

# Optimierte Patientenlogistik unter Einsatz von Smart-Object-Technologien im Krankenhaus

Michael Seitz<sup>1</sup>, Christoph Niemann<sup>2</sup>, Johannes Kriegel<sup>1</sup>, Torsten Eymann<sup>2</sup>

Fraunhofer Arbeitsgruppe  
für Technologien der  
Logistikdienstleistungswirtschaft<sup>1</sup>  
90411 Nürnberg  
michael.seitz@atl.fraunhofer.de  
johannes.kriegel@atl.fraunhofer.de

Lehrstuhl für Wirtschaftsinformatik<sup>2</sup>  
Universität Bayreuth  
95440 Bayreuth  
christoph.niemann@uni-bayreuth.de  
torsten.eymann@uni-bayreuth.de

**Abstract:** Durch den steigenden Wettbewerbsdruck im Gesundheitswesen sind Krankenhäuser gezwungen, ihre Prozesse zu optimieren um konkurrenzfähig zu bleiben. Gerade im nicht-medizinischen Bereich existieren große Optimierungspotenziale die durch organisatorische Veränderungen und technologischen Einsatz ausgeschöpft werden können. Das in diesem Artikel vorgestellte Projekt widmet sich der Patientenlogistik als ein mögliches Optimierungsziel. Ubiquitous-Computing-Technologien schaffen Transparenz und stellen Daten zur Verfügung, die für eine effiziente Ausgestaltung der Patientenlogistik bisher nicht berücksichtigt werden konnten. Mit der Integration dieser Daten und einer IT-gestützten Behandlungsplanung ergeben sich Möglichkeiten, die nicht-medizinischen Aufgaben stärker zu automatisieren und menschliche Entscheidungsträger von Routineentscheidungen zu entlasten. In dem vorgestellten Projekt werden Technologien zur Unterstützung der Patientenlogistik sowie eine geeignete integrierte Dienstleistung in Zusammenarbeit mit einem Krankenhausträger entwickelt und evaluiert.

## 1 Motivation

Mit der Einführung der fallbasierten Budgetierung, der Kürzung finanzieller Mittel und dem Anspruchsdenken der Patienten sind Krankenhäuser einem zunehmenden Wettbewerbsdruck ausgesetzt [Gr03, 13f.]. Neben medizinischer Exzellenz steigt der Bedarf, auch den nicht-medizinischen Bedürfnissen der Patienten gerecht zu werden. Im Vordergrund stehen die Erhöhung der Patientenzufriedenheit und die gleichzeitige Verbesserung wirtschaftlicher Kennzahlen. Reduktion von Wartezeiten, Verweildauerverkürzung sowie der gezielte und wirtschaftliche Einsatz von Ressourcen stellen gemeinsame Interessen der Patienten und der Krankenhäuser dar.

Jedoch sind die Voraussetzungen für eine nachhaltige Unterstützung dieser Interessen oft nicht gegeben. Eine patientenorientierte und zugleich effiziente Versorgung erfordert eine konsequente Prozessausrichtung sowie unterstützende Informationsstrukturen über Abteilungsgrenzen hinweg. Die Transparenz über Prozesszustände und die Koordination der einzelnen Leistungsstellen sind unzureichend und werden durch ungeplante Ereignisse (z. B. Nichterscheinen des Patienten, Verzögerungen oder Notfälle) zusätzlich beeinträchtigt [St08, 16f.].

Informations- und Kommunikationstechnologien beherrschen komplexe, informationsintensive Beziehungen und Netzwerke. Sie erleichtern und beschleunigen die organisationsübergreifende Zusammenarbeit bei Planungs- und Kontrollaktivitäten durch einen bedarfs- und zeitgerechten Informationsaustausch [Ra02, 380ff.]. Mit dem Einsatz von Technologien bestehen deshalb erhebliche Potenziale zur Steigerung der Effizienz und Qualitätsverbesserung [Ep06, 1].

Dieser Beitrag beschäftigt sich mit der Frage, wie Technologien eingesetzt und gestaltet werden können, um die Patientenversorgung qualitativ und wirtschaftlich zu verbessern.

## **2 Patientenlogistik**

Das Konzept der Patientenlogistik umfasst die Koordination der begleiteten und nichtbegleiteten Bewegung und Unterbringung von ambulanten und stationären Patienten innerhalb eines definierten Bereichs (z. B. Krankenhaus) und stellt ein geeignetes Instrument dar, um die organisationsweiten Wertschöpfungs- und Transformationsprozesse von der Aufnahme des Patienten über Anamnese, Diagnostik und Therapie bis hin zur Nachsorge zu gestalten und zu optimieren [KJ09, 19ff.].

Die Zufriedenheit der Patienten ist im heutigen Umfeld verschärften Wettbewerbs und Erfolgsdrucks für alle Einrichtungen der Gesundheitswirtschaft ein entscheidender Stellhebel für erfolgreiches Bestehen. Die Patientenlogistik im Krankenhaus, als systematische Strukturierung, Steuerung und Begleitung der Wege der Patienten durch ihre Diagnose- und Behandlungspfade, kann entscheidend zur Steigerung der Patientenzufriedenheit beitragen: Sie eliminiert vermeidbare Wartezeiten, bietet den Patienten Vorausschau und Anleitung für bevorstehende Schritte, dem Klinikpersonal mehr Transparenz und Prozesssicherheit, damit insgesamt erhöhte Servicequalität und gestärkte Wettbewerbsfähigkeit [HJK08, 25ff.]. Der Patient als Kunde sowie wesentliche Ressource und Wertschöpfungsobjekt wird in diesem Zusammenhang zielgerichtet informiert, gesteuert und koordiniert. Er ist externer Faktor der Versorgungsleistung und zentrales Element der Prozessbetrachtung. Um ihn herum wird der Einsatz der Produktionsfaktoren Personal, Information und Material organisiert. Eine wesentliche Abgrenzung zur Objektlogistik besteht darin, dass der Patient besondere Serviceleistungen (z. B. freundliche Ansprache) erwartet und benötigt sowie durch eigenes Verhalten und selbständige Entscheidungen die Abläufe der Geschäftsprozesse maßgeblich beeinflusst.

