

Erfahrungen bei der Entwicklung vorgangsorientierter, klinischer Anwendungssysteme auf Basis prozeßorientierter Workflow-Technologie

M. Reichert¹, B. Schultheiß¹, P. Dadam¹

Einleitung

Die elektronische Informationsverarbeitung im Krankenhaus erfolgt heute vorwiegend daten- und funktionsbezogen. Eine bereichsübergreifende, prozeßorientierte Bearbeitung von Aufgaben wird hingegen kaum unterstützt. Vor allem die Kernprozesse eines Krankenhauses, die ambulante und stationäre Versorgung von Patienten und die damit verknüpften medizinischen und pflegerischen Leistungsprozesse erfahren keine integrierte und durchgängige Unterstützung durch die EDV. Die Folgen sind eine mangelnde Transparenz der Prozesse, ein hoher Zeitaufwand des Personals für die bereichsübergreifende Kommunikation und Koordination von Tätigkeiten sowie unnötige Mehrfacheingaben von Daten. Diese Probleme sowie die Forderung nach schlankeren Prozeß- und Organisationsstrukturen haben in den vergangenen Jahren dazu geführt, daß auch im Krankenhausbereich das Interesse an einer computerbasierten Ablaufsteuerung stark zugenommen hat [1, 2, 3, 4, 5, 6].

Bei der Realisierung vorgangsorientierter, medizinischer Anwendungssysteme müssen zahlreiche Anforderungen berücksichtigt werden. Zu nennen sind hier u.a. die Integration der existierenden, oftmals hochgradig heterogenen Informationssysteme, die rasche und flexible Anpaßbarkeit der Anwendungssysteme an sich ändernde Abläufe sowie die Bereitstellung von intelligenten und flexiblen Endanwendungen. Erforderlich sind Funktionen für die Verwaltung von Arbeitslisten und deren Integration in ein klinisches Arbeitsplatzsystem, die Assistenz der Benutzer bei der Behandlung von Ausnahmefällen, die computerunterstützte Planung, Koordination und Überwachung von Terminen sowie der Zugriff auf Informationen zu aktuellen oder bereits abgeschlossenen Vorgängen. Des weiteren muß im Produktionsbetrieb eine fehlertolerante und performante Ausführung der Abläufe gewährleistet sein.

Vom Ansatz her bieten *Workflow-Management-Systeme* (WfMS) [7, 8] eine vielversprechende Technologie zur Realisierung und Wartung vorgangsorientierter Anwendungssysteme. Eine charakteristische Eigenschaft „echter“ WfMS ist, daß die Ablauflogik eines Prozesses vom eigentlichen Applikationscode separiert und dem WfMS gegenüber explizit bekannt gemacht wird. Dadurch ist potentiell die Möglichkeit gegeben, die Ausführung der Abläufe aktiv zu überwachen und den Benutzer z.B. auf drohende Terminüberschreitungen hinzuweisen. Workflow-Technologie kann zudem dazu beitragen, die vorhandenen Anwendungssysteme zu integrieren und so eine gemeinsame Basis für die Verwaltung von Arbeitsprozessen zu schaffen.

In diesem Bericht stellen wir Ergebnisse des Projektes „Workflow-Management in klinischen Anwendungsumgebungen“ vor, in dem wir Abläufe der Universitätsfrauenklinik Ulm auf Basis heutiger Workflow-Technologie implementiert haben. Das Projekt ist im Software-Labor Ulm angesiedelt und wird vom Land Baden-Württemberg und Siemens-Nixdorf gefördert. Ziel ist es, die Anforderungen, die sich aus dem Einsatz von WfMS im Krankenhaus

¹ Universität Ulm, Abteilung Datenbanken und Informationssysteme

ergeben, systematisch zu evaluieren, Lösungsansätze zu entwickeln und in die Weiterentwicklung heutiger Workflow-Technologie mit einfließen zu lassen.

Methoden

Für die Pilotimplementierung haben wir Abläufe aus dem Bereich der minimal invasiven Chirurgie (MIC) gewählt („Tagesklinik“). Hierbei handelt es sich um kleinere operative Eingriffe, die keine aufwendigen medizinischen Vorbereitungen erfordern. MIC-Prozesse sind von kurzer Dauer, gut strukturierbar und werden im Gegensatz zu anderen Kernprozessen der Frauenklinik nur von wenigen Ausnahmen begleitet, wodurch sie sich gut für die Implementierung in einem prozeßorientierten WfMS eignen. Des weiteren schließt die Tagesklinik die Kernbereiche der Klinik mit ein — eine Patientin durchläuft innerhalb von wenigen Tagen den Ambulanz-, Stations- und OP-Bereich. Der Workflow-Implementierung ging eine Revision und ein Redesign der Prozeß- und Organisationsstrukturen der Frauenklinik voraus, worauf wir im folgenden jedoch nicht eingehen werden [vgl. 6, 9].

