

Potenzial des Data Mining für Ressourcenoptimierung mobiler Geräte im Krankenhaus

Rene Schult, Bastian Kurbjuhn

Otto-von-Guericke-Universität

39106 Magdeburg, Deutschland

schult@ovgu.de

bastian.kurbjuhn@st.ovgu.de

Abstract

Computerunterstütztes Ressourcenmanagement in Krankenhäusern wird, nicht zuletzt durch den Kostendruck, immer wichtiger. Wir besprechen, wie mit Data Mining Technologien das Ressourcenmanagement für mobile medizinische Geräte in einem Krankenhaus unterstützt werden kann und welches Potenzial in der Auswertung von Nutzungsdaten für ein Krankenhaus bestehen.

1 Einleitung

In Krankenhäusern gibt es viele mobile medizinische Geräte, die für die Behandlung am Patienten benötigt werden. In einem Krankenhaus mittlerer Größenordnung summiert sich der Anschaffungspreis dieser Geräte auf mehrere Hunderttausende von Euro oder gar darüber. Dies stellt einen erheblichen Anteil am gebundenen Kapital eines Krankenhauses dar. Durch den Kostendruck der Krankenhäuser und der Anforderung, mit den eingesetzten Ressourcen effizienter umzugehen, ergeben sich aus der Sicht des Ressourcenmanagements sowie aus der Literatur heraus u.a. folgende Problemstellungen, die auch beim Facility Management in Krankenhäusern immer mehr an Bedeutung gewinnen: (i) Einhaltung von gesetzlichen Vorgaben, etwa zur Dokumentation der Nutzung oder zur Wartung der Geräte, (ii) Einhaltung von Vorgaben zur Verfügbarkeit der Geräte oder zur Qualität der Leistung, ([Pocsay and Distler, 2009]; [Mauro *et al.*, 2010]) (iii) Minimierung der Investitionskosten und der laufenden Kosten ([Salfeld *et al.*, 2009]; [Mauro *et al.*, 2010]), (iv) Minimierung des Wartungsaufwands und somit auch der Wartungskosten ([Salfeld *et al.*, 2009]; [Mauro *et al.*, 2010]).

Im Folgenden schildern wir anhand eines Fallbeispiels die Aspekte, die beim Ressourcenmanagement von mobilen Geräten im Krankenhaus zu berücksichtigen sind, und erläutern dabei das Potenzial der Erfassung und Analyse von Daten zur Gerätenutzung. Das hier geschilderte Problem bezieht sich derzeit auf die tragbaren Infusions-spritzen und Infusionspumpen, kann aber inhaltlich sicher auf weitere, wenn nicht gar alle mobilen medizinischen Geräte übernommen werden.

Es besteht die Problematik, dass das technische Personal jedes Gerät für die Erfüllung von Wartungsaufgaben oder anderen Servicedienstleistungen finden muss, bzw. wissen muss, ob es derzeit gerade bei einem Patienten im Einsatz ist oder nicht. Die derzeit gesetzlich vorgeschriebenen Wartungsintervalle für die oben genannten Geräte beträgt ein Jahr.

Das Problem des Auffindens eines Gerätes hat auch das Schwesternpersonal, wenn es ein freies Gerät für einen neuen Patienten sucht. Für die Geräte existiert je Station meist ein zentraler Abstellplatz, wobei der je nach Station sehr unterschiedlich sein kann. Um nun ein freies Gerät für einen neuen Patienten oder für die Wartung zu finden, wird derzeit der Lagerraum der Station aufgesucht. Ist das Gerät dort nicht vorhanden, wird die Station nach dem Gerät abgesucht. Dieses Vorgehen ist gerade für das technische Personal sehr zeitintensiv, denn einerseits muss das technische Personal den jeweiligen Abstellort der Station kennen und falls das gesuchte Gerät dort nicht vorhanden ist, die gesamte Station danach absuchen und hoffen, dass es gerade nicht bei einem Patienten im Einsatz ist. Durch dieses bisherige Vorgehen und der Notwendigkeit aus medizinischer Sicht, ausreichend mobile medizinische Geräte bereitzuhalten, ist die derzeitige Situation so, dass viel mehr Geräte der unterschiedlichen Typen, in diesem Beispiel Infusionspumpen und -spritzen, bereit gehalten werden, als tatsächlich benötigt werden. Wenn man bedenkt, dass eines dieser Geräte zwischen 1000 und 1800 Euro kostet und man die aktuellen Zahlen des Krankenhauses sich vor Augen führt, dass 151 Infusionspumpen und 286 Infusionsspritzen derzeit in Benutzung sind, erkennt man, dass allein nur bei diesen beiden Gerätetypen mehr als 550.000 Euro als gebundenes Kapital im Bestand sind.

