

Klassifikation von Sprachen zur Modellierung medizinischer Behandlungspfade

Kamyar Sarshar, Peter Loos

Johannes Gutenberg-Universität Mainz
Information Systems & Management
Lehrstuhl Wirtschaftsinformatik und Betriebswirtschaftslehre
D-55099 Mainz, Germany
E-Mail: {sarshar|loos}@isym.bwl.uni-mainz.de

Abstract: Informationsmodelle lassen sich durch domänenneutrale oder domänenspezifische Modellierungssprachen beschreiben. Domänenspezifische Sprachen haben dabei den Vorteil, auf die Besonderheiten einer Domäne besser einzugehen. In diesem Beitrag werden medizinspezifische Sprachen zur Modellierung von Behandlungsprozessen, die auch als Behandlungspfade bezeichnet werden, anhand eines Vergleichsrahmens gegenübergestellt und klassifiziert.

1 Motivation

Informationsmodelle sind innerhalb der Wirtschaftsinformatik ein zentrales Instrument zur Gestaltung betrieblicher Informationssysteme [Be95]. Zur Beschreibung von Informationsmodellen kann auf eine Vielzahl von Modellierungssprachen zurückgegriffen werden, die nach ihrer Einsetzbarkeit in domänenneutrale und domänenspezifische Sprachen unterteilt werden können. Domänenneutrale Sprachen werden zwar durch unterschiedliche Vorgehensmodelle und Werkzeuge unterstützt, haben aber den Nachteil, nicht auf Eigenarten einzelner Domänen einzugehen. Demgegenüber stehen domänenspezifische Modellierungssprachen, die die Besonderheiten von Domänen berücksichtigen.

Im Vordergrund dieser Arbeit stehen Sprachen zur Modellierung von Behandlungsprozessen, die in der medizinischen Terminologie synonym Behandlungspfade genannt werden. Behandlungspfade sind medizinische Prozesse, die Ärzte diagnosebezogen für die Therapie von Patienten heranziehen. Sie sind neben den administrativen Prozessen der Krankenhausverwaltung (Einkauf, Logistik,...) die Prozessart mit hauptsächlich medizinischem Fokus. Da jedoch Behandlungsprozesse in einem organisatorischen Umfeld unter Zuhilfenahme personeller und IT-basierter Ressourcen ausgeführt werden, ist ihre Modellierung auch im Hinblick auf die Entwicklung von Krankenhaus-Informationssystemen von Bedeutung [LB02].

Durch die hier herausgearbeitete Klassifikation bekommen Entwickler von Krankenhaus-Informationssystemen einen Überblick über relevante Sprachen im medizinischen Umfeld. Weiterhin bietet die vorliegende Arbeit durch die vergleichende Darstellung medizinorientierter Modellierungssprachen und die anschließende Klassifikation erste Anhaltspunkte, um im Rahmen weiterer Arbeiten domänenneutrale Sprachen an Eigenarten im medizinischen Umfeld anzupassen.

Die Arbeit ist wie folgt strukturiert: Nach diesem einleitenden Abschnitt wird im nächsten Abschnitt die Methodik und ein Vergleichsrahmen beschrieben. In Abschnitt 3 werden ausgewählte Sprachen vorgestellt. Abschnitt 4 vergleicht die vorgestellten Sprachen anhand der vorher eingeführten Vergleichskriterien. Eine Klassifikation der Modellierungssprachen wird in Abschnitt 5 vorgeschlagen. Der Beitrag schließt mit einer Zusammenfassung und einem Ausblick auf weitere Fragestellungen in Abschnitt 6.

2 Methodik

2.1 Auswahl der Modellierungssprachen

Die Recherche erfolgte durch die elektronischen Datenbanken „Pubmed“ und „Medline“ anhand einschlägiger Schlagwörter. Sie ergab elf Modellierungssprachen. Aus diesen wurden für die Untersuchung im Rahmen dieser Arbeit Sprachen ausgewählt, die speziell für die Modellierung von Behandlungsprozessen entwickelt oder zumindest für den Einsatz in der medizinischen Domäne angepasst wurden. Als zweites Auswahlkriterium diente die Beschränkung auf Sprachen zur Modellierung der fachkonzeptionellen Ebene. Damit wird die Ereignisgesteuerte Prozesskette (EPK), über die zwar Behandlungsprozesse modelliert werden [GH02], die aber weder für die medizinische Domäne konzipiert noch angepasst wurde, aus weiteren Betrachtungen ausgeschlossen. Auch die implementierungsnahen Sprachen GLARE [Te02], GEM [Si01] und Asbru [MSJ97] werden hier nicht weiter untersucht. Einen Überblick über ausgewählte Modellierungssprachen gibt Tabelle 1.

2.2 Vergleichsrahmen

In der Literatur existieren eine Reihe von Arbeiten, die medizinorientierte Modellierungssprachen vergleichen. Die dabei eingenommenen Perspektiven reichen von der Untersuchung der Sprachkonstrukte [Wa02] über Qualitätsaspekte der Sprachen [FB00] bis hin zu Gemeinsamkeiten der Sprachen [Pe02] und Implementierungsaspekten [Sh99].

Der Vergleichsrahmen in diese Arbeit unterscheidet vier Merkmale. Die einzelnen Merkmale sind eindimensional durch Ausprägungen gegliedert.

Sprache	Entwicklungsort		Entwicklungs- jahr
Klinischer Algorithmus	Society for Medical Decision Making	USA	1968
EON	Stanford University	USA	1995
GLIF	InterMed Col-laboratory	USA	1996
Guide	University of Pavia	Italien	1998
Prestige	diverse	Europ. Gemeinschaftsproj.	1997
Prodigy	University of New-castle	Großbritannien	1995
PROforma	Imperial Cancer Research Fund	Großbritannien	1998

Tabelle 1: Ausgewählte Sprachen zur Modellierung medizinischer Behandlungspfade

Bei der Betrachtung der Modellierungssicht wird geprüft, ob die einzelnen Sprachen unterschiedliche Sichten der Modellierung berücksichtigen. Abstraktionsgrad untersucht, ob die Modellierungssprache neben der Beschreibung der Abfolge der Behandlungsschritte auch organisations- und datenbezogene Aspekte berücksichtigt. Durch Vorgehensmodelle wird die methodische Unterstützung der Sprachen fokussiert. Schließlich betrachtet die Werkzeugunterstützung, welche Funktionalitäten zur Unterstützung der Modellierung durch Softwaresysteme zur Verfügung stehen. Eine Zusammenfassung über den Vergleichsrahmen, der nachfolgend genauer erläutert wird, gibt Tabelle 2. Die Erläuterungen sollen vor allem domänenspezifische Besonderheiten der Merkmale und ihre Ausprägungen verdeutlichen.

