

IT-basierte Integration in medizinischen Versorgungsnetzen

Mario Beyer¹, Klaus A. Kuhn¹, Christian Meiler², Stefan Jablonski² und Richard Lenz¹

¹ Philipps-Universität Marburg, Institut für Medizinische Informatik, Bunsenstr. 3, D-35033 Marburg.

{beyerm|kuhn|lenzr}@med.uni-marburg.de

² Friedrich-Alexander-Universität Erlangen, Lehrstuhl für Informatik 6, Martensstr. 3, D-91058 Erlangen.

{christian.meiler|stefan.jablonski}@informatik.uni-erlangen.de

Zusammenfassung. Die Versorgung von Patienten entwickelt sich zunehmend zu einem institutionsübergreifenden Behandlungsprozess. Daraus entsteht ein Bedarf für Informationssysteme, die geeignet sind, Prozesse im Versorgungsnetz angemessen zu unterstützen. Solche Systeme haben ein hohes Potential zur Verbesserung der Qualität. In dem Forschungsprojekt „Grundlagen prozessorientierter Informationssysteme im Krankenhaus und im Versorgungsnetz“ wurden die Anforderungen an solche Systeme untersucht. Dabei wurden Flexibilität, Erweiterbarkeit und Integration als zentrale Eigenschaften einer Systemarchitektur identifiziert. Dieser Artikel beschreibt funktionale Aspekte für eine Architektur und diskutiert die verschiedenen Aspekte bei der Integration von Daten heterogener Systeme. Ein Schwerpunkt liegt auf der Behandlung semantischer Inkompatibilität, wozu ein Abstraktionskonzept skizziert wird, das einen kaskadierten Ausbau der semantischen Kompatibilität verschiedener Teilnehmersysteme ermöglichen und damit falls nötig eine weitgehend ontologieunabhängige Verarbeitung von Dokumenten erlauben soll.

1 Einleitung

1.1 Grundlagen und Zielsetzung

Die fortschreitende Bildung von regionalen Gesundheitsnetzwerken, in denen sich Kliniken und Arztpraxen zusammenschließen, stellt hohe Anforderungen an Informationssysteme, wie eine institutionsübergreifende Unterstützung des Versorgungsprozesses und eine starke Integration von Systemen [1].

Diverse Studien [2–5] zur Natur und Vermeidbarkeit von Fehlern in der Medizin belegen den Stellenwert von Gesundheitsinformationssystemen zur Unterstützung von Ärzten und zur Verbesserung der Versorgungsqualität. Fehler treten häufig auf, sind oft aber vermeidbar. Die Ursachen sind nicht in den Fehlern selbst, sondern bereits in den zugrunde liegenden Systemen und Strukturen zu suchen. Einen hohen Anteil besitzen Unterlassungsfehler, als Hauptursachen

konnten die hohe Komplexität in der Medizin in Verbindung mit mangelnder Informationsverfügbarkeit identifiziert werden [6]. Vor allem bei einem Wechsel der behandelnden Institution treten starke Defizite im Informationsfluss auf, wodurch in verteilten Behandlungsprozessen ein hohes Gefahrenpotential liegt. Besonders im Versorgungsnetz ist daher ein starkes Potential für Verbesserungen durch Informationssysteme gegeben. [7]

Die aktuelle IT-Infrastruktur besteht allerdings aus einer Vielzahl unabhängiger und oft inkompatibler Systeme, die die Diskontinuität unterstützen [1]. Ziel des DFG-geförderten Projekts „Grundlagen prozessorientierter Informationssysteme im Krankenhaus und im Versorgungsnetz“ ist es daher, eine geeignete Architektur für ganzheitliche Informationssysteme zur prozessorientierten Unterstützung des Versorgungsnetzes zu erstellen. Im Folgenden wird die im Rahmen dieses Projekts durchgeführte Analyse der Anforderungen an ein Informationssystem von der Seite der Anwender beschrieben, von der auf die technischen und funktionalen Anforderungen an eine solche Architektur abstrahiert wird. Als zentrale Problemstellung tritt die Integration inkompatibler Systeme in den Vordergrund, die verschiedene Formen von Lösungsansätzen erfordert.

1.2 Kommunikationsstandards und verwandte Projekte

Die Datenkommunikation in der Medizin erfolgt heute nach verschiedenen nachrichtenbasierten Standards. Im klinischen Bereich ist HL7 („Health Level 7“) weit verbreitet. Dazu kommen DICOM („Digital Imaging and Communications in Medicine“) und EDIFACT („Electronic Data Interchange For Administration, Commerce and Transport“). Arztpraxen verwenden jedoch andere Standards wie die xDT-Familie, z. B. BDT („Befunddatenträger“) oder LDT („Labordatenträger“). Die unterschiedlichen Standards erschweren die Kommunikation zwischen Kliniken und Praxen deutlich.

