

Aspekte einer prozessorientierten Systemarchitektur für Informationssysteme im Gesundheitswesen

R. Lenz, K. A. Kuhn

Institut für Medizinische Informatik
Philipps-Universität Marburg
Bunsenstraße 3
35037 Marburg
{lenzr|kuhn}@mailer.uni-marburg.de

Abstract: Der Behandlungsprozess eines Patienten ist in hohem Maße durch die Kooperation vieler Abteilungen und Fachdisziplinen gekennzeichnet. Gerade in solchen Umgebungen ist eine reibungslose Prozessunterstützung von großer Bedeutung. Im Gesundheitswesen setzen sich aber Workflowmanagementsysteme kaum durch, obwohl die Abläufe sich häufig ändern und damit eine Trennung von Ablauf und Anwendungslogik sinnvoll erscheint. Es stellt sich die Frage, wie der Behandlungsprozess eines Patienten sinnvoll durch IT unterstützt werden kann und wie eine solche Unterstützung am ehesten mit den heute verfügbaren Anwendungen und Werkzeugen umgesetzt werden kann. Zur Beantwortung dieser Frage werden in diesem Papier behandlungsunabhängige generische Prozessmuster und behandlungsspezifische Leitlinien und Pfade unterschieden.

1 Einleitung

Seit mehr als 20 Jahren wird bereits gefordert, dass Unternehmen ihre Organisation statt an funktionellen Hierarchien an den eigentlich zentralen Geschäftsprozessen orientieren sollen (vgl. [Ga83]). Ebenso wird die Prozessorientierung, d. h. die Orientierung am Behandlungsprozess des Patienten für Organisationen im Gesundheitswesen gefordert. Stichworte wie „Continuity of Care“ und „Patientenzentrierte Behandlung“ sind seit über 50 Jahren in der Fachliteratur zu finden, ihre Bedeutung hat in jüngster Zeit durch die Betonung einer institutionsübergreifenden „Integrierten Versorgung“ stark zugenommen. Eine fundamentale Reorganisation hat jedoch bis heute nicht stattgefunden, obwohl die Forderung nach bewußter Optimierung der Durchgängigkeit des Behandlungsprozesses nicht nachgelassen hat. Ein hoher Anteil der Fehler in der Medizin ist auf unzureichende Kommunikation zurückzuführen – genauer gesagt: auf fehlende Information und/oder fehlendes Wissen (vgl. [KCD00, LPC98] u. a.). Gerade durch den Einsatz der Informationstechnologie verspricht man sich Besserung (z. B. [Ba00, Bh98, BOB⁺94]). Wie die IT-Unterstützung des Behandlungsprozesses allerdings aussehen soll, insbesondere wie eine prozessorientierte Architektur für Informationssysteme im Gesundheitswesen aussehen soll, darüber gehen die Meinungen auseinander. Zunächst einmal wird im Gesundheitswesen gefordert, was

in jeder anderen Organisation auch gefordert wird: einmal erfasste Informationen sollen nach Möglichkeit an anderer Stelle im Rahmen des Behandlungsprozesses wiederverwendet werden können, und dabei sollen Medienbrüche vermieden werden. Wie der Behandlungsprozess sich allerdings im Einzelnen gestaltet, hängt sehr stark von medizinischem Expertenwissen und situationsbezogenen Entscheidungen ab. Eine Verbesserung der Behandlungsqualität verspricht man sich daher auch damit, im Rahmen des Behandlungsprozesses zielgerichtet aktuelles medizinisches (evidenzbasiertes) Wissen zum Kontext der verfügbaren patientenbezogenen Informationen bereitzustellen. Wie sieht also nun eine entsprechende „prozessorientierte Architektur“ aus, die beide Aspekte berücksichtigt? Bevor diese Frage beantwortet werden kann, ist es notwendig, die Eigenschaften medizinischer Prozesse genauer zu betrachten. Nachfolgend werden dazu generische Prozessmuster und behandlungsspezifische Pfade unterschieden.

