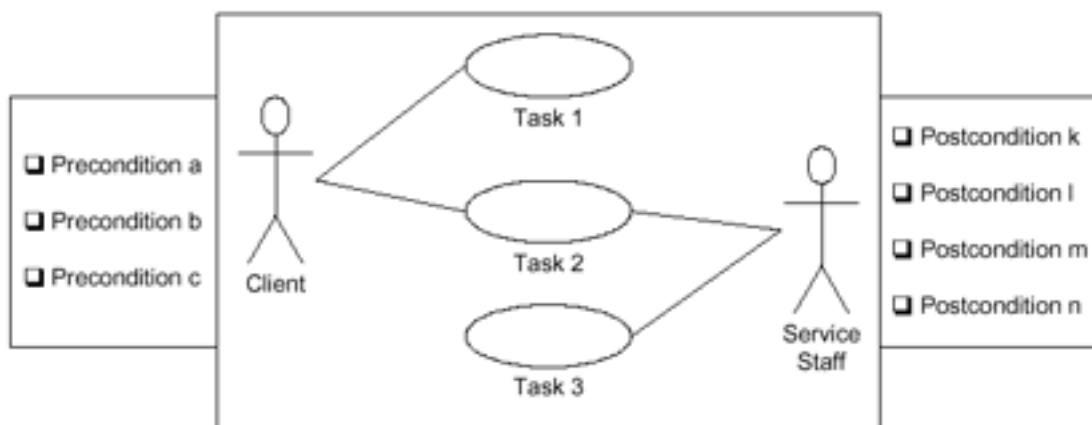


Abbildung 10: Ein Servicepoint Metamodell mit Akteuren und möglichen Aktivitäten, sowie Vor- und Nachbedingungen (aus [KWb])

Für weitergehende Erläuterungen bezüglich der Serviceflow-Metapher möchte ich auf die zahlreichen Veröffentlichungen aus der Arbeitsgruppe um Kli-

schewski und Wetzels hinweisen (vgl. z.B. [KWa], [KWb], [KW02]).

#### 4.1.2 methodischer Ansatz

Wie oben beschrieben ist ein besonderes Merkmal des Serviceflow-Management Konzepts, die besondere Berücksichtigung von Flexibilität und Dynamik von Arbeits- oder Geschäftsprozessen bei der Modellierung. Ausserdem spielt die Überwindung von System- oder Organisationsgrenzen eine wichtige Rolle im Serviceflow-Management Konzept.

Im Leitbild des vertragsbasierten Prozessmanagements steht die Idee im Zentrum, jede Workflowresource als einen Service zu binden und diese in einen sich entfaltenden Gesamtprozess zu integrieren.

Diese Gedanken werden aufgegriffen, mit dem Versuch den radiologischen Prozess mit dem Serviceflow-Management Konzept zu modellieren.

Für die Analogie-Bildung werden zuerst einmal explizite Annahmen gemacht.

- Die oben beschriebenen System- oder Organisationsgrenzen entsprechen in der Radiologie in etwa den Systemgrenzen der RIS, PACS und Modalitätssysteme, denn auch hier gibt es trotz Vernetzung noch viele Kommunikationsbarrieren und Informationsabbrüche, obwohl die benutzten Standards Informationsbrücken bilden sollen.
- Die einzelnen Arbeitsschritte in der Radiologie kann man auch als einzelne, relativ autonome Services oder Dienstleistungen sehen, wobei der gesamte radiologische Prozess wiederum als ein Service für den gesamten Behandlungsvorgang angesehen werden kann. Somit könnte jeder Arbeitsschritt einem Servicepoint entsprechen.

Zwei Beispiele sollen diese Analogie-Bildung erklären und veranschaulichen:

1. Für den Hauptzweck der Radiologie, Anfertigung eines Befundes, sind verschiedene Systeme oder Systembereiche in der Radiologie beteiligt. So werden z.B. am Modalitätssystem die Bilder erstellt, im PACS Bilder archiviert und im RIS der Befund abgespeichert und verteilt, d.h. zur Erzielung des Endresultates sind mehrere verschiedene Systeme involviert, die systemübergreifend untereinander Informationen austauschen müssen.

2. Der Arbeitsschritt Post Processing kann z.B. als eine Dienstleistung (Service) für den Gesamtprozess der Befunderstellung angesehen werden. Zwar ist der Post Processing Arbeitsschritt immer abhängig vom jeweiligen Anwendungsfall, aber ist dieser geklärt ist der Ablauf eines bestimmten Post Processing Arbeitsschrittes immer gleich und kann z.T. sogar autonom geschehen.

D.h. in Anlehnung an die Analogie Servicepoint könnte so ein Servicepoint-Script definiert werden mit klaren Angaben zu Vor- und Nachbedingungen und Aktionen, die im Servicepoint-Script stattfinden sollen.

Wie schon bei der allgemeinen Beschreibung des Anwendungsbereiches Radiologie erwähnt, kommt es zu einer massiven Komplexitätsverringerung durch Vorkonfigurationen und Standardisierungen von Arbeitsabläufen.

Diese Tatsache sollte unbedingt berücksichtigt werden, derart, dass z.B. bei der Erzeugung eines Servicefloats die geplanten Prozessschritte abgestimmt sind auf die gängige Arbeitsweise der zu unterstützenden Abteilung oder Personen.

D.h. z.B., dass in einer radiologischen Abteilung ohne PACS-System ein geplanter Prozessschritt 'Archivieren' keinen Sinn macht oder dass bei einer Herzuntersuchung immer ein bestimmtes Post Processing gemacht werden muss.

Diese benutzerspezifischen Vorkonfigurationen, Standardisierungen von Arbeitsprozessen und allgemeines Regelwerk muss innerhalb der Servicepoint-Scripts definiert sein.

Das Servicepoint-Script beinhaltet also das fachliche Wissen, mit denen es die Servicefloats je nach Prozesslage verändert. In verschiedenen Anwendungsfällen ist es auch nötig, dass das Servicepoint-Script Servicefloats erstellt, z.B. bei der Initialisierung eines Prozesses oder bei ungeplanten Arbeitsschritten. Dieses wird weiter unten näher erläutert.

Das verbindende Element zwischen den Servicepoints ist in Analogie das Servicefloat. Es enthält Informationen über die nächsten geplanten Arbeitsschritte, über die schon stattgefundenen Aktionen, über seinen Erzeuger, über seinen Erzeugungszeitpunkt, über kreierte Dokumente, etc.

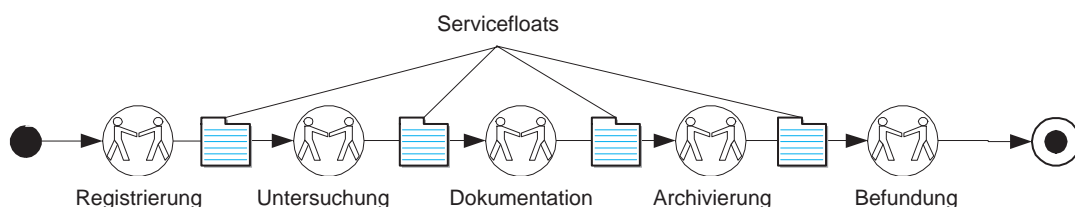
Am Ende eines gesamten Prozesses sollten im Servicefloat alle relevanten Informationen beinhaltet sein. So kann es auch zur Dokumentation herangezogen werden.

In den Servicefloats ist das Prozesswissen verankert, also die Information des geplanten Prozesspfades entlang der einzelnen Servicepoints sowie die



akkumulierende Historie des bisher gegangenen Weges. Die Historie ist dabei im Wesentlichen die Aneinanderreihung der Nachbedingungen der erfolgreich beschrittenen Servicepoints (also der Ergebnisse aus jedem Servicepoint).

Eine Untersuchung mit sequentieller Aneinanderreihung von einzelnen Arbeitsschritten, also Servicepoints, ist einfach abzubilden. In Abb. 11 ist solch ein einfacher Untersuchungsablauf an einer Modalität mit Servicepoints dargestellt. Jeder Teilschritt entspricht einem Servicepoint und jeder Servicepoint schickt das Servicefloat nach erfolgreicher Beendigung seines Services zum nächsten, im Servicefloat festgeschriebenen, Servicepoint weiter.

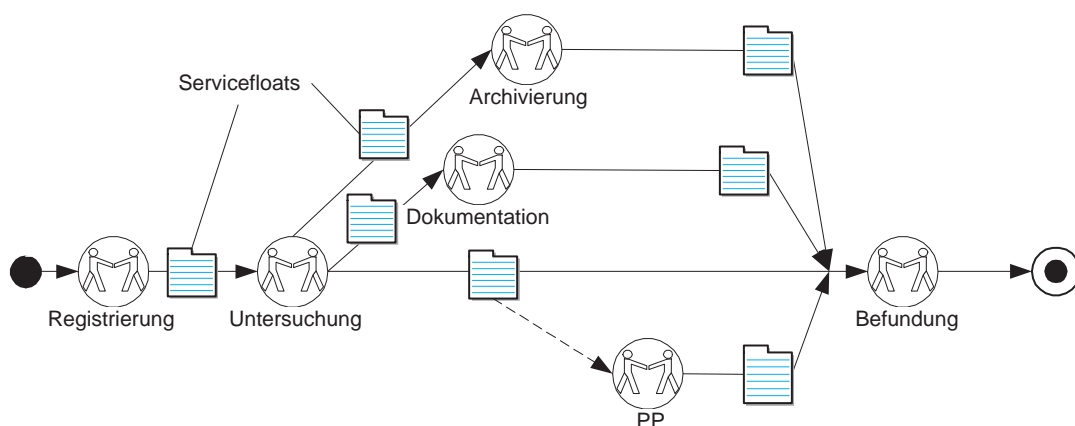


*Abbildung 11:* Einfacher sequentieller Serviceflow einer Untersuchung an einer Modalität. Immer wenn ein Service erfolgreich beendet ist, wird das Servicefloat an den nächsten Servicepoint geleitet.

Problematisch wird es erst mit der Parallelisierung von Arbeitsschritten sowie ungeplantem Auslassen und Hinzufügen von Arbeitsschritten. Abb. 12 zeigt parallele Arbeitsschritte abgeleitet von Abb. 11 sowie einen ungeplanten Arbeitsschritt, in diesem Fall ein Post Processing (PP).