Unser Lösungsansatz umfasst folgende Komponenten: (1) Ortung der mobilen medizinischen Geräte, (2) online Erfassung der Bewegungsdaten zu den Geräten durch automatische Auswertung der Ortungsdaten, (3) Ableitung von nutzungsrelevanten Informationen (Ereignisse) aus den Bewegungsdaten und (4) Auswertung der Nutzungsdaten zur Berechnung der tatsächlichen Verfügbarkeit und des tatsächlichen Bedarfs für ein jedes Gerät. Darauf aufbauend soll die Optimierung inkl. Vorhersagen stattfinden. Durch die geeignete Nutzung technischer Möglichkeiten soll die Ortung der mobilen medizinischen Geräte vereinfacht und deren Nutzungsstatus der Geräte abgebildet werden. Basierend darauf soll danach die Nutzung der mobilen medizinischen Geräte (Infusionspumpen und -spritzen) mit Hilfe von Data Mining Methoden analysiert werden, um eine optimalere Nutzung der Geräte zu ermöglichen und im letzten Schritt die Möglichkeiten der Reduzierung des Gerätebestandes zu untersuchen. Der Einsatz von Data Mining Methoden bietet sich vor allem unter der Nebenbedingung an, dass das medizinische Personal für die Ortung und Nutzungsbestimmungen der medizinischen Geräte ihre bestehenden Arbeitsprozesse möglichst wenig bzw. gar nicht anpassen will und kann.

Durch diese Optimierungsschritte soll eine detailliertere

Planung des Bestandes der medizinischen Geräte und deren Auslastung möglich werden, was u.a. zur Verringerung des gebundenen Kapitals führen kann.

2 Relevante Literatur

Das Ressourcenmanagement (auch Facility Management genannt) wird schon seit langem in der Literatur diskutiert. Zunehmend findet das computerunterstützte Ressourcenmanagement (CAFM) Betrachtung ([Nävy, 2006]). Die German Facility Management Association (GEFMA) hat in ihrem Arbeitskreis für Facility Management im Krankenhaus unter anderem herausgestellt, dass durch die Einführung der DRGs nach professionelleren Vorgehensweisen und Optimierungspotenzialen ([Odin, 2010]) in Krankenhäusern gesucht wird. In ([Köchlin, 2004]) verdeutlicht Köchlin den Nutzen von Facility Management im Krankenhaus. In ([Salfeld *et al.*, 2009]) stellen Salfeld *et al.* heraus, dass vor allem die nicht klinischen Funktionen Kosteneinsparungspotenziale bieten, zu denen auch das Facility Management gehört. In ([Pocsay and Distler, 2009]) und in ([Mauro *et al.*, 2010]) betrachten die Autoren vor allem das Potenzial der IT, um mögliche Einsparungspotenziale zu nutzen, bzw. die Prozesse in einem Krankenhaus zu verbessern. Der Schwerpunkt liegt bei beiden jedoch eher auf dem Austausch der Daten, was u.a. durch SOA ermöglicht werden soll, als auf der Optimierung von Prozessen und Ressourcen.

Data Mining Methoden kamen bei Alapont *et al.* in [Alapont *et al.*, 2004] bei der Auslastungsprognose von Betten in spanischen Krankenhäusern zum Einsatz. Dort wurden die statistischen Methoden LinearRegression, LeastMedSq, SMOReg, MultilayerPerception, Kstart, LWL, Tree DecisionStump, Tree M5P und IBK miteinander verglichen. Die Methoden LinearRegression und Tree M5P eigneten sich dort am besten, um die Prognosefehler rate zu reduzieren.

Die Betrachtung von tragbaren medizinischen Geräten als Ressource des Krankenhauses in Kombination mit dem computerunterstützten Ressourcenmanagement wurde bisher in der Literatur nicht betrachtet.

