

3-5-2015

Entwicklung eines Fachkonzepts für die klinische Entscheidungsunterstützung durch Analytische Informationssysteme

Jan-Patrick Weiß

Mirco Josefiok

Tobias Krahn

H.-Jürgen Appelrath

Follow this and additional works at: <http://aisel.aisnet.org/wi2015>

Recommended Citation

Weiß, Jan-Patrick; Josefiok, Mirco; Krahn, Tobias; and Appelrath, H.-Jürgen, "Entwicklung eines Fachkonzepts für die klinische Entscheidungsunterstützung durch Analytische Informationssysteme" (2015). *Wirtschaftsinformatik Proceedings 2015*. 53.
<http://aisel.aisnet.org/wi2015/53>

This material is brought to you by the Wirtschaftsinformatik at AIS Electronic Library (AISeL). It has been accepted for inclusion in Wirtschaftsinformatik Proceedings 2015 by an authorized administrator of AIS Electronic Library (AISeL). For more information, please contact elibrary@aisnet.org.

Entwicklung eines Fachkonzepts für die klinische Entscheidungsunterstützung durch Analytische Informationssysteme

Jan-Patrick Weiß¹, Mirco Josefiok², Tobias Krahn² und H.-Jürgen Appelrath¹

¹ Universität Oldenburg, Department für Informatik, Oldenburg, Germany
{jan-patrick.weiss, appelrath}@informatik.uni-oldenburg.de

² OFFIS - Institut für Informatik, Oldenburg, Germany
{josefiok, krahn}@offis.de

Abstract. Die gemeinsame Verarbeitung von strukturierten und unstrukturierten Daten zum Zwecke der Entscheidungsunterstützung bei der Diagnose- und Therapieplanung findet bisher kaum Anwendung. Es fehlt das Verständnis, an welcher Stelle ein Analytisches Informationssystem einen Arzt in welcher Form unterstützen kann. Weiterhin ist unklar, welche Fragestellungen beantwortet werden könnten. Im Rahmen dieser Arbeit wird ein Prozessmodell für die ärztliche Entscheidungsunterstützung vorgestellt und validiert. Dazu wurden Experteninterviews mit verschiedenen Stakeholdern geführt und die Ergebnisse in das Prozessmodell überführt. Das entstandene Modell wurde anschließend wiederum mittels weiterer Experteninterviews validiert. Als zentrales Ergebnis dieser Arbeit stellte sich heraus, dass eine Entscheidungsunterstützung bei der Diagnose komplexer Krankheitsbilder als sehr hilfreich angesehen wird.

Keywords: Analytische Informationssysteme, Entscheidungsunterstützung, Prozessmodell, Gesundheitswesen, Big Data

1 Einleitung

Für die Aufstellung valider Diagnosen und adäquater Therapieverfahren müssen Ärzte eine Vielzahl heterogener Informationsquellen in dem Entscheidungsprozess berücksichtigen. Diese reichen von strukturierten Datenquellen, wie Patientenstammdaten, Informationen aus der Anamnese, Untersuchungsergebnissen etc. bis hin zu weniger strukturierten Datenquellen, wie Arztbriefen, Verlaufsdokumentation, Sensordaten usw. Ärzte wünschen sich bei der Entscheidungsfindung zur Diagnosestellung und Therapieplanung eine Unterstützung durch Analytische Informationssysteme (AIS). Gerade bei der Umsetzung neuer medizinischer Erkenntnisse ist ein Zugriff auf weiterführende Informationen notwendig [1]. Eine mögliche Unterstützung für Mitarbeiter des ärztlichen Dienstes ist schon seit vielen Jahren Gegenstand der Forschung, jedoch beschränken sich bestehende Ansätze auf die Auswertung vorhandener strukturierter Daten [2, 3].

Die Auswertung weniger strukturierter, oft textueller Daten ist einhergehend mit der derzeit häufig diskutierten Big Data-Herausforderung in den Vordergrund gerückt. Technologien und Konzepte aus diesem Umfeld finden allerdings bisher kaum Beachtung in der medizinischen Entscheidungsunterstützung [2]. Aus diesem Grund soll nachfolgend das Potenzial einer übergreifenden Analyse sowohl strukturierter als auch unstrukturierter Daten untersucht werden. Hier eröffnet sich die Forschungsfrage, welche Fragestellungen durch eine integrierte Analyse von strukturierten und weniger strukturierten Daten beantwortet werden können, um Ärzte IT-basiert bei der Entscheidungsfindung zu unterstützen.

Zur Beantwortung der Forschungsfrage wird ein klinisches Prozessmodell für eine übergreifende Datenanalyse erstellt, wobei exemplarische Anwendungsszenarien erhoben und skizziert werden. Das zugrunde liegende Prozessmodell wird mithilfe der „Business Process Modelling Language and Notation“ (BPMN) dargestellt.

In Kapitel 2 wird zunächst ein Überblick über Herausforderungen zu Analytischen Informationssystemen, Big Data und Klinischen Entscheidungsunterstützungssystemen gegeben. Danach wird in Kapitel 3 der Forschungsstand dargelegt, worauf in Kapitel 4 die Beschreibung des methodischen Vorgehens folgt. In Kapitel 5 wird das entwickelte Prozessmodell erläutert. Nach der in Kapitel 6 anknüpfenden Beschreibung der Evaluation anhand von Experteninterviews, werden abschließend eine Zusammenfassung und ein Ausblick auf weitere Forschungsmöglichkeiten gegeben.