Die Problematik von Auslassen und/oder Hinzufügen von Arbeitsschritten könnte mit einem regelbasierten System innerhalb der Servicepoint-Scripts lösbar sein. Die Idee dabei ist, dass ein vom Benutzer (vor)konfiguriertes Regelwerk festlegt, ob in gewissen Situationen ein Auslassen eines Arbeitsschrittes zulässig ist oder nicht. Z.B. sollte es nicht erlaubt sein einen bestimmten Post Processing Schritt auszulassen, wenn er für die Diagnosefindung essentiell ist (z.B. Rekonstruktion von spezifisch angulierten 2D-Schichten aus einem 3D-Datensatz für eine besondere klinische Fragestellung). Ebenso wird es immer einen Arbeitsschritt 'Befundung/Diktat' geben müssen, der nicht übersprungen werden darf.

Das Hinzufügen von Arbeitsschritten sollte das System immer unterstützen, da es häufig vorkommt, dass ungeplante Arbeitsschritte erledigt werden müssen.



*Abbildung 12:* In diesem Beispiel erkennt man die Gleichläufigkeit der Services 'Dokumentation' und 'Archivierung' während der Service 'Untersuchung' läuft. Desweiteren wird vor dem Service 'Befundung' ein nichtgeplanter Service 'Post Processing (PP)' eingefügt. Der gestrichelte Pfeil von dem Servicefloat zwischen 'Untersuchung' und 'Befundung' zu dem Service 'PP' deutet an, dass hier Informationen aus diesem Servicefloat benötigt werden, um das neue Servicefloat zwischen 'PP' und 'Befundung' zu kreieren.

Eine ständige Kontrolle auf Regelwerkkonformität ist aber zu gewährleisten, sowie (Warn-)Hinweise an den Benutzer, falls es zu Regelverstößen kommt (z.B. dringender Warnhinweis bei Durchführung einer Angiografie ohne Kenntnisstand der Blutgerinnung).

In allen Fällen muss geklärt sein, welcher Benutzer oder Benutzergruppe welche Aktionen durchführen darf.

Sowohl bei gleichläufigen Arbeitsschritten, als auch beim Hinzufügen von Arbeitsschritten, stellt sich das Problem, wie mit mehreren Servicefloats umgegangen wird.

Dafür gibt es grundsätzlich zwei mögliche Ansätze, einen zentralen und einen dezentralen Ansatz:

- Beim zentralen Ansatz gibt es nur ein Servicefloat, z.B. verwaltet von einem Servicefloat-Server, von dem jeder Servicepoint seine benötigten Informationen ausliest und anschließend seine Ergebnisse zurückschreibt.  
Z.B. parallel zur Bildaufnahme wird die Archivierung gestartet, dann

schreibt der Servicepoint 'Bildaufnahme' kontinuierlich in das Servicefloat die Ergebnisse dieser Aktion hinein, wobei gleichzeitig in einem anderen Teil des Servicefloats festgehalten wird welche Bilder schon archiviert wurden.

Dieses Vorgehen hat Analogien zu dem zentralen Architekturansatz von Serviceflow Management in dem Artikel [WK02] und gewisse Ähnlichkeiten mit dem Integrationsserver aus dem Artikel von Klischeski und Wetzl (vgl. [KW02]), der eine logische Klammer zwischen einzelnen autonomen 'Work-Units' darstellt.

- Beim dezentralen Ansatz kommt es zu einer Aufspaltung von Servicefloats bei parallelen und ungeplanten Aktionen also eine oder mehrere Kopien des Servicefloats, jeweils eine für jeden Pfad (siehe z.B. Abb. 12).

Diese Kopien müssen im Verlaufe des Gesamtprozesses wieder zusammengebracht und synchronisiert werden, wobei immer das Servicefloat vom Hauptprozesspfad die Masterrolle übernimmt und alle 'abgesplitteten' Servicefloats wieder einsammelt.

Voraussetzung für solch eine Vorgehensweise ist, dass eine klare Identifikation und Hierarchisierung der einzelnen Servicefloats gegeben ist. Hinzu kommt ein grösserer Kommunikations-Overhead, da für jeden nächsten Prozessschritt ausgehandelt werden muss, welcher der möglichen Servicepoints zum Zuge kommt. Dies könnte z.B. der Fall sein, wenn ein Post Processing Schritt von mehreren Arbeitsplätzen erledigt werden könnte.

Zurück zum obigen Beispiel bedeutet das in diesem Fall, dass es ein 'Master'-Servicefloat beim Servicepoint 'Bildaufnahme' gibt und ein Servicefloat beim Servicepoint 'Archivieren', das nach Beendigung des Archivierjobs wieder in das 'Master'-Servicefloat einfließt.

Bei diesem Ansatz verwaltet jeder Servicepoint sein eigenes Servicefloat autonom.

Eine zentrale Frage beim Modellierungsansatz ist der Umgang mit den Ausnahmefällen während eines Prozesses, d.h. die Fälle, die vom 'normalen' sequentiellen Ablauf abweichen.

Im weiteren wird auf die verschiedenen Ausnahmefälle eingegangen.

**4.1.2.1 Das Auslassen von Aktivitäten** Abb. 13 zeigt ein Beispiel für das Auslassen des Services 'PP'. Diese Aktion sollte begründet sein und darf natürlich nur von einem berechtigten Benutzer ausgeführt werden.

Die Repräsentation im Servicefloat sieht wie folgt aus: in der Liste der ge-

planten Services wird der Service 'PP' gestrichen und in der Historie wird ein Eintrag mit Begründung des Auslassens generiert. Diese Funktionalität muss von den Servicepoint-Scripts in den Servicepoints 'Bildaufnahme' und 'Befundung' bereit gestellt werden.

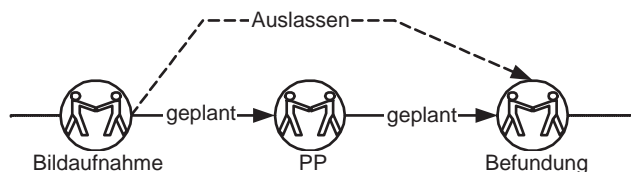


Abbildung 13: Ein Beispiel für das Überspringen von geplanten Services.

**4.1.2.2 Das ungeplante Hinzufügen von Aktivitäten** Abb. 14 zeigt ein Beispiel für das ungeplante Hinzufügen des Services 'PP' zwischen 'Bildaufnahme' und 'Befundung'. In diesem sehr häufig auftretenden Fall muss das Servicepoint-Script vom Servicepoint 'PP' ein neues 'Neben'-Servicefloat erzeugen (Annahme: dezentraler Ansatz). Dabei bekommt es eine eindeutige Signatur, damit es später mit dem 'Haupt'-Servicefloat synchronisiert werden kann.

Die Erzeugung eines Servicefloats kommt also nicht nur bei der Initialisierung eines Prozesses vor, sondern ebenso bei Beginn von ungeplanten Aktivitäten. Die Liste der noch zu erledigenden Services verändert sich nicht, lediglich in der Historie taucht die zusätzliche Aktivität auf (eventuell mit Begründung warum es getan wurde).

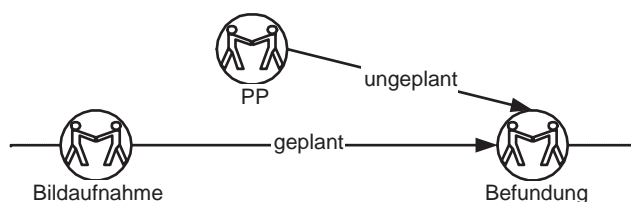


Abbildung 14: Hier ein Beispiel für ein Hinzufügen einer ungeplanten Aktivität, wie zusätzliche Bildnachverarbeitung.

**4.1.2.3 (ungeplantes) Wiederholen von Aktivitäten** Abb. 15 zeigt ein Beispiel für eine ungeplante Wiederholung einer Aktivität. Dieser Fall kann als Sonderfall eines 'ungeplanten Hinzufügens von Aktivitäten' gesehen werden.

Das Verhalten von Servicepoints und Servicefloats ist analog. Ein Unterschied kann im Synchronisationszeitpunkt bestehen, der vom jeweiligen Servicepoint-Script im Servicefloat verankert wird.

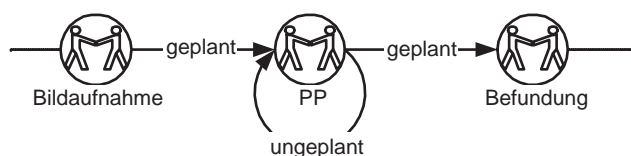


Abbildung 15: In diesem Beispiel wird eine Wiederholung des Services 'PP' gezeigt.

**4.1.2.4 Das Abbrechen von Aktivitäten mit Rücksprung** Abb. 16 zeigt Beispiele für einen ungeplanten Abbruch eines Prozesses mit definiertem Rücksprung. Ein Abbruch sollte mit Begründung geschehen und diese in der Historie des Servicefloats festgehalten werden. Die Liste der geplanten Aktivitäten wird im Servicefloat vom Servicepoint-Script spezifisch zum Abbruch angepasst. D.h. z.B. im ersten geschilderten Fall, dass der gesamte Prozess zurückgesetzt wird, weil die Laborwerte eine Untersuchung kontraindizieren.

Beim zweiten Fall zeigt sich während der Bildnachverarbeitung, dass noch zusätzliche Aufnahmen nötig sind, also wird der Service 'PP' abgebrochen und nur bis zum Service 'Bildaufnahme' zurückgesprungen.

**4.1.2.5 Pause und Restart von Aktivitäten** Abb. 17 zeigt ein Beispiel für eine Unterbrechung eines Prozesses mit späterer Wiederaufnahme. Dieser Fall bedarf keiner besonderen Behandlung, da jeder Servicepoint seine Services autonom verwaltet. Die mehreren Servicefloats beim dezentralen Ansatz oder das eine Servicefloat beim zentralen Ansatz beinhalten jederzeit das aktuelle Zustandswissen. Also sollte es bei einer Wiederaufnahme

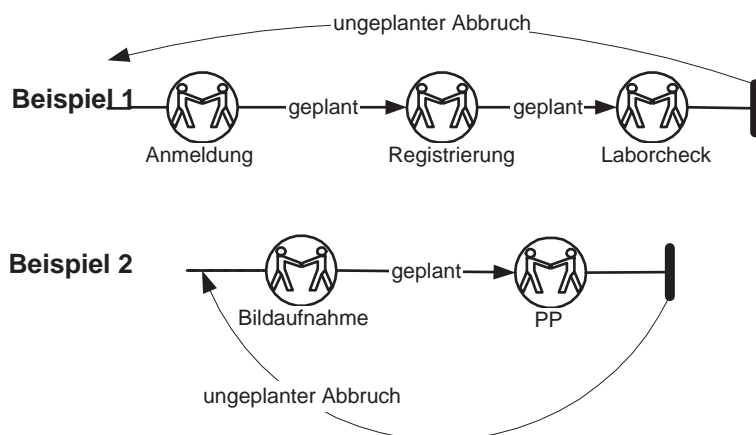


Abbildung 16: Darstellung von zwei unterschiedlichen Beispielen von Prozessabbrüchen mit unterschiedlichen Rücksprungadressen.

des Prozesses keine Informationslücken geben. Lediglich in der Historie wird Zeitpunkt und event. Grund des Unterbruchs festgehalten.