Workflow-Implementierung: Für die Ablaufimplementierung haben wir das prozeßorientierte WfMS *WorkParty* eingesetzt, das für verteilte Systemumgebungen mit vernetzten PC's konzipiert ist und auf einer Client/Server-Architektur basiert. Die Entwicklung einer Workflow-basierten Anwendung erfolgt bei Einsatz dieses Systems i.w. in drei Stufen: der Spezifikation der Ablauflogik (Kontroll- und Datenfluß), der Implementierung der Applikationsmodule, wobei Implementierung auch Anknüpfung vorhandener Programme bedeuten kann, sowie der Implementierung von Arbeitsplatzsystemen mit integrierter Arbeitslistenverwaltung.

Der *Kontrollfluß* wird mit einem graphischen, syntaxgesteuerten Workflow-Editor modelliert, der die von Programmiersprachen her bekannten Konstrukte bereitstellt (vgl. Abb. 1). Die Festlegung des *Datenflusses* erfolgt implizit durch die Definition von Prozeß-

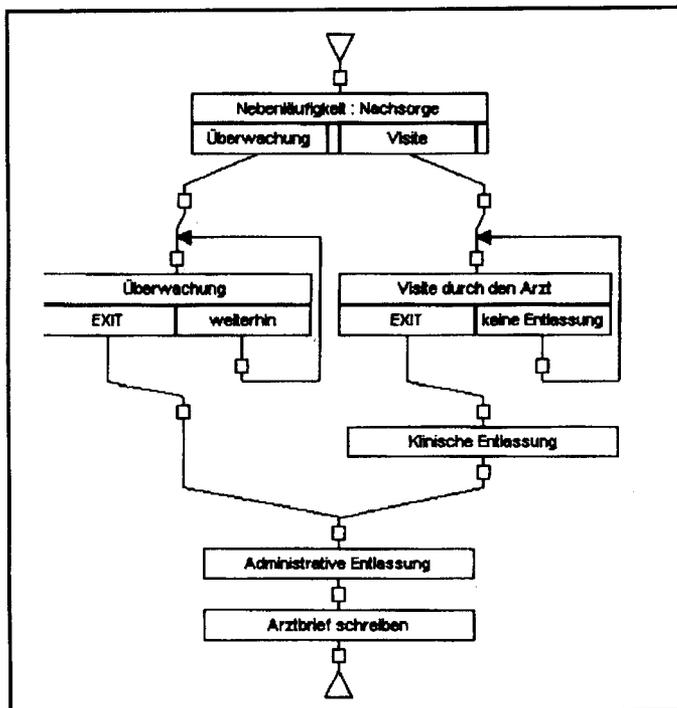


Abb. 1: Workflow-Modellierung in WorkParty. Der dargestellte Prozeßgraph zeigt einen Ausschnitt des Tagesklinik-Ablaufs (stationäre Nachsorge).

variablen und deren Verknüpfung mit Prozeßaktivitäten. Da der Austausch typisierter und komplex strukturierter Daten nicht unterstützt wird, werden von uns über das WfMS lediglich Steuerungsinformationen sowie Referenzen auf Anwendungsobjekte ausgetauscht. Anwendungsobjekte sind entweder Datenbankobjekte oder Dokumente, für deren Verwaltung wir das Dokumentenmanagementsystem ARCIS einsetzen werden. Neben der Festlegung der Ablauflogik müssen auf dieser Ebene noch verschiedene Konfigurationen für den modellierten Workflow vorgenommen werden. Beispielsweise sind für die einzelnen Prozeßschritte Rollen bzw. Stellen festzulegen, die ein späterer Bearbeiter einnehmen muß.