2.2.1 Modellierungssicht

In Anlehnung an ARIS [Sc02, S.36] werden folgende Modellierungssichten unterschieden:

Datensicht

In der Datensicht wird die in einer Organisation notwendige Informationsbasis beschrieben. Die bei der Patientenbehandlung anfallenden Daten liegen in papierbasierter oder elektronischer Form des Krankenblatts, der chronologisch geordneten Sammlung von Befunden und den Verlaufskurven von beispielsweise Laborbefunden, Blutdruck und der Pulsfrequenz vor [HS02, S.361]. Diese Daten dienen neben administrativen Zwecken wie z.B. zur Abrechnung von Leistungen, auch der patientenindividuelle Anpassung von Behandlungsprozessen.

Merkmal	Ausprägung			
	Modellierungs-sicht	Daten	Organisation	Leistung
Abstraktions-grad	Leitlinien		Klinische Pfade	
Vorgehensmodell	Makro		Mikro	
Werkzeug- unterstützung	Modell- erstellung	Modell- prüfung	Modell- simulation	Modell- integration

Tabelle 2: Zusammenfassung des Vergleichsrahmens

Organisationssicht

Neben der Modellierung der Datensicht ist das organisatorische Umfeld, in der Behandlungsprozesse ausgeführt werden, von Interesse. Die Organisationssicht bezieht sich dabei auf die Aufbauorganisation, also auf die Organisationseinheiten und ihre Kommunikations- und Weisungsbeziehungen. Die Organisation im Krankenhaus orientiert sich meist an einzelnen medizinischen Fachgebieten [HS02, S.131]. Aus der Aufteilung von Behandlungspfaden auf unterschiedliche Organisationseinheiten ergibt sich der Bedarf, bei der Modellierung die jeweilige Organisationseinheit zu berücksichtigen [SCZ96].

Leistungssicht

Für die fachliche Beschreibung von Sachgütern werden Produktmodelle verwendet, die das Ergebnis des Leistungserstellungsprozesses darstellen. Angesichts der Tatsache, dass der größte Teil der Leistungen in einem Krankenhaus Dienstleistungen sind, kann eine Krankenhausorganisation als Dienstleistungsbetrieb bezeichnet werden [KI02, S.116]. In Dienstleistungsbetrieben stellt der Leistungsprozess vielfach das eigentliche Produkt dar [Sc93].

Prozesssicht

Die vorher beschriebenen Sichten werden in der Prozesssicht (auch Steuerungssicht genannt) zusammengefasst und um dynamische Aspekte erweitert. Abweichend von ARIS kann auch die Funktionssicht der Prozesssicht zugeordnet werden [Sc97; S.65], so dass hier auf die eigenständige Darstellung der Funktionssicht verzichtet wird. Um dynamische Aspekte abzubilden und dabei die Abfolge von Handlungen zu beschreiben, stellt die Prozesssicht logische Konnektoren bereit. Bei der Beschreibung von Behandlungspfaden werden einzelne Behandlungsschritte dargestellt. Mehrere Behandlungsschritte können ein Bündel bilden, so dass die Modellierung auf verschiedenen Abstraktionsstufen erfolgen kann. Bei der Beschreibung von Behandlungsszenarien werden für eine Diagnose alternative Behandlungsprozesse und die damit einhergehenden Behandlungsschritte aufgezeigt.

2.2.2 Abstraktionsgrad

Behandlungsprozesse können je nach Abstraktionsgrad in Leitlinien und Klinische Pfade unterteilt werden [Sc01b]. Diese Unterteilung hat, wie nachfolgend erläutert, Auswirkung auf die Modellierungssprache zur Beschreibung der Behandlungsprozesse.

Leitlinien

Behandlungsprozesse, die ausschließlich die zeit-sachlogische Abfolge einzelner Behandlungsschritte darstellen, ohne dabei die beteiligten Organisationseinheiten sowie benötigte Daten zu berücksichtigen, werden in der medizinischen Terminologie als Leitlinien bezeichnet [He00]. Leitlinien werden von den nationalen und internationalen Fachgesellschaften durch systematische Recherche, Bewertung und Synthese der verfügbaren medizinischen Therapiemethoden hergeleitet. Sie beziehen sich nicht auf ein konkretes Organisationsumfeld, sondern erheben den Anspruch, Behandlungsprozesse für eine bestimmte Diagnose allgemeingültig und organisationsunabhängig zu beschreiben. Damit fehlt es Sprachen zur Modellierung von Leitlinien an Konstrukten, um Behandlungsschritte mit der Aufbauorganisation und die für die Behandlung notwendige Daten in Bezug zu setzen.

Klinische Pfade

Während Leitlinien eine organisations- und datenneutrale Sicht der Behandlungsprozesse wiedergeben, geht es bei den Klinischen Pfaden um ihre Anpassung an konkrete organisatorische Gegebenheiten. Sie beschreiben dazu neben der reinen Abfolge von Behandlungsschritten auch die beteiligten Organisationseinheiten sowie benötigte Daten. Modellierungssprachen für Klinische Pfade stellen damit eine größere Anzahl von Sprachkonstrukten bereit, um den erhöhten Detaillierungsgrad diese Prozesse abbilden zu können.

2.2.3 Vorgehensmodell

Ein Vorgehensmodell dient der Planung und Steuerung der Modellentwicklung. Vorgehensmodelle können auf zwei Abstraktionsstufen betrachtet werden. Das Vorgehen auf der Mikroebene definiert, wie die Sprachkonstrukte zueinander in Beziehung gesetzt werden, um ein syntaktisch sinnvolles Modell zu erhalten. Auf der Makroebene wird die Modellbearbeitung über mehrere Modellbereiche hinweg betrachtet. Dabei geht es um das Vorgehen, wie bei gegebenen Sachverhalten unter der Anwendung einer Sprache ein Modell zu erstellen ist.