3 Grundlagen

Für ein effektives Ressourcenmanagement werden Daten über die Nutzung der zu betrachtenden Geräte benötigt. Gerade bei mobilen Geräten ist die Beschaffung der Daten über die Nutzung und deren Lage nicht so einfach, durch deren Eigenschaft, dass die Geräte mobil nutzbar sind. In unserem Projekt erfolgt die Ortung mittels WLAN Technologie. Ein WLAN Chip wird am zu überwachenden Gerät angebracht und meldet sich in regelmäßigen Abständen bei einem Server über verschiedene AccessPoints. Durch spezielle Software lässt sich die Lage eines Gerätes ermitteln. Diese Lagepositionen in Kombination mit einem Zeitstempel werden in einer Datenbank gespeichert. Die Datenbankstruktur ist in Tabelle 1 dargestellt.

In der Tabelle 1 werden zu jedem WLAN Chip (TagID) die dazugehörigen Parameter wie X und Y Koordinaten der aktuellen Position sowie Mapping Parameter dafür eingetragen. Des Weiteren werden der aktuelle Zeitstempel des Eintrags und die Sendequalität des WLAN Chips gespeichert. Somit stellt die Datenbank eine Art Log-File für

die einzelnen WLAN-Chips und deren aktuellen Positionen da. Mittels Data Mining Techniken zur Log-File Analyse lassen sich die Daten für einzelne Geräte gruppieren und heraus filtern. Durch Auswertung dieser örtlichen Daten zu einem speziellen Gerät und dem Nutzen von räumlichen Informationen zum Gebäude, lassen sich Daten zur Nutzung eines Gerätes ermitteln. Dadurch stehen für jedes medizinische Gerät Daten über deren Position und deren Nutzung in einem zeitlichen Verlauf zur Verfügung. Durch diese zeitlichen Daten lassen sich für jedes einzelne Gerät, aber auch für jede Station oder auch das gesamte Krankenhaus verschiedene Kennzahlen, wie Auslastung des Gerätes, Ruhezeiten, Reparaturzeiten, zurückgelegte Wege usw. ermitteln.

4 Wissenschaftliche Fragestellungen

Die aus Business Intelligence Sicht interessanten Fragestellungen ergeben sich aus der Analyse dieser einzelnen Zeitreihen.

1. Es ist für das Krankenhaus interessant, zu analysieren, wie groß die Auslastung der einzelnen medizinischen Geräte ist. Darauf aufbauend kann man versuchen zu analysieren, worin die möglichen Unterschiede der Nutzungsgrade der einzelnen Stationen liegen. Dies bedeutet eine Klassifikation so durchzuführen, dass man unterscheiden kann, welche Eigenschaften der erfassten Daten auf eine hohe bzw. geringe Nutzung der Geräte zurückzuführen ist.
2. Aus den Nutzungsstatistiken und den erkannten Abhängigkeiten für eine hohe bzw. geringe Nutzung der Geräte kann man versuchen eine Vorhersage abzuleiten für den zukünftigen Bedarf an den medizinischen Geräten. Gerade diese Vorhersagen können ein Einsparpotenzial aus ökonomischer Sicht bedeuten, denn wenn diese Vorhersagen geringer als der derzeitige Gerätebestand ausfallen, reichen weniger Geräte für die gleiche medizinische Leistung ohne Qualitätseinbußen. Sicher sollte man dabei aber noch eine Art Puffer an Geräten einführen, um z.B. Schwankungen nach oben im Bedarf abfangen zu können.

Um die erste beschriebene Fragestellung zu lösen, ermittelt man auf den vorhandenen Daten der Datenbank und den darauf folgenden Aufbereitungen der Log-Daten der einzelnen Geräte ein deskriptives Modell auf den Daten um zwischen den Eigenschaften für die Nutzung und der Nichtnutzung unterscheiden zu können. Hierbei ist es interessant herauszufinden, ob es

1. überhaupt typische Eigenschaften für die Nutzung bzw. Nichtnutzung der Geräte gibt und
2. mit welchen Data Mining Methoden lassen diese sich am besten ermitteln bzw. die Daten in die definierten Nutzergruppen am besten unterteilen. Eignet sich dazu z.B. besser eine Regressionsanalyse oder ein Clusteringalgorithmus oder auf Klassifikationsmodelle?

