

Ein graph- und objektorientiertes Patientendatenmodell¹

R. Müller, K. Pommerening²

Einleitung

Bei der Diagnostik und Therapie komplexer Erkrankungen stehen die über einen Patienten vorliegenden Daten im allgemeinen in einem multiplen Beziehungsgefüge. Solche Kontexte können kausaler oder zeitlicher Natur sein (z.B. der Begründungszusammenhang einer Medikation bzw. klinisch signifikante Trends bei Laborwerten), sie können Inkonsistenzen (z.B. sich widersprechende Befunde) zum Ausdruck bringen oder patientenindividuelle Heuristiken etablieren. Die Kenntnis solcher Kontexte und damit semantischer Beziehungen zwischen einzelnen Wissenspartitionen ist für das retrospektive Verständnis der erfolgten diagnostischen und therapeutischen Maßnahmen und als Basis für die weitere Behandlung von großem Nutzen. Gängige Patientenmodelle [1, 2, 8] repräsentieren solches Kontextwissen in der Regel nur implizit, d.h. der interessierende Kontext muß algorithmisch oder manuell rekonstruiert werden. Dies kostet in jedem Fall wertvolle Zeit, in komplizierteren Fällen ist eine eindeutige Rekonstruktion zudem oft nicht mehr möglich. Im Rahmen des wissensbasierten Software-Systems TheMPO, das die Diagnostik und Therapie von Tumorerkrankungen des Kindesalters unterstützen soll, wird derzeit ein graph- und objektorientiertes Patientenmodell entwickelt und prototypisch implementiert, welches die explizite und flexible Abbildung von patientenindividuellen Daten-Kontexten ermöglicht sowie eine graphische Abfragesprache zur Erfassung und Abfrage dieser Kontexte bereitstellt.

Anforderungen

Bei der Behandlung komplexer Erkrankungen treten vor allem die folgenden Kontextarten auf, deren Abbildung durch die elektronische Patientenakte unterstützt werden soll:

Kausale Kontexte: Begründungszusammenhänge von Diagnosen, Befundungen und Medikationen oder auch Medikationsabbrüchen. So fließt in eine Differentialdiagnose innerhalb der Pädiatrischen Onkologie eine Vielzahl von Befunden und Laborwerten ein, die über mehrere Wochen hinweg erhoben wurden. Repräsentiert ein Patientenmodell die Verbindungen zwischen der Diagnose und den sie etablierenden Daten, so kann der Rechner die Begründung einer Diagnose bei Bedarf durch wenige Lesezugriffe liefern, ohne daß der Benutzer in der umfangreichen Akte "blättern" muß.

Konfliktkontexte: Aufgrund der Vielzahl unterschiedlicher Informationsquellen (verschiedene diagnostische Verfahren, Aussagen des Patienten oder seiner Angehörigen, Schlußfolgerungen und Eindrücke des Arztes) kann es dazu kommen, daß verschiedene über einen Patienten vorliegende Wissenspartitionen im Widerspruch zueinander stehen, also ein Konfliktkontext vorliegt. So kann z.B. ein bestimmter Laborwert einer Diagnose widersprechen, diese Diagnose aber dennoch beibehalten werden, da plausible Alternativen-Diagnosen nicht zur Verfügung stehen. Nur die Kenntnis solcher eventuell vorliegender Konflikte ermöglicht ein vollständiges Bild über einen Patienten. Werden solche Konfliktsituationen vom Rechner abgebildet, so kann der Rechner beim Anzeigen einer Diagnose selbständig darauf hinweisen, daß es Daten gibt, die inkonsistent zu der Diagnose sind.

Revisionskontexte: Muß eine Wissenspartition (z.B. eine mehrere Tage lang favorisierte Diagnose) revidiert werden, so bildet ein schlichtes Überschreiben der aufgegebenen Wissenspartition nicht ab, daß man bezüglich des Patienten zeitweilig einer anderen Meinung war. Durch die Abbildung des gesamten Revisionsprozesses kann dagegen später detailliert nachvollzogen werden, warum man zu welchem Zeitpunkt z.B. eine Diagnose favorisiert und eine andere aufgegeben hat. Durch die oben postulierte Repräsentation kausaler Zusammenhänge kann das Programm bei einer Revision zudem durch einfache Lesezugriffe erkennen, welche ärztlichen Entscheidungen auf einer revidierten Wissenspartition beruhen und deswegen neu verifiziert werden müssen.