### **3 Das OLogPat-Projekt**

Die Patientenlogistik stellt den Fokus des Projektes OLogPat („Optimierte Patientenlogistik unter Einsatz von Smart Object-Technologien im Gesundheitswesen“) dar. Im Projekt soll einerseits die technische Infrastruktur geschaffen und erprobt werden, um die Patientenlogistik durch Informationstechnologie (IT) zu unterstützen. Andererseits ist die Entwicklung der Technologie eng verzahnt mit einer verstärkten Serviceorientierung gegenüber den Patienten. Damit ist das Ziel der Projektes zweigeteilt: Zum Einen sollen Kostenvorteile durch konsequentere Auslastung der Ressourcen erreicht werden; zum Anderen soll die Wartezeit der Patienten verkürzt und damit die Zufriedenheit und die wahrgenommene Behandlungsqualität erhöht werden.

Im Projekt stehen die sinnvolle Kombination vorhandener Technologien und deren Verknüpfung zu einem Entscheidungsunterstützungssystem im Vordergrund. Im Sinne des „Ubiquitous Computing“ [We91, 66] stehen durch die Durchsetzung der Wirklichkeit mit miniaturisierter IT Daten zur Verfügung, die vormals nicht in der Planung verwendet werden konnten. Diese erweiterte Informationsgrundlage trägt dazu bei, dass die Patientenlogistik sich verstärkt automatisiert vorplanen lässt. Menschliche Entscheider können sich so auf wenige, nicht durch IT entscheidbare Situationen konzentrieren und werden von Routineaufgaben entlastet.

#### **3.1 Technologische Grundlage**

Um die Patientenlogistik durch IT zu unterstützen, ist es notwendig, dem Planungssystem Informationen über die Aktivitäten und Aufenthaltsorte sowohl der Patienten als auch der medizinischen Akteure (Ärzte, Pflegepersonal) in Echtzeit bereit zu stellen. Durch den Einsatz von Smart-Object-Technologien können diese Daten in maschinenlesbarer Form bereitgestellt werden. Zur Lokalisierung kann die RFID-Technologie (Radio Frequency Identification) [Fi02] eingesetzt werden. RFID bietet die berührungslose Identifizierung und Lokalisierung einzelner Ressourcen innerhalb geschlossener Systeme mit einer Kostenstruktur, die den Einsatz mit vielen zu identifizierenden Ressourcen ermöglicht. Während im Krankenhaus ortsgebundene Lesegeräte installiert werden, erhalten die Akteure im Krankenhaus kostengünstige Transponder (sog. Tags), über die sich ihr Aufenthaltsort sowie ihr Bewegungsprofil protokollieren lassen. Die Kosten für die Tags bewegen sich momentan im zweistelligen Centbereich, durch den Einsatz von Polymerdruckverfahren werden sie in naher Zukunft wahrscheinlich noch deutlich sinken [CF03, 66].

Im Projekt ist die RFID-Technologie ein Kandidat für die hardwareseitige Grundlage der Lokalisierungstechnologie. Allerdings ist RFID nicht frei von Nachteilen: Die von RFID verwendete Strahlung wird von Metall reflektiert und von Flüssigkeiten absorbiert. Beide Materialien kommen in Krankenhäusern häufig zum Einsatz, so dass sich Räume nicht immer uniform ausleuchten lassen. Diesen Problemen begegnet das Projekt durch die Evaluation verschiedener Technologien, um nicht an die spezifische RFID-Technologie gebunden zu sein. Alternative Techniken wie die WLAN-Lokalisierung haben andere spezifische Vor- und Nachteile, können RFID jedoch ersetzen, falls sich RFID in Krankenhäusern aus technischen Gründen als nicht geeignet erweist. Voraussetzung für die erfolgreiche Prozessunterstützung ist die verlässliche Lokalisierung der Akteure. Die Ortsauflösung ist nach derzeitigem Stand der Technik ausreichend, um Prozessstatusübergänge an bestimmten Ereignissen (z.B. „Patient verlässt Behandlungszimmer“) festzumachen. Die Reliabilität dieser automatisiert getroffenen Annahmen werden durch komplexe Regelwerke sowie bei Bedarf durch gezielte Rückfragen an Prozessbeteiligte fundiert.

Zusätzlich zu den neu gewonnenen Lokalisierungsdaten sind für die Patientenlogistik weitere Daten notwendig, die aus dem bestehenden klinischen Informationssystem (IS) entnommen werden. Hierzu gehören die geplanten Behandlungen der Patienten oder auch die Auslastung der zur Verfügung stehenden Ressourcen. Abbildung 1 stellt die Komponenten des Projektes im Überblick dar.