2 Herausforderungen Analytischer Informationssysteme, Big Data und Klinischer Entscheidungsunterstützung

Sowohl im wissenschaftlichen Umfeld und Einrichtungen des Gesundheitssystems als auch in anderen Unternehmungen werden Analytische Informationssysteme (AIS) zur Auswertung von Daten verwendet [4]. AIS ist ein Wortgebilde, welches als logische Klammer die Technologien Data Warehouse, OLAP und Data Mining umschließt [4] und dem Oberbegriff Informationssystem zuzuordnen ist. Informationssysteme sind Softwaresysteme zur Erfassung, Verarbeitung, Speicherung und Verteilung von Informationen [5]. Das Data Warehouse dient als zentrale Datenbank, in der alle Daten der Unternehmung über Extraktions-, Transformations- und Ladeprozesse (ETL-Prozess) qualitätsgesichert integriert vorgehalten werden. Durch das Online Analytical Processing (OLAP) wird eine multiperspektivische, explorative Sichtweise auf die Daten ermöglicht, und Data Mining ist ein Sammelbegriff für unterschiedliche Verfahren zur Datenanalyse, um bislang unbekannte Muster in dem Datenbestand aufzuspüren. Die Benutzungsschnittstelle zu diesen Konzepten und Methoden wird mit Frontendwerkzeugen hergestellt, die häufig unter dem Begriff Business Intelligence-Werkzeuge zusammengefasst werden. Ein AIS stellt diese Werkzeuge, Konzepte und Methoden zur Datenanalyse bereit und unterstützt den Benutzer somit bei der Informationsgewinnung und Entscheidungsfindung [4].

Der Begriff Big Data wird für große Datenmengen verwendet, deren Erfassung, Verarbeitung, Speicherung und Verteilung nicht hinreichend durch traditionelle Technologien und Konzepte erfolgen kann [6]. Aufgrund der steigenden Verarbei-

tungskapazitäten neuer Technologien ist das Datenvolumen von Big Data nicht eindeutig definiert, sondern richtet sich nach dem konkreten Nutzungsszenario. Die großen Datenmengen im Rahmen der Big Data-Thematik entstehen durch automatisierte Prozesse, in denen die Daten mithilfe von Sensoren erhoben werden. Darüber hinaus entstehen große Datenmengen in sozialen Netzwerken sowie durch die Vernetzung mobiler Endgeräte. Die Komplexität der Daten im Bereich Big Data begründet sich durch die unterschiedlich strukturierten Daten, die dadurch nicht vollständig in aktuelle Systeme integrierbar sind [7]. Darüber hinaus werden mit dem Begriff Big Data Lösungskonzepte, wie bspw. eingesetzte Technologien, IT-Architekturen, Methoden und Verfahren zur Verarbeitung dieser Datenmengen zusammengefasst. Somit werden Business Intelligence-Lösungen zur Verarbeitung von strukturierten, konsistenten und beständigen Daten eingesetzt, wohingegen Big Data-Lösungen unstrukturierte und inkonsistente Daten verarbeiten [8]. Hiervon zu unterscheiden sind Entscheidungsunterstützungssysteme (EUS), die das Management und Führungspersonal bei der Entscheidungsfindung unterstützen. EUS bestehen üblicherweise „[...] aus Dialogsystem, Modellbank, Methodenbank, Datenbank und Reportbank[...]“ [9].

3 Forschungsstand

In diesem Kapitel werden Forschungsarbeiten vorgestellt, die sich mit verwandten Themen beschäftigen und Forschungsbedarfe aufzeigen. In der Publikation *Business Intelligence and Analytics: From Big Data to Big Impact* wird herausgestellt, dass die Entwicklung der AIS in der Domäne Gesundheitssystem gegenüber anderen Fachbereichen zurückliegt, insbesondere hinsichtlich der Big Data-Problematik. Daraus ergibt sich ein Forschungsbedarf in der Weiterentwicklung der eingesetzten Software-systeme, um die Datenquellen im Rahmen von Big Data analysieren und somit die Qualität des Versorgungsprozesses verbessern zu können [10].

Zahlreiche Übersichtsarbeiten beschäftigen sich mit der Anwendung von Methoden und Konzepten des Data Warehouse und OLAP auf die Problemstellungen der Big Data-Thematik. In *Analytics over Large-Scale Multidimensional Data: The Big Data Revolution!* [11] und *Analytics over Big Data: Exploring the Convergence of Data Warehousing, OLAP and Data-Intensive Cloud Infrastructure* [12] wird die multiperspektivische Sichtweise auf die Daten im Rahmen eines Data Warehouse und OLAP fokussiert und untersucht, wie diese auf Big Data-Lösungen übertragen werden können. In einer weiteren Publikation *Data Warehousing and OLAP over Big Data: Current Challenges and Future Research Directions* [13] wird dieser Fokus zwar beibehalten, allerdings unabhängig von der Anwendung in AIS oder Big Data-Lösungen, sondern allgemein bezogen auf die Herausforderungen durch die Charakteristika von Big Data. Eine fachliche Auseinandersetzung hinsichtlich der kombinierten Analyse von strukturierten und unstrukturierten Daten geschieht nicht, sodass lediglich die technischen Möglichkeiten eruiert werden, ohne die unterschiedlichen Informationsbedarfe der Anwendungsbereiche zu beschreiben.

In *The Challenge of Big Data in Public Health: An Opportunity for Visual Analytics* [14] wird ein Forschungsansatz dargestellt, welcher mit den Methoden der visuel-

len Analyse versucht, die großen und unterschiedlich strukturierten Datenmengen auszuwerten. Dabei beschäftigen sich die Autoren mit der explorativen Datenanalyse im Gesundheitssystem. Es werden jedoch keine speziellen Fragestellungen mit einem definierten Auswertungsmechanismus betrachtet, welcher einen Mehrwert für die klinische Entscheidungsunterstützung darstellt.

Klinische EUS sind seit einigen Jahren Forschungsgegenstand. In *Discovering disease associations by integrating electronic clinical data and medical literature* wird ein Ansatz diskutiert, mit welchem sich ICD-9-CM Codes aus medizinischer Dokumentation extrahieren lassen. Diese bilden dann die Grundlage für eine Abfrage weiterer Quellen, wie bspw. PubMed oder Wikipedia. Die Autoren gehen jedoch nicht darauf ein, wie diese Informationen ausgewertet werden sollen oder wie sich eine Unterstützung des medizinischen Personals realisieren lässt. In einer weiteren Arbeit *Decision support for diagnosis* [15] wird die Entwicklung der Software SimulConsult und der zugrunde liegende Ansatz vorgestellt. Die Autoren verwenden bei Ihrem Verfahren eine Datenbank von Symptomen und eine Bayes'sche Inferenzengine um Vorschläge für mögliche Erkrankungen auf Basis von getroffenen Eingaben zu errechnen. Des Weiteren gibt es einige Übersichtsarbeiten, welche sich mit dem aktuellen Stand von klinischen EUS befassen [16, 17]. Gemein ist diesen Übersichtsarbeiten, dass klinischen EUS eine hohe Relevanz, aber kein hoher Reifegrad bescheinigt wird.