2.2.4 Werkzeugunterstützung

Modellierungswerkzeuge stellen Funktionalitäten bereit, die die Durchführung verschiedener Modellierungsaktivitäten unterstützen. Ihr Ziel ist, allen am Entwicklungsprozess Beteiligten ein integriertes und an den individuellen Bedürfnissen angepasstes Arbeitsumfeld anzubieten. Hier soll für die einzelnen Sprachen erfasst werden, ob vorhandene Modellierungswerkzeuge nur die Modellerstellung oder darüber hinaus auch die Modellprüfung und -simulation unterstützen. Bei der Modellintegration geht es um die Bereitstellung der Mechanismen, um erstellte Modelle in bestehende Systeme zu überführen.

3 Vorstellung der Sprachen

3.1 Klinischer Algorithmus

Klinischer Algorithmus ist eine an Flussdiagrammen orientierte Modellierungssprache, die bereits seit den 60er Jahren in der Medizin eingesetzt wird [Tu68]. Sie wird von der Arbeitsgemeinschaft der Wissenschaftlichen Medizinischen Fachgesellschaften (AWMF) in Deutschland [Ar00] und der Society for Medical Decision Making in den USA [So92] für die Erarbeitung von Behandlungspfaden empfohlen.

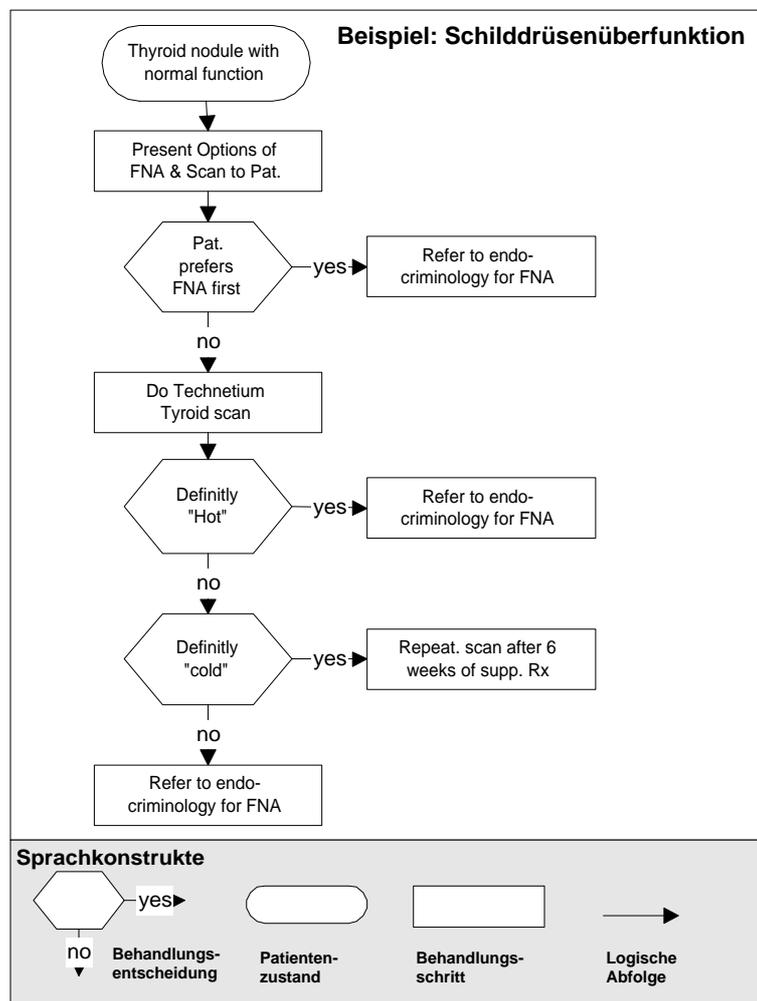


Abbildung 1: Klinischer Algorithmus (Quelle: [So92])

Klinischer Algorithmus unterscheidet sich von Flussdiagrammen durch die Hinzunahmen von klinischen Zuständen. Damit wird zu Beginn der Zustand des Patienten beschrieben, der durch den Behandlungsprozess behandelt werden soll. Außerdem werden Behandlungsschritte und ja/nein-Entscheidungen unterschieden. Durch diese drei Sprachkonstrukte, deren Abfolge durch Pfeile gekennzeichnet wird, werden Behandlungsprozesse organisations- und patientenunabhängig beschrieben. Abbildung 1 zeigt ein Modell für die Behandlung von Schilddrüsenüberfunktion.

3.2 Guide

Auch in Guide werden medizinische Behandlungspfade durch eine an Flussdiagramme orientierte Modellierungssprache beschrieben [Qu01]. Hier wurde allerdings die Sprache um noch weitere Konstrukte erweitert, die speziell medizinische Sachverhalte beschreiben können. So unterscheidet Guide zwischen atomaren und zusammengesetzten Behandlungsschritten, so dass eine Darstellung auf verschiedene Detaillierungsstufen möglich wird. Weiterhin wird zwischen zwingend notwendigen, empfohlenen bzw. dem behandelnden Arzt vorgeschlagenen Behandlungsschritten differenziert. Eine Darstellung sequentieller, paralleler und iterativer Behandlungsschritte ist durch entsprechende Konnektoren möglich. Darüber hinaus existiert für einzulegende Wartezyklen in Laufe der Behandlung sowie die Überwachung des Patientenzustands jeweils ein eignes Sprachkonstrukt.

Die Darstellung der am Behandlungsprozess beteiligten Organisationseinheiten und die notwendigen Patientendaten sind in Guide durch Attribute realisiert, die entsprechend der jeweiligen Abstraktion in das Modell aufgenommen werden. Guide unterscheidet dabei zwischen drei Abstraktionsgrade. Auf der Ebene der Leitlinien (General Task Frame) wird der Behandlungsprozess aus einer allgemeingültigen Perspektive ohne organisations- und patientenspezifische Attribute beschrieben. Durch die Aufnahme und Belegung zusätzlicher Attribute entsteht der organisationspezifische Klinische Pfad (Specific Task Frame). Durch den Zugriff auf aktuelle Daten eines konkreten Patienten wird dann das Modell instanziiert (Actual Task).

Jedes Guide-Modell lässt sich eindeutig in ein Petrinetz überführen, so dass auch Plausibilitätsprüfungen und die Simulation der Modelle möglich werden. Die Modellierung wird durch das javabasierte Guideline Authoring Tool unterstützt [Qu98].