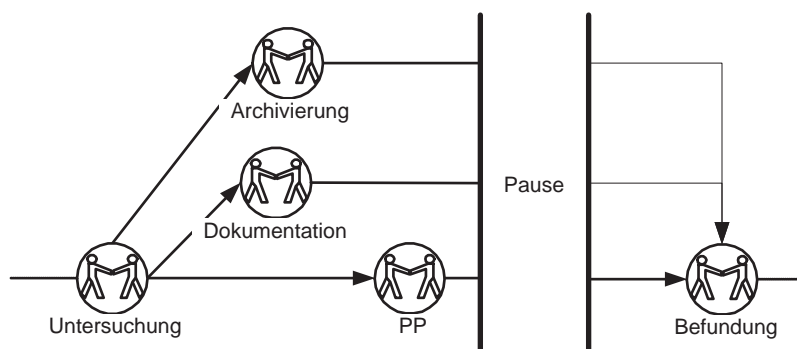


Abbildung 17: Hier wird eine Unterbrechung eines Prozesses mit späterer Wiederaufnahme gezeigt.

Zusammenfassend lässt sich feststellen, dass die Ausnahmebehandlung mit den obigen Modellierungsansätzen gut abzubilden ist. Neue 'Neben'-Servicefloats werden entweder zu Beginn von parallelen Aktivitäten oder beim Starten von ungeplanten Aktivitäten erzeugt. Die Parallelität ist durch Auswertung des aktuellen Status des Servicefloats zu erkennen.

Ungeplante Aktivitäten sind am fehlenden Eintrag in der Liste der abzuarbeitenden Aktivitäten zu erkennen.

### 4.1.3 Anwendung

Dem obigen theoretischen Ansatz folgt nun eine exemplarische Anwendung mit dem Anwendungsbeispiel 1 aus dem Kapitel 3.2.2. Das Anwendungsbeispiel 2 wird anschliessend nur in einer kurzen Übersicht dargestellt.

Zur Erinnerung sei das Anwendungsbeispiel 1 aus Kapitel 3 hier nochmals wiederholt:

*Ein Patient wird von einer internistischen Station geschickt zur Abklärung einer Nierenarterienstenose, die möglicherweise Ursache für seinen Bluthochdruck ist. Ausserdem soll eine Standard-Brustkorbaufnahme gemacht werden zur Beurteilung von Herz und Lunge des Patienten.*

*Die Anmeldung des Patienten ist am Tag zuvor über das KIS geschehen, wobei nur die Abklärung der Nierenarterienstenose angemeldet wurde und nicht die Brustkorbaufnahme.*

*Der Patient bringt nur den Anforderungsschein von seinem Stationsarzt mit. In dem Anforderungsschein sind keine weiteren klinischen Angaben zum Patienten enthalten, obwohl eine Labor-Aussage über seine Nierenfunktion durchaus entscheidend sein kann, ob und wie viel Röntgenkontrastmittel gegeben werden kann. Ebenso entscheidet der Blutgerinnungsstatus, ob eine Angiografie überhaupt durchgeführt werden darf.*

*Der Radiologie muss daher erst einmal bei der Station nachfragen, wie die Nierenfunktion des Patienten ist, um seine Untersuchung planen zu können. In der Zwischenzeit wird der Patient zur Brustkorbaufnahme geschickt. Dort muss der Patient erst manuell in das Röntgensystem eingegeben werden, da es versäumt wurde ihn digital per KIS anzumelden.*

*Die Brustkorbaufnahmen werden erstellt und der Patient in die Angiografie-Abteilung geschickt. Noch müssen alle warten, da die aktuellen Laborwerte bzgl. seiner Nierenfunktion noch nicht da sind. Erst als diese eintreffen und bewertet sind, wird beschlossen die Gefässdarstellung der Nierenarterien mit niedriger Kontrastmitteldosierung durchzuführen.*

*Bei der Untersuchung der Nierenarterien stellt sich heraus, dass neben den Nierenarterien selbst auch die Bauchaorta deutliche pathologische Veränderungen aufweist. So müssen noch zusätzliche Aufnahmen und weitere Bildnachverarbeitungsschritte getätigt werden, die so am Anfang der Untersuchung nicht geplant waren.*

*Am Ende schreibt der Radiologe einen vorläufigen Kurzbefund in das KIS,*

*damit die Stationsärzte sofort mit einer adäquaten Therapie des Patienten beginnen können. Die Bilder und der endgültige Befund werden am nächsten Tag zur Station gebracht.*

Exemplarisch werden zuerst zwei Servicepoint-Modelle gezeigt. Abb. 18 zeigt den Servicepoint 'Bildaufnahme' mit den zugehörigen Akteuren und den möglichen Aktivitäten, sowie den Vor- und Nachbedingungen. Abb. 19 zeigt analog den Servicepoint 'PP'.

Die dargestellten Aktivitäten können automatisch ausgeführt werden (Aktivitäten ohn eBezug zu Akteuren) oder benutzergetriggert sein, wobei nicht jeder Akteur alle Rechte besitzt.

Für jede Aktivität gilt, dass sie im Servicepoint-Script repräsentiert ist und daher spezifische Veränderungen am Servicefloat nach sich zieht. Z.B. wird ein Starten der Aktivität 'Dokumentation starten' ein neues 'Neben'-Servicefloat erzeugen, wenn noch eine andere Aktivität, z.B. die Bildaufnahme, noch läuft, ansonsten nicht.

In Abb. 20 folgt die Prozessübersicht des Beispiels mit den durchzulauenden Servicepoints.

Mod.1 steht für das Röntgengerät zur Brustkorbaufnahme und Mod.2 für das Angiografiegerät.

Man erkennt die parallel verlaufenden Aktivitäten an den nebeneinander liegenden horizontalen Pfaden, wobei die gestrichelten Pfeile bei 'Doku./Mod.1' und 'Archiv./Mod.1' symbolisieren sollen, dass diese Aktivitäten zu verschiedenen Zeitpunkten wieder zum Hauptpfad zurückkommen können.

Der Rückkehrpfeil am Servicepoint 'Bildaufn./Mod.2' visualisiert das Wiederholen von Bildaufnahmen, z.B. wegen Bewegungsartefakten. Der Servicepoint 'PP/Mod.2' fängt isoliert an, d.h. dass diese Aktivität ungeplant gestartet wird.

Schliesslich symbolisiert die gestrichelte Linie zwischen 'Bildaufn./Mod.1' und 'Registr./Mod.2', dass wichtige Prozessinformationen hier weitergegeben werden.

Im folgenden werden exemplarisch einige Veränderungen am Servicefloat gezeigt, die durch die Aktivitäten in den Servicepoints angestossen werden.

Abb. 21 zeigt den Initialzustand des Servicefloats nachdem im RIS die Röntgenuntersuchung des Brustkorbes angemeldet wurde. In der Liste geplanter Aktivitäten sind beide Untersuchungen aufgeführt.

Abb. 22 zeigt das 'Haupt'-Servicefloat nach einer Aufteilung im Service-



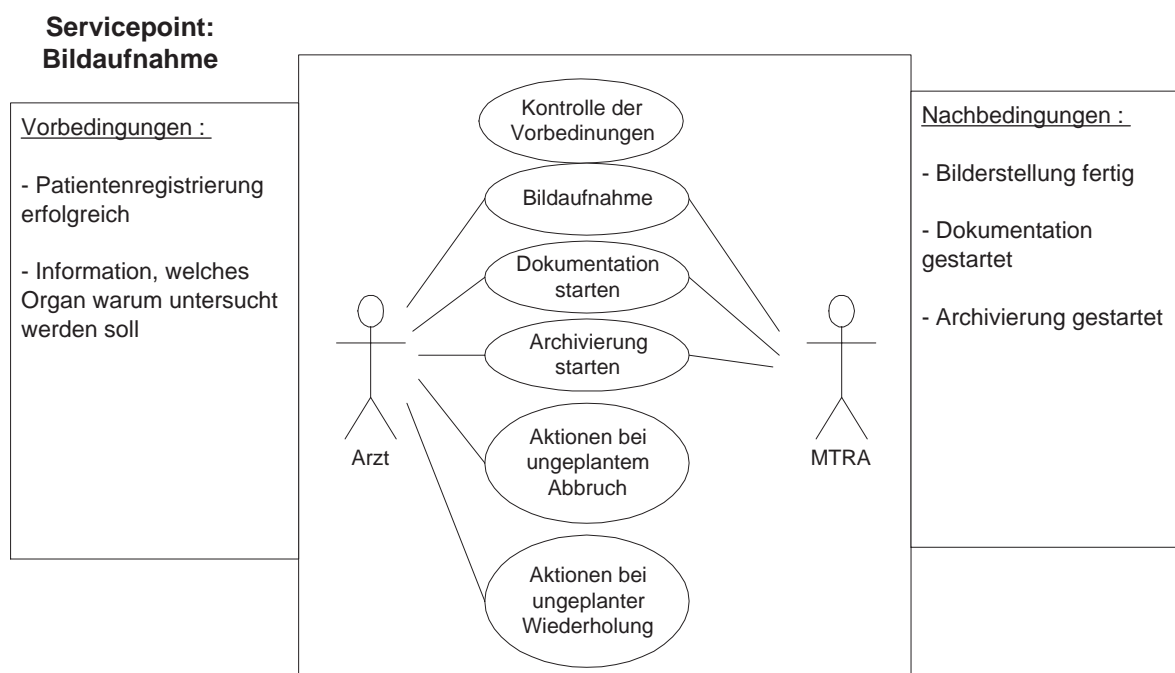


Abbildung 18: Der Servicepoint 'Bildaufnahme': Das Servicepoint-Modell zeigt die Akteure verknüpft mit möglichen Aktivitäten, die sie ausführen dürfen. Die Aktivitäten ohne Verbindung zu einem Akteur laufen automatisch ohne Benutzerinteraktion ab. Alle möglichen Aktivitäten sind im Servicepoint-Script verankert und führen zu verschiedenen Veränderungen des Servicefloats.

point 'Bildaufnahme'. Die Dokumentation wurde angestoßen durch einen Benutzer. Der Status zeigt an, dass es ein 'Neben'-Servicefloat gibt, der parallel läuft. In der Historie sind die vorherigen Aktivitäten aus dem Servicepoint 'Registrierung' enthalten. Die Liste geplanter Aktivitäten ist schon etwas geschrumpft. In der Dokumentenliste ist das erste aufgenommene Bild festgehalten.