2 Generische Prozessmuster

Die IT-Architektur in vielen großen Krankenhäusern ist sehr stark durch heterogene Abteilungssysteme geprägt, die i. d. R. auf die Unterstützung einzelner Fachdisziplinen (z. B. Radiologie, Kardiologie oder Pathologie) ausgerichtet sind. Die Notwendigkeit, die Daten die in diesen Systemen erzeugt werden, zu einer übergeordneten einheitlichen Sicht auf den Patienten zusammenzuführen und damit auch den abteilungsübergreifenden Behandlungsprozess zu unterstützen, hat zur Entwicklung standardisierter Datenaustauschformate geführt. Als führender und weitgehend auch von den Herstellern anerkannter Standard hat sich HL7 („Health Level 7“, [HBD99]) etabliert. Im Rahmen von HL7 wird festgelegt, welche Daten bei bestimmten klinischen Ereignissen auszutauschen sind (z. B. Aufnahme, Verlegung, Entlassung, Leistungsanforderung, Befundübermittlung etc.). Durch die Orientierung an HL7 wird eine gewisse semantische Kompatibilität der Daten aus den zu integrierenden Teilsystemen erreicht. Diese Kompatibilität betrifft aber nur die Daten, die zur organisatorischen Koordination der kommunizierenden Abteilungen notwendig sind – nicht die medizinischen Inhalte der ausgetauschten Nachrichten. Die IT-Unterstützung abteilungsübergreifender Abläufe beschränkt sich damit auf immer wiederkehrende organisatorische Grundmuster, wie Auftragserteilung und Befundrückübermittlung (vgl. [SS94]). Am weitesten ist die Standardisierung hier im Bereich der Bilddatenkommunikation vorangeschritten: Für den Umgang mit medizinischen Bilddaten hat sich der Standard DICOM [BHPS97] etabliert. Trotz Standardisierung von DICOM und HL7 bereitet die Integration von Radiologieinformationssystemen (RIS), Bildarchivierungssystemen (PACS), bildgebenden Modalitäten (z. B. MRT, CTG etc.) in ein Krankenhausinformationssystem immer noch erheblichen Aufwand. Grund dafür sind unterschiedliche Interpretationen der Standards durch verschiedene Hersteller, aber vor allem auch die fehlende Berücksichtigung der Notwendigkeit einer funktionalen Integration im Rahmen der Standards (d. h. das sinnvolle (semantische) Zusammenwirken der Komponenten eines verteilten Systems). Hier setzt die Initiative IHE („Integrating the Healthcare Enterprise“, [Ve02]) an: IHE definiert basierend auf den bestehenden Standards HL7 und DICOM sogenannte Integrationsprofile, die eine produktunabhängige Spezifikation von Aktoren und

Transaktionen und deren Zusammenspiel beinhalten. Diese Integrationsprofile können einem Programmierer als (semantische!) Referenz für die funktionale Eingliederung eines Softwareprodukts in eine IHE-konforme Systemarchitektur dienen. Die Integrationsprofile sind z. T. durchaus komplex, sie beziehen sich aber auch ausschließlich auf generische, immer wiederkehrende Kommunikationsmuster und nicht auf den medizinischen Behandlungsprozess. Das übergeordnete Integrationsprofil „IHE scheduled workflow“ legt dabei genau die im Rahmen der Bildkommunikation erforderlichen Schritte fest (Anforderung, Erzeugung, Befundung, Notifikation etc.). Erst durch diese Festlegung wird die funktionale Integration unabhängig entwickelter Teilsysteme möglich. Ein Workflow-Management – in dem Sinne, dass die Prozesslogik von der Anwendungslogik getrennt wird, mit dem Ziel die Prozesse unabhängig von der Anwendung ändern zu können – gibt es auf der Ebene der hier betrachteten standardisierten Prozessmuster nicht.