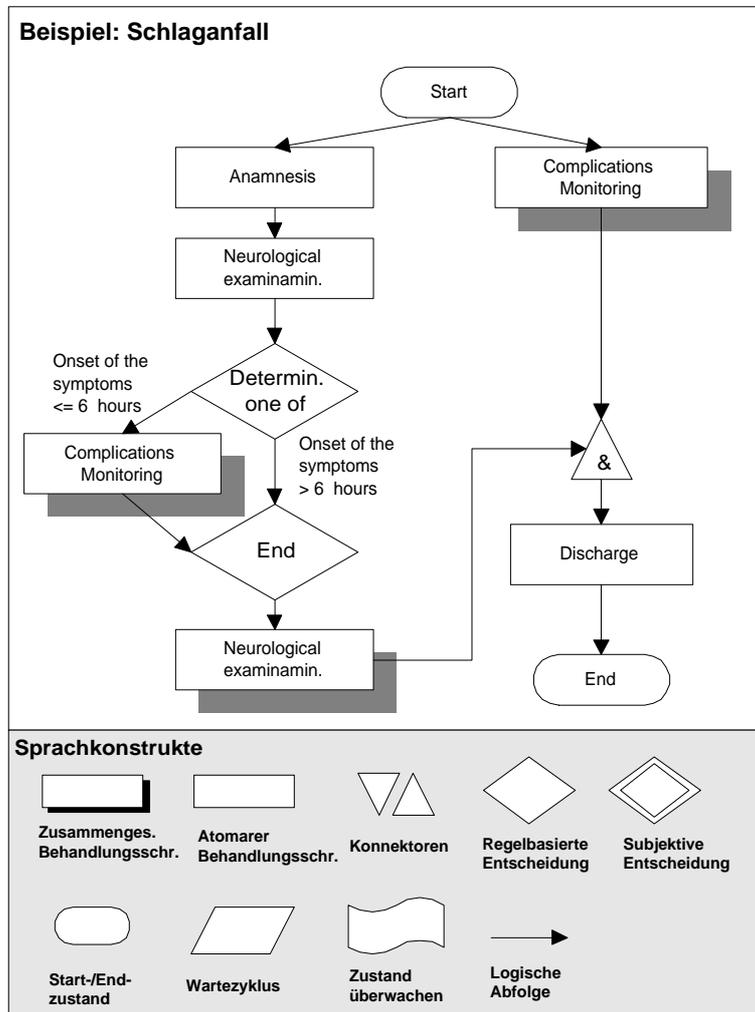


Abbildung 2: Guide (Quelle: [Qu00])

3.3 PROforma

Die Modellierungssprache PROforma erhebt den Anspruch, formale Korrektheit mit der intuitiven Herangehensweise an die Modellierung von Behandlungspfaden zu vereinen [FJR98; SF03]. Dazu unterscheidet die Sprache lediglich vier Sprachkonstrukte, von denen jede durch einen Satz von Attributen genauer spezifiziert wird. Actions stellen einfache Behandlungsschritte dar, die nicht weiter unterteilt werden können. Durch Decisions werden subjektive und regelbasierte Entscheidungssituationen dargestellt. Inquiries beschreiben Situationen, in denen Informationen von Patienten notwendig sind. Die drei genannten Konstrukte werden zu Plänen zusammengefasst. Durch einen Plan

werden neben der Modellierung in verschiedenen Granularitäten auch unterschiedliche Behandlungsvarianten dargestellt. Abbildung 3 zeigt ein PROforma-Modell.

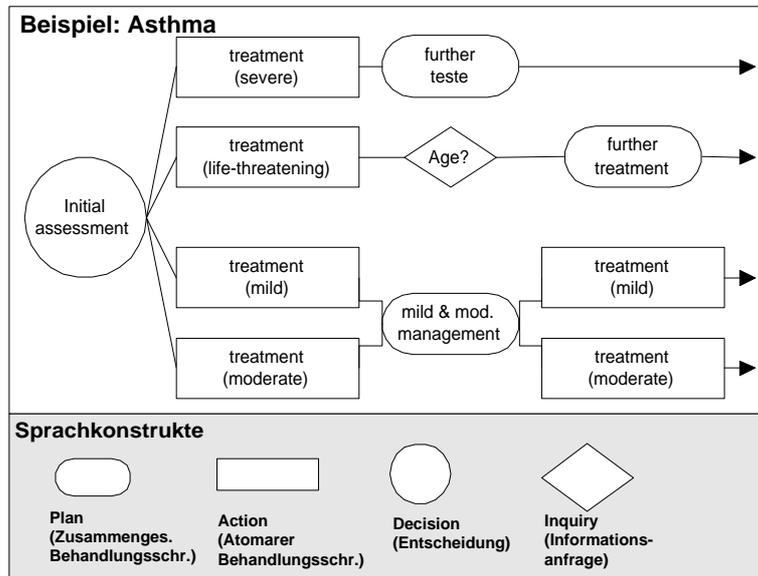


Abbildung 3: PROforma (Quelle: [FD00; S.45])

Neben der Sprache beschreibt PROforma auch eine zweistufige Vorgehensmethode. In der ersten Stufe wird das Task Network erstellt, in der das organisations- und datenneutrale Leitlinien entstehen. Im zweiten Schritt wird das Task Network auf eine spezifische Organisation zum Klinischen Pfad konkretisiert. Die Schritte werden jeweils durch die Arezzo-Tools der Firma InterMed unterstützt. Der Arezzo-Composer stellt dabei die graphische Oberfläche zur Erfassung und Konsistenzprüfung der Behandlungsprozesse bereit. Der Arezzo-Performer kommt bei der Ausführung der Behandlungsprozesse zum Einsatz, indem er PROforma Modelle interpretiert und durch den Zugriff auf aktuelle Daten konkretisiert.

3.4 Prodigy

Im Gegensatz zu den bisher beschriebenen Sprachen, die eine ablauforientierte Sicht bei der Modellierung einnehmen, geht es bei Prodigy zunächst um die Beschreibung der Struktur von Behandlungspfaden [Pu99]. Dazu werden Behandlungspfade in Szenarien eingeteilt, die jeweils typische Behandlungsvarianten darstellen [Jo00]. Durch Szenarienübergänge wird der Zustand beschrieben, nachdem ein Patient von einem Szenario in ein anderes wechselt. Erst auf der nächsten Detaillierungsebene werden die Behandlungsprozesse hinter den Szenarien modelliert. Für jede Modellierungsebene existieren eigene Sprachkonstrukte.