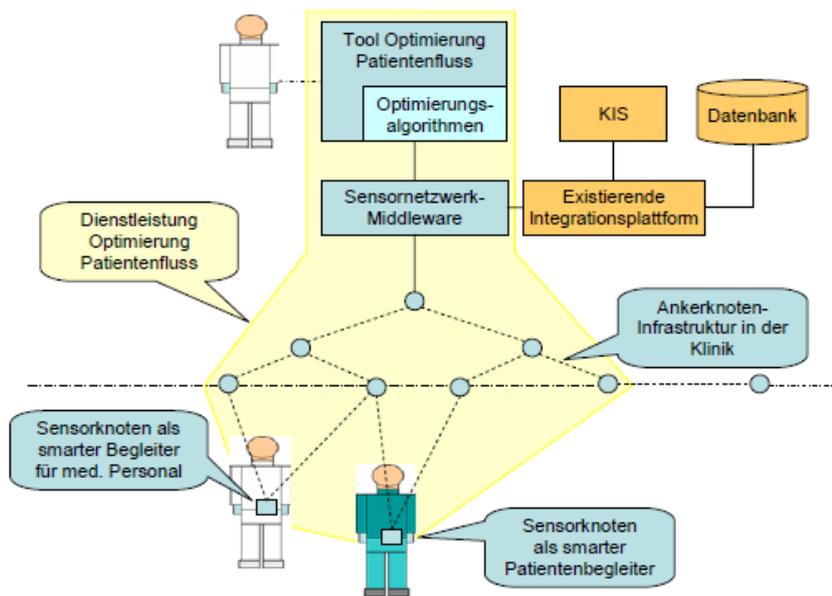


Abbildung 1: Architektur des OLogPat-Systems

### 3.2 Software

Aus den vorhandenen und den durch die Smart Objects generierten Daten kann das Tool zu Optimierung des Patientenflusses einen idealen Prozess unter Berücksichtigung der operativen, nicht medizinischen Daten generieren. Dieser Prozess kann allerdings im Krankenhaus lediglich ein Vorschlag sein, der von menschlichen Akteuren begutachtet werden muss. Diese Vorgehensweise liegt in der Tatsache begründet, dass es sich bei medizinischem Wissen um Expertenwissen handelt, das sich immer rascher entwickelt [Ha06, 520] und nur in eng umrissenen Einsatzgebieten so kodifizieren lässt, dass es für automatisierte Entscheidungen nutzbar ist. Weiter ist eine menschliche Bestätigung der Zuweisungsvorschläge auch aus Sicht der Zurechenbarkeit von Entscheidungen in Krankenhäusern wünschenswert.

Der eingesetzte Optimierungsalgorithmus arbeitet dezentral: Im IS repräsentieren Softwareagenten die einzelnen Akteure mit ihren Behandlungsplänen. Aus Sicht der IS treffen im Krankenhaus Leistungsanbieter (medizinisches Personal) und Leistungsnachfrager (Patienten) aufeinander und es kommt zum Leistungsaustausch. Zur Koordination der unterschiedlichen Zielsetzungen der Akteure handeln sie auf einem künstlichen Markt, um so Zielkonflikte zu lösen. Im Rahmen dieser ökonomischen Selbstorganisation [We96] transformiert der Algorithmus alle vorhandenen nicht medizinischen Attribute in eine einheitliche Variable auf deren Basis die Koordination stattfindet. Diese Variable kodiert die Behandlungspriorität aus Sicht der operativen Daten. Der verhandelte Behandlungsvorschlag wird über einen Rückkanal der Smart Objects an die betroffenen Ärzte und Pflegekräfte kommuniziert; diese haben dann die Möglichkeit, den Vorschlag auch medizinisch zu bewerten und anschließend anzunehmen oder abzulehnen [NE06]. Abbildung 2 zeigt diesen Kreislauf von automatisierter *Informationserfassung* durch die Lokalisierungstechnologie, *Verarbeitung* durch Aushandeln von Terminen und *Beeinflussung* der physischen Welt durch die Rückkopplung mittels der Smart Objects.

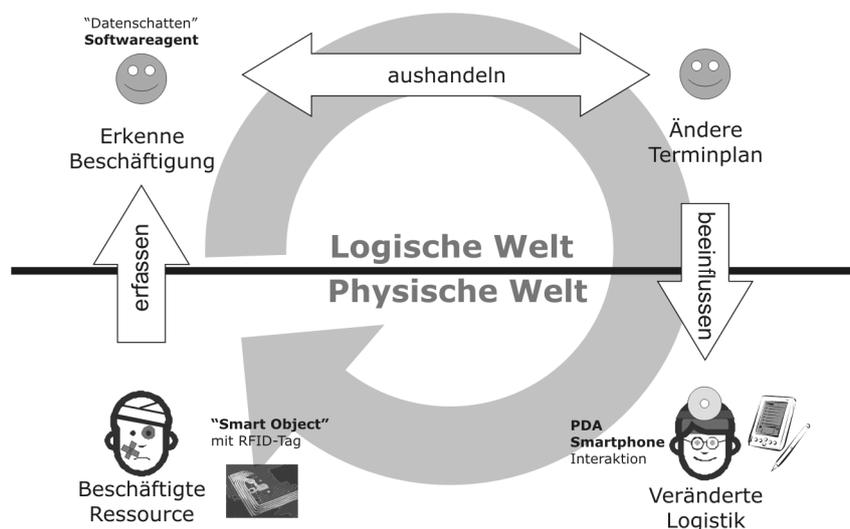


Abbildung 2: Interaktion von physischer und logischer Welt

Krankenhäuser und insbesondere Teilbereiche wie die Notaufnahme sind hochdynamische Umgebungen; ständig werden Patienten neu in das Krankenhaus aufgenommen und andere werden entlassen. Ein System, das die Koordinierung der Prozesse innerhalb einer Klinikumgebung unterstützen soll, muss daher flexibel genug sein, um auf solche Veränderungen schnell genug reagieren zu können. Diese Flexibilität gewährleistet das System durch die dezentrale Konzeption der Entscheidungsfindung. Kirn beschreibt in [Ki06, 62 ff.] ein Framework zur Messung der Flexibilität auf Grundlage der Produktionstheorie. Sie unterscheiden sechs Arten von Flexibilität, an denen sich das System messen lässt:

**Quantitative Flexibilität:** Maß für die Fähigkeit den Ertrag pro Zeiteinheit zu verändern

**Ein-/Ausgabe-Flexibilität:** Maß für die Möglichkeit, unterschiedliche Ausgaben bei konstanten Eingaben bzw. konstante Ausgaben bei unterschiedlichen Eingaben zu produzieren

**Zeit-Flexibilität:** Maß für die benötigte Zeit, um Veränderungen des Systems implementieren zu können

**Prozess-Flexibilität:** Maß für die Möglichkeit, Prozesse innerhalb des Systems zu verändern, ohne die Ausgabe des Systems zu beeinflussen

**Substitutions-Flexibilität:** Maß der Komponentenaustauschbarkeit. Lassen sich einzelne Teile des Systems ersetzen, ohne die Ausgabe zu ändern?

**Fehler-Flexibilität:** Ist das System in der Lage, auf systemeigene Fehler zu reagieren und das eigene Verhalten so anzupassen, dass der Fehler vermieden wird?

Das Problem der Prozessoptimierung stellt besondere Anforderungen an die *Ein- und Ausgabeflexibilität*, die *quantitative Flexibilität* und die *Prozessflexibilität*. Ein Krankenhaus muss flexibel auf variierende Nachfrage nach Leistung reagieren können, da je nach Tageszeit oder anderen Bedingungen unterschiedlich viele Patienten aufgenommen werden müssen. Auf Stoßzeiten muss ein Terminplanungssystem genauso reagieren können, wie auf Zeiten, in denen nur wenige Patienten aufgenommen werden. Weiterhin treten unvorhersehbare Veränderungen in den Patientenzahlen auf: Einerseits müssen immer wieder Notfälle in den bestehenden Behandlungsplan eingefügt werden, da ihre Behandlungen mit höherer Priorität durchgeführt werden müssen, andererseits erscheinen Patienten nicht zu den für sie vorgesehenen Terminen oder sie können die Termine nicht wahrnehmen, weil Kontraindikationen (wie z. B. ein Herzschrittmacher bei einer geplanten Computertomographie) auftreten, die vorher nicht bekannt waren. Ein System zur Prozessoptimierung muss Termine für solche Patienten umplanen oder die Termine anderer Patienten vorziehen, um die verfügbaren Ressourcen auszulasten und die *Ein-/Ausgabeflexibilität* zu gewährleisten. So kann das System gegenüber variierenden Umweltbedingungen ein stabiles Verhalten aufweisen. In gleicher Weise ist die *quantitative Flexibilität* von den sich ändernden Umweltbedingungen betroffen: Wegen der variierenden Patientenzahlen muss das System in der Lage sein, den die Anzahl der behandelten Patienten anzupassen. Trotzdem soll eine konsequente Auslastung erreicht werden.

Die *Prozessflexibilität* stellt eine weitere große Herausforderung dar: Zwar verfahren Kliniken immer häufiger nach klinischen Leitlinien, die für eine Diagnose eine bestimmte, medizinisch gesicherte Behandlung zu Grunde legen. Allerdings existieren innerhalb einer Leitlinie oftmals Alternativen, die, abhängig vom Zustand des Patienten, zu unterschiedlichen Behandlungspfaden führen. Zusätzlich kann sich der geplante Prozess innerhalb einer Behandlung verändern, sobald neue Informationen (z. B. eine Medikamenten-Unverträglichkeit eines Patienten) bekannt werden, die dazu führen, dass sich der Behandlungspfad anders entwickelt als ursprünglich vorgesehen. Dezentrale Systeme können diesen Anforderungen begegnen und bieten zusätzlich Vorteile in den Bereichen der Zeit- und der Substitutionsflexibilität.

### **3.3 Dienstleistung**

Neben der technologischen Grundlage entwickelt das Projekt auch die zugehörige Dienstleistung. Die Misserfolge im telemedizinischen Bereich seit Beginn dieses Jahrzehnts, die auf das technologisch Machbare konzentriert waren und die Verknüpfung mit unterstützenden Services vernachlässigt haben, demonstrieren die erfolgskritische Bedeutung einer systematischen Entwicklung marktreifer Dienstleistungen im Gesundheits- und Krankenhauswesen. Vor diesem Hintergrund strebt das Projekt die integrierte Entwicklung der Technologie und der Dienstleistung zur Gestaltung des hybriden Produkts „Patientenlogistik“ an.

Das zu entwickelnde Technologie-Dienstleistungs-Bündel zielt darauf ab, die Einführungsbarrieren für Kliniken gering zu halten und den produktiven Einsatz zu unterstützen. Dazu wird nach einer umfassenden Analyse das Produkt an die individuellen Bedürfnisse des Kunden angepasst und in die bestehende Umgebung integriert. Die Einführung und Inbetriebnahme wird mit organisatorischen Maßnahmen und Schulungen unterstützt. Während des Produktiveinsatzes übernimmt der Dienstleister neben Wartung und Service auch Aufgaben des Berichtswesens.

## **4 Bisherige Arbeiten**

Das Forschungsvorhaben OLogPat baut auf umfangreiche Informationen, Erfahrungen und Vorläuferprojekte im Themenfeld Patientenlogistik der beteiligten Konsortiumsteilnehmer auf. Zum einen sind hier die Projekte „Patientenwartezeiten und Patientensteuerung im Klinikum am Bruderwald Bamberg“ und zum anderen das Projekt „EMIKA – Echtzeitgesteuerte mobile Informationssysteme in klinischen Anwendungen“ zu nennen.

