



André Kaeding
ake@gmc-systems.de

OntoMedRisk – Multiagentensystem für die Risikoüberwachung im Krankenhaus

- Die Komplexität medizinischer Behandlungsfälle und deren Anzahl nehmen weiter zu
- Informationsdefizite oder auch Informationsüberfluss erschweren richtige Entscheidungen in Risikosituationen
- Unerkannte Risiken können zu Behandlungsfehlern führen
- Multiagentensysteme können dem Behandlungsteam helfen, Risiken zu erkennen und frühzeitig Maßnahmen zu ergreifen



Stephan Stucke
stst@gmc-systems.de

Gesellschaft für medizinische Computersysteme mbH, Ilmenau

Einführung

Die demografische Entwicklung in der deutschen Bevölkerung [1] führt durch Zunahme von multimorbiden Patienten zwangsläufig zu einer steigenden Anzahl von Behandlungsfällen mit komplexen medizinischen Sachverhalten. Demgegenüber stehen der Ärztemangel, fehlendes Pflegepersonal, erhöhte Arbeitszeiten und häufig wechselnde Patienten. Dies führt zu erhöhter körperlicher und psychischer Belastung aller Beteiligten. Dabei sind ständig Entscheidungen in kritischen Situationen zu treffen, bei denen Fehler nie gänzlich ausgeschlossen werden können und Risiken nicht bzw. nur unzureichend erkannt werden. Vor dem Hintergrund fachübergreifender, intersektoraler Behandlungen und damit einhergehenden Schnittstellenproblemen kann es vorkommen, dass oftmals notwendige Informationen nicht zur Verfügung stehen oder deren Kombinationen nicht betrachtet werden, um bestimmte Entscheidungen mit minimalem Risiko treffen zu können. Diesem Informationsmangel kann aber auch ein Informationsüberfluss gegenüberstehen. Durch den zunehmenden Einsatz vernetzter Medizintechnikgeräte sowie zahlreicher Informationssysteme stehen mitunter zu viele Informationen bereit, die erst zweitaufwändig und mit der notwendigen Expertise gesichtet und bewertet werden müssen.

Gemäß einer Statistik des »Medizinischer Dienst des Spitzenverbandes Bund der Krankenkassen e.V.« (MDS) lag die Anzahl nachgewiesener Behandlungsfehler im Jahr 2016 bei 4.072, bei einer Gesamtzahl von 15.094 begutachteter Vorwürfe. Behandlungsfehler treten häufig intersektoral in verschiedenen medizinischen Verantwortungsbereichen auf [2]. Nicht selten ist das intersektorale und fachübergreifende Zusammenspiel verschiedener Verantwortungsbereiche Ursache für das Auftreten von Risikosituationen.

Daraus resultiert die Notwendigkeit einer prozessbegleitenden, interdisziplinären Risikoidentifikation

und Risikominimierung über den gesamten Behandlungsprozess. Ein neuartiger Ansatz ist die agentenbasierte Softwarelösung, die dem medizinischen Fachpersonal eine technische Unterstützung zur prozessübergreifenden und intersektoralen Risikoerkennung und Fehlervermeidung zur Verfügung stellen soll. Anstatt nur auf einzelne Risiken innerhalb eines Teilprozesses zu reagieren, wird der Patient über die gesamte Behandlung risikobezogen durch die Agenten überwacht. Primäre Ziele sind die Minimierung bekannter Risiken sowie die Vermeidung von Fehlern während der Behandlung. Im Rahmen des Projektes »OntoMedRisk« wurde am Universitätsklinikum Jena (UKJ) die »Cochlea-Implantation« (CI) als erster Use Case für einen Demonstrator ausgewählt.