Damit fokussiert Prodigy die Erfassung medizinischer Behandlungsprozesse als Leitlinien. Vorgehensmodell oder Sprachkonstrukte zur Beschreibung der institutionellen und patientenspezifischen Anpassungen der Modelle werden nicht bereitgestellt.

3.5 GLIF

GLIF ermöglicht die strukturierte Darstellung von Behandlungspfaden durch ein objektorientiertes Modell, bestehend aus Klassen, Attributen und Datentypen [Oh98]. Seit der dritten Version nutzt GLIF UML-Klassendiagramme, stellt unterschiedliche Abstraktionsstufen der Modellierung bereit und ist grammatikalisch um Sprachkonstrukte für die Modellierung von regelbasierten und subjektiven Behandlungsentscheidungen erweitert worden. Die durch GLIF beschriebenen Modelle lassen sich formal auf Vollständigkeit und Korrektheit überprüfen.

Außer der Modellierung beschreibt GLIF eine XML-orientierte Darstellung der Behandlungspfade, um Modelle zwischen Applikationen und Organisationen austauschen zu können. Als Werkzeug für die Modellierung wird das Produkt Protège eingesetzt.

3.6 Weitere Sprachen

EON unterteilt wie Prodigy die Behandlungsprozesse in Behandlungsvarianten [TM99]. Neben der Modellierung unterschiedlicher Abstraktionsgrade und der Bereitstellung von Konnektoren ermöglicht EON die Darstellung von wiederkehrenden Behandlungsschritten, die durch die Anzahl der Iterationsdurchläufe limitiert werden können.

Prestige unterscheidet die Ebene der Wissensstruktur und die der Wissensanwendung [Ve99]. Ein Behandlungspfad wird zunächst aus medizinischer Sicht beschrieben. Über das spezifizierte „Interchange Format (IF)“ lassen sich die so beschriebenen Behandlungsprozesse austauschen. Zur Anpassung an die jeweilige Organisation gibt Prestige ein Vorgehensmodell vor, bei dem dargestellt wird, wie die Prozesse nach der Einführung des Behandlungspfades zu verändern sind.

4 Vergleich der Sprachen

4.1 Modellierungssichten

Prozess- und Leistungssicht

Alle untersuchten Sprachen stellen Konstrukte bereit, um Behandlungsschritte und ihre Abfolge darzustellen. Mit Ausnahme von Klinischer Algorithmus unterstützt alle Sprachen die Modellierung auf unterschiedlichen Detailstufen. Hervorzuheben sind Prodigy und EON, die auf der abstrakten Stufe keinen Prozess, sondern strukturell unterschiedliche Szenarien und Szenarienübergänge erfassen, die erst in einer detaillierten Stufe in Form von Prozessen dargestellt werden.

Im Gegensatz zur Prozesssicht wird die Leistungssicht durch keines der untersuchten Sprachen explizit berücksichtigt. Wird allerdings die Erbringung von Behandlungsleistungen an Patienten als das eigentliche Produkt von Krankenhäusern verstanden, kann auch die Unterscheidung zwischen Leistungs- und Prozesssicht überflüssig werden. Aus dieser Perspektive betrachtet stellt die Darstellung der Prozesse auch gleichzeitig die Leistungen dar.

Daten- und Organisationssicht

Durch den Einbezug dieser beiden Sichten wird die Beschreibung der Behandlungsprozesse organisations- und patientenspezifisch angepasst. Allerdings werden diese Sichten nicht von allen Sprachen berücksichtigt. EON bilden nur Daten ab, während PROforma, Guide und Prestige auch die Organisationssicht darstellen. Klinischer Algorithmus, Prodigy und GLIF beschränken sich auf die Darstellung der Behandlungsschritte ohne dabei die Daten- und Organisationssicht zu berücksichtigen.

4.2 Abstraktionsgrad

Bei der Modellierung von Leitlinien geht es um die Beschreibung der Behandlungspfade ohne Organisations- und Patientenbezug. Alle Sprachen berücksichtigen bei der Modellierung diesen Abstraktionsgrad. Hervorzuheben ist die Sprache GLIF, die ein XML-basiertes Austauschformat für Leitlinien bereitstellt. Darüber können diese organisations- und datenneutrale Modelle zwischen Organisationen und Applikationen ausgetauscht werden.

Mit Ausnahme von Klinischer Algorithmus, Prodigy und GLIF stellen alle anderen Sprachen Möglichkeiten bereit, um abstrakte Leitlinien an die Krankenhausorganisation anzupassen und dabei auch die benötigten Daten zu berücksichtigen. Diese Anpassung erfolgt bei den hier untersuchten Sprachen durch die Aufnahmen und Belegung zusätzlicher Attribute.

4.3 Sprachliche Orientierung

Klinischer Algorithmus und Guide haben eine prozessorientierte Perspektive, wobei in Guide durch die Anlehnung an Petrinetze auch das dynamische Verhalten untersucht werden kann. Auch Prestige und PROforma sind prozessorientiert. GLIF verfolgt einen objektorientierten Ansatz, der Behandlungspfade durch Klassen und Attribute beschreibt. Prodigy und EON bilden zwar Strukturen durch Behandlungsszenarien und ihre Abhängigkeiten ab, konkretisieren diese aber durch eine Prozessdarstellung.

4.4 Vorgehensmodelle

Alle untersuchten Sprachen definieren die Anwendung ihrer Sprachelemente auf der Mikroebene. Der Unterschied zwischen den Sprachen besteht diesbezüglich darin, wie formalisiert die jeweilige Grammatik beschrieben wird. PROforma nutzt für die Spezifikation die Backus-Naur-Form. GLIF, Guide und Klinischer Algorithmus sind Spra-

chen, die sich bei ihrer Grammatik auf bekannte und spezifizierte Sprachen stützen (UML, Petrinetze und Flussdiagramme), so dass auf eine explizite Einführung der Sprachkonstrukte und ihrer Abhängigkeiten verzichtet wird. Alle anderen Sprachen beschränken sich auf eine textbasierte Beschreibung der Sprachelemente. Prestige ist die einzige Sprache, die neben dem Vorgehen auf der Mikroebene auch die Makroebene beschreibt. Dabei geht es um die textuelle Beschreibung, wie die unterschiedlichen Abstraktionsgrade und Sichten bei der Modellierung unter Anwendung der Sprachkonstrukte berücksichtigt werden sollen.