Der Prozeßmodellierung folgt die *Implementierung* der Anwendungsfunktionen. Die Mehrzahl der zu unterstützenden Tätigkeiten konnte auf einfache, mit Visual C++ implementierte Dialogprogramme abgebildet werden, die i.w. den heute in der Klinik verwendeten Formularen entsprechen. Wählt der Benutzer eine Aufgabe aus seiner Arbeitsliste aus, wird vom System das entsprechende Programm gestartet und mit seinen Eingabedaten versorgt. Der Datenaustausch zwischen Anwendungsprogramm und WorkParty erfolgt über API-Funktionen (API steht für Application Programming Interface). Neben der Implementierung einfacher Bildschirmdialoge mußten für einzelne Prozeßschritte wie z.B. die Erstellung von OP-Berichten, die Planung von Terminen oder die administrative Aufnahme von Patientinnen auch existierende Anwendungssysteme eingebunden werden. Für die Tagesklinikabläufe wurden u.a. das OP-Dokumentationsprogramm OPlus, das lokale Terminplanungssystem der Frauenklinik sowie IS-H-Funktionen integriert.

Nach Abschluß dieser beiden Entwicklungsstufen erhält man einen ausführbaren Workflow. WorkParty bietet Standardoberflächen an, mit denen autorisierte Benutzer Prozeßinstanzen erzeugen sowie zur Ausführung anstehende Aktivitäten starten, beenden, abrechnen oder wiederholen können. Die Generierung und Verwaltung der Arbeitslisten übernimmt das WfMS. Die angebotenen Standardoberflächen kommen für den Einsatz im klinischen Bereich allerdings aus mehreren Gründen nicht in Frage: Anwendungsdienste, die zusätzlich zur Workflow-Anwendung verwendet werden, können nicht von dieser Standardoberfläche aus bedient werden. Des weiteren ist es für Benutzer nicht möglich, einen Ad-hoc-Wechsel zwischen verschiedenen Rollen vorzunehmen. Solche Rollenwechsel sind im Umfeld der Tagesklinik jedoch häufig erforderlich, da Stellen aus dem Ambulanz-, Stations- und OP-Bereich teilweise durch dieselben Ärzte besetzt sind. Ein weiteres Manko besteht darin, daß die Aktualisierung der Arbeitslisten manuell durch den Anwender erfolgen muß und kein automatischer „Refresh“ erfolgt. Aus diesen Gründen haben wir für die verschiedenen Bereiche und Personengruppen der Tagesklinik eigene Arbeitsplatzsysteme implementiert, in die neben einer Arbeitslistenverwaltung auch andere Anwendungsdienste (z.B. für den Zugriff auf die elektronische Patientenakte, die Planung von Terminen, das Einscannen von Hausarztbefunden usw.) integriert bzw. vorgesehen sind. Für den Zugriff auf Arbeitslisten wurden die von WorkParty bereitgestellten API-Funktionen verwendet, wobei wir allerdings mehrere Erweiterungen vorgenommen haben, die die Programmierung solcher Endanwendungen wesentlich vereinfacht.

Vorgenommene Erweiterungen: In unserem Ansatz erfolgt die Programmierung der Arbeitslistenverwaltung ereignisorientiert und basiert nicht — wie von WorkParty vorgesehen — auf einer unilateralen Kommunikation zwischen Anwendung und Workflow-Engine. Dadurch ist es uns möglich, Anwendungen in regelmäßigen Abständen über aufgetretene Änderungen im Status von Prozessen (z.B. neu anstehende Aufgaben) zu informieren, so daß

eine automatische Aktualisierung von Arbeitslisten möglich ist. Ad-hoc Wechsel zwischen verschiedenen Rollen sind auf Basis der vorgenommenen Erweiterungen ebenfalls problemlos möglich.

Um Termine durch das System aktiv überwachen zu können, haben wir das WorkParty-System um eine *Terminierungs-Komponente* erweitert. Durchzuführende Arbeitsschritte können mit Terminen verknüpft werden, wobei die Terminierung eines Prozeßschrittes entweder explizit durch den Anwender oder implizit aufgrund der zu anderen Arbeitsschritten bestehenden zeitlichen Mindest- oder Maximalabstände erfolgen kann. Terminverschiebungen und die dadurch erforderliche Neuterminierung abhängiger Schritte werden unterstützt. Droht eine Terminüberschreitung, werden die betroffenen Benutzer vom System informiert, evtl. wird eine weitergehende Ausnahmebehandlung eingeleitet. Auf eine genaue Beschreibung der implementierten Notifikations- und Eskalationsdienste können wir an dieser Stelle aus Platzgründen nicht eingehen. Bei der Berechnung von Terminen lehnen wir uns an Verfahren aus der Netzplantechnik an.