Zusammenfassend lässt sich herausstellen, dass alle aufgeführten Arbeiten Forschungsbedarfe zur Lösung der Problematik im Rahmen von Big Data aufzeigen. Diese lassen sich in fachliche und technische Forschungsschwerpunkte unterteilen. Die Veröffentlichung von Chen [10] beschreibt die Forschungsbedarfe aus fachlicher Sichtweise und nimmt dabei Bezug zu konkreten Anwendungsbereichen. Die Veröffentlichungen von Cuzzocrea [11-13] beschreiben lediglich Forschungsbedarfe aus technischer Sicht, ohne dass diesen ein Nutzungsszenario zugrunde liegt. Ola und Sedig [14] beschreiben einen technologischen Ansatz unter Betrachtung der Domäne des Gesundheitssystems, jedoch fehlen die Schritte zwischen fachlichem Bedarf und technischer Umsetzung. Eine Umsetzung wird in der Arbeit von Segal und Schiffmann beschrieben, jedoch gehen die Autoren nicht sehr detailliert auf konzeptionelle Aspekte ein.

4 Methodische Vorgehensweise

Zur Erhebung der Informationsangebote und Informationsbedarfe für den Einsatz eines AIS zur Entscheidungsunterstützung wurden Interviews mit Experten aus dem Gesundheitswesen geführt. Für jedes Interview wurde 1 Stunde Zeitaufwand eingeplant, weil die Interviewpartner ihre Zeit freiwillig zur Verfügung stellen und ihre Ressourcen somit begrenzt sind. Die Interviewpartner setzen sich aus drei Ärzten der Neurologie, jeweils einem Vertreter aus der IT-Abteilung und dem Qualitätsmanagement eines Krankenhauses und einem Versorgungsforscher einer Universität zusammen. In der ersten Interviewphase wurde ein Interviewleitfaden erstellt, in dem die Themenbereiche *Personensteckbrief*, *Systeme und Daten* und *fachlicher Ablauf* vor-

gegeben sind. Damit wurde das Ziel verfolgt die grundsätzlichen Informationsangebote und Informationsbedarfe zur Entscheidungsunterstützung in einem Krankenhaus zu erheben und die Befragung individuell anpassen zu können. Der Fachbereich Neurologie ist bei der Differentialdiagnostik in der Patientenversorgung davon geprägt, dass viele unterschiedliche Informationsquellen in den Entscheidungsprozess der Ärzte einzubeziehen sind. Diese weisen allerdings häufig auf unterschiedliche Diagnosen hin, sodass eine Unterstützung seitens eines AIS bei diesem Entscheidungsfindungsprozess zur Diagnosestellung und Therapieplanung eine erhebliche Bereicherung darstellen würde. In einer zweiten Interviewphase wurden daher vertiefend Gespräche mit den Ärzten aus dem Fachbereich Neurologie geführt, um in dieser Fachdomäne exemplarisch Daten für ein Prozessmodell zu erheben, durch das der Mehrwert eines klinischen EUS aufgezeigt werden soll. Dabei wurde der Prozess der Patientenversorgung betrachtet und untersucht, inwieweit ein AIS den Arzt in einem derartigen Kontext unterstützen könnte. Bei den Interviews wurde die Patientenversorgung als Prozess definiert, der mit der Aufnahme des Patienten beginnt und mit der Diagnosestellung und der Durchführung der Therapie endet. Zwischen Start- und Endereignis wird die Krankengeschichte des Patienten erhoben und weitere Untersuchungen vorgenommen, auf deren Basis eine Diagnose erstellt und die Therapie geplant wird. Während der Interviews wurde wieder ein Interviewleitfaden eingesetzt, sodass der Ablauf des Interviews vorstrukturiert ist. Der Interviewleitfaden wurde im Hinblick auf den Prozess der Patientenversorgung aufgebaut. Dementsprechend wurden folgende zentrale Fragen in den Interviews besprochen:

- An welchen Stellen und inwieweit wäre eine Unterstützung durch eine Software wünschenswert?
- Anhand welcher Kriterien wird recherchiert?
- Welche Quellen gibt es zur Recherche?
- Welche Rolle spielen die Dokumente, die bereits vom Patienten vorliegen und wie werden diese in den Prozess einbezogen?
- Welche Änderungen muss eine Software zur Unterstützung erfüllen?

Zu den Interviews wurde jeweils ein Protokoll erstellt und den Befragten per E-Mail zur Kontrolle zugesandt. Dadurch wurden Missverständnisse vermieden und sichergestellt, dass die erhobenen Informationen korrekt sind.

Auf Basis der durchgeführten Interviews wurde der Geschäftsanwendungsfall *Entscheidungsunterstützung bei der Diagnosestellung und Therapieplanung* herausgearbeitet (s. **Table 1**). Der Geschäftsanwendungsfall beschreibt den Ablauf, der auf das Geschäftsereignis zur Frage nach relevanten Informationen, die das Krankheitsbild des zu behandelnden Patienten thematisieren, durchgeführt wird.

Table 1.

<i>Artefakt</i>	<i>Inhalt</i>
Geschäftsanwendungsfall	Entscheidungsunterstützung bei der Diagnosestellung und Therapieplanung

<i>Artefakt</i>	<i>Inhalt</i>
Geschäftsereignis (Fragestellung)	Welche relevante Literatur, Studien oder andere Patienten gibt es, die das Krankheitsbild des zu behandelnden Patienten thematisieren?
Auslöser (Geschäftsereignis Eingang) Vorbedingung	Informationsaufnahme (Arztbrief, Anamnese, Befund / Symptome) Informationen (Patientenakte) über den Patienten befinden sich im Krankenhausinformationssystem (KIS).
Indirekte Stakeholder Direkte Stakeholder Kurzbeschreibung	KIS, externe Recherchequellen, weitere Leistungsstellen Behandelnder Arzt, Analytisches Informationssystem Der Arzt soll auf Basis der bereits vorliegenden Informationen (Arztbrief, Anamnese, Befund / Symptome) über den Patienten, weiterführende Informationen vorgeschlagen bekommen (Beispiele: Fachliteratur, Studien, Patienten mit ähnlichem Krankheitsbild etc.).
Ergebnis	Das AIS zeigt weiterführende Informationen zum Krankheitsbild des Patienten an.