Die Menge der maßgeblichen Standards unterliegt einer laufenden Veränderung. Viele Formate werden derzeit im Hinblick auf XML überarbeitet. Version 3 von HL7 wird ein Referenzmodell (RIM, „Reference Information Model“) umfassen; mit CDA („Clinical Document Architecture“; eine Architektur zur Definition klinischer Dokumente auf verschiedenen Abstraktionsebenen, vgl. Abschn. 4) soll der Übergang von nachrichtenbasierten zu dokumentenbasierten Systemen erfolgen. Das deutsche Projekt SCIPHOX (www.sciphox.de), das ursprünglich HL7 und xDT verknüpfen sollte, beschäftigt sich mit einer konkreten Ausgestaltung der CDA und hat bereits einige Definitionen für bestimmte Anwendungsfälle erstellt.

Bekanntere deutsche Projekte, die den sicheren Datentransport (weitgehend unabhängig von dessen Inhalt) adressieren, sind VCS und D2D. Darüber hinaus gibt es zahlreiche industrielle Kommunikationsanbieter, die jedoch meist proprietäre Datenformate verwenden. Oft wird bei Vernetzungsprojekten einem schnellen, zielgerichteten Einsatz der Vorzug vor einem ganzheitlichen Vorgehen gegeben.

Vom Ansatz her mit dem hier vorgestellten Projekt verwandt ist das EU-Projekt PICNIC (picnic.euspirit.org), welches ebenfalls versucht, eine flexible

Kommunikationsarchitektur mit austauschbaren Komponenten zu entwerfen und zu implementieren. Dort werden zwei Schichten definiert mit domänenspezifischen und -unabhängigen Komponenten, die auf bestehenden Transportmechanismen beruhen und auf denen Applikationen aufgebaut werden sollen. Allerdings wird nicht diskutiert, welche Anforderungen dem zugrunde liegen, auch die Integrationsproblematik wird nicht näher adressiert.

Verschiedene deutsche Studien bestätigen die Notwendigkeit von Versorgungsnetzen, plädieren aber dabei auf eine gesetzliche Normierung von Standards zur Vereinfachung der Integrationsproblematik [8], wobei die Integration von vorhandenen Systemen oder Standards weitgehend ignoriert wird.

2 Anforderungsanalyse

Für die Entwicklung einer IT-Infrastruktur gelten verschiedenste Rahmenbedingungen (technisch, politisch etc.), die teilweise häufigen Änderungen unterworfen sind. Für ein praktikables und akzeptiertes System sind vor allem aber die Anforderungen seitens der Anwender wichtig. Daher wurden in der ersten Projektphase die bestehende Fachliteratur daraufhin untersucht und strukturierte Interviews mit Niedergelassenen und Klinikärzten geführt.

Die Literatur hat sich in den vergangenen Jahren eingehend mit Bedarf und Ansprüchen an Informationssysteme befasst. Als zentrale Problemfelder werden die Integration heterogener Teilsysteme (woraus die Notwendigkeit zu offenen Systemen, aber auch gemeinsamen Ontologien und Standards erwächst), Adaptierbarkeit an unterschiedliche Prozesse und Bedingungen sowie eine Reihe von soziotechnischen Aspekten aufgeführt. Bedarf und Potential werden vor allem im Versorgungsnetz deutlich:

- Entlassbriefe nach einer Klinikbehandlung waren nur in 15% der Nachbehandlungsbesuche [9] und 27% der Fälle [10] verfügbar. Bei Vorliegen wurde ein signifikant niedrigeres Rehospitalisierungsrisiko festgestellt. [9]
- In 26% der Entlassbriefe fehlten wichtige Informationen [11], 36% waren nach [10] nicht korrekt.
- Die Mehrheit der entlassenen Patienten haben noch offene medizinische Probleme. 49% erlebten dabei Kontinuitätsprobleme, die zum Teil zu einem erhöhten Rehospitalisierungsrisiko führten. [12]

Die Ergebnisse der Arztinterviews korrelieren stark mit der Literatur. Als Hauptprobleme werden ein unzureichender Informationsfluss (mangelhafte oder nicht verfügbare Daten, fehlende Vorbereitung, schwierige Kontaktaufnahme) zwischen Klinik und niedergelassenen Ärzten sowie eine schlechte Koordination (vor allem zwischen Institutionen, führt zu langen Wartezeiten und hohen Latenzen) genannt. Darauf aufbauend formulierten die Befragten Ihre Anforderungen an eine IT-Unterstützung. Elementar sind die elektronische Erstellung und Übermittlung von Arztbriefen und Befunden bzw. die Verfügbarkeit von Patientendaten (z. B. elektronische Patientenakte). Weiter hilfreich wären elektronisch unterstützte Auftragserstellung, Terminplanung, Pfade, Disease-Management-Programme und der Zugriff auf Fachwissen.