3 Leitlinien und Pfade

Der eigentliche diagnostisch-therapeutische Prozess ist im Gegensatz zu den bislang betrachteten Kommunikationsmustern alles andere als statisch und fix. Eine Vielzahl von Faktoren beeinflusst die medizinische Entscheidungsfindung, und die dazu notwendige Information geht weit über das hinaus, was im Rahmen der Standards für den klinischen Datenaustausch an strukturierter Information vorliegt. Die Entwicklung von Leitlinien hat zum Ziel, eine wissenschaftlich fundierte und ökonomisch angemessene ärztliche Vorgehensweise zu fördern und unerwünschte Qualitätsschwankungen im Bereich der ärztlichen Versorgung zu vermindern [GGC⁺01]. Leitlinien der medizinischen Versorgung („clinical practice guidelines“) sind systematisch entwickelte Feststellungen („statements“) mit dem Ziel, die Entscheidungen von Ärzten und Patienten über eine angemessene Gesundheitsversorgung für spezifische klinische Situationen zu unterstützen (vgl. [Bu97]). Kern der Leitlinienentwicklung ist der Konsensfindungsprozess der medizinischen Experten, hinzu kommen Evidenzbasierung und Ergebnisorientierung. Zwischen der Entwicklung von Leitlinien und ihrer Umsetzung in die medizinische Praxis besteht aber eine große Lücke [GGC⁺01, SMET04]. Inwiefern die IT zur Schließung dieser Lücke beitragen kann, ist seit vielen Jahren Gegenstand der Forschung in der Medizinischen Informatik (z. B. [SMET04, BKW⁺03, MZP⁺03]).

Behandlungspfade werden vielfach als Basis zur Umsetzung von Leitlinien angesehen [Sc94] und werden auch häufig mit diesen verwechselt. Anders als Leitlinien beziehen klinische Pfade die Organisation und die Zeitachse mit ein: Behandlungspfade beschreiben die geregelte arbeitsteilige Vorgehensweise in einer konkreten Organisation zur Abwicklung wiederkehrender Behandlungsmuster mit dem Ziel einer Optimierung von Behandlungsqualität und Ressourceneinsatz. Im Gegensatz zu den generischen Prozessmustern, die beispielsweise im Rahmen der IHE-Integrationsprofile betrachtet werden, handelt es sich hierbei aber um konsensbedürftige Vorgehensweisen. Im Unterschied zu Leitlinien, die einer Konsentierung auf wissenschaftlicher Expertenebene bedürfen, erfordern Behandlungspfade eine Konsentierung auf der Ebene der Prozessbeteiligten in einer konkreten Organisation.

4 IT-Unterstützung von Leitlinien und klinischen Pfaden

Eine erfolgreiche IT-Unterstützung von Leitlinien konnte bislang vor allem durch den Einsatz von Erinnerungshinweisen nachgewiesen werden [SLBC99]. Eine bloße Präsentation einer komplexen Leitlinie, selbst wenn sie im richtigen Kontext angeboten wird, hat bislang kaum Verbesserungen erzielen können [MZP⁺03]. Erinnerungshinweise sind aber nur dann sinnvoll zu implementieren, wenn die notwendigen Informationen auch in strukturierter Form zur Verfügung stehen bzw. erfasst werden. Behandlungspfade können zur elektronischen Unterstützung von Leitlinien beitragen, indem sie die routinemäßige Erfassung der für die Entscheidungsunterstützung notwendigen Informationen regeln. Dabei ist vor allem zu beachten, dass jeder zusätzlich anfallende Dokumentationsaufwand so gering wie möglich gehalten wird [BKW⁺03]. Im Rahmen von Behandlungspfaden kann die notwendige Dateneingabe u. U. durch vordefinierte Checklisten bis zu einem gewissen Grad reduziert werden. Wesentliches Kriterium für eine erfolgreiche Umsetzung von Leitlinien und Behandlungspfaden in der klinischen Praxis ist allerdings die geeignete Einbettung in den klinischen Ablauf [BKW⁺03, MZP⁺03].