Ziel des Geschäftsanwendungsfalls ist es, dem Arzt medizinisches Wissen patientenbezogen bereitzustellen. Dadurch soll der Arzt bei der Entscheidungsfindung unterstützt und die Patientenversorgung verbessert werden. Die Unterstützung äußert sich in der Aufbereitung von einfachen Fakten und Beziehungen, die in der klinischen Dokumentation enthalten sind, bis hin zu Vorschlägen für die Diagnose und Therapie durch das Anzeigen von Leitlinien und neuen medizinischen Forschungsergebnissen. Der konkrete Ablauf wird durch ein Prozessmodell (s. Kapitel 5) beschrieben, in dem gezeigt wird, an welchen Stellen der Arzt bei der Patientenversorgung von einem AIS unterstützt werden könnte und welcher Mehrwert sich daraus ergeben würde. Für die Beschreibung des Prozessmodells wird die „Business Process Model and Notation“ (BPMN) als Modellierungssprache ausgewählt, da diese Spezifikationssprache sowohl Symbole zur Abbildung von fachlichen Aspekten als auch von technischen Aspekten bereitstellt und somit eine betriebswirtschaftliche und technische Sichtweise auf Prozesse ermöglicht wird [18].

5 Entwicklung eines fachlichen Konzepts zur klinischen Entscheidungsunterstützung

Das Prozessmodell *Diagnosestellung und Therapieplanung* zeigt, in welchen Situationen im Prozess der Patientenversorgung ein AIS den Arzt bei der Diagnosestellung und Therapieplanung unterstützen kann (s. **Fig. 1**). Die Erläuterungen in diesem Kapitel beschreiben ein fachliches Konzept, das die Wünsche und Anforderungen der Interviewpartner auf fachlicher Ebene repräsentiert. Damit soll der Mehrwert bei der kombinierten Analyse von strukturierten und unstrukturierten Daten aufgezeigt werden. Das fachliche Konzept stellt somit eine idealisierte Form des gewünschten Aus-

re Teilprozesse unterteilt. Die Aktivitäten mit einem „Plus-Zeichen“ am unteren Rand sind Teilprozesse, deren Darstellung in eine zusätzliche Prozessabbildung ausgelagert ist. Der Teilprozess *Patientendatenübernahme* wird in dieser Arbeit aufgrund der oben erläuterten Fokussierung auf die Entscheidungsunterstützung bei der Differentialdiagnostik nicht näher erläutert [19].

Der Arzt sollte sowohl vor der Diagnosestellung durch den Teilprozess *Krankengeschichte aufbereiten*, als auch während der Diagnosestellung durch den Teilprozess *Medizinische Informationen aufbereiten* unterstützt werden, indem ihm Informationen über die Krankengeschichte und weitere medizinische Informationen aus der Patientenakte aufbereitet dargestellt werden. Zusätzlich sollten weiterführende Informationen vom AIS angezeigt werden.

Der eingebettete Teilprozess *Krankengeschichte aufbereiten* beginnt mit der Übernahme der Patientendaten aus dem KIS (s. **Fig. 2**). Die Daten können bereits in einem Feld eingetragen worden sein, oder sie liegen lediglich als PDF-Dokument vor. Das AIS muss die Patientendaten daher entsprechend aufbereiten, sodass diese in einem nächsten Schritt analysiert werden können. Bei der Analyse sollten die Patientendaten vom AIS systematisch in einzelne Bestandteile (Hauptdiagnose, Nebendiagnose, Symptome, Befunde, Medikation) zerlegt und die Beziehung untereinander ausgewertet werden.

Durch die Experteninterviews konnten fünf unterschiedliche Informationsbedarfe erhoben werden. Die Aktivität *Priorisierte Daten anzeigen* ergibt sich daraus, dass Ärzte viele Patienten über einen längeren Zeitraum betreuen und bei jedem weiteren Kontakt mit einem Patienten die Krankengeschichte erneut einsehen müssen. Daher sollte die Möglichkeit bestehen, Daten zu jedem Patienten selektiv zu priorisieren, die bei dem nächsten Kontakt mit dem Patienten direkt angezeigt werden. Dadurch entfällt das Suchen in der Patientenakte, sodass der Arzt sofort die nötigen Informationen erhält, die für eine langfristige, patientenbezogene Betreuung notwendig sind.

Darüber hinaus spiegelt die Aktivität *Zusammenfassung anzeigen* die Anforderung wider, eine Zusammenstellung der wichtigsten Informationen aus den Patientendaten abzurufen, unabhängig von den priorisierten Daten. Hierbei handelt es sich um Informationen aus der Krankengeschichte, die für das aktuelle Behandlungsverhältnis relevant sind. Durch eine Zusammenfassung basierend auf der gesamten Dokumentation des Patienten werden dem Arzt somit medizinisch wichtige Informationen zur Berücksichtigung vorgeschlagen, die bereits länger zurückliegen, aber unter den jeweils aktuellen Umständen relevant sein könnten, sodass das Risiko minimiert wird, medizinische Wechselbeziehungen zu übersehen.

Eine weitere Unterstützung des Arztes ergibt sich durch das Anzeigen der Fieberkurve. Bei der Fieberkurve existiert ebenfalls kein Standard dafür, durch den die Daten strukturiert übermittelt werden. Die Daten liegen sowohl unstrukturiert als auch strukturiert vor, sodass hieraus als eine Anforderung an das AIS hervorgeht, diese aufzubereiten und in einer einheitlichen Darstellung anzuzeigen.