In Abb. 23 ist das 'Haupt'-Servicefloat während der Aktivität Bildaufnahme an Modalität 2 dargestellt. In der Historie sind alle vorangegangenen Aktionen festgehalten. In der Dokumentenliste sind alle bisher aufgenommenen Bilder registriert. Der Status zeigt an, dass parallel noch Dokumentation und Archivierung an Modalität 2 laufen, also noch zwei 'Neben'-Servicefloats existieren. Die Liste geplanter Aktivitäten ist deutlich verkleinert und das Prozessende ist schon nah.

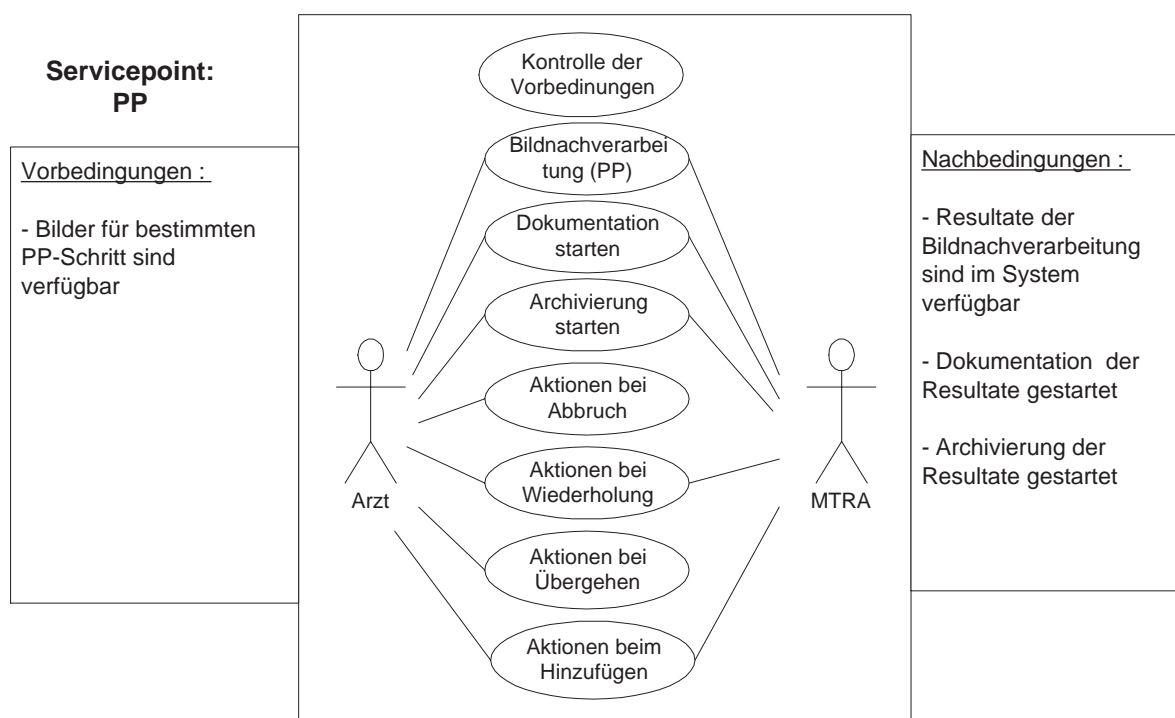


Abbildung 19: Der Servicepoint 'Bildnachverarbeitung (PP)'

Abb. 24 zeigt das neu erzeugte 'Neben'-Servicefloat durch den Servicepoint 'PP' beim Start einer ungeplanten Bildnachverarbeitung an Modalität 2. Die Einträge in der Historie und Dokumentenliste werden nach Beendigung dieser Aktivität mit den Einträgen im 'Haupt'-Servicefloat synchronisiert.

Diese exemplarischen Darstellungen der Servicefloats haben gezeigt, dass diese zu verschiedenen Zeitpunkten des Gesamtprozesses sehr unterschiedlich sein können.

Entscheidend für den Inhalt und Umfang der Veränderungen sind die Servicepoint-Scripts, die jede mögliche Aktivität innerhalb eines Servicepoints abdecken sollten.

In Abb. 25 ist die Prozessübersicht von Anwendungsbeispiel 2 dargestellt. Hier ist interessant, dass vom Servicepoint 'Korrektur' die Aktivitäten 'Dokumentation' und 'Archivierung' angestoßen werden, weil jetzt erst die relevanten Patientenstammdaten bekannt sind.

Das Laden der Voraufnahmen aus dem Archiv und die Bildnachverarbeitung sind hier ungeplante Aktivitäten. Die gestrichelte Linie zwischen dem Archi-

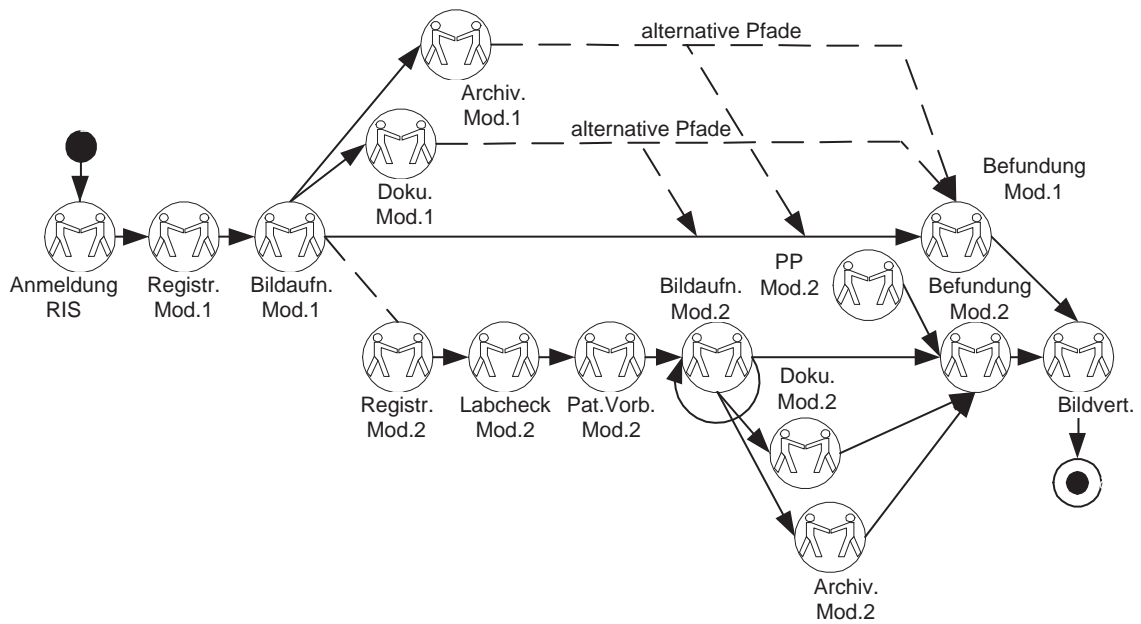


Abbildung 20: Übersicht des ersten Anwendungsbeispiels mit durchzulaufenden Servicepoints. Die Brustkorbaufnahme (Mod.1) wird vor der Angiografie (Mod.2) gemacht, obwohl die Angiografie zuerst ordentlich angemeldet wurde. Grund dafür ist das Fehlen von wichtigen Laboraten und die Regel, wenn möglich eine Brustkorbaufnahme immer vor einer Angiografie auszuführen.

vierungspfad und der Aktivität 'Lade Voraufnahmen' deutet an, dass hier eine Notifikation vom Archiv über Voraufnahmen stattfindet.

Historie	Dokumente / Daten	Prozess-Status	Liste gekannter Servicepoints und Aktivitäten	Nächste Aktivität
<ul style="list-style-type: none"> <li>- Erzeugt am ... von SP</li> <li>„Anmelden“</li> <li>- Pat. vom KIS zur Angiografie angemeldet</li> <li>- Pat. manuell zum Thorax angemeldet</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Servicefloat-Typ „haupt“</li> <li>- Pat. Stammdaten</li> <li>- Laborwerte für die Angiografie</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Prozess läuft</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Thorax</li> <li>- Registrierung</li> <li>- Bildaufnahme</li> <li>- Dokument.</li> <li>- Archivierung</li> <li>- Befundung Angiografie</li> <li>- Registrierung</li> <li>....</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Registrierung am Thoraxplatz</li> </ul>

Abbildung 21: Das Servicefloat nach Initialisierung durch den Servicepoint 'Anmeldung'

Historie	Dokumente / Daten	Prozess-Status	Liste gekannter Servicepoints und Aktivitäten	Nächste Aktivität
<ul style="list-style-type: none"> <li>....</li> <li>- Pat. wurde erfolgreich registriert</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Servicefloat-Typ „haupt“</li> <li>.....</li> <li>- Bild 1 Thorax aufgenommen</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Prozess läuft</li> <li>- Bildaufnahme /Mod.1 läuft</li> <li>- Dokumentation /Mod.1 läuft</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Thorax</li> <li>- Bildaufnahme</li> <li>- Dokument.</li> <li>- Archivierung</li> <li>- Befundung Angiografie</li> <li>- Registrierung</li> <li>....</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Bildaufnahme /Mod.1 beenden</li> </ul>

Abbildung 22: Das Servicefloat nach Aufspaltung in 'Haupt'- und 'Neben'-Servicefloat nach Start der Dokumentation beim Servicepoint 'Bildaufnahme/Mod.1'

## 4.2 Die UML-Methode

Nach einer kurzen Übersicht über die Unified Modeling Language (UML) wird exemplarisch das radiologische Anwendungsbeispiel 1 mit den von UML gegebenen Möglichkeiten modelliert.

Der Hauptgrund für die Wahl dieser Methode für den Vergleich mit der Serviceflow-Metapher war die weite Verbreitung von UML sowie die Ausdrucksmächtigkeit, mit der eine gute Prozessrepräsentation möglich sein soll.

Historie	Dokumente / Daten	Prozess-Status	Liste geplanter Servicepoints und Aktivitäten	Nächste Aktivität
.... - Bildaufnahme /Mod.1 beendet um ... - Pat.Registr. /Mod.2 beendet - Laborcheck OK - Pat. Vorber. OK	- Servicefloat-Typ ‚haupt‘ ..... - Bild 1 Thorax aufgenommen - Bild 2 Thorax aufgenommen - Bildserie 1 Angio aufgenommen. - Bildserie 2 Angio aufgenommen.	- Prozess läuft - Bildaufnahme /Mod.2 läuft - Dokumentation /Mod.2 läuft - Archivierung /Mod.2 läuft	Angiografie - Bildaufnahme - Dokumentation - Archivierung - Befundung Bildverteilung	Bildaufnahme /Mod.2 beenden

Abbildung 23: Das Servicefloat nach durchlaufener ersten Untersuchung und Aufspaltung in parallele Aktivitäten ‚Dokumentation‘ und ‚Archivierung‘ an Modalität 2.