#### **4.1 Patientenwartezeiten und Patientensteuerung**

Im Zeitraum von November 2005 bis April 2008 wurde durch das Klinikum Bamberg und die Fraunhofer ATL eine systematische Untersuchung der Möglichkeiten der Reduzierung von Patientenwartezeiten sowie Optimierung der Belastungsplanung für die Leistungsstellen des Klinikums am Bruderwald initiiert. In den Projekten wurden auf Grundlage einer umfangreichen Stichprobe von ca. 2000 untersuchten Fällen die auftretenden Wartezeiten von Patienten in ausgewählten Ambulanzen und diagnostischen Leistungsabteilungen des Klinikums sowie deren hauptsächliche Ursachen erhoben und analysiert. Des Weiteren wurden detaillierte Anforderungen und Ausgestaltungsmöglichkeiten einer EDV-gestützten Koordination und Terminierung des Patientenflusses im Klinikum festgelegt sowie eine zentralisierte Patientensteuerung für den Bereich Ambulanzen im Klinikum am Bruderwald entwickelt und umgesetzt [KJ09, 19-21].

Wesentliche Ergebnisse waren, dass bei bis dato etwa ein Viertel der Patienten eine Wartezeit von über 30 Minuten vor Beginn einer Behandlung zu beobachten waren. Dabei ist der kumulative Effekt, der sich beim Patientenpfad durch mehrere Leistungsstellen ergibt, nicht mit einbezogen. Ferner wurde eine abteilungsübergreifende EDV-gestützte Koordination und Terminierung mittels eines verpflichtenden Terminierungssystems für Stationen und internen Leistungsstellen in den laufenden Betrieb integriert. Ziel war es durch eine verbesserte Sensibilisierung der Mitarbeiter für die patientenorientierte Ablaufgestaltung die kunden- und qualitätsorientierte Leistungserbringung bei gleichzeitig erhöhtem Durchsatz an Patienten (bis zu 20%) in den einbezogenen Leistungsstellen zu forcieren sowie Prozessunterbrechungen zu reduzieren. Diese Bestrebung wurde durch die Einrichtung einer zentralisierten Patientensteuerung für den Bereich Ambulanzen unterstützt [HJK08, 25-28].

#### **4.2 Echtzeitgesteuertes mobiles Informationssystem in klinischen Anwendungen**

Im Rahmen des DFG-Schwerpunktprogramms 1083 wurde in den Jahren 2002–2004 im Teilprojekt EMIKA die dezentrale Patientenlogistik auf Basis marktbasierter Koordination untersucht. Dabei stand die Modellierung der Klinikumgebung mit den Akteuren (Leistungserbringer sowie Leistungskonsumenten) im Vordergrund. Gegenüber einer manuellen Terminierung der Behandlungen weist die IT-gestützte Planung vor allem den Vorteil der Skalierbarkeit auf. Das Modell kann jederzeit erweitert werden, indem neue (virtuelle) Akteure hinzugefügt werden [SE04].

Durch starke Informationsverdichtung wurden die verfügbaren Daten zur Terminplanung auf eine Planungsvariable komprimiert, die alle relevanten nicht medizinischen Daten enthält. Diese Variable dient zur Koordination der Akteure untereinander. Dabei kommt ein künstlicher Markt zum Einsatz, der eine dezentrale Koordination erlaubt. Ein wichtiges Ergebnis des Projektes ist die positive Korrelation der Datenmenge mit der Qualität der Planung [EMS06]. Durch die Verfügbarkeit von Lokalisierungsinformation kann die Planung in Modellexperimenten verbessert werden. In der Realität lassen sich solche Verfahren jedoch nur einsetzen, wenn es zu einer geeigneten Entscheidungsteilung zwischen IT und menschlichen Akteuren kommt [Ni06].

## 5 Aktuelle Ergebnisse

Im Folgenden werden aktuelle Ergebnisse im Rahmen der Analyse der Systemumgebung präsentiert.

### 5.1 Zielausrichtung

Oberziel ist die Herstellung einer krankenhausesweiten Informationstransparenz über die nicht-klinischen Patientenpfade für eine patientenorientierte, abteilungsübergreifende Koordination der Versorgung zur Steigerung der Qualität und Effizienz (Abbildung 3).

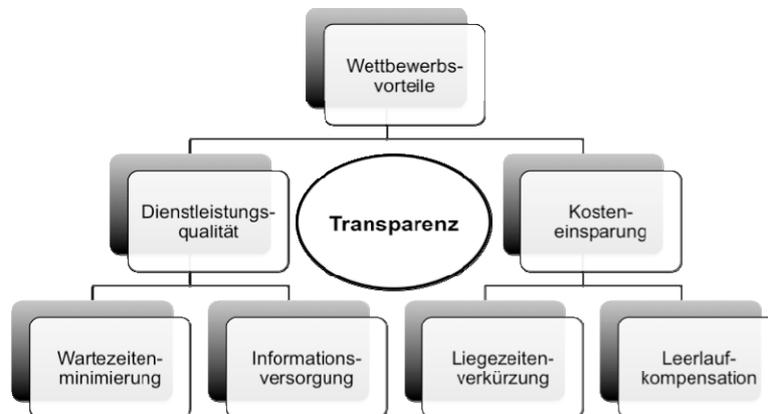


Abbildung 3: Zielausrichtung im Forschungsprojekt „OLogPat“

Davon abgeleitete Unterziele und Nutzenaspekte sind der Aufbau von Wettbewerbsvorteilen, zum einen im Bereich der Dienstleistungsqualität durch Minimierung der Patientenwartezeiten und Informationsversorgung über den aktuellen Behandlungsstatus, zum anderen im Hinblick auf Kostenvorteile durch Verkürzung der Liegezeiten und durch Flexibilität zur Kompensation von ungeplanten Leerläufen kapitalintensiver Ressourcen.