Trotz der zusammengefassten Informationen sollte dem Arzt weiterhin die gesamte Dokumentation angezeigt werden. Dabei sollte das AIS die gesamte Dokumentation zur Anzeige vorstrukturieren. Dadurch werden die unterschiedlichen Dokumente von unterschiedlichen Gesundheitseinrichtungen in einer Ansicht integriert, über die der

Arzt die Krankengeschichte ansehen kann. Das bedeutet, dass sich der Arzt alle Informationen, sowohl rein textuelle Dokumente als auch Bildbefunde und Laborwerte patientenbezogen in einer Ansicht im AIS aufrufen könnte.

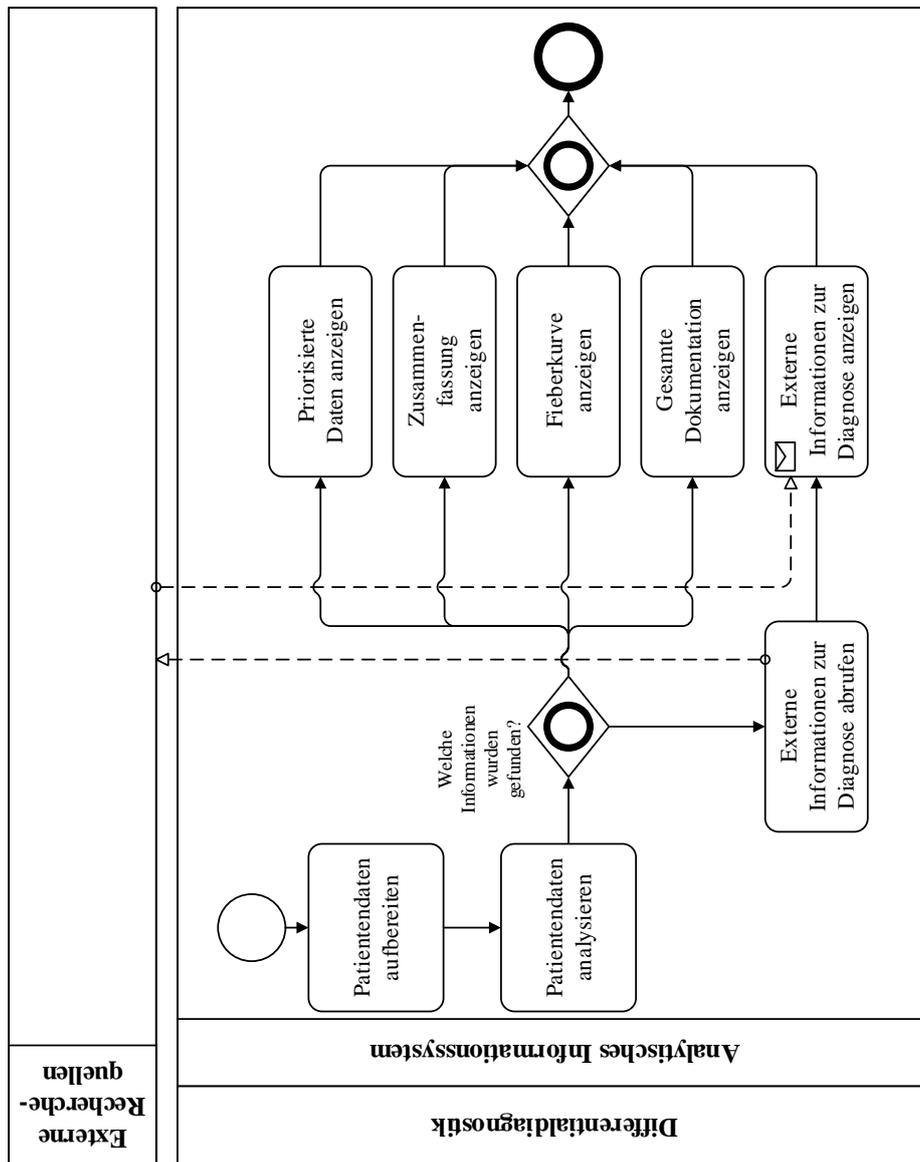


Fig. 2. Eingebetteter Teilprozess Krankengeschichte aufbereiten

Ein weiteres Ziel bei der Entwicklung eines entscheidungsunterstützten AIS liegt darin, Diagnosen zu chronischen Erkrankungen oder Grunderkrankungen in der

Patientenakte zu finden und zusätzliche Informationen aus externen Recherchequellen bereitzustellen. Als Recherchequellen wurden im Rahmen der Interviews Datenbanken wie PubMed¹ und UpToDate² genannt.

Nach der Aufbereitung der Krankengeschichte sollten dem behandelnden Arzt weitere Such- und Filterfunktionen bereitgestellt werden, mit denen die Patientenakte durchsucht werden kann. Dazu gehört eine Volltextsuche, aber auch die Suche nach vordefinierten Attributen, wie bspw. dem Anzeigen aller Nebendiagnosen oder die Interaktion mit der Fieberkurve, in der die Zeitachse angepasst werden kann.

Somit können durch die Aufbereitung der Krankengeschichte mit einem AIS Informationen extrahiert werden, welche bei der Durchführung der neurologischen Einganguntersuchung und der Anamnese berücksichtigt werden. Vor allem bei der Anamnese, bei der die subjektive gesundheitliche Vorgeschichte des Patienten erfasst wird, kann die Befragung mittels der Informationen, die das AIS liefert, zielgerichtet durchgeführt werden.

Auf Basis der Informationen aus der Patientenakte, der neurologischen Einganguntersuchung und der Anamnese in Kombination mit dem Wissen und Erfahrungen des Arztes wird eine erste Hypothese aufgestellt. Die Ergebnisse der neurologischen Einganguntersuchung, der Anamnese und die Hypothese werden in der Patientenakte dokumentiert und im KIS gespeichert. In einem weiteren Schritt werden die medizinischen Informationen vom AIS aufbereitet (s. **Fig. 3**).