Zur IT-Unterstützung von Leitlinien wurde bereits eine Reihe von Ansätzen entwickelt die eine formale Repräsentation von medizinischem Wissen ermöglichen. Die Bandbreite umfasst u. a. Regelspezifikationssprachen (Arden Syntax [JHS⁺95]), auf Ablaufdiagrammen basierende Formate mit mehreren Abstraktionsstufen zur Spezifikation von Leitlinien (GLIF [OMGM⁺98, PBO⁺00]), formale bzw. deklarative Wissensrepräsentationssprachen (PROforma [FJR98]) und komponentenbasierte Ansätze auf der Basis erweiterbarer Ontologien (EON [Mu98]). Vergleichende Übersichten sind in der Literatur zu finden [dCBKH04, PTB⁺03]. Ziel einer standardisierten Repräsentation medizinischen Wissens ist u. a. die Wiederverwendbarkeit und Übertragbarkeit zwischen Informationssystemen in verschiedenen Organisationen. Versuche in dieser Richtung haben aber gezeigt, dass hierbei vor allem ein Integrationsproblem zu lösen ist: Formalisierte Regeln und Leitlinien beziehen sich immer auf strukturierte medizinische Informationen, die aus den operativen medizinischen Systemen zu beziehen sind. Bei vorformulierten Regeln entsteht dabei ein Schemaintegrationsproblem, das zur Folge hat, dass vorhandene Informationen in semantisch korrekter Weise abzubilden sind, und dass die operativen Systeme ggf. zur Aquirierung fehlender Informationen ergänzt werden müssen (vgl. [PH93]). Darüber hinaus ist auch ein Integrationsproblem auf Instanzebene zu lösen: Es muss sichergestellt sein, dass die Mediziner zur strukturierten Dokumentation geeignete Bezeichnungen verwenden, die auch den in den Regeln verwendeten Begriffen automatisch und semantisch korrekt zugeordnet werden können. Dazu ist i. d. R. ein kontrolliertes Vokabular erforderlich. Für die IT-Unterstützung von Behandlungspfaden aber auch bereits für eine Ableitung von Warnhinweisen aus der Problemliste eines Patienten wäre ein solches kontrolliertes Vokabular von hoher Bedeutung. In Deutschland werden allerdings derzeit nur vergrößernde Klassifikationen als terminologische Standards eingesetzt.

5 Prozessorientierte Systemarchitekturen im Gesundheitswesen

Nach den obigen Ausführungen lassen sich einige Anforderungen an eine prozessorientierte Architektur für Informationssysteme im Gesundheitswesen präzisieren:

- Die Informationsbereitstellung am „point of care“ muss der abteilungsübergreifenden Natur der Abläufe gerecht werden. Um Medienbrüche zu vermeiden sind entweder integrierte Systeme oder semantisch kompatible Komponenten erforderlich. Die semantische Kompatibilität umfasst dabei insbesondere auch die funktionale Integration.
- Die Unterstützung von Behandlungspfaden erfordert vor allem die Umsetzung einer organisationsspezifischen Konsentierung. Da dies ein kontinuierlicher Optimierungsprozess ist, sollte eine geeignete IT-Infrastruktur eine entsprechend kontinuierliche Erweiterbarkeit ermöglichen. Diese Erweiterbarkeit sollte möglichst in der Hand der betreffenden Organisation bleiben und vom betroffenen Personal maßgeblich gesteuert werden. Dazu ist es sinnvoll, (idealerweise für den Endanwender) geeignete Werkzeuge zur Spezifikation von Pfaden bereitzustellen, die beispielsweise eine graphische Darstellung von Abläufen beinhalten.
- Eine geeignete IT-Infrastruktur zur Unterstützung von Regeln und Leitlinien sollte es ermöglichen, medizinisches Wissen formal zu hinterlegen und mit patientenbezogener Information zu verknüpfen. Dies erfordert ein Mindestmaß an semantischer Kontrolle. Zur Vermeidung des Integrationsproblems sollten insbesondere Werkzeuge bereitgestellt werden, die es ermöglichen, bei der Formulierung von Regeln und Leitlinien auf medizinische Konzepte Bezug zu nehmen, die in den operativen Systemen bereits erfasst werden. Ebenso sollte auch eine Erweiterung der operativen Systeme um zusätzliche strukturierte Erfassung möglich sein, damit die Fortschreibung von Regeln und Leitlinien möglich wird. Dies erfordert vor allem die Möglichkeit zur Fortschreibung (bzw. Versionierung) der Ontologie und der kontrollierten Terminologie, auf die in Regeln und Leitlinien Bezug genommen wird.