In bestimmten Ausnahmesituationen muß es möglich sein, einen Prozeß abubrechen. Wir arbeiten daran, daß auf Workflow-Ebene explizit beschrieben werden kann, wann und unter welchen Voraussetzungen dies erlaubt sein soll und was in diesem Fall mit evtl. bereits durchgeführten Teilschritten geschehen soll. Zu diesem Zweck wurde der Tagesklinikablauf in Ausnahmesphären unterteilt. Abhängig vom aktuellen Prozeßstatus, d.h. der jeweiligen Ausnahmesphäre, in der sich der Prozeß befindet, müssen bei Abbruch des Prozesses unterschiedliche Aktionen durchgeführt werden (z.B. Stornierung bereits vereinbarter Termine, „Aufsammeln“ von Befunden durchgeführter Untersuchungen usw.). Diese Arbeiten leistet in unserem Fall ein separat in WorkParty modellierter Ausnahmeablauf. Die Bereitstellung dieser Funktionalität wird dazu beitragen, die Anwendungsentwicklung weiter zu vereinfachen und das resultierende Anwendungssystem zuverlässiger zu machen.

Ergebnisse

Anwendungsszenario: Der Tagesklinikablauf wird von uns durchgängig unterstützt. Nachdem ein niedergelassener Arzt mit der Tagesklinik-Ambulanz telefonisch einen Termin für seine Patientin vereinbart hat, wird dort ein entsprechender Ablauf initiiert. Zum vereinbarten Termin werden dem Ambulanzpersonal dann die durchzuführenden Tätigkeiten in ihren Arbeitslisten angezeigt sowie relevante Kontextinformationen bereitgestellt. In Ausnahmefällen können der Ambulanzarzt und ggf. der Anästhesist weitere Zusatzuntersuchungen anordnen, die dann auf WfMS-Ebene zur Erzeugung von Subprozessen führen. Nach Abschluß dieser Maßnahmen wird vom Ambulanzpersonal, unterstützt durch eine integrierte Terminplanungskomponente, ein Termin für die stationäre Aufnahme bzw. die OP festgelegt. Bis zu diesem Termin durchzuführende Tätigkeiten (z.B. Prüfen der Befunde, Indikationsabsegnung durch Facharzt) werden ebenfalls durch das WfMS koordiniert. Sind diese Aufgaben einen Tag vor Aufnahme der Patientin noch nicht erledigt, werden die Anwender vom System an deren Durchführung erinnert. Grundlage hierfür bilden die von uns implementierten Notifikations- und Eskalationsdienste. Nach dem gleichen Muster erfolgt die Durchführung des gesamten Prozesses, der aus WfMS-Sicht erst dann beendet ist, wenn die Patientin entlassen und der Arztbrief für den Hausarzt erstellt ist. Auf weitere Details können wir aus Platzgründen nicht eingehen.

Ausnahmebehandlung: In bestimmten Punkten können Anwender vom vorgeplanten Ablauf abweichen. Unterstützt werden hier u.a. die Verschiebung von Terminen (und damit verbunden die evtl. Neuterminierung von Prozessschritten) sowie der Abbruch des Gesamtablaufs, z.B. für den Fall, daß eine Patientin ihre Einwilligung zu dem geplanten Eingriff verweigert. Bei Abbruch eines Prozesses werden in Abhängigkeit vom aktuellen Bearbeitungsstatus evtl. noch Ausnahmebehandlungen (z.B. Stornierung nicht mehr wahrgenommener Termine) durch das System durchgeführt. Des weiteren können an vordefinierten Stellen des Workflows einzelne Arbeitsschritte bzw. Subprozesse (z.B. Zusatzuntersuchungen) hinzugefügt werden.