Historie	Dokumente / Daten	Prozess-Status	Liste geplanter Servicepoints und Aktivitäten	Nächste Aktivität
- Erzeugt am .... von SP ‚PP‘/Mod.2	- Servicefloat-Typ ‚neben‘ - Pat. Stammdaten - Resultat 1 aus PP - Resultat 2 aus PP	- Hauptprozess läuft - Nebenprozess PP/Mod.2 läuft	- PP/Mod.2 - synchronisieren mit ‚Haupt‘-SF	PP/Mod.2 beenden

Abbildung 24: Ein neues ‚Neben‘-Servicefloat durch ungeplantes Starten einer Bildnachverarbeitung

#### 4.2.1 Übersicht

UML ist momentan die weitest verbreitete und angewandte Methode im Softwareentwicklungsprozess. Es wird vor allem angewandt für Spezifikation, Visualisierung, Entwurf der Architektur, Implementation, Simulation und Test und Dokumentation. Einer der Hauptgründe für den Erfolg von UML in den letzten Jahren ist begründet im objektorientierten Paradigma, in dem die Wahrnehmung der Welt als System von Objekten, die miteinander in Beziehung stehen und Nachrichten austauschen, angesehen wird.

Das objektorientierte Paradigma hat Eingang gefunden in Methoden und Notationen zur Beschreibung von Ausschnitten der realen Welt im Rah-

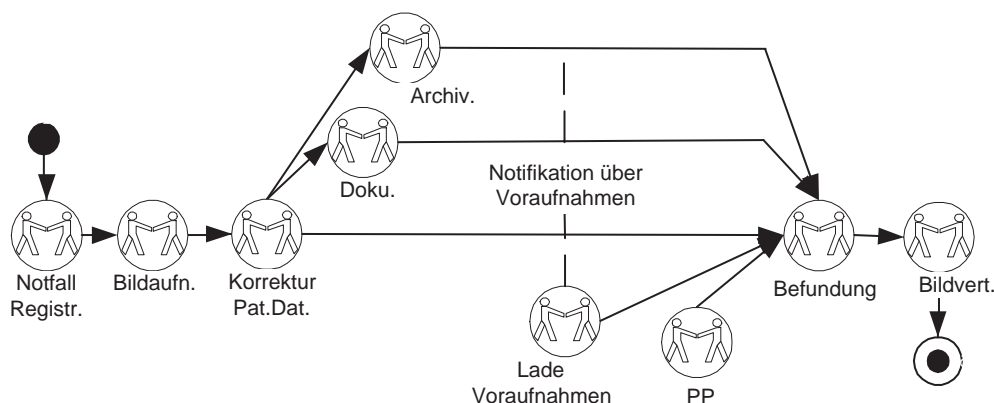


Abbildung 25: Prozessübersicht von Anwendungsbeispiel 2. Auch hier gibt es parallele Arbeitsflüsse und ungeplante Aktivitäten.

men ihrer Analyse, als auch zur Spezifikation von Softwaresystemen (z.B. [Boo94],[JCJv92]). Die drei Hauptprinzipien der Objektorientierung: Kapselung, Vererbung und Polymorphie, sind dabei wesentliche Eigenschaften, die es ermöglichen Vereinfachungen und Abstraktionen der realen Welt zu finden.

Ebenfalls geprägt hat das objektorientierte Paradigma die Entwicklung moderner Programmiersprachen (z.B. Smalltalk-80, Java, C++ oder nun auch C#) und objektorientierter Datenbanksysteme.

Aus der Vielzahl von Methoden und Beschreibungssprachen zur Modellierung von Objektsystemen hat sich UML als De-facto-Standard herausgebildet.

UML ist entstanden durch die Zusammenführung und Weiterentwicklung von drei objektorientierten Modellierungsmethoden: die Object Modeling Technique (OMT) von James Rumbaugh et al. (vgl. [RBP<sup>+</sup>91]), das Object-Oriented Software-Engineering (OOSE) von Ivar Jacobson et al. (vgl. [JCJv92]) und die Booch-Methode von Grady Booch (vgl. [Boo94]). Sie besteht aus einer Vielzahl von grafischen Notationen und Diagrammen zur Beschreibung unterschiedlicher Aspekte eines Objektsystems.

UML ist kein festgeschriebener Standard, es wird ständig weiterentwickelt. Derzeit ist man gerade dabei die Version 2.0 einzuführen. Aktuelle Informationen zum Standard finden sich unter [www.omg.org](http://www.omg.org), der Webseite der Object Management Group.

Ein Hauptziel von UML ist, die Kommunikation und Produktivität von Entwicklern im objektorientierten Umfeld zu ermöglichen und zu verbessern. Aber die Ausdrucksmächtigkeit von UML hat dazu geführt, dass sie ihre Wege in alle Bereiche der Software- und Systementwicklung gefunden hat. In der Software- und Systementwicklung wird UML vor allem zur Modellierung eingesetzt. Dafür stehen eine Vielzahl von Diagrammtypen zur Verfügung, die unterteilt werden können in:

- **Strukturdiagramme:** werden benutzt um die Bildung von Blöcken im System zu zeigen, also Eigenschaften, die sich im Laufe der Zeit nicht ändern und die statisch sind.
- **Verhaltensdiagramme:** werden benutzt um zu zeigen, wie das System auf Anforderungen reagiert und wie es sich im Laufe der Zeit entwickelt.
- **Interaktionsdiagramme:** werden benutzt um den Austausch von Nachrichten innerhalb einer Gruppe zusammenarbeitender Objekte darzustellen. Interaktionsdiagramme können auch als ein Untertyp der Verhaltensdiagramme angesehen werden.

Eine andere häufige Unterteilung der UML Diagramme ist diese hier:

- **Statische Diagramme:** zeigen die statischen Eigenschaften eines Systems, also die Dinge, die sich im Laufe der Zeit nicht ändern. Gleiche Bedeutung wie die oben erwähnten Strukturdiagramme.
- **Dynamische Diagramme:** zeigen wie sich das System im Laufe der Zeit verhält und verändert, darunter fallen auch die Zustands- und Timingdiagramme.
- **Funktionale Diagramme:** zeigen die Verhaltensdetails und Algorithmen wie das System das erwünschte Verhalten ausführt. Diese Kategorie umfasst Use Case-, Interaktions- und Aktivitätsdiagramme.

Im folgenden werden nur die für die vorliegende Arbeit relevanten Diagrammartentypen kurz erläutert. Diese sind :

- das Anwendungsfalldiagramm (Use Case diagram)
- das Aktivitätsdiagramm (Activity diagram)
- das Sequenzdiagramm (Sequence diagram)

**4.2.1.1 Anwendungsfalldiagramm (Use Case diagram)** Anwendungsfalldiagramme zeigen die Interaktionen zwischen Anwendungsfällen (use

cases) und Akteuren (actors) an. Anwendungsfälle stellen Systemfunktionalität dar, die Anforderungen das System aus der Perspektive des Benutzers. Akteure repräsentieren die Personen oder Systeme, die dem System Informationen liefern oder von diesem erhalten; sie gehören zu den Interessengruppen eines Systems. Anwendungsfalldiagramme zeigen deshalb, welche Akteure Anwendungsfälle einleiten; sie stellen ausserdem dar, dass ein Akteur Informationen aus einem Anwendungsfall heraus erhält. Insgesamt gesehen kann ein Anwendungsfalldiagramm die Anforderungen an ein System darstellen.

Aus der Betrachtung von Anwendungsfalldiagrammen kann eine Vielzahl an Informationen gewonnen werden. Dieses spezielle Diagramm zeigt die allgemeine Funktionalität des Systems. Als ein 'High-Level'-Modell kann es allen, die am System als Ganzes interessiert sind, vermitteln, was das System leisten soll.

**4.2.1.2 Aktivitätsdiagramm (Activity diagram)** Aktivitätsdiagramme erläutern den Ablauf der Funktionen innerhalb eines Systems. Sie können bei der Prozessmodellierung verwendet werden, Arbeitsabläufe (Workflows) darzustellen. Man kann sie ausserdem bei der Zusammenstellung von Anforderungen nutzen, um den Ablauf der Ereignisse bei einem Anwendungsfall zu erläutern. Diese Diagramme definieren, wo der Arbeitsablauf beginnt, wo er endet, welche Aktivitäten während des Arbeitsablaufs vorkommen, und in welcher Reihenfolge sie auftreten. Eine Aktivität ist dabei eine Verrichtung, die während des Arbeitsablaufs ausgeführt wird. Die Aktivitäten werden im Diagramm durch abgerundete Rechtecke dargestellt. Sie repräsentieren die einzelnen Arbeitsschritte, die beim Voranschreiten durch den Arbeitsablauf vorkommen. Objekte, die vom Arbeitsablauf betroffen sind, werden als einfache Rechtecke dargestellt, und einen Endzustand, der sein Ende repräsentiert. Fallunterscheidungen werden durch Rauten angezeigt.

Objektbewegungen zeigen den Objektfluss, also welche Objekte von einer Aktivität verwendet oder erstellt werden, und wie das Objekt seinen Zustand ändert, während es den Arbeitsablauf durchschreitet. Die Übergänge zwischen den Aktivitäten zeigen, wie eine Aktivität im Rahmen des Vorgangs zu einer anderen führt. An die Übergänge können Details hinzugefügt werden, z.B. die Umstände unter denen der Übergang auftritt oder auch nicht, sowie die Aktionen, die während des Übergangs stattfinden. Innerhalb des Aktivitätsdiagramms können auch Verantwortlichkeitsberei-



che oder Rollen visualisiert werden durch sogenannte vertikale 'swimlanes' oder 'Schwimmbahnen'. Dadurch können auch Kommunikationsverbindungen zwischen verschiedenen Rollen erkannt werden.

Aktivitätsdiagramme sind besonders bei grossen und komplexen Arbeitsabläufen eine leistungsfähige Hilfe zur Kommunikation.

**4.2.1.3 Sequenzdiagramm (Sequence diagram)** Sequenzdiagramme werden verwendet, um den Fluss der Funktionalitäten in einem Anwendungsfall darzustellen. Beteiligte Akteure werden am oberen Ende des Diagramms dargestellt. Die Objekte, die Das System benötigt, um einen Anwendungsfall abzuwickeln, werden ebenfalls am oberen Ende des Diagramms dargestellt. Jeder Pfeil stellt eine zwischen Akteur und Objekt oder Objekt und Objekt übermittelte Nachricht dar, die zur Ausführung der Funktionalität erforderlich ist.