Heutige, am Markt verfügbare Systeme sind von einer entsprechenden prozessorientierten Architektur meist noch weit entfernt, so dass eine konkrete Realisierung auf Kompromisse angewiesen ist, die den Aufwand zur Integration heterogener Komponenten minimieren und gleichzeitig eine bedarfsorientierte Systemevolution ermöglichen.

Literatur

- [Ba00] Bates, D. W.: Using information technology to reduce rates of medication errors in hospitals. *BMJ*. 320(7237):788–791. 2000.
- [Bh98] Bhasale, A.: The wrong diagnosis: identifying causes of potentially adverse events in general practice using incident monitoring. *Fam Pract*. 15(4):308–318. 1998.
- [BHPS97] Bidgood, W. D., Horii, S. C., Prior, F. W., und Syckle, D. E. V.: Understanding and using DICOM, the data interchange standard for biomedical imaging. *J Am Med Inform Assoc*. 4(3):199–212. 1997.
- [BKW⁺03] Bates, D. W., Kuperman, G. J., Wang, S., Gandhi, T., Kittler, A., Volk, L., Spurr, C., Khorasani, R., Tanasijevic, M., und Middleton, B.: Ten commandments for effective clinical decision support: making the practice of evidence-based medicine a reality. *J Am Med Inform Assoc*. 10(6):523–530. 2003.
- [BOB⁺94] Bates, D. W., O’Neil, A. C., Boyle, D., Teich, J., Chertow, G. M., Komaroff, A. L., und Brennan, T. A.: Potential identifiability and preventability of adverse events using information systems. *J Am Med Inform Assoc*. 1(5):404–411. 1994.
- [Bu97] Bundesärztekammer, Kassenärztliche Bundesvereinigung: Beurteilungskriterien für Leitlinien in der medizinischen Versorgung. *Dtsch Ärztebl*. S. A–2154–5, B–1622–3, C–1754–5. 1997.
- [dCBKH04] de Clercq, P. A., Blom, J. A., Korsten, H. H., und Hasman, A.: Approaches for creating computer-interpretable guidelines that facilitate decision support. *Artif Intell Med*. 31(1):1–27. 2004.
- [FJR98] Fox, J., Johns, N., und Rahmzadeh, A.: Disseminating medical knowledge: the proforma approach. *Artif Intell Med*. 14(1-2):157–181. 1998.
- [Ga83] Gaitanides, M.: *Prozeßorganisation. Entwicklung, Ansätze und Programme prozeßorientierter Organisationsgestaltung*. Vahlen. München. 1983.
- [GGC⁺01] Gross, P. A., Greenfield, S., Cretin, S., Ferguson, J., Grimshaw, J., Grol, R., Klazinga, N., Lorenz, W., Meyer, G. S., Riccobono, C., Schoenbaum, S. C., Schyve, P., und Shaw, C.: Optimal methods for guideline implementation: conclusions from leeds castle meeting. *Med Care*. 39(8 Suppl 2):II85–II92. 2001.
- [HBD99] Heitmann, K. U., Blobel, B., und Dudeck, J.: *HL7 – Kommunikationsstandard in der Medizin*. Verlag Alexander Mönch. Köln. 1999.
- [JHS⁺95] Jenders, R. A., Hripcsak, G., Sideli, R. V., DuMouchel, W., Zhang, H., Cimino, J. J., Johnson, S. B., Sherman, E. H., und Clayton, P. D.: Medical decision support: experience with implementing the Arden Syntax at the Columbia-Presbyterian Medical Center. *Proc Annu Symp Comput Appl Med Care*. S. 169–173. 1995.
- [KCD00] Kohn, L. T., Corrigan, J. M., und Donaldson, M. S.: *To Err Is Human. Building a Safer Health System*. National Academy Press. Washington, D.C. 2000.
- [LPC98] Lazarou, J., Pomeranz, B. H., und Corey, P. N.: Incidence of adverse drug reactions in hospitalized patients: a meta-analysis of prospective studies. *JAMA*. 279(15):1200–1205. 1998.
- [Mu98] Musen, M. A.: Domain ontologies in software engineering: use of Protegé with the EON architecture. *Methods Inf Med*. 37(4-5):540–550. 1998.

