

# Gestaltung und Implementierung von Krankenhausinformationssystemen als föderierte Datenbanksysteme

Wilhelm Hasselbring

Universität Dortmund, Informatik 10 (Software-Technologie)

D-44221 Dortmund

E-mail: willi@ls10.informatik.uni-dortmund.de

Tel.: ++49-231-755-4712, Fax: ++49-231-755-2061

## 1 Projektträger/Förderung

Universität Dortmund, Klinikum Wuppertal

## 2 Leitung und Mitarbeiter

E.-E. Doberkat, W. Hasselbring, LS Software-Technologie der Universität Dortmund

K. Emmerich, Kardiologische Klinik im Klinikum Wuppertal

## 3 Projektmotivation

Am Lehrstuhl für Software-Technologie der Universität Dortmund werden zur Zeit in enger Kooperation mit einigen Krankenhäusern verschiedene Komponenten für Krankenhausinformationssysteme entwickelt. Dabei hat sich unmittelbar die Notwendigkeit ergeben, vorhandene Systeme mit den neuen Komponenten zu integrieren.

Zunächst einige Begriffsdefinitionen zur Einordnung:

**Definition KIS:** Ein Krankenhausinformationssystem (KIS) ist definiert als das gesamte informationsverarbeitende und informationsspeichernde Teilsystem eines Krankenhauses [Ehl93].

**Definition RKIS:** Der rechnerunterstützte Teil eines KIS (RKIS) ist definiert als der Teil eines KIS, der Rechner und Rechnernetze einsetzt.

Häufig wird mit dem Begriff *Krankenhausinformationssystem* nur der rechnerunterstützte Teil verbunden [Pro95]. Das gilt auch für viele Hersteller von RKIS, die ihr System als KIS bezeichnen. Die obige Definition für Krankenhausinformationssysteme wird auch in der GMDS-Projektgruppe/dem GI-Arbeitskreis "Methoden und Werkzeuge für das Management von Krankenhausinformationssystemen" verwendet. Sie bietet sich auch an, weil der

Arbeitsablauf in Krankenhäusern auch ohne den Einsatz von Rechnern durch den Austausch von Informationen geregelt wird [Ehl93]. Ein KIS ist ein Teilsystem eines "Systems Krankenhaus". Andere Teilsysteme sind z.B. die Gebäude und die medizinischen Geräte.

Anwendungssoftwaresysteme für Krankenhäuser, die eine ausreichende Rechnerunterstützung für das gesamte KIS bieten, sind nicht verfügbar [WZ95], auch wenn einige Anbieter dieses versprechen. Auch aus wirtschaftlichen Gründen ist es sinnvoll, optimal erscheinende Anwendungssoftwareprodukte als weitgehend autonome Anwendungssysteme zu installieren, die dann jeweils nur Teile des KIS unterstützen. Typische Beispiele sind Anwendungssysteme für

- die Patientenaufnahme und -abrechnung,
- das Schreiben von Arztbriefen,
- die klinische Dokumentation,
- Leistungserfassung in Laboratorien oder Ambulanzen,
- die rechnerunterstützte Befundübermittlung,
- die Auswertung von Therapieergebnissen zur Qualitätskontrolle und zur medizinischen Forschung oder
- die Bereitstellung medizinischen Wissens.

So entstehen RKIS, die durch Heterogenität in Hard- und Software gekennzeichnet sind. Im Sinne einer effizienten Unterstützung der Arbeitsabläufe im Krankenhaus müssen die Einzelsysteme miteinander integriert werden, um mehrfache Eingaben von Daten und Inkonsistenzen zwischen verschiedenen Einzelsystemen zu vermeiden. Die Einzelsysteme müssen bei Bedarf modifiziert, ersetzt, ergänzt bzw. entfernt werden können. Notwendig ist somit ein modulares System als Föderation interoperabler und kooperativer Teile. Es wurde schon vor einiger Zeit festgestellt, daß *Integration* ein entscheidender Faktor für den erfolgreichen Einsatz eines RKIS ist [ESP92].