Arbeitsplatzsysteme: Für die Unterstützung des klinischen Personals ist die Bereitstellung von flexiblen, leicht bedienbaren Endanwendungen unerlässlich. Für den Ambulanz-, Stations- und OP-Bereich haben wir Arbeitsplatzsysteme implementiert, mittels denen sich Prozesse initiieren und Prozessschritte manipulieren lassen (vgl. Abb. 2). Jedes dieser Anwendungssysteme verfügt über eine integrierte Arbeitslistenverwaltung, die die aktuell zur Bearbeitung anstehenden Tätigkeiten auflistet. Dabei kann sich der Anwender entweder alle für ihn anstehenden Aufgaben anzeigen lassen oder nur eine Teilmenge davon. Unterstützt werden von uns patienten-, prozeß-, aufgaben- und rollenbezogene Filter. Die Aktualisierung der Arbeitslisten erfolgt in periodischen Abständen durch das System. Selektiert ein Benutzer eine Aufgabe aus der Arbeitsliste wird von WorkParty das zugehörige Anwendungsprogramm gestartet und mit seinen Eingabedaten versorgt. Um Dialogprogramme möglichst nahtlos in das Desktop zu integrieren, haben wir bei der Gestaltung der Benutzerschnittstellen ein einheitliches Look & Feel angewendet, insbesondere was Farben, Bildschirmpositionierung und Dialogführung anbetrifft (vgl. Abb. 3).

Dasselbe gilt auch für die Gestaltung der Benutzeroberflächen der Arbeitsplatzsysteme selbst. Neben der Verwaltung von Arbeitslisten verfügen die Arbeitsplatzsysteme über eine integrierte Terminplanungskomponente, Dienste für den Zugriff auf Patientendaten sowie

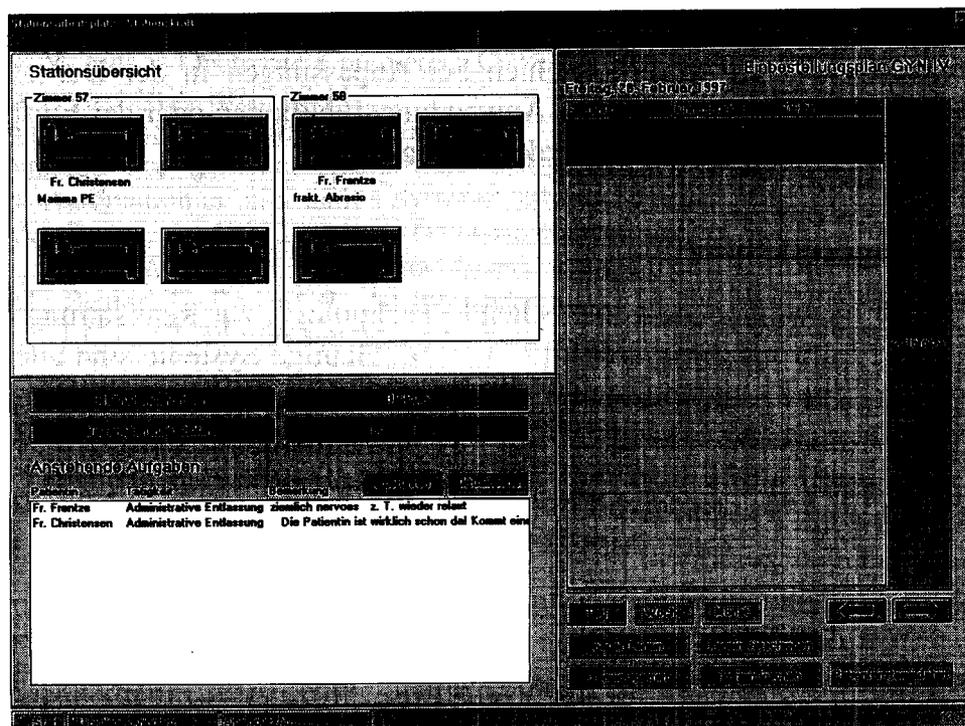


Abb. 2: Stationsarbeitsplatzsystem mit integrierter Arbeitslistenverwaltung (links unten), Einbestellungsbuch (rechts) und Stationsübersicht (links oben). Über die Stationsübersicht kann auf Daten der Patientinnen zugegriffen werden.