In dem Teilprozess *Medizinische Informationen aufbereiten* werden zunächst die Patientendaten aus dem KIS übernommen. Eine Aufbereitung der Patientendaten wurde zwar bereits vom AIS im Teilprozess *Krankengeschichte aufbereiten* (s. **Fig. 2**) durchgeführt, jedoch besteht die Möglichkeit, dass weitere Informationen aus Untersuchungen in die Patientenakte eingetragen werden. Daher sollten die neuen Daten in der Patientenakte aufbereitet und vom AIS zusammen mit den bereits vorhandenen Daten analysiert werden. Dieser Teilprozess wird immer dann durchlaufen, sobald neue Daten in die Patientenakte eingetragen werden. Das Ziel besteht darin, dem Arzt medizinische Informationen bereitzustellen, die ihm dabei helfen die aufgestellte Hypothese zu bestätigen bzw. anzupassen und in eine Diagnose zu überführen. Der automatische Vorschlag von weiterführenden Informationen unterstützt einerseits weniger erfahrene Ärzte bei der Diagnosestellung und Therapieplanung und andererseits erfahrene Ärzte, wenn die Symptome sehr komplex und zunächst in keiner Beziehung zueinander stehen.

Während der Interviews wurden drei Datenquellen identifiziert, die zusätzliche Informationen für den Arzt liefern könnten. Hierzu zählen die medizinischen Online-Datenbanken PubMed und UpToDate, die Fachartikel und neueste Forschungsergebnisse zur Diagnosestellung und zur Behandlung von Patienten enthalten. Eine weitere externe Datenquelle sind die Leitlinien der medizinischen Fachgesellschaften, in denen Handlungsempfehlungen formuliert sind. Als interne Datenquelle dient das KIS, in dem medizinisches Wissen erfasst ist, welches jedoch erst durch die Analysefunktion eines AIS zugänglich gemacht werden wird.

¹ Weiterführende Informationen: <http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed>