3 Funktionale Aspekte

Aufgrund der hohen Dynamik in der Medizin kann die Liste der Anforderungen nicht vollständig und allgemeingültig sein. Daraus erwachsen aber gerade die im Hinblick auf die Systemarchitektur zentralen Anforderungen *Integrationsfähigkeit*, *Anpassbarkeit* und *Erweiterbarkeit*. Letztere kann über die Kapselung von Funktionalität in Komponenten erreicht werden. Zur Beschränkung des Entwicklungsaufwands sind möglichst generische Komponenten sinnvoll, was eine Schichtenarchitektur aus domänenspezifischen und -unspezifischen Komponenten motiviert.

Zur Identifikation und Dokumentation der Dienste wurden von den Anforderungen ausgehend mit einer Anwendungsfallanalyse typische Kommunikationsmuster identifiziert. Diese enthalten eine strukturierte Beschreibung des Anwendungskontextes ergänzt um ein UML-Aktivitätsdiagramm. Das Abstraktionsniveau ist so gewählt, dass eine hohe Allgemeingültigkeit erreicht wird.

Die Komplexität und Änderungshäufigkeit von Prozessen in Versorgungsnetzen erfordert einfach konfigurierbare Systeme. Zur Spezifikation von Prozessen ist vor allem Wissen der Anwendungsdomäne notwendig, was eine enge Zusammenarbeit zwischen Experten aus Medizin und Informatik in den Entwicklungsprozessen erfordert [13]. Dafür bieten sich graphische Prozessmodelle mit hoher Verständlichkeit und guter Kommunizierbarkeit an. Über ein entsprechendes Modellierungswerkzeug können die eingeführten Kommunikationsmuster an die konkreten Projektbedingungen angepasst und notwendige Informationen ergänzt werden. Das verwendete Modellierungswerkzeug verfolgt dabei einen aspektorientierten Modellierungsansatz, der ursprünglich für Workflow-Managementsysteme konzipiert wurde. Mittels des aspektorientierten Ansatzes [14] können wir flexibel die Datenlogistik in Versorgungsnetzen modellieren und anschließend zur Ausführung in einem XML-Format exportieren und zur Konfiguration unserer Architektur verwenden. Als Basis hierzu dient ein Prozessmetamodell in XML-Schema.

4 Integration

Neben den Anwendungsanforderungen muss ein Informationssystem im Versorgungsnetz eine umfassende Integration der vorliegenden heterogenen Systemlandschaft ermöglichen. Dabei sind vor allem Dateninkompatibilitäten auf verschiedenen inhaltlichen Ebenen (vgl. [15]) zu behandeln, die entsprechende Konzepte erfordern.

4.1 Datenintegration

Syntaktische Kompatibilität Daten können auf verschiedene Weise repräsentiert werden. Dafür wird eine syntaktische Transformation nötig. Die Verwendung von XML würde hier mit seinen vielseitigen Erweiterungen (wie XMLSchema, XSLT) mächtige Instrumente für Datenmanagement und

-konvertierung zur Verfügung stellen, ohne dass dadurch die Austauschbarkeit oder Plattformunabhängigkeit eingeschränkt würden.

Ontologische Kompatibilität Semantische Heterogenität auf Typebene ist bereits in den Anwendungen angelegt, z. B. durch das verwendete Datenbankschema. Eine nachträgliche Anpassung inkompatibler Datenbankschemata ist ein schwieriges Integrationsproblem und oft ohne Eingriffe in die Datenbankschemata nicht lösbar [16, 17]. Diese Inkompatibilität kann nur durch Einigung auf gemeinsame Ontologien beseitigt werden, allerdings existieren bereits viele inkompatible Standards. In Kliniken ist das nachrichtenbasierte HL7, das die Semantik der auszutauschenden Daten definiert, der De-Facto-Standard, wodurch die Integration zum Teil vereinfacht wird. Aber auch hier existieren Inkompatibilitäten durch unvollständige Implementierungen oder unterschiedliche Interpretationen verschiedener Hersteller. Für eine Verknüpfung von HL7 mit dem in Praxen üblichen xDT müssten diese aufeinander abgebildet werden, was wieder dem Mapping verschiedener Datenbankschemata entspricht und wiederum die Problematik unvereinbarer Konzepte mit sich bringt.