Für die zweite Fragestellung ist es von starkem Interesse, ob sich qualitativ hochwertige Vorhersagen über die Nutzung der einzelnen Geräte machen lassen. Dabei kann man versuchen zwischen den einzelnen Geräten, den Geräten die einer Station zugewiesen sind oder auch den Gerätegruppen des gesamten Krankenhauses zu unterscheiden. Die Vorhersagen in qualitativ hochwertiger Weise

Datenfeld	Datentyp	Zusätze	Beispiel
Id	BIGINT UNSIGNED	NOT_NULL AUTO_INCREMENT PRIMARY_KEY	1
TagId	VARCHAR(20)	NOT_NULL	3003121670
MacAdress	VARCHAR(20)		00:00:B3:00:00:06
PosX	INT(10)	NOT_NULL	240
PosY	INT(10)	NOT_NULL	588
PosModelId	INT(10)		1
PosMapId	INT(10)		3
PosMapName	VARCHAR(100)		floor2
PosZoneId	INT(10)		17
PosZoneName	VARCHAR(100)		hall-a
PosQuality	INT(10)		99
PosTimestamp	TIMESTAMP	NOT_NULL	29.05.06 15:21

Table 1: Datenbankstruktur für die Ortung

wären eine ideale Grundlage, um das Ressourcenmanagement des Krankenhauses für diese medizinischen Geräte zu unterstützen und gleichzeitig Kosten durch die Verringerung des gebundenen Kapitals in diese Geräte zu sparen.

5 Ansatz für die Umsetzung

Aus den gewonnenen Informationen zur Ortung des Gerätes kann als Eigenschaft (Zielgröße) definiert werden, ob ein Gerät zur Zeit im Einsatz ist: Hierzu müssen jedoch sogenannte Lagerorte bestimmt werden. Nach der Datenbankdefinition setzt sich der Standort aus der PosMapId(Name) und der PosZoneId(Name) zusammen bzw. werden so die Räume abgebildet (siehe Tabelle 1). Weist man nun bestimmte Räume als (Stations-)Lagerorte aus, so kann anhand der Position des Gerätes abgeleitet werden, ob es sich zu der Zeit im Einsatz befindet. Da die Wartungen außer Haus stattfinden, wären die Geräte zu Reparaturzeiten nicht im WLAN des Krankenhauses angemeldet. Bei einem kontinuierlichen Logging bedeutet ein Fehlen eines Gerätes in der Ortungsdatenbank über einen kurzen Zeitraum, dass das Gerät sich in der Wartung befindet oder entwendet wurde. Es kann aber auch bedeuten, dass technische Störungen vorliegen. Diese Ereignisse können über die Dauer der fehlenden Protokollierung voneinander abgegrenzt werden. Da die durchschnittliche Dauer einer Geräteüberprüfung aus den Wartungsinformationen der Vergangenheit bekannt ist (und die Prüfung einem Standard folgt), kann ein erlaubter Zeitraum definiert werden, in dem das Gerät fernbleiben darf. Wird diese Zeitgrenze mitsamt einer dazugehörigen durchschnittlichen Reparaturzeit überschritten, steigt die Wahrscheinlichkeit, dass ein Fehler in der Kommunikation des Chips mit dem Access Point vorliegt. Bei einer Auswertung zur Bestimmung des Nutzungsgrades müssen die Daten, die von solchen technischen Problemen betroffen sind, bereinigt werden (also zu große Fehlzeiten sind in Frage zu stellen). In Verbindung mit dem Zeitstempel und den Verlaufsdaten bietet es sich dann an, die Auslastung einzelner Geräte zu bestimmen. Für die Ermittlung des Auslastungsgrades pro Gerät gilt:

$$\text{Auslastungsgrad} = \frac{\text{Einsatzzeiten} + \text{Reparaturzeiten}}{\text{Betrachtungszeitraum}}$$

Diese Schritte zur Ausrechnung des Auslastungsgrades und der Bereinigung der Daten bzgl. der Wartungszeiten

oder technischen Probleme sind typische Schritte der Datenaufbereitung in diesem Optimierungsprojekt.

5.1 Deskriptives Modellkonzept - Clustering von Geräten mit ähnlichen Nutzungsverhalten

Nachdem nun die Auslastungsgrade der einzelnen Geräte, deren Lager- und Reparaturzeiten anhand der vorhandenen Log-Daten in der Ortungsdatenbank bestimmt werden können, muss betrachtet werden, welche Eigenschaften eine Nutzung bzw. eine Nichtnutzung der Geräte ausmachen. Folgende Einflussfaktoren können sich auf die Auslastung niederschlagen:

- **der Verbraucher des Gerätes (die Station)** Bei welcher Station ist das Gerät zuletzt im Einsatz gewesen? Die Länge des Aufenthaltes in der Station gibt Aufschluss darüber, welche Stationen gegenüber anderen Abteilungen die größeren Verbraucher sind bzw. mehr auf die Geräte als andere Stationen angewiesen sind. Wie oft greift eine Station auf ein Gerät zu? So kann ermittelt werden, ob eine Station auf bestimmte Geräte angewiesen ist und die Station Hauptnutzer dieses Gerätes ist.
- **der aktuelle Lagerort/Standort (Raumbezug)** Welcher Lagerort ist dem Gerät zugewiesen? Wenn ein Gerät einen Lagerraum hat, an dem sich in der näheren Umgebung keine Großverbraucher (Stationen mit besonders hohem Bedarf an mobilen Geräten) befinden, ist die Wahrscheinlichkeit geringer gegenüber anderen gleichen Geräten, dass sie ausgeliehen (genutzt) werden. So wird die Annahme getroffen, dass sie einen unterdurchschnittlichen Nutzungsgrad aufweisen werden als ihre Kollegen. Denn die Beschaffung eines Gerätes in einer Umgebung verbrauchsarmer Stationen ist für einen Verbraucher mit zusätzlichem (Weg-)Aufwand verbunden. Es wird unterstellt, dass solch ein Gerät den letzten Ausweg darstellt, falls keine gleichen in der näheren Umgebung für die Nachfragestation nicht in Benutzung sind.
- **die Natur des Gerätes (Gerätetyp)** Was für ein Gerätetyp liegt vor? Unter Berücksichtigung externer statistischer Erhebungen in der Gesundheitsbranche wird deutlich, dass ein Einsatz eines Gerätes auch von seiner Ausprägung abhängt. Annahme: Allge-

meine Geräte (Infusionsspritzen und -pumpen) werden häufiger verwendet als Spezialgeräte (Herzmasagegeräte/Beatmungsgeräte). Per WLAN-Chip-ID wird ein Gerät eindeutig identifiziert. Wenn bekannt ist, um was für ein Gerät es sich handelt (Speicherung der Geräteinformationen in einer weiteren Stammdatenbank oder Erweiterung der Ortungsdatenbank um das Feld Type (Gerätetyp), kann dieser Einflussfaktor selbst bestimmt werden.

Hieraus wird ersichtlich, dass sich Verbraucher, Lagerort und Gerät gegenseitig bedingen und den Auslastungsgrad beeinflussen. Es muss nun näher untersucht werden, welche Konstellationen für eine Nutzung sprechen und welche eine Lagerung verantworten.

5.2 Anwendung von Data-Mining-Verfahren

Bei der statistischen Methode werden die Kennzahlen wie Auslastungsgrad (in Bezug auf das Gerät) und Verwendungsgrad (in Bezug auf die Station) aus den Werten der Datenbank über gezielte Datenbankabfragen berechnet. Um jedoch auch Prognosen bzw. Trends, die eine Einsatzplanung der Geräte erlauben, bewerkstelligen zu können, bedarf es geeignete Methoden aus dem Bereich des Data Mining zu finden.

Auf der einen Seite bieten sich Clusteralgorithmen, wie der K-Means Algorithmus an, um die Geräte mit ähnlichen Nutzungsverhalten bzw. ähnlichen Eigenschaften zu gruppieren. Die Idee dahinter ist folgende, dass ähnliche Eigenschaften der Geräte in der Nutzungsdatenbank auch zu ähnliche Nutzungsstatistiken führen. Aus den speziellen Eigenschaften der entstandenen Cluster lassen sich dann Rückschlüsse ziehen auf unterschiedliche Bedingungen für die unterschiedlich starken Nutzungseigenschaften der Geräte. Durch die Möglichkeit vieler Noise-Punkte, die z.B. beim Bewegen der Geräte entstehen können, sind vielleicht auch Hierarchische Algorithmen oder dichte-basierte Algorithmen, wie der DB-Scan oder die incrementelle Version davon, eher zu nutzen in diesem Anwendungsfall.