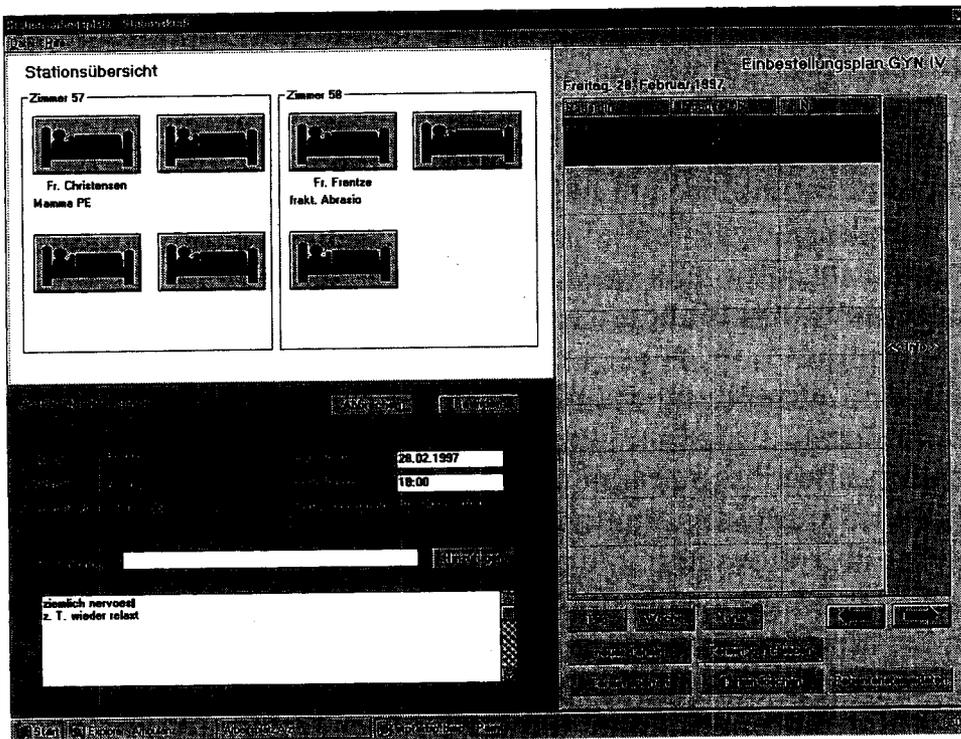


Abb. 3: Derselbe Stationsarbeitsplatz nach Selektion des Eintrags "Patientin entlassen" aus der Arbeitsliste. Das für die Bearbeitung dieser Tätigkeit erforderliche Dialogprogramm wird von WorkParty automatisch gestartet und mit entsprechenden Eingabedaten versorgt (links unten).

Übersichten, die dem Benutzer ein möglichst genaues Bild über den aktuellen Status der Patientinnen geben („Leitstand“). Das Stationsarbeitsplatzsystem (vgl. Abb. 2, 3) bspw. zeigt dem Anwender durch Farben an, ob die Patientin noch auf die OP wartet, schon abgerufen wurde, sich gerade im OP befindet usw. Des weiteren können Anwender per „Knopfdruck“ zwischen verschiedenen Rollen bzw. Arbeitsplätzen (z.B. Stationsarzt — OP-Arzt) wechseln.

Durch die von uns vorgenommenen Erweiterungen konnte die gewünschte Funktionalität problemlos realisiert werden. Die Implementierung der einzelnen Arbeitsplatzsysteme hat den größten Aufwand verursacht, wobei allerdings zu berücksichtigen ist, daß die resultierenden Anwendungskomponenten bei Anpassungen in der Definition von Prozessen, der Reimplementierung einzelner Anwendungsfunktionen oder der Einführung neuer Prozeßvorlagen nicht mehr geändert werden müssen.

Zusammenfassung

WfMS bieten eine vielversprechende Technologie zur Realisierung vorgangsorientierter klinischer Anwendungssysteme [2, 3, 5, 6]. Heutige Systeme sind allerdings in bezug auf ihre semantische Grundkonzeption (z.B. Ausdrucksmächtigkeit des Workflow-Metamodells, Erweiterbarkeit des Datenmodells, Datenflußmodellierung, dynamische Änderbarkeit von Workflows) sowie bzgl. verschiedener technischer Aspekte (z.B. Skalierbarkeit, Transaktionsmodell, Remote Betrieb, Schnittstellen, Oberflächen) noch limitiert. Diese Defizite sind i.w. auf den gesamten WfMS-Markt übertragbar, wobei sich die einzelnen Systeme allerdings erheblich voneinander unterscheiden [vgl. 7, 8].

Trotz dieser Limitationen hat Workflow-Technologie für die Zukunft das Potential, zu einer gänzlich neuen Form der Anwendungsentwicklung zu führen. Die Realisierung komplexer, verteilter Anwendungen wird dann nicht mehr wie heute systemnahe Programmier-

kenntnisse erfordern, sondern erfolgt durch Auswahl eines Ablauf-Templates aus einer Menge von Referenzprozessen, dessen Konfiguration sowie dem möglichst komfortablen „Einstecken“ vorgefertigter Applikationsmodule in das Template (im Sinne eines „Plug-and-Play“). Workflow-Technologie und das Konzept der Prozeßorientierung werden sich mittelfristig durchsetzen. Allerdings bedarf es noch erheblicher Anstrengungen, bis dieses Ziel erreicht ist.