Sequenzdiagramme dienen der Erläuterung des gesamten Bearbeitungsablaufs eines Anwendungsfalls, wobei die verschiedenen am Systementwicklungsprozess beteiligten Personengruppen, die für sie relevante Information 'herauslesen' kann.

Der Anwender schaut auf die Richtigkeit der Abfolge der Aktionen, der Analytiker mehr auf den Ablauf der Verarbeitung, der Entwickler wird sich für die Objekte interessieren, die er später implementieren muss und der Tester versucht anhand des Ablaufs seine Testfälle zu entwickeln.

Die bisherigen Erläuterungen zu UML decken natürlich nur einen ganz kleinen Teil der vielfältigen Möglichkeiten von UML ab. Für eine detaillierte Einführung und Übersicht verweise ich auf die unzähligen Veröffentlichungen zu diesem Thema (z.B. [Pet99], [HK99], [BB03]).

## 4.2.2 Anwendung

Abb. 26 zeigt ein exemplarisches Use Case Diagram von Anwendungsfall 'radiologische Untersuchung'.

Man erkennt die Akteure, die in viele verschiedene Aktivitäten eingebunden sind, sowie die Vor- und Nachbedingungen.

Dieses Diagramm gibt einen ersten groben Überblick über die Funktionalität, die ein System mitbringen muss, wenn es den realen Anforderungen gerecht werden will.

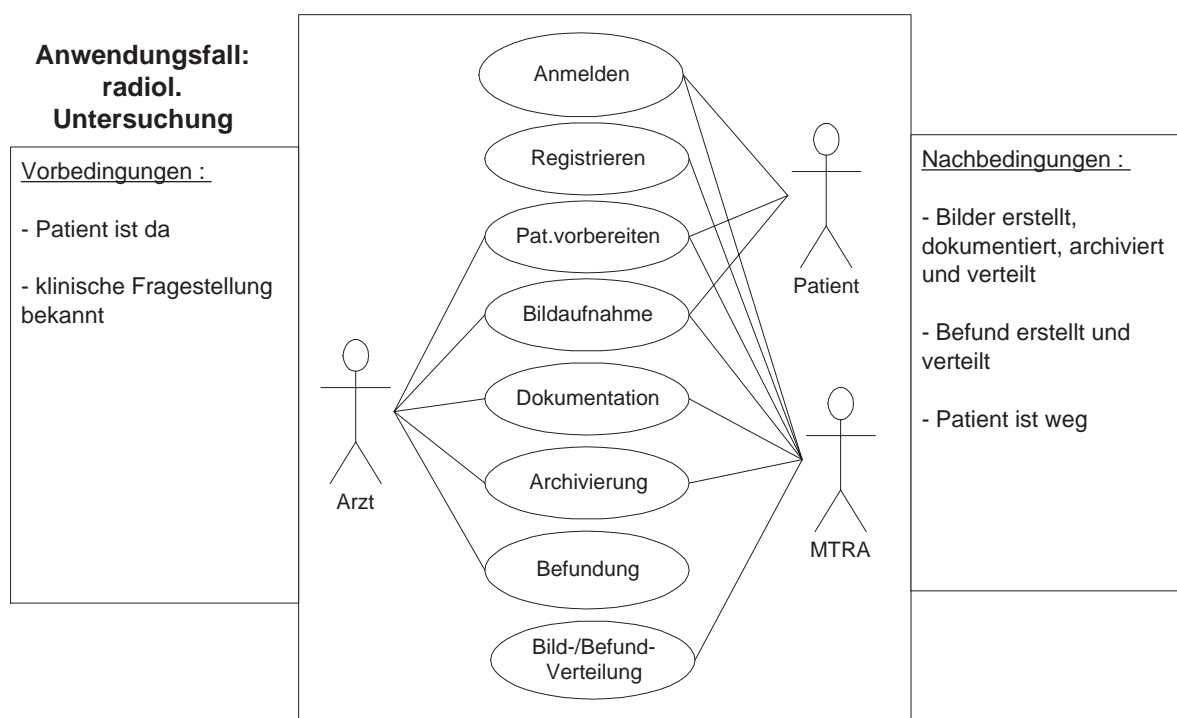


Abbildung 26: Use Case diagram vom Anwendungsfall 'radiologische Untersuchung'

Ein Problem stellt sich gleich zu Beginn, denn wie oben schon mehrfacherwähnt gibt es unzählige verschiedene Untersuchungsarten, die von diesem generellen Use Case Diagramm nicht abgebildet werden.

Eine 'Verfeinerung' des Use Case Diagramms geschieht mit einem Aktivitätsdiagramm, wobei hier zur Veranschaulichung der Gesamtprozess aus dem Anwendungsbeispiel 1 genommen wird.

Die Abb. 27 zeigt die Aktivitäten und Objekte sowie die Parallelität von Aktivitäten.

Die Aktivität 'PP', die im Anwendungsbeispiel 1 ungeplant war, kann nur über eine Abfrage, ob ein Post Processing-Schritt gemacht werden soll, in das Aktivitätsdiagramm eingebunden werden. Ein 'einfaches' Einfügen von ungeplanten Aktivitäten ist nicht zulässig.

Abb. 28 zeigt einen Teilausschnitt mit zwei mögliche Ausprägungen von parallelen Aktionen. Diese sind generisch durch ein Aktivitätsdiagramm nicht zu modellieren.

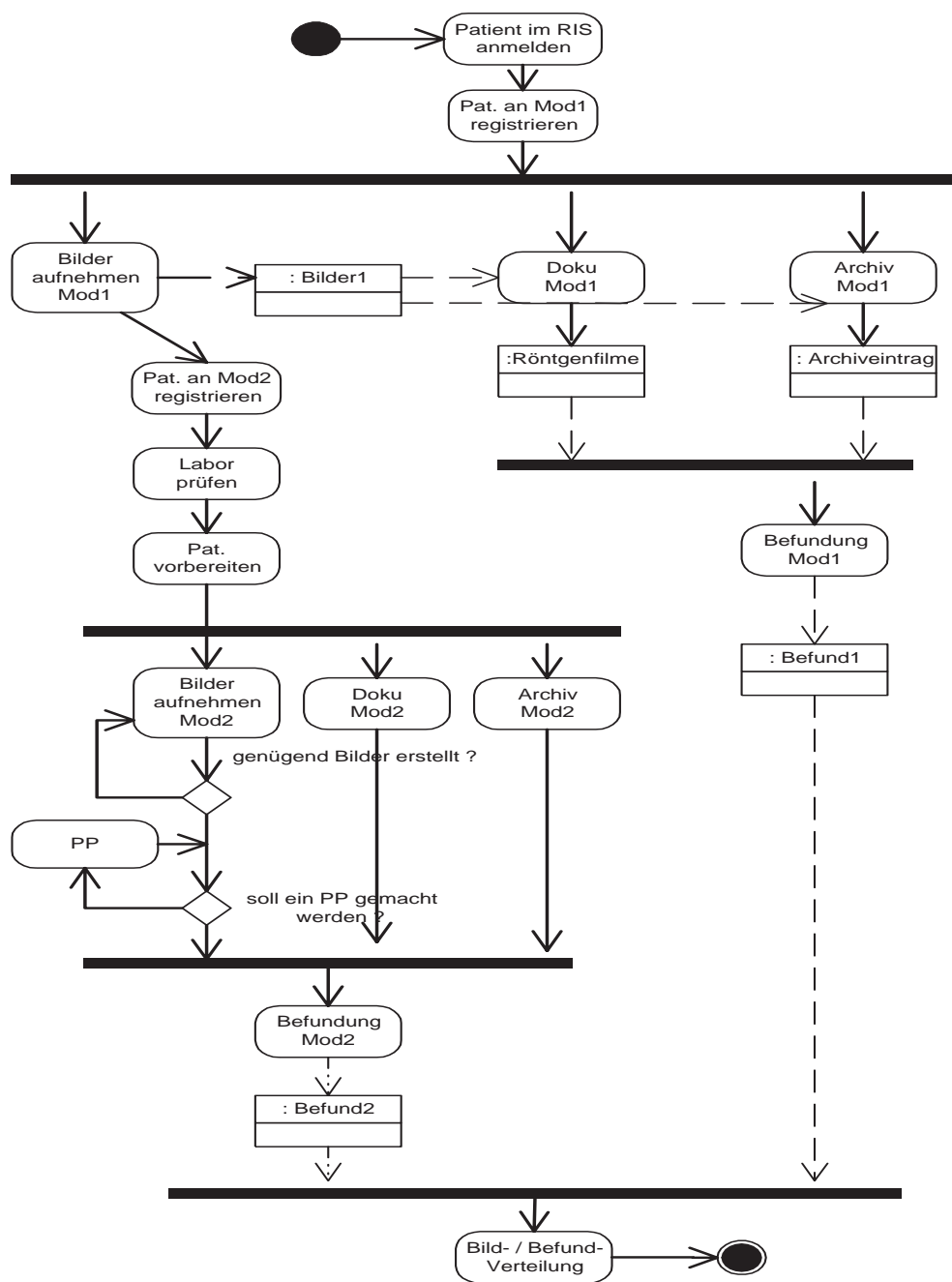


Abbildung 27: Aktivitätsdiagramm des Anwendungsbeispiels 1

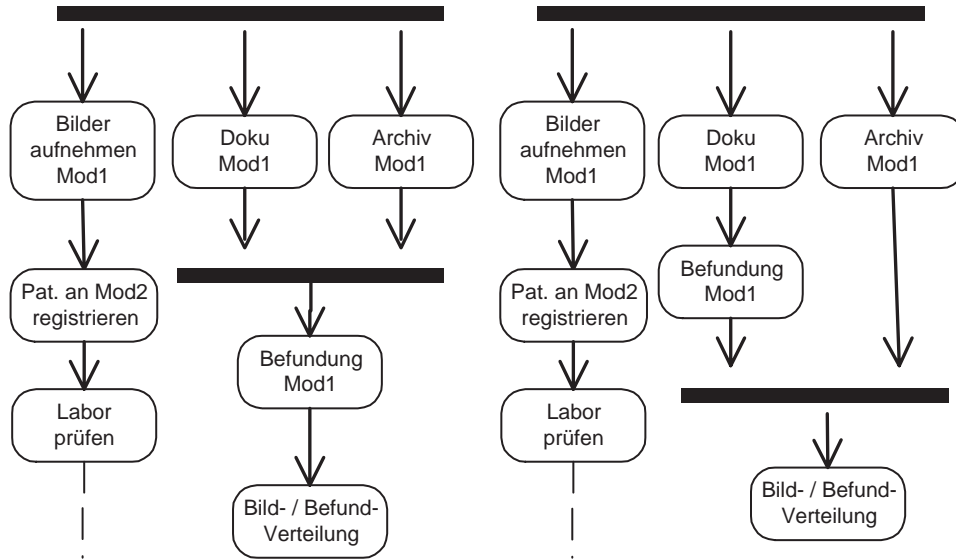


Abbildung 28: Teilausschnitt des Aktivitätsdiagramms von Anwendungsbeispiels 1 mit zwei möglichen Ausprägungen von parallelen Aktivitäten.