Aus den Clusteringergebnissen kann man den aktuellen Stand der Nutzung der einzelnen Geräte ablesen und Schlussfolgerungen darüber ziehen, welche Eigenschaften das Nutzungsverhalten beeinflussen. Um Vorhersagen über die zukünftige Nutzung der Geräte zu machen, sind die deskriptiven Modelle nicht geeignet. Hier müssen Vorhersagemodelle, wie Entscheidungsbäume zum Einsatz kommen. Bei den Klassifikationsmodellen ist die Zielvariable die vorher ermittelte Nutzung der einzelnen Geräte. Da diese jedoch in einem Wertebereich von 0 bis zum gesamten Betrachtungszeitraum liegen kann, ist es einfacher, den Wertebereich in zwei (hoch, gering) oder gar drei (hoch, mittel, gering) Intervalle zu unterteilen, die den Grad der Nutzung angeben. Hierfür lassen sich dann verschiedene Entscheidungsbäume testen oder z.B. auch der NaiveBayes Algorithmus, um zu sehen welche Eigenschaften der Daten den einen oder anderen Nutzungsgrad beeinflussen. Danach kann man mit unterschiedlichen Testdaten, in denen man die Werte der einzelnen Eigenschaften variiert, die einzelnen Nutzungsgrade vorhersagen. Aus diesen Vorhersagen lassen sich für ein Krankenhaus Rückschlüsse ziehen, welche Eigenschaften intensiviert oder verringert werden sollen, damit die gewünschten Nutzungsgrade der mobilen Geräte erreicht werden.

Eine weitere Möglichkeit der Analyse der Daten

ermöglicht die Trajectoryanalyse, wenn man die Bewegungsdaten der mobilen Geräte nicht als Noise-Punkte interpretiert sondern einfach als Daten eines Trajectories. Diese lassen sich dann auf Ähnlichkeiten gruppieren bzw. lassen sich Besonderheiten feststellen. Dann lassen sich die einzelnen Wege der Geräte analysieren und als ein mögliches Ergebnis daraus die Standorte für die Aufbewahrung optimieren. Diese Optimierung zielt darauf ab, die Laufwege des Schwesternpersonals zu verringern. Dies kann dadurch erreicht werden, in dem der Lagerort für die Geräte an einen aus den Trajectories herausgefundenen zentraleren Ort verlagert wird.

6 Zusammenfassung

Wir haben gezeigt, dass die Ressourcenoptimierung in einem Krankenhaus viel Potenzial für den Einsatz von Data Mining Techniken bietet. Anhand der beschriebenen Problemstellung, dem Wiederfinden der mobilen Geräte, und den dargestellten Lösungsansätzen können sich die Nutzung der Ressourcen und der Aufwand für das nutzende Personal verringern lassen. Bei der Analyse der Auslastung der mobilen Geräte lassen sich beschreibende und vorhersagende Algorithmen für unterschiedliche Zielstellungen einsetzen. Die Umsetzung dieser Idee und die tatsächlichen Auswirkungen der Nutzung von Data Mining bei der Ressourcenoptimierung werden wir im Projekt untersuchen. Als Anmerkung sei kurz erwähnt, dass die hier beschriebenen Schritte derzeit in der Planung bzw. am Anfang der Umsetzung erst sind und somit noch keine experimentellen Ergebnisse vorliegen. Das Paper ist als Diskussionspapier gedacht.

References

- [Alapont *et al.*, 2004] J. Alapont, A. Bella-Sanjuan, C. Ferri, J. Hernandez-Orallo, J. D. Llopis-Llopis, and M. J. Ramrez-Quintana. Specialised Tools for Automating Data Mining for Hospital Management. Technical report, Universitat Politcnica de Valncia, Cam de vera s/n, 46022 Valencia, Spain, 2004.
- [Köchlin, 2004] K. Köchlin. Ist der Einsatz von Facility Management im Krankenhaus notwendig? Technical report, Technische FH Berlin, 2004.
- [Mauro *et al.*, 2010] C. Mauro, J.M. Leimeister, and H. Krmar. Serviceorientierte Integration medizinischer Geräte ganzheitliche IT-Unterstützung klinischer Prozesse. *Informatik Spektrum*, April 2010.
- [Nävy, 2006] Nävy. *Facility Management - Grundlagen, Computerunterstützung, Systemeinführung, Anwendungsbeispiele*. Springer Verlag, 2006.
- [Odin, 2010] S. Odin. GEFMA Arbeitskreis Facility Management im Krankenhaus - Benchmarking. Technical report, GEFMA e.V., 2010.
- [Pocsay and Distler, 2009] A. Pocsay and O. Distler. *Zukunftsorientierter Wandel im Krankenhausmanagement Outsourcing, IT-Nutzenpotenziale, Kooperationsformen, Changemanagement*, chapter Geschäftsprozessmanagement im Gesundheitswesen Organisation und IT wachsen zusammen. Springer Verlag, April 2009.
- [Salfeld *et al.*, 2009] Salfeld, Hehner, and Wichels. *Modernes Krankenhaus Management, Konzepte und Lösungen*. Springer Verlag, 2009.