¹Das Projekt wird durch Zuschüsse aus Mitteln der Stiftung Rheinland-Pfalz für Innovation gefördert.

² Institut für Medizinische Statistik und Dokumentation der Johannes Gutenberg-Universität Mainz

Patientenindividuelle Heuristiken: Während einer Behandlung können sich patientenindividuelle Regelmäßigkeiten und damit ärztliche Handlungsschemata (Heuristiken) etablieren, die mit allgemeingültigen, auf den Durchschnittspatienten ausgerichteten Regeln der Wissensbasis konkurrieren. Solche Heuristiken treten innerhalb der Pädiatrischen Onkologie vor allem in der Supportivtherapie auf. So ist z.B. der Fall denkbar, daß ein Patient während einer immunsuppressiven Zytostatika-Behandlung bereits zweimal in Folge schwerwiegende Infektionssymptome (hohes Fieber, Hauteiterungen) zeigte, beide Male aber die zuerst antibiotisch behandelten Symptome auf eine Pilzinfektion und nicht auf eine bakterielle Infektion zurückgeführt werden mußten. Dieser Sachverhalt rechtfertigt für diesen (und *nur* für diesen) Patienten die Etablierung der Regel, daß beim erneuten Auftreten derselben Infektionssymptome umgehend ein außerhalb der Routine liegendes Diagnostikverfahren zum Ausschluß oder Nachweis einer Pilzinfektion durchzuführen ist. Die strukturierte Abbildung solcher patientenindividueller Heuristiken (und der Begründungszusammenhänge) durch die Patientenakte ermöglicht es somit dem Rechner, angemessen auf die individuelle Situation des Patienten zu reagieren.

Konzeption und Modellbildung

Die genannten Anforderungen implizieren, daß eine über einen Patienten vorliegende Wissenspartition an beliebig vielen Kontexten innerhalb einer Patientenakte partizipieren kann. Die Abbildung aller über einen Patienten vorliegenden Informationen erfolgt daher durch (genau) einen markierten, attribuierten und gerichteten Graphen. Bei diesem Ansatz werden medizinische Ereignisse - wie die Durchführung eines diagnostischen Verfahrens oder die Applikation einer Infusion - durch markierte, attribuierte Knoten repräsentiert, während z.B. kausale Zusammenhänge und Konfliktkontexte durch gerichtete, markierte Kanten abgebildet werden (Abb. 1). Dieser Ansatz erleichtert die Navigation in der umfangreichen Patientenakte und ermöglicht die Konstruktion von Sichtweisen, die sich an den oben beschriebenen Kontextarten orientieren. Auch wird durch den Graph-Ansatz das Konzept der problemorientierten Krankenakte [3] unterstützt, da als Problem bewertete Wissensentitäten durch zusätzliche Kanten referenziert werden können und so auf Wunsch direkt für den Arzt zugänglich sind (Problemliste). Bei der Modellierung der Knoten kommen zudem *objektorientierte* Methoden zum Einsatz. Hierbei werden die Knotentypen sowohl in einer Vererbungshierarchie (z.B. therapeutisches Ereignis -> chemotherapeutisches Ereignis -> Infusion) organisiert als auch zusätzlich zu den Attributen (z.B. Dosierung) mit Operatoren versehen; jeder Knotentyp verwirklicht so das Prinzip des abstrakten Datentyps. Die Spezifikation der attribuierten Knotentypen erfolgt in ODL [4], einer weitgehend implementationsunabhängigen Objekt-Definitionssprache, die von den meisten namhaften Herstellern objektorientierter Datenbanken unterstützt wird.