Terminologische Kompatibilität Während semantische Datenkompatibilität auf Typebene der Kompatibilität von Datenbankschemata entspricht, korrespondiert semantische Kompatibilität auf Instanzebene mit den Datenbankinhalten [18]. Beides tritt auf, die Instanzebene ist jedoch im Grundsatz weniger problematisch. Terminologische Inkompatibilität tritt zur Laufzeit auf, indem Daten unterschiedlicher Semantik in Systeme eingegeben werden. Dies wird typischerweise durch die Verwendung von standardisierten Terminologiekatalogen vermieden, wobei Medical Entity Dictionaries oder Terminologiedienste zur Vermittlung dienen. Die Übersetzung ist eine typische Aufgabe für ETL-Werkzeuge, aber auch Thesauri wie UMLS (Universal Medical Language System) kommen zum Einsatz. Wir planen entsprechende Komponenten auch in unserer Architektur für ein Informationssystem im Versorgungsnetz.

4.2 Gestaffelte Integration

Ein Qualitätsmerkmal für ein Informationssystem im Versorgungsnetz ist die Möglichkeit für unterschiedliche Teilnehmer, sich einfach an dieses System anzubinden. Das Vorschreiben einer bestimmten Ontologie wäre daher sehr problematisch. Deshalb werden Kompromisslösungen benötigt, die es erlauben, auch inkompatible Systeme anzubinden. Unser Konzept sieht vor, semantische Kompatibilität auf verschiedenen, differenzierten Abstraktionsstufen zu betrachten. CDA [19] unterstützt dies durch ihre dreistufige, hierarchische Dokumententypspezifikation. Stufe 1 spezifiziert dabei lediglich die Kontextdaten, lässt den Inhalt aber beliebig. Stufe 2 spezifiziert den Dokumenteninhalte auf einem hohen Abstraktionsgrad, indem beispielsweise bestimmte Abschnitte vorgegeben werden. Stufe 3 schließlich spezifiziert detailliert den Inhalt. Damit können CDA-Daten auch bei unbekanntem Ontologien behandelt werden, auch wenn sie dann nur uninterpretiert verarbeitet oder angezeigt werden.

4.3 Verknüpfung von Daten

Es bleibt in jedem Fall erforderlich, sich auf eine gewisse Minimalmenge an Kontextdaten zu einigen, um Daten wie klinische Dokumente sicher miteinander verbinden zu können. Dafür sind zentrale Referenzierungsstrukturen wie ein Master Patient Index nötig. Dieser ermöglicht es, die im System enthaltenen Patientendaten zu einer gemeinsamen Patientenakte zusammenzufügen. Die Daten können dabei zentral oder verteilt vorgehalten werden, für den Betrachter stellen sie sich jedoch als (virtuell-)zentrale Patientenakte dar.

5 Zusammenfassung

Die zunehmende Veränderung des Gesundheitssystems hin zu Behandlungsprozessen in Versorgungsnetzen erfordert geeignete, prozessunterstützende Informationssysteme, die einen erheblichen Einfluss auf die Prozessqualität nehmen können. Eine innerhalb des hier dargestellten Forschungsprojekts durchgeführte Analyse der Anwendungsanforderungen ergab Erweiterbarkeit, Anpassbarkeit und Integration als zentrale Themen. Hierfür wird eine Komponentenarchitektur mit generischen Diensten entwickelt, die die einfache Änderung und Ergänzung von Komponenten erlauben soll. Für die Datenintegration existieren Lösungen wie Syntaxkonverter und Terminologievermittlungsdienste. Problematisch ist jedoch die semantische Kompatibilität der Typebene, die sich nicht automatisiert handhaben lässt und oft Eingriffe in zugrunde liegende Modelle erfordert. Um eine einfache Fremdsystemintegration zu ermöglichen, müssen auch Systeme unbekannter Ontologien einfach eingebunden werden können. Die CDA geht mit ihrem mehrstufigen Abstraktionskonzept einen Schritt in diese Richtung. In unserem Projekt wird gegenwärtig geprüft, wie sich dies im Rahmen einer komponentenbasierten, erweiterbaren Systemarchitektur einbeziehen lässt, so dass die semantische Kompatibilität schrittweise ausgebaut werden kann. Dabei wird insbesondere auch geprüft, inwiefern verfügbare Gesundheitsplattformen als Basis einer solchen Architektur verwendet werden können. Erste Analysen zeigen, dass viele existierende Plattformen sich nicht oder nur bedingt für den Einsatz im Rahmen einer Schichtenarchitektur eignen, weil sie bereits mit einer Festlegung auf eine spezifische, wenig generische Ontologie verbunden sind.