4.5 Werkzeugunterstützung

Die Werkzeugunterstützung für die verschiedenen Sprachen beschränkt sich meist auf prototypisch implementierte Tools zur Modellerstellung. Ausnahmen bilden in diesem Zusammenhang Klinischer Algorithmus, PROforma und Guide. Im ersten Fall ist durch die Standardisierung und Einfachheit der Flussdiagramme jeder graphische Editor anwendbar, der die wenigen Sprachkonstrukte abbilden und bearbeiten kann. Bei PROforma wird das kommerzielle Produkt Arezzo eingesetzt, das neben der Modellerstellung auch Plausibilitätsprüfung der Modelle ermöglicht. Guide wird durch das prototypisch implementierte Guideline Authoring Tool [Qu98] unterstützt, das neben der Modellerstellung und -prüfung auch die Simulation der Modelle zulässt. Prodigy, GLIF und EON setzen zur Modellstellung das an der Stanford University entstandene Programm Protège ein [Ge02].

Einen Überblick über Merkmale der Modellierungssprachen zeigt Tabelle 3.

Name	Modellierungs-sicht	Abstraktionsgr.	Vorgehensmodell	Werkzeug unterst.
Klin.Algo.	Prozesssicht	Leitlinie	Mikro	Erstellung
Prodigy	Prozesssicht	Leitlinie	Mikro	Erstellung
GLIF	Prozesssicht	Leitlinie	Mikro	Erstellung
EON	Prozesssicht Datensicht	Leitlinie Klinischer Pfad	Mikro	Erstellung
PROforma	Prozesssicht Datensicht Orga.-sicht	Leitlinie Klinischer Pfad	Mikro	Erstellung Plausibilität
Guide	Prozesssicht Datensicht Orga.-sicht	Leitlinie Klinischer Pfad	Mikro	Erstellung Plausibilität Simulation
Prestige	Prozesssicht Datensicht Orga.-sicht	Leitlinie Klinischer Pfad	Mikro Makro	Erstellung

Tabelle 3: Vergleich von Sprachen zur Modellierung von Behandlungspfaden

5 Klassifikation der Modellierungssprachen

Aufbauend auf die bisherige Untersuchung wird nachfolgend eine Klassifikation von Sprachen zur Modellierung von Behandlungspfaden vorgeschlagen. Für die Klassifikation werden die Merkmale Modellierungssicht, Abstraktionsgrad sowie Vorgehensmodelle und Werkzeugunterstützung aus dem Vergleichsrahmen herangezogen. Die Klassifikation sieht vor, dass zwischen ablauforientierten, umgebungsorientierten und integrierten Sprachen unterschieden wird. Tabelle 4 setzt die Merkmale aus dem Vergleichsrahmen mit den Sprachklassen in Beziehung. Die vorgeschlagenen Sprachklassen stehen nicht orthogonal zueinander.

Ablauforientierte Sprachen

Bei ablauforientierten Sprachen steht die Beschreibung des Behandlungsprozesses im Vordergrund. Hier werden durchzuführende Behandlungsschritte und ihre logischen Abhängigkeiten beschrieben. Verschiedene Modellierungsebenen ermöglichen, die Komplexität der Behandlungsprozesse auf unterschiedlichen Ebenen darzustellen.

Die Sprachen in dieser Klasse fokussieren die Prozesssicht, wobei die restlichen Modellierungssichten vernachlässigt werden. Damit werden Behandlungsprozesse ohne Bezug zu der jeweiligen Organisation beschrieben. Ablauforientierte Sprachen werden durch die Beschreibung eines Vorgehensmodells auf der Mikroebene methodisch unterstützt. Werkzeuge ermöglichen neben der Modellerstellung auch die Plausibilitätsprüfung sowie die Simulation der Modelle.

Sprachklassen Merkmale	Ablauforientierte Spr.	Umgebungsorientierte Spr.	Integriert Sprachen
Sicht	Prozess	Prozess Daten Organisation	Prozess Daten Organisation
Ebene	Leitlinien	Leitlinien Klinische Pfade	Leitlinien Klinische Pfade
Vorgehen	Mikro	Mikro	Mikro Makro
Werkzeugunterstützung	Erstellung Plausibilität Simulation	Erstellung Plausibilität Simulation	Erstellung Plausibilität Simulation Integration

Tabelle 4: Beziehung zwischen den Vergleichsmerkmalen den Sprachklassen

Diese Sprachklasse kann weiter unterschieden werden zwischen Sprachen, die sich auf die Darstellung der Prozesse beschränken, und Sprachen, die außerdem ein Format für die standardisierte Übermittlung der Modelle bereitstellen. Ein solches Austauschformat ermöglicht, Organisationsneutrale Modelle für Behandlungsprozesse zwischen einzelnen Institutionen und Krankenhäusern auszutauschen.

Klinischer Algorithmus, Prodigy und GLIF können aus den untersuchten Sprachen zu dieser Klasse gezählt werden. Im Unterschied zu den ersten beiden Sprachen, die Behandlungsprozesse visuell darstellen, beschreibt GLIF auch noch eine textuelle Beschreibung der Modelle, um diese standardisiert austauschen zu können. Bei allen drei untersuchten Sprachen in dieser Klasse existieren Defizite bei der Werkzeugunterstützung, da diese lediglich Funktionalitäten zur Modellerstellung aufweisen.

Umgebungsorientierte Sprachen

Bei dieser Sprachenklasse geht es neben der reinen Darstellung von Behandlungsschritten und ihren Abhängigkeiten auch um die Anpassung der Behandlungsprozesse an konkrete Organisationsumgebungen. Da bei umgebungsorientierten Sprachen die Anpassung der Modelle im Vordergrund steht, ist die Bereitstellung eines Austauschformats nicht notwendig.

Bei umgebungsorientierten Sprachen wird nicht nur die Prozesssicht beschrieben, sondern auch die Organisationseinheiten in der Organisationssicht. Weiterhin spielt bei dieser Sprachklasse die Beschreibung der relevanten Unternehmens- und Patientendaten eine Rolle. Umgebungsorientierte Sprachen benötigen neben dem Vorgehensmodell auf der Mikrosicht auch eine methodische Unterstützung der Modellierung auf der Markoebene. Werkzeuge sollen die Modellerstellung, Prüfung und Simulation unterstützen.