## 5.2 Anwendungsbereich

Im Rahmen der Analyse der Systemumgebung ist unter medizinischen und betriebswirtschaftlichen Nutzenaspekten ein geeigneter Anwendungsbereich im Klinikum abzugrenzen. Darin sollen die weiteren Forschungsaktivitäten stattfinden und die zu entwickelnde Technologie prototypisch eingesetzt werden. Für die Auswahl des Anwendungsbereichs wird ein einheitliches Bewertungsinstrument benötigt, das die Vergleichbarkeit der möglichen Alternativen herstellt. Um ein solches Bewertungsinstrument zu entwickeln, werden in einem ersten Schritt Anforderungen erhoben, die an einen prototypischen Anwendungsbereich zu stellen sind, damit darin mit dem Einsatz der Technologie die gewünschten Effekte erzielt und auf andere Bereiche übertragen werden können. Eingesetzte Methoden sind Experteninterviews, Brainstorming und Kreativitätstechniken. Die erhobenen Anforderungen werden in einem nächsten Schritt konsolidiert und gewichtet. Ergebnis der Anforderungsanalyse ist schließlich ein strukturierter Anforderungskatalog, der Bewertungsgrundlage für die Auswahl und Abgrenzung des Anwendungsbereichs ist.

Die Abgrenzung des Anwendungsbereichs erfolgt anhand von drei Dimensionen. Die strukturorientierte Dimension definiert den Anwendungsbereich durch Auswahl bestimmter Gebäudeteile und Räume, die technisch gut beherrschbar sind. Die funktionsorientierte Dimension betrachtet die beteiligten Leistungsstellen und legt Verantwortlichkeiten fest. Die patientenflussorientierte Dimension bezieht sich auf die relevanten leistungsstellenübergreifenden Behandlungspfade.

Insbesondere in komplexen und dynamischen Umgebungen besteht ein hoher Bedarf an Transparenz und Flexibilität. Ortungstechnologien, Algorithmen zur Ablaufoptimierung und der Einsatz von mobilen Endgeräten leisten einen Beitrag die Unsicherheiten und Veränderungen konfliktfrei, zeitgerecht und effizient zu beherrschen. Der Anwendungsbereich muss deshalb agile Prozesseigenschaften besitzen, damit das Potenzial der Technologie ausgeschöpft werden kann. Zu den komplexen Eigenschaften zählen eine hohe Anzahl an Patienten und Leistungsstellen, hinreichend lange Durchlaufzeiten der Prozessinstanzen sowie ein heterogenes und ausgewogenes Patientenkontingent (ambulante und stationäre Patienten, Notfälle) mit unterschiedlichen Prioritäten. Dynamische Eigenschaften sind eine hohe Varianz der einzelnen Behandlungsdauern, eine geringe Planbarkeit der durchzuführenden Schritte sowie hohe Freiheitsgrade hinsichtlich der Reihenfolgenplanung.

Mit steigender Komplexität wird die technische Beherrschbarkeit zunehmend eingeschränkt. Die begrenzte Verfügbarkeit der Smart Objects und die mit hohen Kosten verbundene Infrastruktur des Sensornetzwerks erfordern eine räumliche Nähe sowie zentrale Eintritts- und Austrittspunkte im Anwendungsbereich. Des Weiteren sind gesetzliche Vorschriften zur Störsicherheit medizinischer Geräte einzuhalten. Im Sinne einer Wiederverwendung relevanter Daten zur Integration und Verarbeitung ist die Existenz einer Informationsbasis z. B. elektronische Terminkalender oder Patientenakten erforderlich.

Um organisatorischen Widerständen und Problemen vorzubeugen, wird eine entsprechende Kooperationsbereitschaft der Akteure im Anwendungsbereich vorausgesetzt. Diese Anforderung bezieht sich zum einen auf Verantwortliche und Mitarbeiter, die innovativen Technologien und Veränderungen offen gegenüber stehen und das Vorhaben mit Motivation und Engagement unterstützen sollten. Zum anderen ist der erfolgreiche Technologieeinsatz auch von der Einwilligung der Patienten abhängig. Die personenbezogene Informationserhebung und Lokalisierung ist an datenschutzrechtliche Vorschriften geknüpft. Die damit verbundene Aufklärung der Patienten durch Klinikpersonal und die Entscheidungsfreiheit stellen weitere organisatorische Herausforderungen dar. Um die Benutzerakzeptanz zu erhöhen, werden folgende Prinzipien verfolgt:

- Nach aktueller rechtlicher Auslegung ist eine Lokalisierung von Mitarbeitern im Krankenhaus, durch die Rückschlüsse auf die Arbeitsbelastung gezogen werden könnten, problematisch. Die Mitarbeiter werden deshalb von der Ortung ausgeschlossen. Ihr smarterer Begleiter wird lediglich als mobiler Rückkanal für Entscheidungen über den Prozessablauf und deren Bewertung aus medizinischer Sicht genutzt.
- Die Patienten werden über die Lokalisierung aufgeklärt. Im Anschluss daran können sie über die Teilnahme frei entscheiden. Während der Teilnahme kann die Bereitschaft jederzeit revidiert werden. Ist die Zurechnungsfähigkeit des Patienten eingeschränkt, wird auf eine Ortung verzichtet.