Die Menge der zulässigen attribuierten Graphen wird durch eine Graphgrammatik beschrieben [5], die insbesondere die referentielle Integrität des Graphen gewährleistet. Bei diesem Ansatz, der in der Literatur auch als *Graph Grammar Engineering* bezeichnet wird [5, 6], läßt sich durch einen endlichen Satz von Graphproduktionsregeln formal beschreiben, wie aus einem Startgraphen sukzessive ein Patientengraph aufgebaut werden kann; insbesondere werden von der Grammatik *kontextsensitive* Produktionsregeln zur Abbildung von Kontexten bereitgestellt. Diese Graphproduktionen werden durch die weiter unten erläuterten interaktiven Werkzeuge zur Erfassung von Kontexten über eine wohldefinierte Schnittstelle aufgerufen. Der Ansatz der Graphgrammatik stellt gegenüber dem Entity-Relationship-Zugang einen grundsätzlich *dynamischen* Zugang zu dem Problem der zulässigen Graphen dar, während das E/R-Modell einen *statischen* Charakter hat. Letzteres vermag zwar zu beschreiben, wann genau ein Graph zulässig ist, nicht aber, wie komplexe kontextsensitive Strukturveränderungen vollzogen werden sollen.

Erfassung und Abfrage von patientenbezogenen Kontexten

Die Abbildung patientenbezogener Kontexte durch die elektronische Krankenakte setzt deren *Erfassung* voraus. Hierzu werden im Rahmen des TheMPO-Projektes derzeit mausbasierte graphische Erfassungswerkzeuge prototypisch realisiert, die es dem Arzt ermöglichen, der Akte interaktiv Kontexte mitzuteilen. Abb. 2 illustriert die Erfassung eines kausalen Kontextes, der die Absetzung des Zytostatikums *DDP* aufgrund einer beobachteten Neuropathie beschreibt. Hierzu markiert der Arzt mit der Maus zuerst die abzusetzende *DDP*-Verordnung und dann