Einen wesentlichen Beitrag zu diesem Entwicklungsprozeß kann auch die Medizininformatik als zukünftige Anwendungsdomäne dieser Technologie leisten. Neben der systematischen Evaluation der sich aus der Medizin stellenden Anforderungen an vorgangsorientierte Anwendungssysteme sollten WfMS in überschaubaren Pilotprojekten „erprobt“ werden. Aus diesen Gründen haben wir uns in den vergangenen Jahren intensiv mit realen Prozeß- und Organisationsstrukturen der Frauenklinik auseinandergesetzt. Die Ist-Aufnahme dieser Strukturen hat uns einen guten Einblick in die aktuellen betrieblichen Abläufe verschafft und bildete damit auch die Basis für das Aufdecken von Schwachstellen sowie für das Redesign der Abläufe [6]. Durch die Implementierung ausgewählter Abläufe auf Basis heutiger Workflow-Technologie konnten wir zudem wichtige Erkenntnisse über die Vorgehensweise bei der Durchführung entsprechender Projekte im Krankenhausbereich gewinnen.

Neben diesen anwendungsbezogenen Arbeiten haben wir verschiedene Aspekte zukünftiger Workflow-Technologie gezielt untersucht. Zu nennen sind hier Arbeiten in den Bereichen semantische Prozeßmodellierung, Flexibilisierung und Ausnahmebehandlung, Inter-Workflow-Abhängigkeiten und Skalierbarkeit. Hierbei handelt es sich allesamt um Punkte, die für den Einsatz von Workflow-Technologie im klinischen Bereich von herausragender Bedeutung sind.

Literatur

1. Scheer, A.-W.; Chen, R.; Zimmermann, V.: Geschäftsprozesse und integrierte Informationssysteme im Krankenhaus, Institut für Wirtschaftsinformatik, IWI-Heft 130, Universität des Saarlandes, April 1996.
2. Haimowitz, I. et al.: Temporal Reasoning for Automated Workflow in Health Care Enterprises. In: Adam, N.; Yesha, Y. (eds.): Electronic Commerce: Current Research Issues and Applications. Berlin: Springer 1996, LNCS 1028, 87-113.
3. Palaniswami, D.; Lynch, J.; Shevchenko, I.; Mattie, A.; Reed-Fourquet, L.: Web-Based Multiparadigm Automation For Efficient Health-Care Delivery. Proc. NSF Workshop on Workflow and Process Automation in Information Systems, Athens, Georgia, May, 1996.
4. Bonner, A.; Shrufi, A.; Rozen, S.: LabFlow-1: A Database Benchmark for High-Throughput Workflow Management. In: P. Apers et al. (eds.): Proc. EDBT'96, Avignon 1996, 463 - 478.
5. Kuhn, K.; Reichert, M.; Beuter, T.; Dadam, P.: An Infrastructure for Cooperation and Communication in an Advanced Clinical Information System, Proc. SCAMC'94. AMIA Press 1994, 519-23.
6. Reichert, M.; Kuhn, K.; Dadam, P.: Prozeßreengineering und -automatisierung in klinischen Anwendungsumgebungen. In: Baur, M. P.; Fimmer, R.; Blettner, M. (Hrsg.): Medizinische Informatik, Biometrie und Epidemiologie GMDS 96. München: MMV Medizin 1997, 219-223.
7. Kuhn, K.; Reichert, M.; Dadam, P.: Unterstützung der klinischen Kooperation durch WfMS. In: Trampisch, H.J.; Lange, S. (Hrsg.): Proc. 40. Jahrestagung der GMDS. München: MMV Medizin 1995, 437-41.
8. Joos, B. et al.: Drei Workflow-Management-Systeme im praktischen Vergleich. HMD 34: 196, 1997, 81-103.
9. Konyen, I.; Reichert, M.; Schultheiß, B. et al.: Prozeßentwurf für den Bereich der minimal invasiven Chirurgie. Interne Ulmer Informatik Berichte, DBIS-14 (Software-Labor Ulm) 1996.