² Weiterführende Informationen: <http://www.uptodate.com/>

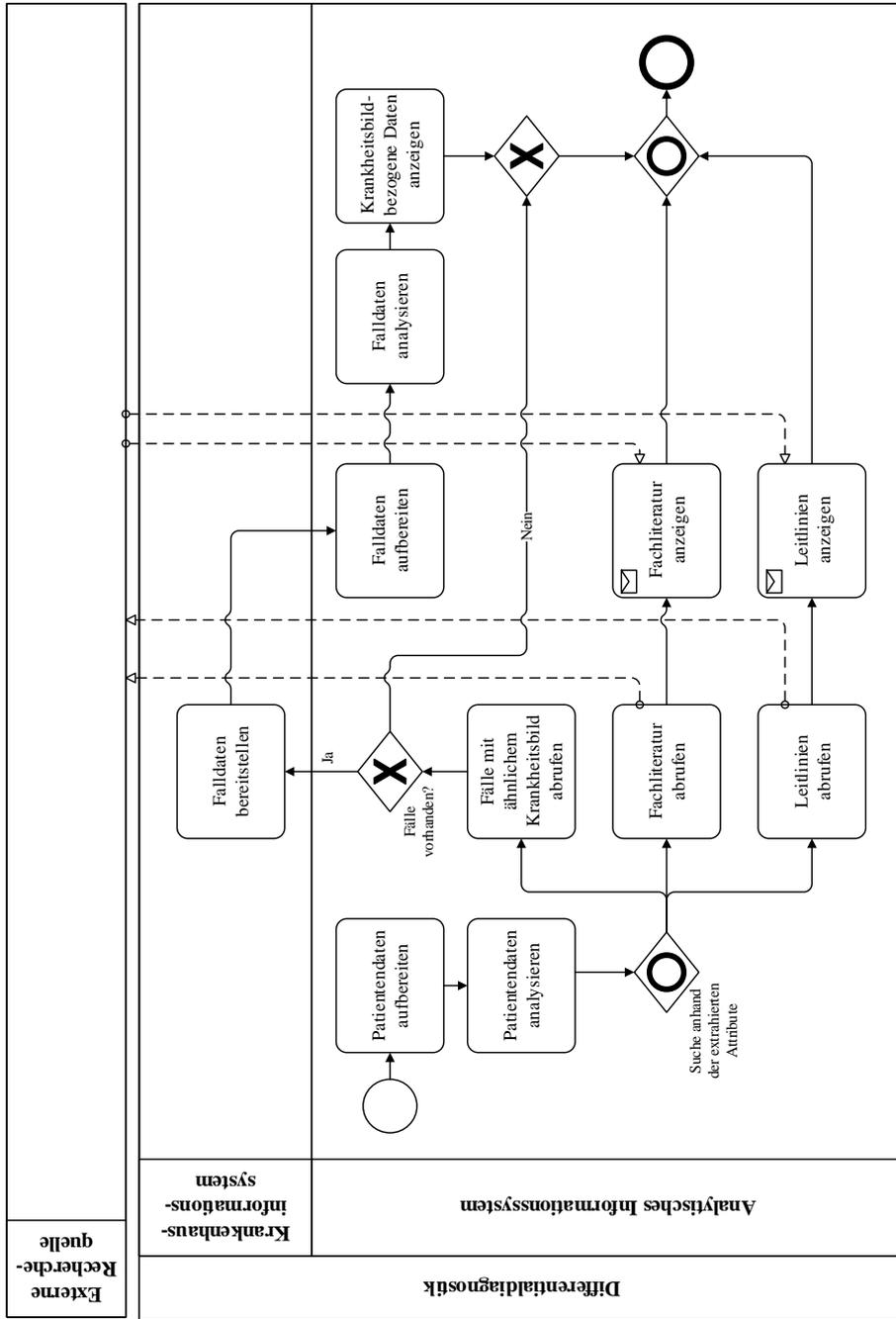


Fig. 3. Eingebetteter Teilprozess Medizinische Informationen aufbereiten

Als ein weiteres Ziel eines entscheidungsunterstützenden AIS hat sich herausgestellt, anhand der unterschiedlichen Patientendaten nach Dokumenten in den eben erwähnten Datenquellen suchen zu können. Dabei sollte das AIS auch Beziehungen in den medizinischen Informationen der Patientenakte erkennen und diese bei der Suche verwenden (s. Kapitel 6). Dazu müssen sowohl die unstrukturierten Freitexte, als auch die strukturierten Informationen aus Laboruntersuchungen einbezogen werden. Durch die kombinierte Analyse dieser Daten sollten Diagnosen vorgeschlagen werden, welche der Arzt aufgrund der Komplexität der unterschiedlichen Symptome und Befunde nicht in Betracht gezogen haben könnte. Durch die Präsentation von medizinischen Informationen zu unterschiedlichen Alternativen der Diagnose und Therapie werden dem Arzt zusätzliche Informationen zugänglich gemacht. Diese Informationen sollten unter einer Benutzungsoberfläche vereint sein, sodass der Arzt mit nur einem System arbeiten und ein Systembruch zur Durchsuchung der Daten umgangen werden kann. Nach diesem Teilprozess sollten dem Arzt wiederum Filter- und Suchfunktionen zur weiteren Recherche in den Vorschlägen bereitgestellt werden.

6 Evaluationskriterien und Ergebnisse

Das Prozessmodell wird anhand von sechs unterschiedlichen Qualitätsmerkmalen überprüft [20]. Jedem Qualitätsmerkmal werden Qualitätskriterien zugeordnet, anhand welcher die Bewertung durchgeführt wird:

- Syntaktische Korrektheit: Vergleich mit dem Metamodell der BPMN 2.0; Anwendung des Token-Konzepts; Style-Guide (keine Verwendung von komplexen Gateways und implizite Zusammenführungen)
- Semantische Korrektheit: Qualitative Analyse durch Folgegespräche mit den Interviewpartnern; Widerspiegelung der Begriffe und Aufgabenbeschreibungen aus den Interviews in der Prozessdarstellung
- Vollständigkeit: Geschäftsanwendungsfall als Rahmenkonstrukt für die Inhalte und Eigenschaften des Prozessmodells
- Rückverfolgbarkeit: Konsistente Verwendung der Bezeichnungen; Einheitliche Nummerierung des Geschäftsanwendungsfalls zur Zuordnung von Anforderungen
- Verständlichkeit: Übersichtlichkeit durch Aufteilung in Teilprozesse; Anwendung des Objekt-Verrichtungsprinzips
- Redundanzfreiheit

Bei der Überprüfung dieser Qualitätsmerkmale wurden keine Verstöße gegen die Notation der BPMN 2.0 festgestellt und die Vorgaben der weiteren Qualitätskriterien sind erfüllt. Im weiteren Verlauf dieses Kapitels liegt der Schwerpunkt daher auf einer qualitativen Analyse durch Folgegespräche mit den Interviewpartnern. Dabei wurden die Unterstützungsfunktionen des AIS anhand einer fiktiven Beispielerkrankung überprüft: Die Vaskulitis bezeichnet entzündliche Erkrankungen der Blutgefäße und wurde als Betrachtungsobjekt gewählt, weil hierbei vielfältige Beschwerden auftreten können, die zu unterschiedlichen Diagnosen und Therapien führen, sodass viele Unterstützungsszenarien denkbar sind. Für das Aufstellen der Hypothese benötigt der

Arzt Informationen über die Krankengeschichte des Patienten. Dazu sollte die Patientenakte vom AIS analysiert werden. Relevante Informationen werden in der Aktivität Zusammenfassung anzeigen dargestellt. Dabei sollten neben den akuten Symptomen, über die der Patient klagt (z. B. Kopfschmerzen), weitere Beschwerden angezeigt werden, welche in der Patientenakte dokumentiert sind und ebenfalls in Zusammenhang mit einer Vaskulitis stehen könnten. Dieses sind bspw. Kauschmerzen, bei denen ein Hals-Nasen-Ohren-Arzt (HNO-Arzt) aufgesucht wurde. Diese Informationen sollten vom AIS identifiziert und angezeigt werden, sodass sie von dem Arzt bewertet und in die Anamnese einbezogen werden können.

Neben den klinischen Symptomen wird zur Bestimmung einer Vaskulitis die Fieberkurve einbezogen. Ein AIS könnte an dieser Stelle dazu eingesetzt werden, alle Informationen aufzubereiten, die zur Medikation, Blutsenkungsgeschwindigkeit und zu weiteren Werten in der Patientenakte dokumentiert sind und diese in einer digitalen Fieberkurve darstellen. Dadurch sieht der Arzt, welche Entzündungswerte angestiegen sind und wie sich die Medikation entwickelt hat. Diese übersichtliche Darstellung der Patientendaten hat den Mehrwert, dass das Medikament direkt vom Arzt modifiziert und somit ohne Zeitverzögerung mit der Behandlung begonnen werden kann.

Außerdem werden in dem Teilprozess *Krankengeschichte aufbereiten* bereits weiterführende Informationen angezeigt. Bei der Vaskulitis sind dies bspw. Informationen zu neuen Forschungserkenntnissen hinsichtlich der Symptome oder den Nebenwirkungen von Medikamenten. Filter- und Suchfunktionen sollten die Suche in den Datenquellen erleichtern. Dabei besteht auf der einen Seite die Anforderung nach einzelnen Begriffen zu suchen, auf der anderen Seite sollte die Patientenakte nach ganzen Kategorien gefiltert werden können, wie bspw. das Anzeigen aller Symptome oder die Anzeige weiterer Diagnosen aus der Krankengeschichte des Patienten.

Nachdem der Arzt eine erste Hypothese aufgestellt hat, wird diese zusammen mit den Ergebnissen der Eingangsuntersuchung und der Anamnese in der Patientenakte dokumentiert. Zusätzlich werden von dem Arzt Untersuchungen angeordnet, welche weitere Laborwerte und Bildbefunde liefern. In dem Teilprozess *Medizinischen Informationen aufbereiten* werden die Patientendaten analysiert und weiterführende Informationen vorgeschlagen. Dazu gehören Leitlinien, medizinische Datenbanken und Fälle aus dem eigenen KIS. Anhand der Kombination der unterschiedlichen Daten in der Patientenakte könnten dem Arzt vielfältige Informationen aus den Datenquellen bereitgestellt werden, welche die Hypothese unterstützen oder Alternativen aufzeigen. Damit erhält der Arzt zusätzliche Informationen darüber, wie valide die aufgestellte Hypothese ist, welche weiteren Untersuchungen benötigt werden und welche Therapiemöglichkeiten es gibt.