Das Problem der Heterogenität in RKIS wird auch in absehbarer Zukunft bestehen bleiben, die Einführung des neuen Gesundheitsstrukturgesetzes (GSG) wird die bundesdeutschen Krankenhäuser jedoch vor das Problem stellen, die kostengünstige Versorgung ihrer Patienten unter gleichzeitiger Wahrung der medizinischen Qualität zu gewährleisten. Dazu sind in einem Krankenhaus sowohl medizinische, organisatorische als auch betriebswirtschaftliche Vorgänge und Daten zu berücksichtigen.

Es muß davon ausgegangen werden, daß es in der absehbaren Zukunft kein standardisiertes konzeptuelles Schema für RKIS geben wird, das alle Hersteller als Grundlage für ihre Produkte verwenden, auch wenn zur Zeit an Standardisierungen der elektronischen Patientenakte gearbeitet wird [BHB95]. Für eine erfolgreiche Integration ist es jedoch notwendig,

- daß die Teilsysteme zumindest netzwerkfähig sind und
- daß es Schnittstellen gibt, über die auf die Teilsysteme zugegriffen werden kann. Idealerweise sollten die Teilsysteme im Client/Server-Modus betrieben werden können. Die diesen Schnittstellen zugrundeliegenden lokalen Datenmodelle der Teilsysteme müssen offengelegt werden (z.B. als E/R-Modell). Es kann nicht davon

ausgegangen werden, daß für kommerzielle Produkte die vollständigen Datenmodelle verfügbar sind. Das gilt insbesondere für *legacy systems*, die weiterhin eingesetzt werden sollen bzw. eingesetzt werden müssen.

Systeme, die diese Eigenschaften nicht erfüllen, sind nicht ausreichend integrierbar. Zusätzlich werden benötigt:

- Abbildungen zwischen den Teilen der lokalen Datenmodelle, die die gleichen Informationen bezeichnen.
- Zentrale Instanzen zur Steuerung von Transaktionen, Zugriffsschutz (Datenschutz), Konsistenzsicherung etc.

Techniken für föderierte Datenbanksysteme sind für diese Aufgaben ein vielversprechender Ansatz.

Die konsistente Replikation von Daten erhöht die Zuverlässigkeit: falls ein Teilsystem ausfällt, können die anderen Teilsysteme weiterarbeiten. Die zentrale Instanz muß dann evtl. geeignete Maßnahmen zur späteren Wiederherstellung der Konsistenz durchführen. Eine Replikation wird sich auch nicht vermeiden lassen: kommerzielle Produkte können nicht dahingehend verändert werden, daß sie sich Daten, die auch in anderen Systemen gespeichert sind, über das Netzwerk holen statt sie aus der lokalen Datenbank zu laden.

Gerade für Integration von *legacy systems* müssen auch auf Dateien basierende Datenhaltungssysteme berücksichtigt werden. Dafür ist dann eine nachträgliche Modellierung der in den Dateien enthaltenen Informationen notwendig. Die Transformation der Strukturen zur Datenspeicherung in ein Datenmodell kann sehr aufwendig sein.

## 4 Einordnung

Die Integration muß durch ein Krankenhauskommunikationssystem realisiert werden:

**Definition RKKS:** Ein rechnerunterstütztes Krankenhauskommunikationssystem (RKKS) ist definiert als der Teil eines RKIS, der für den Austausch von Informationen zwischen den informationsspeichernden Teilsystemen eines RKIS zuständig ist.

Zur Standardisierung der Datenübertragung in verteilten RKIS wurde das HL7-Protokoll [Ham93] entworfen, das in den USA von praktisch allen kommerziellen Applikationen für Krankenhausabteilungen unterstützt wird. Es gibt noch einige weitere Standardisierungsinitiativen [MMvG93]. Für die Integration von verteilten RKIS werden häufig Krankenhauskommunikationsserver als RKKS eingesetzt, die auch standardisierte Protokolle unterstützen [Fle95, PD95]. In [HK95] wird z.B. die Modellierung eines konfigurierbaren HL7-Kommunikationsservers diskutiert, der sowohl die Kommunikation mit dem HL7-Protokoll als auch mit anderen Protokollen zwischen vorhandenen Teilsystemen eines RKIS gewährleisten soll. Der Kommunikationsserver soll leicht in verschiedene Konfigurationen eingepaßt werden können. Ein Kommunikationsserver basierend auf den Standard EDIFACT (Electronic Data Interchange for Administration, Commerce and Transport) wird in [MBD<sup>+</sup>95] vorgestellt.