EON, PROforma und Guide zählen zu den umgebungsorientierten Sprachen. Alle drei Sprachen unterscheiden zwischen unterschiedliche Abstraktionsgrade. Bei hier untersuchten Sprachen muss festgestellt werden, dass die methodische Unterstützung der Sprachen durch ein allgemeines und modellkonstruktübergreifendes Vorgehensmodell nicht gewährleistet wird. Die Werkzeugunterstützung ist mit Ausnahmen von Guide funktional eingeschränkt.

Integrierte Sprachen

Während die beiden erstgenannten Sprachklassen unterschiedliche Schwerpunkte bei der Ablaufdarstellung bzw. der Anpassung von Modellen setzte, fassen integrierte Sprachen beide Überlegungen zusammen.

Zu dieser Klasse zählen Sprachen, mit denen der Behandlungsablauf zunächst allgemein auf einer abstrakten Ebene modelliert werden können. Auf diese Ebene stellen integrierte Sprachen auch ein Format bereit, mit dem Modelle ausgetauscht werden können. Ferner wird die Konfiguration und Anpassung dieser Modelle an spezifische Gegebenheiten sprachlich, methodisch und durch Werkzeuge unterstützt. Das Anliegen integrierter Sprachen ist eine ganzheitliche Perspektive der Modellierungssichten und Abstraktionsgrade, die durch eine einheitliche sprachliche Orientierung sowie die Bereitstellung nötiger Vorgehensmodelle und Werkzeuge seinen Ausdruck findet.

Unten den hier untersuchten Sprachen kommt Prestige diesem Ansatz an nächsten. Die Sprache verfolgt nicht nur eine sichtenübergreifende Perspektive, sondern beschreibt neben dem Einsatz der Sprachkonstrukte auch ein Makro-Vorgehensmodell, wie entstandene Behandlungsprozesse implementiert werden können. Doch auch Prestige wird derzeit durch ein prototypisches Werkzeug unterstützt, das in erste Linien die Modell-erstellung unterstützt.

Ablauforientierte Sprachen		Umgebungsorientierte Sprachen	Integrierte Sprachen
<i>Ablauf- repräsentation</i>	<i>Ablaufrep. & -übermittlung</i>		
Klinische Algorithmen Prodigy	GLIF	EON PROforma Guide	Prestige

Tabelle 5: Klassifikation von Sprachen zur Modellierung medizinischer Behandlungspfade

6 Resümee und Ausblick

Die Beschäftigung mit domänenspezifischen Sprachen wurde eingangs dadurch motiviert, dass diese im Gegensatz zu domänenneutralen auf die Besonderheiten von Domänen eingehen. Vor diesem Hintergrund standen in diesem Beitrag Sprachen zur Modellierung von Behandlungsprozessen, die in der medizinischen Terminologie als Behandlungspfade bezeichnet werden, im Vordergrund. Um die Sprachen zu klassifizieren, wurde ein Vergleichsrahmen entwickelt, der die Sprachen gegenüberstellt.

Die vergleichende Betrachtung und die anschließende Klassifikation der Sprachen verdeutlicht, dass die Modellierungssprachen in der Medizin die gesamte Bandbreite von der reinen Ablaufbeschreibung bis hin zu integrierten Ansätze mit mehreren Abstraktionsgraden und Sichten abdecken. Dabei ist festzustellen, dass die Sprachen bei der Methoden- und Werkzeugunterstützung meist Defizite aufweisen.

Diese Erkenntnisse geben Anregung für weitergehende Forschung. Zunächst erscheint es sinnvoll, die vorliegenden Vergleichskriterien systematisch aufzuarbeiten. Dabei sollen neben hier betrachteten Merkmalen noch weitere domänenspezifische und -neutrale identifiziert werden. Ein Vergleich vorhandener Sprachen auf der Ebene der Sprachkonstrukte kann z.B. verdeutlichen, welche besonderen Konstrukte bei einer Modellierungssprache für diese Domäne notwendig sein können. Die so gewonnenen Anforderungen wären im Anschluss empirisch zu überprüfen.

Diese Vorarbeiten sind notwendig, um in weiteren Schritten domänenneutrale Sprachen, die bereits einen Fundus an Werkzeug- und Methodenunterstützung vorweisen können, an den Einsatz in der medizinischen Domäne anzupassen. Dabei ist auch zu klären, ob die Anpassung domänenneutraler Modellierungssprachen an Eigenarten von Domänen bereits durch eigene methodische Vorgehensweisen unterstützt wird.