## 5 Diskussion und Zusammenfassung

Die Modellierungsbeispiele im vorherigen Kapitel mit Servicepoints, Servicepoint-Scripts und Servicefloats haben gezeigt, dass es möglich ist Arbeitsprozesse darzustellen, die von einem vordefinierten Standardprozess abweichen.

Die wichtigsten Ausnahmebehandlungen wie Abbruch, Wiederaufsetzen, Hinzufügen und Wiederholen von Arbeitsschritten, die meist ungeplant geschehen können, konnten mit der Serviceflow-Metapher relativ einfach modelliert werden.

Dabei müssen nicht alle Eventualitäten aller möglichen Prozesse im voraus bekannt sein und spezifiziert werden. Durch den Ansatz eines dezentralen Regelwerkes, das in jedem Servicepoint, also in dem jeweiligen Servicepoint-Script, zu finden ist, kann die Gesamtkomplexität deutlich verringert werden.

Im Gegensatz dazu hat die Modellierung mit UML gerade bei den Ausnahmebehandlungen Probleme, eine generische Lösung anzubieten. Solange ein Prozess oder eine Prozessvariante gut beschrieben ist, kann dieser mit UML gut modelliert werden, aber für ungeplante Prozessschritte bietet UML keinen wirklich guten Ansatz.

Auch das nicht explizit angewandte Sequenzdiagramm bietet keine Möglichkeiten, Parallelität und Flexibilität im gewünschten Masse darzustellen.

Bei der Modellierung mit UML hat man vor allem das Problem, dass man für eine umfassende Modellierung alle Eventualitäten berücksichtigen müsste, was aber für die Anwendungsdomäne Radiologie kaum zu schaffen ist.

Im Vergleich zu den im Kapitel 3 erwähnten Modellierungstechniken lässt sich festhalten, dass die Petrinetz-basierten Modellierungsmethoden klare Stärken bei Simulation und Validierung zeigen, wohingegen die Visualisierung von ad hoc Entscheidungen seitens der Benutzer nur sehr schwer mit Petrinetzen abzubilden sind.

Darüberhinaus findet sich keine Methode, die es erlaubt, noch nicht vorher spezifizierte oder durchgespielte Prozessvarianten zu modellieren.

Genau hier scheint eine der grossen Stärken von Serviceflow Modellierung zu liegen, die Kooperation und Koordination auch dann zu gewährleisten. Daher könnte der Serviceflowansatz gerade im medizinischen Umfeld helfen, komplexe, in viele Teilschritte unterteilte Prozesse zu modellieren.

In dieser Arbeit ist wenig gesagt worden bezüglich der Prozesslogik, die ja vor allem in den Servicepoint-Scripten verankert ist. Hier sind sicher noch einige Probleme zu erwarten. Ebenso ist die Frage ungeklärt, wie grundsätz-

lich mit Aktivitäten umzugehen ist, deren Ende nicht vorher absehbar ist, z.B. ist es sehr schwer eine Aussage zu machen, wann der Dokumentationsprozess nach einer Bildaufnahme beendet ist, da letztendlich keine Instanz dies genau vorhersagen kann.

UI-Konzepte und Auswirkungen auf das Design und Architektur durch die Serviceflow-Metapher waren kein Thema für diese Arbeit, aber in dem erwähnten Universitätsprojekt wurde gezeigt, dass eine Modellierung mit der Serviceflow-Metapher deutlichen Einfluss auf die Implementation hat, z.B. Benutzung der Servicefloat und Servicepoint-Script Metapher (vgl. [KWb]).

## 5.1 Ausblick

Die Wertigkeit des Modellierungsansatzes mit der Serviceflow-Metapher bezüglich Einsatz in einem WfMS muss sicher noch tiefergehend untersucht werden, aber insgesamt scheint es eine vielversprechende Alternative zu den gebräuchlichen Modellierungsmethoden wie UML zu sein, vor allem, wenn es um Flexibilität von Arbeitsprozessen in grösseren Organisationsstrukturen geht.

Die fehlende Eigenschaft der Simulation oder Validierung von erstellten Modellen könnte durch Einsatz entsprechend angepasster Werkzeuge ermöglicht werden. Erste Ansätze dazu gibt es z.B. in Zusammenarbeit mit der Firma BOC in Berlin und ihrem Modellierungswerkzeug 'Adonis'.

Die Serviceflow-Metapher hat neue Sichtweisen auf die Arbeitsprozesse in der Radiologie aufgezeigt. Die bisherigen Modellansätze aus dem DICOM Standard und von der IHE-Initiative, die gerade bei flexiblen und parallelen Arbeitsprozessen Probleme zeigen, könnten damit neu bewertet werden. Unter Umständen ist eine Erweiterung mit dem Serviceflow Modellierungsansatz möglich.

Gerade im medizinischen Umfeld, wo der Ruf nach Prozessoptimierung grösser wird, könnte die Serviceflow-Metapher helfen bessere Informationssysteme zu entwickeln, die dem Kunden einen wirklichen Mehrwert bringen. Die bisher angewendeten WfMS im klinischen Umfeld sind im allgemeinen noch zu unflexibel.

Die Themenkomplexe Datensicherheit, Ausfallsicherheit, Fehlertoleranz und Datenschutz sollten auf jeden Fall im Zusammenhang mit der Serviceflow-Metapher noch näher untersucht werden, falls es zu einer Anwendungsent-

wicklung im medizinischen Umfeld kommen sollte.

Abschliessend lässt sich sagen, dass mit der Serviceflow-Metapher eine neue Möglichkeit zur Verfügung steht, flexible, effiziente und parallele Abläufe zu modellieren und daraus auch Design und Architekturideen zur Umsetzung abzuleiten.

## Literatur

- [ADE02] *ADEPT - Next Generation Workflow Management System*. [www.informatik.uni-ulm.de/dbis/f&l/forschung/workflow/ftext-adept\\_e.html](http://www.informatik.uni-ulm.de/dbis/f&l/forschung/workflow/ftext-adept_e.html), 2002.
- [AHV02] AALST, VAN DER W., A. HIRNSCHALL und H. VERBEEK: *An Alternative Way to Analyze Workflow Graphs*. In: PIDDUCK, BANKS, ÖZSU, MYLOPOULOS und WOO (Herausgeber): *Conference on Advanced Information Systems (CAiSE) 2002*, Band 2348 der Reihe *Lecture Notes in Computer Science*, Seiten 535–552. Springer, Berlin, 2002.
- [BB03] BOGGS, W. und M. BOGGS: *UML mit Rational Rose*. mitp, 2003.
- [BBD<sup>+</sup>97] BERGMANN, BOTT, DRESING, PRETSCHNER und STÜRMER: *Analyse einer unfallchirurgischen Abteilung hinsichtlich möglicher Optimierungspotentiale durch den Einsatz eines EDV-Systems*. In: MUCHE, BÜCHELE, HARDER und GAUS (Herausgeber): *Medizinische Informatik, Biometrie und Epidemiologie GMDS '97; 42. Jahrestagung der GMDS in Ulm, September 1997*, Seiten 159–164. MMV Medien & Medizin Verlag, München, 1997.
- [BHH03] BITTNER, R.C., K. HAZIM und K. HELMIG: *CT, EBT, MRT und Angiographie: Radiologische Untersuchungstechnik für MT-AR und Ärzte*. Urban & Fischer Verlag, München und Jena, 2003.
- [Boo94] BOOCH, G.: *Object Oriented Analysis and Design with Applications*. Redwood City, California: Cummings Publishing Comp. Inc., 1994.
- [Bot01] BOTT, O.J.: *Zur Architektur Vorgangunterstützender Informationssysteme im Krankenhaus*. Doktorarbeit, TU Braunschweig, 2001.
- [BPT96] BOTT, O.J., O.-S. PENDER und A. TERSTAPPEN: *MOSAIK-M: Ein Ansatz zur Modellierung, Simulation und Animation von Informations- und Kommunikationssystemen in der Medizin*. In: *Medizin-Informatik, Hildesheimer Informatikberichte*, Nummer 7, Seiten 27–35. 1996.



- [Br96] *Brockhaus Enzyklopädie*, Band 16 der Reihe 20. Auflage. F.A. Brockhaus, Mannheim, 1996.
- [Das91] DASGUPTA, S.: *Design Theory and Computer Science*. Cambridge University Press, 1991.
- [DI03] *The DICOM Standard*. <http://medical.nema.org/dicom/2003.html>, 2003.
- [DKR95] DADAM, KUHN und REICHERT: *ADEPT: An Integrated Approach for the Development of Flexible, Reliable, Cooperative Systems in Clinical Application Environments*. In: *GI-Jahrestagung (GISI 95)*, Seiten 677–686, Zürich, 1995.
- [DRK97] DADAM, P., M. REICHERT und K. KUHN: *Clinical Workflow - The Killer Application for Process-oriented Information Systems ?* Ulmer Informatik-Berichte 97-16, Universität Ulm, Fakultät für Informatik, 1997.
- [Dud01] *Informatik Duden*. 3. Auflage. Duden-Verlag, 2001.
- [GPW00] *Supplement 52: General Purpose Worklist*. <http://www.dclunie.com/dicom-status/status.html>, 2000.
- [HK99] HITZ, MARTIN und GERTI KAPPEL: *UML @ work, von der Analyse zur Realisierung*. dpunkt Verlag, 1999.
- [IHE03] *The IHE-Initiative*. <http://www.rsna.com/IHE/index.shtml>, 2003.
- [Jab95] JABLONSKI, STEFAN: *Workflow-Management-Systeme: Motivation, Modellierung, Architektur*. Informatik Spektrum, 18:13–24, 1995.
- [JBS97] JABLONSKI, BÖHM und SCHULZE (Herausgeber): *Workflow-Management, Entwicklung von Anwendungen und Systemen*. dpunkt Verlag, 1997.
- [JCJv92] JACOBSON, I., M. CHRISTERSON, P. JONSSON und G. ÖVERGAARD: *Object-Oriented Software-Engineering. A Use-Case driven Approach*. Addison Wesley, 1992.
- [Kim02] KIM, S.: *GPWL-General Purpose Worklist; Global Product Concept Specification*, 2002. This specification is owned by Siemens Medical Solutions. For further questions please contact the author: [sang-il.kim@siemens.com](mailto:sang-il.kim@siemens.com).