Das Forschungsprojekt „Grundlagen prozessorientierter Informationssysteme im Krankenhaus und im Versorgungsnetz“ wird unterstützt von der Deutschen Forschungsgemeinschaft (DFG).

Literatur

1. Kuhn, K.A., Giuse, D.A.: From hospital information systems to health information systems. Problems, challenges, perspectives. *Methods Inf Med* **40** (2001) 275–287

2. Brennan, T.A., Leape, L.L., Laird, N.M., Hebert, L., Localio, A.R., Lawthers, A.G., Newhouse, J.P., Weiler, P.C., Hiatt, H.H.: Incidence of adverse events and negligence in hospitalized patients. Results of the Harvard Medical Practice Study I. *N Engl J Med* **324** (1991) 370–376
3. Leape, L.L., Brennan, T.A., Laird, N., Lawthers, A.G., Localio, A.R., Barnes, B.A., Hebert, L., Newhouse, J.P., Weiler, P.C., Hiatt, H.: The nature of adverse events in hospitalized patients. Results of the Harvard Medical Practice Study II. *N Engl J Med* **324** (1991) 377–384
4. Bhasale, A.: The wrong diagnosis: identifying causes of potentially adverse events in general practice using incident monitoring. *Fam Pract* **15** (1998) 308–318
5. Wilson, R.M., Harrison, B.T., Gibberd, R.W., Hamilton, J.D.: An analysis of the causes of adverse events from the quality in australian health care study. *Med J Aust* **170** (1999) 411–415
6. Leape, L.L.: A systems analysis approach to medical error. *J Eval Clin Pract* **3** (1997) 213–222
7. Bates, D.W., O’Neil, A.C., Boyle, D., Teich, J., Chertow, G.M., Komaroff, A.L., Brennan, T.A.: Potential identifiability and preventability of adverse events using information systems. *J Am Med Inform Assoc* **1** (1994) 404–411
8. BITKOM / VDAP / VHitG / ZVEI: Einführung einer Telematik-Architektur im deutschen Gesundheitswesen – Expertise. http://www.ztg-nrw.de/down/262/telematik_expertise.pdf (2003)
9. van Walraven, C., Seth, R., Laupacis, A.: Dissemination of discharge summaries. Not reaching follow-up physicians. *Can Fam Physician* **48** (2002) 737–742
10. Wilson, S., Ruscoe, W., Chapman, M., Miller, R.: General practitioner-hospital communications: A review of discharge summaries. *J Qual Clin Pract* **21** (2001) 104–108
11. van Walraven, C., Weinberg, A.L.: Quality assessment of a discharge summary system. *CMAJ*. **152** (1995) 1437–1442
12. Moore, C., Wisnivesky, J., Williams, S., McGinn, T.: Medical errors related to discontinuity of care from an inpatient to an outpatient setting. *J Gen Intern Med* **18** (2003) 646–651
13. Lenz, R., Kuhn, K.A.: Towards a continuous evolution and adaptation of information systems in healthcare. *Int J Med Inf* (2003) In Press.
14. Jablonski, S., Bußler, C.: Workflow management – modeling concepts, architecture and implementation. International Thomson Computer Press, London (1996)
15. Lenz, R., Kuhn, K.A.: Intranet meets hospital information systems: the solution to the integration problem? *Methods Inf Med* **40** (2001) 99–105
16. Colomb, R.M.: Impact of semantic heterogeneity on federating databases. *The Computer Journal* **40** (1997) 235–244
17. Elmagarmid, A., Rusinkiewicz, M., Sheth, A., eds.: Management of Heterogeneous and Autonomous Database Systems. Morgan Kaufmann Publishers, San Francisco, California (1999)
18. Musen, M.A.: Domain ontologies in software engineering: use of Protege with the EON architecture. *Methods Inf Med* **37** (1998) 540–550
19. Dolin, R.H., Alschuler, L., Beebe, C., Biron, P.V., Boyer, S.L., Essin, D., Kimber, E., Lincoln, T., Mattison, J.E.: The HL7 Clinical Document Architecture. *J Am Med Inform Assoc* **8** (2001) 552–569