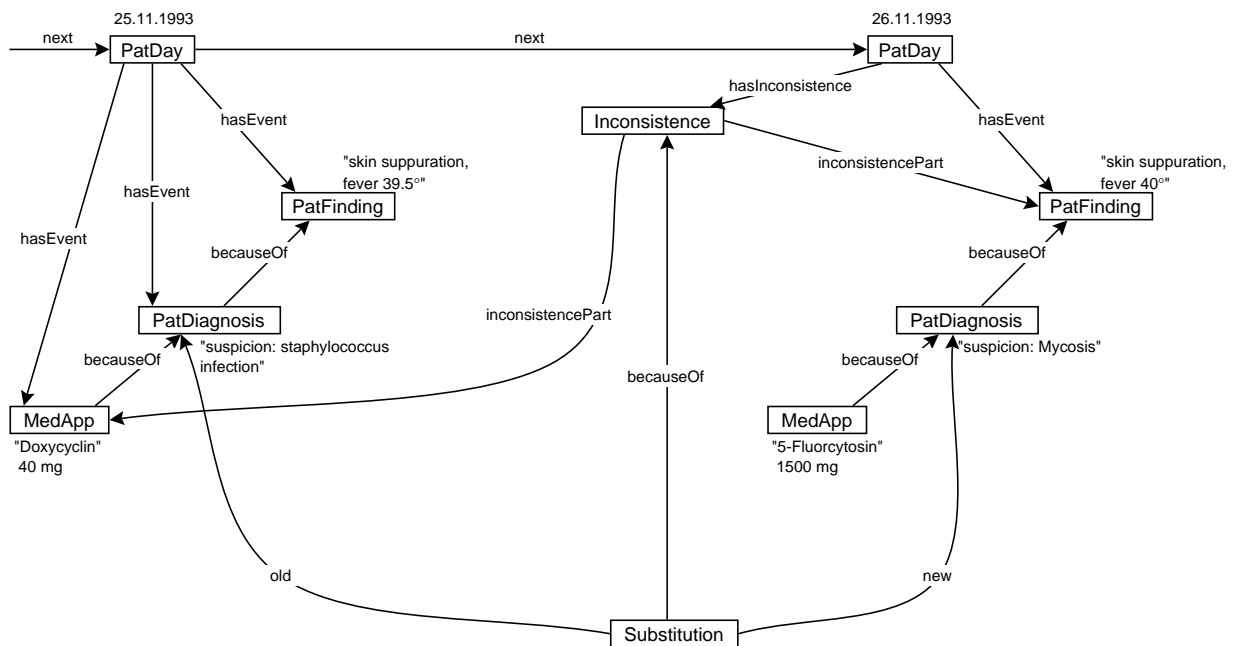


Abb. 1: Beispiel aus einem Patientengraphen. Dieser Teilgraph bildet die Tage 2 und 3 einer Infektion ab (am 24.11.1993 wurde erstmalig wegen der Befunde *Hauteiterung* (skin suppuration) und *Fieber* = 39.5° mit Doxycyclin behandelt). Am 26.11.1993 wird die Diagnose *Staphylokokken-Infektion* durch die Diagnose *Pilz-Infektion* ersetzt; begründet wird diese Revision, die durch den Substitution-Knoten repräsentiert wird, u.a. durch die Tatsache, daß die Doxycyclin-Medikation das Fieber und die Hauteiterung wider Erwarten nicht zurückdrängen konnte. Diese Konfliktsituation wird durch den Inconsistence-Knoten repräsentiert.

den Befund *Periphere Neuropathie (Grad 3)* in den entsprechenden Fenstern. Anschließend kann er in einem Auswahl-Menü spezifizieren, in welchem Kontext die mit der Maus markierten Wissensentitäten stehen (*Abbruch wegen ...*). Zur Spezifizierung patientenindividueller Heuristiken wird derzeit ein Regeleditor erstellt, der es dem Arzt erlaubt, unter Zuhilfenahme eines elektronisch gespeicherten Begriffslexikons und auswählbarer logischer und numerischer Operatoren nur individuell für einen bestimmten Patienten geltende Regeln zu definieren, die dann in dessen Akte abgebildet werden. Analog dazu erfolgt die *Abfrage* von Kontexten: durch graphische Werkzeuge kann der Mediziner auf dem Bildschirm z.B. ein dem Patienten appliziertes Medikament mit der Maus markieren und durch die Wahl des Menü-Punktes *wegen?* in einem PopUp-Menü den patientenbezogenen Begründungszusammenhang und damit den kausalen Kontext dieser Verordnung abfragen. Das Programm lädt dann selbständig diejenigen Fenster, die die begründenden Wissenspartitionen enthalten.

Realisierung

Die Implementierung der kontextsensitiven Patientenakte und des ihr zugrundeliegenden graph- und objekt-orientierten Modells erfolgt derzeit unter UNIX und der graphischen Benutzungsoberfläche NEXTSTEP. Die mausbasierten Werkzeuge zur interaktiven Erfassung und Abfrage von Kontexten werden durch die objektorientierte Sprache Objective-C und die unter NEXTSTEP verfügbaren, umfangreichen Graphik-Bibliotheken realisiert, die Implementierung des Kernmodells erfolgt durch C++ und das Datenbanksystem POET.

Diskussion und Ausblick

Globale Zielsetzung des vorgestellten Modells ist es, durch die explizite Abbildung von Kontexten die Behandlung komplexer Tumorerkrankungen des Kindesalters zu unterstützen. Die noch anstehende systematische klinische Erprobung der kontextsensitiven Patientenakte muß zeigen, wie differenziert Kontexte tatsächlich abzubilden sind, insbesondere ist in einer Evaluation die erforderliche Granularität des Patientengraphen zu bestimmen. Hierzu findet