Die Integrität der Daten, die in föderierten Datenbanken ein zentraler Aspekt ist [SL90], kann durch einen Kommunikationsserver nicht gewährleistet werden. Die Aktionen, die z.B. zur Aufrechterhaltung von Konsistenz zwischen Informationen in verschiedenen Teilsystemen nötig sind, müssen durch die entsprechenden Teilsysteme initiiert werden. Weiterhin müssen bei einer Integration über Kommunikationsserver die einzelnen Teilsysteme die Adressen der anderen Teilsysteme kennen, um Daten auszutauschen. Das erschwert den Aufbau und die Änderung des Gesamtsystems erheblich. Somit erscheint es sinnvoll, die Techniken für föderierte Datenbanken auch für RKKS einzusetzen. Krankenhauskommunikationsserver könnten dabei als Grundlage zur Implementierung verwendet werden.

Die Techniken für föderierte Datenbanken werden z.B. auch für die Fabrikplanung [HTJ<sup>+</sup>95] oder für CAD-Systeme [BBN95] eingesetzt.

## 5 Schwerpunkte

Ein aktueller Schwerpunkt ist die Modellierung von Referenzmodellen. Referenzmodelle für RKIS dienen der Beschreibung typischer Strukturen der Informationsverarbeitung im Krankenhaus [WZ95]. Eine besondere Bedeutung kommt Referenzmodellen bei der Gestaltung und Implementierung von RKIS aus heterogenen Einzelsystemen zu. Jedes Einzelsystem wird als zentrale Komponente eine Datenbank zur persistenten Speicherung von Krankenhausdaten haben. Somit bietet es sich an, solche Referenzmodelle als föderierte Datenbanksysteme zu realisieren. Die *Realisierung* der Referenzmodelle umfaßt den aus der Analyse abgeleiteten Entwurf und die exemplarische Implementierung.

### 5.1 Modellierung von RKIS

Moderne Architekturen in RKIS sollten nach Dudeck [Dud95] folgendermaßen in drei Ebenen strukturiert werden:

1. Anwendungsebene
2. Kommunikationsebene (Middleware)
3. Dienstebene (Daten- und Wissensbanken)

Zur Unterstützung des Managements von RKIS wird ebenfalls die Modellierung auf drei Ebenen vorgeschlagen [Win94]:

1. Verfahrensebene: Netz von Verfahren
2. Logische Werkzeugebene: Netz von Anwendungssystemen
3. Physikalische Werkzeugebene: Netz von physikalischen Subsystemen

Diese Aufteilung soll als Basis für das Management von RKIS dienen. Mit diesem Ansatz wird nur die grobe Struktur formal definiert, wobei jedes Teilsystem als atomare Einheit modelliert wird. Das reicht für das Management von RKIS durch einen Administrator aus, jedoch nicht für die Konsistenzsicherung, wie sie durch föderierte Datenbanksysteme realisiert werden soll. Die Modellierung muß feingranularer auf Ebene der Datenmodelle erfolgen.

Spezifische Anforderungen für KIS ergeben sich durch unterschiedliche Sichtweisen auf die Patientendaten, z.B.:

- Patientenorientiert zum Zugriff auf die gesamte Krankengeschichte eines Patienten.
- Fallorientiert zur Unterstützung der administrativen Sicht auf den Abrechnungsfall und die jeweils zugeordneten Kostenträger.

Für die Informationsverarbeitung zur Patientenversorgung sowie für die medizinische Forschung und Lehre (im universitären Bereich) sind ebenfalls unterschiedliche Sichten zu berücksichtigen: Organisationssicht, Prozeßsicht, Informationssicht etc. Die Modellierung muß diese spezifischen Anforderungen berücksichtigen.