Die Intensität und Messbarkeit der zu realisierenden Effekte im Hinblick auf die angestrebten Ziele werden maßgeblich vom gegebenen Verbesserungspotenzial im Anwendungsbereich beeinflusst. Ansatzpunkte für eine technologische Unterstützung und Optimierung sind hinreichend lange Patientendurchlaufzeiten, hohe Patientenwartezeiten, auftretende Leerläufe von Ressourcen und hohe Auslastungsgrade. Das Ziel der Entwicklung einer generischen Lösung wird mit der Repräsentativität und Übertragbarkeit der Probleme, Prozesse und Abläufe im betrachteten prototypischen Anwendungsbereich auf andere Bereiche innerhalb und außerhalb des Krankenhauses unterstützt.

Auf Basis des beschriebenen Anforderungskatalogs wurde die gastroenterologische und pneumologische Diagnostik des Zentrums für Innere Medizin als geeigneter Anwendungsbereich identifiziert (Abbildung 4).

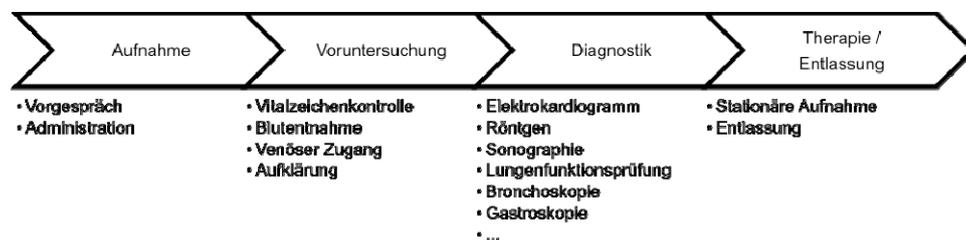


Abbildung 4: Gastroenterologische und pneumologische Diagnostik

Nach administrativer Aufnahme und Maßnahmen zur Voruntersuchung durchläuft der Patient in Abhängigkeit der jeweiligen Indikation verschiedene diagnostische Leistungstellen. Im Anschluss daran wird er entweder zur weiteren Behandlung stationär aufgenommen oder nach Hause entlassen.

## 6 Nächste Schritte

Das Projekt hat mit der Zieldefinition und der Auswahl des prototypischen Anwendungsbereichs einen ersten Meilenstein erreicht, auf dessen Basis die Analyse der Systemumgebung fortgesetzt wird. Die nächsten Schritte beinhalten eine umfassende Erhebung der Ist-Situation hinsichtlich der Prozesse und der vorhandenen IT-Systeme. Die Aufnahme der Ablaufprozesse beinhaltet die Identifikation, Dokumentation und Visualisierung der relevanten Knoten und Kanten, der beteiligten Akteure und Ressourcen sowie der benötigten Informationen. Die Aufnahme der IT-Systeme umfasst die Dokumentation und Visualisierung der IT-Strukturen und Informationsflüsse. Die im Rahmen der Analyse erhobenen Ist-Werte der Kennzahlen (z. B. Durchsatz, Wegezeiten, Wartezeiten und Durchlaufzeiten) werden im weiteren Projektverlauf als Informationsgrundlage zur Messung der erzielten Effekte durch den Technologieeinsatz herangezogen.

In der nächsten Projektphase beginnt die parallele Entwicklung von Hardware, Software und Dienstleistung. Der Fokus der Hardwareentwicklung liegt dabei auf der Anpassung einer geeigneten Lokalisierungstechnologie für eine Krankenhausumgebung, die einerseits medizintechnische Restriktionen wie die Zulassung durch die nationalen Gesundheitsbehörden erfüllt, andererseits aber auch die notwendige Kommunikation zwischen IT und menschlichen Akteuren erlaubt. Hierbei ist neben der zuverlässigen Lokalisierung auch die Rückkanalfähigkeit entscheidend: Positionsdaten dienen der softwareseitigen Aktivitätsbestimmung, während der Rückkanal benötigt wird, um Entscheidungsvorschläge mit den menschlichen Entscheidungsträgern abstimmen zu können.

Hinsichtlich der Software stehen in der nächsten Projektphase einerseits die Erschließung der vorhandenen Datenquellen und andererseits die Entwicklung der Optimierungsalgorithmen an. Neben den Lokalisierungsdaten werden Daten aus dem klinischen IS benötigt, um die Planung zu unterstützen. Diese müssen dem Entscheidungssystem zugänglich gemacht werden. Die Smart Objects zur ubiquitären Datenerfassung müssen nach der Technologieentwicklung in die bestehenden IS integriert werden.

Der Entscheidungsalgorithmus kann entwickelt werden, sobald die vorhandenen Datenquellen erschlossen sind. Auf Basis dieser Daten muss der Algorithmus angepasst und getestet werden. Wegen des hohen Risikos bei der Anwendung neuer Technologien im Krankenhaus [SR04] wird der Algorithmus in einem ersten Schritt in einer Simulationsumgebung getestet. Die Modellierung der Krankenhausumgebung für diese Simulation erfolgt in einem vorgelagerten Schritt, der sich auf eine fallstudienbasierte Untersuchung einer Klinik der Sozialstiftung Bamberg stützt. Der Test in der Simulationsumgebung dient vor allem der Verifikation des Algorithmus. Auch wird er gegen das Modell validiert, allerdings kann dieser Test eine Studie „in-situ“ nicht ersetzen [RCD+07]. Diese erfolgt im Anschluss an den Test in der Simulation.