- [KK96] KUBE, TH. und K. KUHN: *Terminplanung und Ablaufsteuerung, Software zur Ressourcenplanung - Chancen, Entwicklungen, Erfahrungen* -. In: HAAS, KÖHLER, KUHN, PIETRZYK und PROKOSCH (Herausgeber): *Praxis der Informationsverarbeitung im Krankenhaus*, Seiten 95–100. ecomed, 1996. Beiträge zur Tagung der GMDS-Arbeitsgruppe Krankenhaus-Informationssysteme am 2. und 3. Mai 1996, Göttingen.
- [KP96] KUHN, K. und H.U. PROKOSCH: *Herausforderungen für die Informationsverarbeitung im Krankenhaus*. In: HAAS, KÖHLER, KUHN, PIETRZYK und PROKOSCH (Herausgeber): *Praxis der Informationsverarbeitung im Krankenhaus*, Seiten 53–58. ecomed, 1996. Beiträge zur Tagung der GMDS-Arbeitsgruppe Krankenhaus-Informationssysteme am 2. und 3. Mai 1996, Göttingen.
- [Kun89] KUNG, C.H.: : *Conceptual Modeling in the Context of Software Development*. In: *IEEE Trans Software Eng*, Nummer SE-15, Seiten 1176–1187. 1989.
- [KWa] KLISCHEWSKI, R. und I. WETZEL: *Modeling Serviceflow*. In: *Information Systems Technology and its Applications. Proceedings ISTA 2001*.
- [KWb] KLISCHEWSKI, R. und I. WETZEL: *Serviceflow Management: Caring for the Citizen's Concern in Designing E-Government Transaction Process*. In: *Proceedings of the 35th Hawaii International Conference on System Sciences - 2002*.
- [KW00] KLISCHEWSKI, RALF und INGRID WETZEL: *Serviceflow Management*. Informatik Spektrum, Band 23(Heft 1), Februar 2000.
- [KW02] KLISCHEWSKI, R. und I. WETZEL: *Vertragsbasiertes Prozessmanagement als Leitbild für die organisationsübergreifende Workflowunterstützung*. In: *Prozessorientierte Methode und Werkzeuge für die Entwicklung von Informationssystemen; Proceedings PROMISE 2002*, Gesellschaft für Informatik, Lecture Notes in Informatics, Seiten 81–93. Bonn, 2002.
- [LL00] LAUTERBACH, KARL und MARKUS LÄNGEN: *Krankenhäuser : Neues Entgeltsystem nach US-Muster*. Deutsches Ärzteblatt, Heft 8:A 444 ff., Jahr 2000.

- [LM78] LOCKEMANN, P.C. und H.C. MAYR: *Rechnergestützte Informationssysteme*. Springer, Berlin, Heidelberg, New York, 1978.
- [MB91] MCCARTHY, J.C. und W.M. BLUESTEIN: : *The Computing Strategy Report*. Technischer Bericht, Workflow's Progress Forrester Research Inc., Cambridge, 1991.
- [MC91] MALONE, T.W. und K. CROWSTON: *Toward an Interdisciplinary Theory of Coordination*. CCS TR 120, Center for Coordination Science, Sloan School of Management, MIT, Cambridge, 1991.
- [ME02] MÖLLER, T.B. und REIF EMIL: *Rezeptbuch radiologischer Verfahren*. Springer Verlag, 2002.
- [Obe91] OBERQUELLE, H.: : *Kooperative Arbeit und menschengerechte Groupware als Herausforderung für die Software-Ergonomie*. In: OBERQUELLE, HORST (Herausgeber): *Kooperative Arbeit und Computerunterstützung - Stand und Perspektiven*. Verlag für angewandte Psychologie, Göttingen, Stuttgart, 1991.
- [Obe96] OBERWEIS, A.: *Modellierung und Ausführung von Workflows mit Petri-Netzen*. Teubner Verlagsgesellschaft, Leipzig, 1996.
- [Pen98] PENGINE, O.-S.: *Entwicklung und Anwendung einer werkzeuggestützten Methode zur Gestaltung von Prozessen und vorgangsorientierten Informations-Systemen im Krankenhaus*. Doktorarbeit, Institut für Medizinische Informatik, Universität Hildesheim, 1998.
- [Pet99] PETERS, RALF: *Business Objects, Workflow und die UML*. OBJEKTSpektrum, 3:S. 69–73, 1999.
- [Qui99] QUINN, J.: *An HL7 overview*. Journal of Ahima, 70(7):32-4, 1999.
- [RBF02] REICHERT, BAUER, FRIES und DADAM: *Modellierung planbarer Abweichungen in Workflow-Management-Systemen*. In: GLINZ und MÜLLER-LUSCHNAT (Herausgeber): *Modellierung 2002, Arbeitstagung der GI, Tutzing*, Band P-12 der Reihe *GI-Edition Lecture Notes in Informatics*, Seiten 183–194, 2002.
- [RBP<sup>+</sup>91] RUMBAUGH, J., M. BLAHA, W. PREMERLANI, F. EDDY und W. LORENSON: *Object Oriented Modelling and Design*. Prentice Hall, Englewood Cliffs, New Jersey, 1991.

- [RD98] REICHERT, M. und P. DADAM: *Towards Process-oriented Hospital Information Systems: Some Insights into Requirements, Technical Challenges and Possible Solutions*. In: GREISER und WISCHNEWSKY (Herausgeber): *Medizinische Informatik, Biometrie und Epidemiologie GMDS '98; 43. Jahrestagung der GMDS in Bremen.*, Seiten 175–180. MMV Medien & Medizin Verlag, 1998.
- [Rei00a] REICHERT, M.: *Dynamische Ablaufänderungen in Workflow-Management-Systemen*. Doktorarbeit, Universität Ulm, Mai 2000.
- [Rei00b] REICHERT, M.: *Prozessmanagement im Krankenhaus - Nutzen, Anforderungen und Visionen*. *Das Krankenhaus*, 92(11):903–909, November 2000.
- [SBD+98] SCHÄFER, BOTT, DRESING, PRETSCHNER und STÜRMER: *Anforderungen an WfMS zur Unterstützung klinischer Abläufe, Erfahrungen aus einem Projekt zur Spezifikation eines rechnergestützten Informationssystems für unfallchirurgische Abteilungen*. In: GREISER und WISCHNEWSKY (Herausgeber): *Medizinische Informatik, Biometrie und Epidemiologie GMDS '98; 43. Jahrestagung der GMDS in Bremen.*, Seiten 162–167. MMV Medien & Medizin Verlag, 1998.
- [Sch98] SCHÄFER: *Anforderungen an Workflow-Management-Systeme zur Unterstützung klinischer Abläufe*. In: GREISER und WISCHNEWSKY (Herausgeber): *Medizinische Informatik, Biometrie und Epidemiologie GMDS 1998*, Seiten 162–167. MMV Medien & Medizin Verlag 1998, 1998. 43. Jahrestagung der GMDS in Bremen, September 1998.
- [SCZ96] SCHEER, A.-W., R. CHEN und V. ZIMMERMANN: *Geschäftsprozesse und integrierte Informationssysteme im Krankenhaus*. Technischer Bericht Heft 130, Institut für Wirtschaftsinformatik, Universität des Saarlandes, Saarbrücken, 1996.
- [SSU01] SCHWABE, G., N. STREITZ und R. UNLAND (Herausgeber): *CSCW-Kompodium; Lehr- und Handbuch zum computerunterstützten kooperativen Arbeiten*. Springer, 2001.
- [VBA01] VEERBEK, H., J. BASTEN und VAN DER W. AALST: *Diagnosing Workflow Processes using Woflan*. *The Computer Journal*, 44(4):246–279, 2001.

- [VdA99] AALST, W.M.P. VAN DER: *Generic Workflow Models: How to Handle Dynamic Change and Capture Management Information ?* In: COOPERATIVE INFORMATION SYSTEMS, INTERNATIONAL CONFERENCE ON (Herausgeber): *Proceedings*, Edinburgh, 1999.
- [VW92] VEEN, VAN E.A. und J.C. WORTMANN: *Generative bill of material processing systems*. *Production Planning and Control*, 3(3):314–326, 1992.
- [WFM03] *The Workflow Management Coalition*. [www.wfmc.org](http://www.wfmc.org), 2003.
- [WK02] WETZEL, I. und R. KLISCHEWSKI: *Serviceflow Beyond Workflow ? Concepts and Architectures for Supporting Inter-Organizational Service Processes*. In: *Advanced Information Systems Engineering. Proceedings 14th CAiSE 2002*, Seiten 500–515. Springer Lecture Notes in Computer Science, Berlin, 2002.

## Danksagung

Zuerst möchte ich Dr. Ralf Klischewski danken für geduldige Betreuung meiner Arbeit. Seine Hinweise und Hilfestellungen, vor allem zur Struktur, waren eine große Hilfe bei der Fertigstellung dieser Arbeit.

Ein gemeinsamer Dank gebührt Dr. Ralf Klischewski und Dr. Ingrid Wetzel für ihre Ideen und Arbeiten zu dem Thema 'Serviceflow', die die Grundlagen für den neuen Modellierungsansatz sind. Vor allem die gemeinsame Projektarbeit im Wintersemester 00/01 hat mir das Thema 'Serviceflow' im klinischen Anwendungsbereich anschaulich näher gebracht und war der Beginn meines Interesses für dieses Themenfeld.

Auch meinen Studienkollegen danke ich für ihre Unterstützung während des langen Weges, insbesondere Lawrence Cabac, Anja Hennemuth und Henning Mundt.

An dieser Stelle möchte ich auch Gerold Herold, sowie dem Requirements Engineering Team von der Firma Siemens Medical Solutions, Abt. SW, danken für die exzellente Betreuung der Projektarbeit im Jahr 2002, die der Anstoss für diese Arbeit war.

Schließlich bin ich meiner Frau und meiner Familie für ihre geduldige, vor allem moralische Unterstützung sehr dankbar.

## Erklärung

Ich versichere, dass ich die vorstehende Arbeit selbstständig und ohne fremde Hilfe angefertigt und mich anderer als der im beigefügten Verzeichnis angegebenen Hilfsmittel nicht bedient habe. Alle Stellen, die wörtlich oder sinngemäß aus Veröffentlichungen entnommen wurden, sind als solche kenntlich gemacht.

Desweiteren bin ich mit der Einstellung in den Bestand der Bibliothek des Fachbereiches einverstanden.

Sang-Il Kim