## 5.2 Unterstützung der Koordination

Insbesondere bei den Kommunikationsservern liegt der Fokus mehr im Bereich der Kommunikation als der Koordination, wie sie insbesondere von Workflow-Management-Systemen unterstützt werden soll. Für KIS ergeben sich hier besondere Anforderungen, die auch von existierenden Workflow-Management-Systemen bisher nur unzureichend erfüllt werden [KRND95]:

1. Flexibilität bei Komplikationen und Notfällen
  - Unterbrechung eines Ablaufs an einer beliebigen Stelle.
  - Aufsetzen in einen Alternativpfad.
2. Modellierung von realen Zeitvorgaben (z.B. Maximaldauer für einzelne Teilschritte oder Mindest- bzw. Maximalabstände zwischen Teilschritten).
3. Berücksichtigung der Zusammengehörigkeit mehrerer Teilschritte.
4. Berücksichtigung von Gruppenaktivitäten (z.B. müssen an einer Operation mehrere Personen mit unterschiedlichen Qualifikationen gleichzeitig mitwirken).
5. Hohe Zuverlässigkeit
6. Adäquate Transaktionsunterstützung
7. Berücksichtigung von Datenschutzaspekten. Gerade im medizinischen Bereich kommt dem Datenschutz eine besondere Bedeutung zu. Die Patienten haben Anspruch auf die Wahrung ihrer Privatsphäre. Auch die behandelnden Ärzte und das Pflegepersonal haben ein Recht auf die Wahrung ihrer beruflichen Interessen.

Es muß untersucht werden, inwieweit ein föderiertes RKKS diese Anforderungen berücksichtigen kann bzw. berücksichtigen muß. Die Punkte 1 bis 4 müssen inhaltlich durch ein Workflow-Management-Systemen abgedeckt werden. Hier kann ein RKKS nur die Infrastruktur zur Realisierung bieten. Eine Unterstützung für die Punkte 5 bis 7 fällt durchaus in den Aufgabenbereich eines RKKS.

## 6 Projektziele

Ziel ist es, Grundlagen zu entwickeln, um aus den isolierten rechnerunterstützten Informationssystemen einzelner Krankenhausabteilungen ein verteiltes, kooperierendes Informationssystem schaffen zu können. Ein wichtiger Aspekt ist dabei die Möglichkeit zur Integration von existierenden heterogenen Systemen (legacy systems) mit modernen Informationssystemen. Dazu sollen ausführbare Referenzmodelle realisiert und, darauf aufbauend, die Umsetzung in einzelnen Partnerkliniken exemplarisch durchgeführt werden. Auch eine ‘sanfte’ Migration von ererbten Systemen hin zu modernen Informationssystemen (Reengineering) kann durch föderierte RKKs unterstützt werden [RS94].

## Literatur

- [BBN95] B. Burkert, S. Bublitz, und D. Nolte. Anwendung und Einsatz von DBF. In C. Eckert, H.-J. Klein, und T. Polle, Hrsg., *7. GI-Workshop über Grundlagen von Datenbanken*, Informatik-Bericht 12/95. Universität Hildesheim, Juni 1995.
- [BHB95] A.R. Bakker, W.E. Hammond, und M. Ball. Summary report of observations, conclusions and recommendation of the IMIA WG 10 Hospital Information Systems Working Group Conference, Durham, NC, August 1994. *International Journal of Bio-Medical Computing*, 39(1):11–15, 1995.
- [Dud95] J. Dudeck. Moderne Architekturen in Krankenhaus-Informationssystemen. In *Abstracts zur 40. GMDS-Jahrestagung (Medizinische Forschung — Ärztliches Handeln)*, Seite 51. Ruhr-Universität Bochum, September 1995.
- [Ehl93] C.-Th. Ehlers. Aufgaben und Bedeutung eines Krankenhausinformationssystems. In J. Michaelis, Hrsg., *Europäische Perspektiven der Medizinischen Informatik, Biometrie und Epidemiologie*, Band 76 der Reihe *Medizinische Informatik, Biometrie und Epidemiologie*, Seiten 342–349. MMV Medizin, München, 1993.
- [ESP92] C.-Th. Ehlers, H. Schillings, und P.M. Pietrzyk. HIS and Integration. In A.R. Bakker, C.-Th. Ehlers, J.R. Bryant, und W.E. Hammond, Hrsg., *Hospital Information Systems: Scope – Design – Architecture*, Seiten 49–56. North-Holland, 1992.
- [Fle95] E. Fleck, Hrsg. *Open Systems in Medicine*, Band 8 der Reihe *Studies in Health Technology and Informatics*. IOS Press, 1995.
- [Ham93] W.E. Hammond. Health Level 7: A Protocol for the Interchange of Healthcare Data. In G.J.E. De Moor, C.J. McDonald, und J.N. van Goor, Hrsg., *Progress in Standardization in Health Care Informatics*, Seiten 144–148. IOS Press, 1993.
- [HK95] W. Hasselbring und A. Kröber. Anforderungsanalyse an einen konfigurierbaren HL7-Kommunikations-Server mittels OMT und ausführbarer Modelle. In