Als dritte Säule wird die Dienstleistung entwickelt, in die die Patientenlogistik eingebettet ist. Hierbei steht die Identifizierung eines Geschäftsmodells im Vordergrund, das sowohl aus Sicht der Dienstleistungserbringer (Service-Dienstleister) als auch aus Sicht der Dienstleistungskonsumenten (Kliniken) akzeptiert wird. In einem ersten Schritt wird ein Grobkonzept für die Dienstleistung „Smart-Object-gestützte Optimierung“ des Patientendurchlaufs“ in Form eines sogenannten „Blueprints“ erstellt. Bereits hier werden die Anforderungen der späteren Anwender strukturiert und umfassend berücksichtigt. In einem zweiten Schritt ist das Grobkonzept zu verfeinern, indem das eigentliche Dienstleistungsprodukt, der Serviceprozess, die Aufbauorganisation, Schnittstellen und die erforderlichen technischen und personellen Ressourcen definiert werden. Ergebnis ist ein umfassendes Dienstleistungskonzept, auf dessen Basis Soft- und Hardware in die vorhandene Prozess- und IT-Landschaft integriert werden können.

In der abschließenden Projektphase der Systemintegration werden alle drei Säulen zu einem Produkt zusammengeführt. Die Implementierung in der Praxis sowie detaillierte Systemtests dienen als Nachweis der technischen Funktionsfähigkeit und der betriebswirtschaftlichen Relevanz der Forschungs- und Entwicklungsergebnisse.

## Literaturverzeichnis

- [CF03] Clemens, Wolfgang; Fix, Walter: Vom organischen Transistor zum Plastik-Chip. In: *Physik Journal*, 2003(2), S. 31-36.
- [EMS06] Eymann, Torsten; Müller, Günter; Strasser Moritz: Self-Organized Scheduling in Hospitals by Connecting Agents and Mobile Devices. In: (Kirn, Stefan; Herzog, Ottohein; Lokemann, Peter; Spaniol, Otto, Hrsg.): *Multiagent Engineering – Theory and Applications in Enterprises*. Springer-Verlag, 2006, S. 319-337.
- [Ep06] Eperspächer, Jörg: Innovationen durch Informationstechnologien im Gesundheitswesen. In (Eperspächer, Jörg; Picot, Arnold; Braun, Günter, Hrsg.): *eHealth: Innovations- und Wachstumsmotor für Europa*. Springer-Verlag, Berlin-Heidelberg, 2006.
- [Fi02] Finkenzeller, Klaus: *RFID-Handbuch*. Hanser-Verlag, 2002.
- [Gr03] Greiling, Michael; Mormann, Johanna; Westerfeld, Ruth: *Klinische Pfade steuern*. Baumann Fachverlage, Kulmbach, 2003.
- [Ha06] Haas, Peter: *Gesundheitstelematik*. Springer-Verlag, Berlin Heidelberg 2006.
- [HJK08] Hollstein, Brigitte; Jehle, Franziska; Kriegel, Johannes: Das Ende des Wirrwarr – Transparenz und besserer Service durch optimierte Patientenlogistik. In: *Krankenhaus Umschau*, 5/2008, Baumann Fachverlage, Kulmbach, 2008.
- [Ki06] Kirn, Stefan: Flexibility of Multiagent Systems. In: (Kirn, Stefan; Herzog, Ottohein; Lokemann, Peter; Spaniol, Otto, Hrsg.): *Multiagent Engineering – Theory and Applications in Enterprises*. Springer-Verlag, 2006, S. 53-69.
- [KJ09] Kriegel, J., Jehle, F.: Warten bis der Arzt kommt – Service- und Kundenorientierung durch optimierte Patientenlogistik im Spitalsbereich. In: *ÖKZ*, 03/2009, Schaffler-Verlag, Graz, 2009.
- [NE06] Niemann, Christoph; Eymann, Torsten: Softwareagenten in der Krankenhauslogistik – Ein Ansatz zur effizienten Ressourcenallokation. In: *HMD – Praxis der Wirtschaftsinformatik*, 2006 (251), S. 77-87.
- [Ni06] Niemann, Christoph: Softwareagenten im Krankenhaus – Soft Computing zwischen Ordnung und Chaos. In: (Nissen, Volker; Petsch, Mathias, Hrsg.): *Softwareagenten und Softcomputing im Geschäftsprozessmanagement – Proceedings zum 9. Symposium Soft Computing*, 30.11.2006, Illmenau, Cuvillier Verlag, 2006, S. 53-67.

- [Ra02] Raupp, Markus: Netzwerkstrategien und Informationstechnik. Peter Lang GmbH, Europäischer Verlag der Wissenschaften, Frankfurt am Main, 2002.
- [RCD+07] Rogers, Yvonne; Connelly, Kay; Tedesco, Lenore; Hazlewood, William; Kurtz, Andrew; Hall, Robert E.; Hursey, Josh; Toscos, Tammy: Why It's Worth the Hassle: The Value of In-Situ Studies When Designing UbiComp. In: (Krumm, John; Abowd, Gregory D.; Seneviratne, Aruna; Strang, Thomas, Hrsg.): UbiComp 2007, Springer-Verlag 2007, S. 336-353.
- [SE04] Strasser, Moritz; Eymann, Torsten: Selbstabstimmung von Terminplänen mit Hilfe zeitabhängiger Geldsubstitut. In: Mensch und Computer 2004.
- [St08] Strasser, M.: Zur Selbstorganisation der Patientenlogistik mit allgegenwärtigen Rechnern. In (Wulf, V. et.al., Hrsg.): Schriften zu Kooperations- und Mediensystemen, Band 19, Duisburg, 2008.
- [SR04] Swanson, E. Burton; Ramiller, Neil C.: Innovating Mindfully with Information Technology. In: MIS Quarterly, 2004 (28), S. 553-583.
- [We96] Wellman, Michael P.: Market-Oriented Programming: Some Early Lessons. In: (Scott H. Clearwater, Hrsg.): Market-Based Control. World Scientific, 1996. S. 74-95.
- [We91] Weiser, Mark: The Computer for the 21st Century. In: Scientific American, 1991(265). S. 66-75.