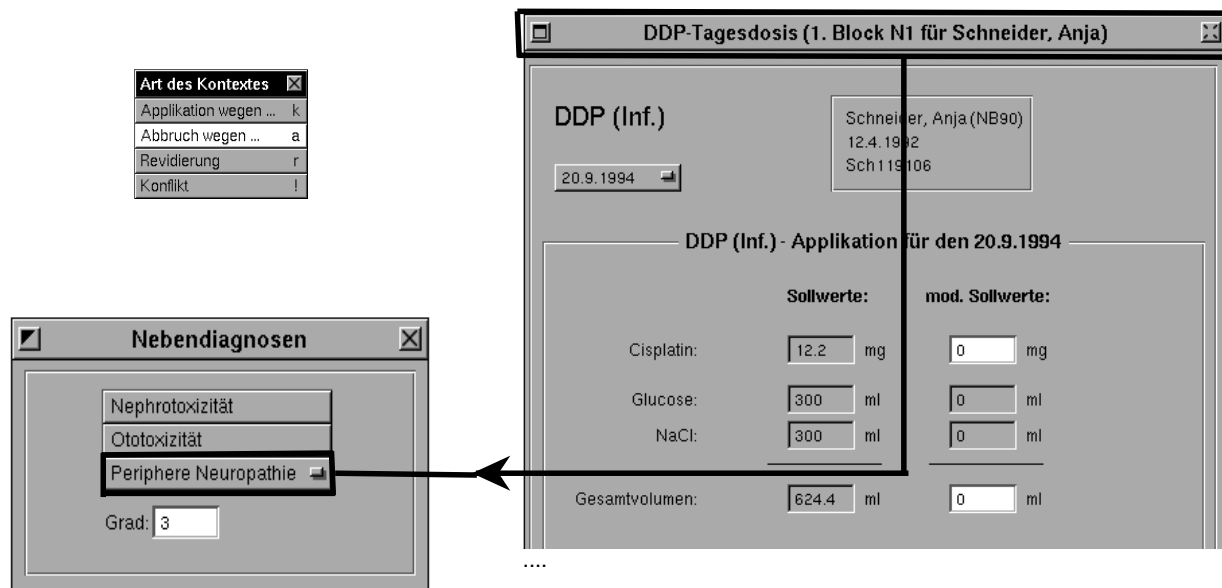


Abb. 2: Interaktive Erfassung eines Kontextes

derzeit auch der kontinuierliche Dialog mit den potentiellen Anwendern statt. Weitere geplante Schwerpunkte der Patientenakte im Rahmen des TheMPO-Projektes sind die Pflegedokumentation und die Integration der in der Pädiatrischen Onkologie verwendeten diagnostischen Schlüsselssysteme (ICD-O, TNM) zur Codierung der Basisdaten.

Literatur:

1. Dick, Richard S.; Steen, Elaine B.: *The Computer-Based Patient Record. An Essential Technology for Health Care*. Washington: National Academy Press 1991.
2. Enterline, John P.; Lenhard, Raymond E.; Blum, Bruce I.: *A Clinical Information System for Oncology*. New York: Springer Verlag 1989.
3. Weed, Lawrence. L.: *Medical Records, Medical Education, and Patient Care: The Problem-Oriented Record as a Basic Tool*. Chicago: Year Book Medical Publishers, Inc. 1971.
4. Cattell, R.G.G.: *The Object Database Standard: ODMG-93*. San Mateo (California): Morgan Kaufmann Publishers 1994.
5. Herbert Göttler. *Graphgrammatiken in der Software-Technik. Theorie und Anwendungen*. Berlin Heidelberg New York: Springer-Verlag 1988.
6. Manfred Nagl: *A Software Development Environment Based on Graph Technology*. In: Ehrig, H.; Nagl, M.; Rozenberg, G. (eds.): *Graph Grammars and Their Applications to Computer Science (LNCS 291)*. Berlin Heidelberg New York: Springer-Verlag 1987.
7. Kahn, M.G.; Fagan, M.; Tu, S.: *Extensions to the Time-Oriented Database Model to Support Temporal Reasoning in Medical Expert Systems*. *Methods of Information in Medicine* 30, 1991, 4-14.
8. Wiederhold, Gio: *Databases for Health Care*. New York: Springer Verlag 1981.
9. Hölzel, D.; Adelhard, K.; Eckel, R.: *Die elektronische Patientenakte. Eine Perspektive für Klinik-Kommunikations-Systeme und die Gesundheitsversorgung der Bevölkerung*. Landsberg: ecomed 1994.