- [MZP⁺03] Maviglia, S. M., Zielstorff, R. D., Paterno, M., Teich, J. M., Bates, D. W., und Kuperman, G. J.: Automating complex guidelines for chronic disease: lessons learned. *J Am Med Inform Assoc.* 10(2):154–165. 2003.
- [OMGM⁺98] Ohno-Machado, L., Gennari, J. H., Murphy, S. N., Jain, N. L., Tu, S. W., Oliver, D. E., Pattison-Gordon, E., Greenes, R. A., Shortliffe, E. H., und Barnett, G. O.: The guideline interchange format: a model for representing guidelines. *J Am Med Inform Assoc.* 5(4):357–372. 1998.
- [PBO⁺00] Peleg, M., Boxwala, A. A., Ogunyemi, O., Zeng, Q., Tu, S., Lacson, R., Bernstam, E., Ash, N., Mork, P., Ohno-Machado, L., Shortliffe, E. H., und Greenes, R. A.: GLIF3: the evolution of a guideline representation format. *Proc Amia Symp.* S. 645–649. 2000.
- [PH93] Pryor, T. A. und Hripcsak, G.: Sharing MLM's: an experiment between Columbia-Presbyterian and LDS hospital. *Proc Annu Symp Comput Appl Med Care.* S. 399–403. 1993.
- [PTB⁺03] Peleg, M., Tu, S., Bury, J., Ciccarese, P., Fox, J., Greenes, R. A., Hall, R., Johnson, P. D., Jones, N., Kumar, A., Miksch, S., Quaglini, S., Seyfang, A., Shortliffe, E. H., und Stefanelli, M.: Comparing computer-interpretable guideline models: a case-study approach. *J Am Med Inform Assoc.* 10(1):52–68. 2003.
- [Sc94] Schriefer, J.: The synergy of pathways and algorithms: two tools work better than one. *Jt Comm J Qual Improv.* 20(9):485–499. 1994.
- [SLBC99] Shiffman, R. N., Liaw, Y., Brandt, C. A., und Corb, G. J.: Computer-based guideline implementation systems: a systematic review of functionality and effectiveness. *J Am Med Inform Assoc.* 6(2):104–114. 1999.
- [SMET04] Shiffman, R. N., Michel, G., Essaihi, A., und Thornquist, E.: Bridging the guideline implementation gap: A systematic, document-centered approach to guideline implementation. *J Am Med Inform Assoc.* 2004.
- [SS94] Sittig, D. F. und Stead, W. W.: Computer-based physician order entry: the state of the art. *J Am Med Inform Assoc.* 1(2):108–123. 1994.
- [Ve02] Vegoda, P.: Introducing the IHE (Integrating the Healthcare Enterprise) concept. *J Healthc Inf Manag.* 16(1):22–24. 2002.