Literaturverzeichnis

- [AM95] Aliferis, C.F.; Miller, R.: On the Heuristic Nature of Medical Decision-Support Systems. In: *Methods of Information in Medicine*, 1995; S. 5-14.
- [Ar00] Arbeitsgemeinschaft der Wissenschaftlichen Medizinischen Fachgesellschaften: *Erarbeitung von Leitlinien für Diagnostik und Therapie*. Düsseldorf, 2000.
- [Be95] Becker, J.: Strukturanalogien in Informationsmodellen - Ihre Definition, ihr Nutzen und ihr Einfluß auf die Bildung der Grundsätze ordnungsmäßiger Modellierung (GoM). In (König, W. Hrsg.): *Wirtschaftsinformatik '95 - Wettbewerbsfähigkeit, Innovation, Wirtschaftlichkeit*. Heidelberg, 1995, S. 133-150.
- [EZ01] Eiff, von W.; Ziegenbein, R.: *Geschäftsprozeßmanagement. Methoden und Techniken für das Management von Leistungsprozessen im Krankenhaus*. Verlag Bertelsmann Stiftung, Gütersloh, 2001.
- [FD00] Fox, J.; Das, S.: *Safe and sound: artificial intelligence in hazardous applications*. AAAI Press/MIT Press, Menlo Park, Calif, 2000.
- [FJR98] Fox, J.; Johns, N.; Rahmzadeh, A.: Disseminating medical knowledge: the PROforma approach. In: *Artificial Intelligence in Medicine*, 14, 1998; S. 157-181.
- [FB00] Fox, J.; Bury, J.: A quality and safety framework for point-of-care clinical guidelines. In: *Proc AMIA Symp*, 2000; S. 245-249.
- [Ge02] Gennari, J. et. al.: The Evolution of Protégé: An Environment for Knowledge-Based Systems Development. In: *Stanford University Technical Report*. SMI-2002-0943, 2002.
- [GH02] Greiling, M.; Hofstetter, J.: *Patientenbehandlungspfade optimieren, Prozeßmanagement im Krankenhaus*. Baumann Fachzeitschriften Verlag, Kulmbach, 2002.
- [GR93] Grimshaw, J. M.; Russell, I. T.: Effect of clinical guidelines on medical practice: a systematic review of rigorous evaluations. In: *Lancet*, 342, 1993; S. 1317-1322.
- [He00] Helou, A. et. al.: Methodische Standards der Entwicklung evidenz-basierter Leitlinien in Deutschland. In: *Zeitschrift für ärztliche Fortbildung und Qualitätssicherung*, 94, 2000; S. 330-339.
- [HS02] Haubrock, M.; Schär, W.: *Betriebswirtschaft und Management im Krankenhaus*. Hans Huber, Bern, 2002.
- [Jo00] Johnson, P. D. et. al.: Using Scenarios in Chronic Disease Management Guidelines for Primary Care. In: *Proc. of the AMIA Annual Symposium*; Los Angeles, 2000.
- [KI02] Kleinfeld, A.: *Menschenorientiertes Krankenhausmanagement*. Wiesbaden, 2002.
- [LB02] Laprell, S.; Begemann, S.: Entwicklung, Integration und Visualisierung von Klinischen Pfaden mit DV-Unterstützung. In (Hellmann, W. Hrsg.): *Klinische Pfade. ecomed, Landsberg/Lech*, 2002, S. 194-205.
- [MSJ97] Miksch, S.; Shahar, Y.; Johnson, P.: Medizinische Leitlinien und Protokolle: das Asgaard/Asbru Projekt. In: *KI-Journal*, 3, 1997, S. 34-37.
- [Oh98] Ohno-Machado, L. et. al.: The GuideLine Interchange Format: A Model for Representing Guidelines. In: *Journal of American Medical Informatics Association*, 5, 1998; S. 357-372.
- [Pe02] Peleg, M. et. al.: Comparing Computer-Interpretable Guideline Models: A Case-Study Approach. In: *Stanford University Technical Report*. SMI-2002-0922, 2002.
- [PR03] Peters, O.; Runggaldier, K.: *Algorithmen im Rettungsdienst*. Urban & Fischer, München, 2003.
- [Pu99] Purves, I. N. et. al.: The PRODIGY Project - the Interactive Development of the Release One Model. In: *AMIA Annual Symposium*, 1999.
- [Qu98] Quaglini, S. et. al.: Supporting tools for guideline development and dissemination. In: *Artificial Intelligence in Medicine*, 14, 1998; S. 119-137.
- [Qu00] Quaglini, S. et. al.: Guidelines-based careflow systems. In: *Artificial Intelligence in Medicine*, 20, 2000; S. 5-22.
- [Qu01] Quaglini, S. et. al.: Flexible guideline-based patient careflow systems. In: *Artificial Intelligence in Medicine*, 22, 2001; S. 65-80.
- [Sc93] Scharitzer, D.: Das Dienstleistungs-'Produkt'. In: *der markt*, 32, 1993; S. 94-107.
- [SCZ96] Scheer, A.-W.; Chen, R.; Zimmermann, V.: *Prozessmanagement im Krankenhaus*. In (Adam, D. Hrsg.): *SzU: Krankenhausmanagement*. Vol. 59 Gabler, Wiesbaden, 1996, S. 67-86.

- [Sc01a] Scheer, A.-W.: ARIS: Modellierungsmethoden, Metamodelle, Anwendungen. Springer, Berlin et al., 2001.
- [Sc01b] Schrappe, M.: Leitlinien – Innovationshindernis oder Chance für das Qualitätsmanagement? In: *Kliniker*, 30, 2001; S. 243-248.
- [Sc02] Scheer, A.-W.: ARIS: Vom Geschäftsprozess zum Anwendungssystem. Springer, Berlin et. al., 2002.
- [Sc97] Schütte, R.: Grundsätze ordnungsmäßiger Referenzmodellierung: Konstruktion konfigurations- und anpassungsorientierter Modelle. 1997.
- [SF03] Sutton, D. R.; Fox, J.: The Syntax and Semantics of the PROforma Guideline Modeling Language. In: *Journal of the American Medical Informatics Association*, 10, 2003; S. 433-443
- [Sh99] Shiffman, R. N. et. al.: Computer-based Guidelines Implementation Systems: A Systematic Review of Funkionalität and Effectiveness. In: *Journal of the American Medical Informatics Association*, 6, 1999; S. 104-114.
- [Si01] Shiffman, R. N. et. al.: An approach to guideline implementation with GEM. In: *Proceedings MEDINFO*, 2001; S. 271-275.
- [SKM02] Seyfang, A.; Kosara, R.; Miksch, S.: Reference Manual, Version 7.3. Vienna University of Technology, Institute of Software Technology, Vienna, 2002.
- [So92] Society for Medical Decision Making Committee on Standardization of Clinical Algorithms: *Medical Decision Making*, 12, 1992; S. 149-154.
- [Te02] Terenziani, P. et. al.: Supporting Physicians in Taking Decisions in Clinical Guidelines: the GLARE “What if” Facility. In: *Journal of American Medical Informatics Association*, 2002; S. 772-776.
- [TM99] Tu, W. S.; Musen, M. A.: A Flexible Approach to Guideline Modeling. In: *AMIA Annual Symposium*, 1999; S. 420-442.
- [TM01] Tu, S. W.; Musen, M. A.: Modeling data and knowledge in the EON guideline architecture. In: *Medinfo*, 10, 2001; S. 280-284.
- [Tu68] Tuddenham, W. J.: The use of logical flowcharts as an aid in teaching reontgen diagnosis. In: *American Journal of Roentgenology, Radium Therapy and Nuclear Medicine*, 1968; S. 779-803.
- [Ve99] Veloso, C. G.: Guidelines in Healthcare: the experience of the Prestige project. In: *Proceedings of MIE'99*, 1999.
- [Wa02] Wang, D. et. al.: Representation primitives, process models and patient data in computer-interpretable clinical practice guidelines: A literature review of guideline representation models. In: *International Journal of Medical Informatics*, 68, 2002; S. 59-70.