Insgesamt konnte bei der Evaluation mit den Interviewpartnern festgestellt werden, dass das Prozessmodell wünschenswerte Abläufe zur Entscheidungsunterstützung korrekt und vollständig darstellt. Die Schnittstellen, bei denen ein AIS den Arzt unterstützen könnte, werden durch die Teilprozesse *Krankengeschichte aufbereiten* und *Medizinische Informationen aufbereiten* abgebildet. Die darin beschriebenen Aktivitäten sind deckungsgleich mit den Wünschen der Interviewpartner. Die wesentliche Aufgabe des AIS liegt darin, die unstrukturierten Informationen in die Auswertung

einzu beziehen. Dabei sollten sowohl Informationen analysiert werden, die länger zurückliegen, als auch Informationen, die zunächst für den Arzt nicht relevant erscheinen. Dazu könnte bspw. der Besuch des Patienten bei einem HNO-Arzt wegen Kauschmerzen gehören, da dieses ein Symptom für eine Vaskulitis sein könnte.

7 Zusammenfassung und Ausblick

Das im Rahmen dieser Arbeit entwickelte Prozessmodell zur Unterstützung bei der Diagnosestellung und Therapieplanung konnte erfolgreich evaluiert werden. Das Modell entspricht gängigen Qualitätskriterien und ist semantisch korrekt [20]. Darüber hinaus konnte es mittels Experteninterviews und eines fiktiven, aber repräsentativen Ablaufes der Diagnose einer Vaskulitis evaluiert werden.

Die gewählte Modellierung mittels BPMN erlaubt eine Abbildung von fachlichen als auch von technischen Aspekten und verbindet somit die betriebswirtschaftliche und technische Sichtweise auf Prozesse. Die Verwendung einer standard-konformen Notation erlaubt eine spätere Erweiterung und Anpassung des Modells um sich verändernden oder neuen Anforderungen gerecht zu werden.

Die bisher erzielten Ergebnisse wurden verschiedenen Ärzten vorgestellt, welche einen Mehrwert für die Diagnosestellung und Therapieplanung anerkannten. Eine zukünftige prototypische Umsetzung eines EUS, das den entwickelten Prozess implementiert, wird die praktische Relevanz zeigen müssen. Als Vorbereitung auf die Implementierung wird in einem nächsten Schritt ein technisches Konzept entwickelt werden. Dies wird weiterhin in enger Zusammenarbeit mit Ärzten, IT-Leitern und weiteren Mitarbeitern von Kliniken geschehen.

References

1. Haas, P. (2004). Medizinische Informationssysteme und Elektronische Krankenakten (German Edition) (2005th ed.).
2. Lenz, R., Reichert, M.: IT support for healthcare processes - premises, challenges, perspectives. *Data & Knowledge Engineering* 61.1 (2007): 39-58.
3. Berner, Eta S. *Clinical Decision Support Systems*. New York: Springer Science+ Business Media, LLC, 2007.
4. Chameni, P. (ed.): *Analytische Informationssysteme. Business-Intelligence-Technologien und -Anwendungen*. Springer, Berlin [u.a.] (2010)
5. Gabriel, R.: Informationssystem, <http://www.enzyklopaedie-der-wirtschaftsinformatik.de/wi-enzyklopaedie/lexikon/uebergreifendes/Kontext-und-Grundlagen/Informationssystem>
6. Awadallah, A., Graham, D.: *Hadoop and the Data Warehouse. When to Use Which* (2013)
7. Krishnan, K.: *Data warehousing in the age of big data*. Morgan Kaufmann (2013)
8. Klein, D., Tran-Gia, P., Hartmann, M.: *Aktuelles Schlagwort Big Data*. *Informatik Spektrum*, 319–323 (2013)
9. Raphael, H., & Lux, T. (2014). *Business Intelligence im Krankenhausmanagement: Herausforderungen an Kliniken im DRG-Zeitalter*. *GI Jahrestagung* (1) (2014th ed.). Springer Gabler.

10. Chen, H., Chiang, R.H.L., Storey, V.C.: Business intelligence and analytics: from big data to big impact. *MIS Quarterly*, 1165–1188 (2012)
11. Cuzzocrea, A., Song, I.-Y., Davis, K.C.: *Analytics over Large-Scale Multidimensional Data: The Big Data Revolution*. ACM, New York, NY (2011)
12. Cuzzocrea, A.: *Analytics over Big Data: Exploring the Convergence of Data Warehousing, OLAP and Data-Intensive Cloud Infrastructures*. 2013 IEEE 37th Annual Computer Software and Applications Conference : proceedings : 22-26 July, 2013, Kyoto, Japan (2013)
13. Cuzzocrea, A., Bellatreche, L., Song, I.-Y.: *Data Warehousing and OLAP over Big Data: Current Challenges and Future Research Directions*. ACM, [S.l.] (2013)
14. Ola, O. and Sedig, K.: *The Challenge of Big Data in Public Health: An Opportunity for Visual Analytics*, ojphi.org
15. Segal, M., & Schiffmann, R. (2012). *Decision support for diagnosis Co-evolution of tools and resources*. *Neurology*, 1–2.
16. Dinevski, D., Bele, U., Šarenac, T., Rajkovič, U., & Šušteršič, O. (2013). *Clinical decision support systems*. *Studies in Health Technology and Informatics*, 217–238.
17. Berner, E. (2009). *Clinical decision support systems: state of the art*. AHRQ Publication, (09).
18. Göpfert, J., Lindenbach, H.: *Geschäftsprozessmodellierung mit BPMN 2.0. Business Process Model and Notation*. Oldenbourg, München (2013)
19. Freund, J., Rücker, B.: *Praxishandbuch BPMN 2.0. Praxishandbuch BPMN 2.0*. (2012)
20. Rauh, O., Stickel, E.: *Konzeptuelle Datenmodellierung*. Teubner, Stuttgart (1997)