H. Krumm, Hrsg., *Entwicklung und Management verteilter Anwendungssysteme*, Seiten 31–40, Münster, Oktober 1995. Krehl-Verlag.

- [HTJ<sup>+</sup>95] M. Höding, C. Türker, S. Janssen, K.-U. Sattler, S. Conrad, G. Saake, und I. Schmitt. Föderierte Datenbanksysteme - Grundlagen und Ziele des Projektes SIGMA<sub>FDB</sub>. Preprint Nr. 12, Fakultät für Informatik, Universität Magdeburg, Dezember 1995.
- [KRND95] K. Kuhn, M. Reichert, M. Nathe, und P. Dadam. Unterstützung der klinischen Kooperation durch Workflow-Management-Systeme — Erwartungen, Forschungsbedarf, Perspektiven. In *Abstracts zur 40. GMDS-Jahrestagung (Medizinische Forschung — Ärztliches Handeln)*, Seite 145. Ruhr-Universität Bochum, September 1995.
- [MBD<sup>+</sup>95] A. Meier, P. Bachmann, S. Dünki, W. Huber, P. Nussbaum, S. Scherrer, und H.-P. Weber. Konzeption und Entwicklung eines EDI-Servers für den Gesundheitsmarkt Schweiz. In F. Huber-Wäschle, H. Schauer, und P. Widmayer, Hrsg., *GISI 95 Herausforderungen eines globalen Informationsverbundes für die Informatik*, Seiten 695–702. Springer-Verlag, 1995.
- [MMvG93] G.J.E. De Moor, C.J. McDonald, und J.N. van Goor, Hrsg. *Progress in Standardization in Health Care Informatics*, Band 6 der Reihe *Studies in Health Technology and Informatics*. IOS Press, 1993.
- [PD95] H.U. Prokosch und J. Dudeck, Hrsg. *Hospital Information Systems: Design and Development Characteristics; Impact and Future Architecture*, Band 2 der Reihe *Medical Artificial Intelligence*. Elsevier, 1995.
- [Pro95] H.U. Prokosch. Hospital Information Systems: A Pragmatic Definition. In H.U. Prokosch und J. Dudeck, Hrsg., *Hospital Information Systems: Design and Development Characteristics; Impact and Future Architecture*, Band 2 der Reihe *Medical Artificial Intelligence*, Seiten xiii–xv. Elsevier, 1995.
- [RS94] E. Radeke und M.H. Scholl. Framework for Object Migration in federated database systems. In *Proc. International Conference on Parallel and Distributed Information Systems (PDIS '95)*, Austin, TX, September 1994.
- [SL90] A. Sheth und J. Larson. Federated database systems for managing distributed, heterogeneous, and autonomous databases. *ACM Computing Surveys*, 22(3):183–236, 1990.
- [Win94] A. Winter. *Beschreibung, Bewertung und Planung heterogener Krankenhausinformationssysteme*. Habilitationsschrift, Universität Heidelberg, Medizinische Informatik, 1994.
- [WZ95] A. Winter und R. Zimmerling. Die Bedeutung von Referenzmodellen für das Management von Krankenhausinformationssystemen. In F. Huber-Wäschle, H. Schauer, und P. Widmayer, Hrsg., *GISI 95 Herausforderungen eines globalen Informationsverbundes für die Informatik*, Seiten 703–710. Springer-Verlag, 1995.