Risiken erkennen und Fehler vermeiden

Im Allgemeinen sind es Risiken, die zu einem Fehler oder einem unerwünschten Ereignis führen können. So besteht z.B. bei einer CI das Risiko, den Status einer Meningitis-Impfung nicht geprüft zu haben, was zum unerwünschten Ereignis einer Meningitis führen kann. In einem ersten Schritt müssen deshalb relevante Risiken identifiziert, modelliert und analysiert sowie geeignete Maßnahmen zur Risikominimierung bestimmt werden. In »OntoMedRisk« wird ein neuartiger ontologiebasierter Abweichungs- bzw. Vermeidungsansatz verfolgt, bei dem Risikosituationen erkannt und daraus resultierende mögliche Fehler durch geeignete Aktionen vermieden werden sollen. Die Risiken werden dabei nicht anhand eines vorher exakt festgelegten Behandlungsprozesses definiert, sondern orientieren sich vielmehr an bestimmten Teilprozessen bzw. Phasen während der Behandlung des Patienten. Dadurch kann, ohne einen fest vorgegebenen Sollprozess, ein flexibles und wiederverwendbares Risikomodell etabliert werden. Da mitunter in verschiedenen Einrichtungen auch unterschiedliche Behandlungsmodelle für die CI existieren, erlaubt der teilprozessorientierte Ansatz theoretisch auch einen einrichtungsübergreifenden Austausch der Risikomodelle.

Die Prozessmodellierung reduziert sich diesbezüglich auf Basiskomponenten des allgemeinen Behandlungsprozesses, respektive allgemeiner Behandlungsphasen, innerhalb derer die Risiken betrachtet und differenziert werden. Eine phasenspezifische Betrachtung der Risiken ist notwendig, da Risiken in verschiedenen Phasen relevant sind und sich gleiche Risiken

in verschiedenen Phasen anhand der Parameter, aus denen sie zusammengesetzt sind, unterscheiden können. Zur Unterstützung eines generischen Ansatzes wurden allgemeine Behandlungsphasen definiert, mit denen der gesamte perioperative Behandlungsprozess, unabhängig ob ambulant oder stationär, abgebildet werden kann. Der generische Charakter der definierten Behandlungsphasen soll zukünftig die Integration anderer Use Cases vereinfachen. Im Rahmen des Projektes spielen die Risiken während der Operation eine untergeordnete Rolle, da in dieser Phase bereits eine Vielzahl von Überwachungsinstrumenten existieren. Trotzdem sind die während und auch nach der Operation erhobenen Parameter für die Risikobetrachtung in anschließenden Phasen besonders wichtig.

Ausgangsmaterial für die Risikomodellierung im Rahmen des Use Cases der »Cochlea-Implantation« waren medizinische Daten, die aus dem »Critical Incident Reporting System« (CIRS) und dem Wissen des beteiligten Fachpersonals stammen. Dabei wurden relevante Risiken identifiziert und mittels entsprechender Parameter modelliert. Die Parametrisierung der Risiken beinhaltet vor allem relevante Kenngrößen der Risikoanalyse, wie Auftrittswahrscheinlichkeit und Schadensausmaß, mögliche resultierende Fehler/unerwünschte Ereignisse sowie »Key Performance Indicators« (KPIs). Ein KPI repräsentiert einen technisch ermittelbaren Behandlungsparameter, wie z.B. die Körpertemperatur eines Patienten oder dessen Impfstatus. Diese KPIs dienen dazu, die Risiken zu beschreiben und zu identifizieren. Ein KPI kann hierbei ein Element von verschiedenen Risiken sein, wodurch dieser eine Phasenabhängigkeit besitzt. Das Ergebnis der Modellierung sind phasenspezifische, parametrisierte Risiken, die aus einem oder mehreren KPIs bestehen.

Die Identifikation der Risiken erfolgt mittels der im Projekt entwickelten Softwarekomponente »Ontology-based Risk Detector« (OntoRiDe), welche die modellierten Risiken und die Identifikationsregeln in

einer Ontologie abbildet [3]. Als Eingangsparameter für OntoRiDe dienen einzelne KPIs sowie zusätzliche Meta-Daten des Patienten. Liegen einzelne KPIs außerhalb eines definierten Normbereiches, z.B. Körpertemperatur ist größer 38°C oder eine notwendige Impfung ist nicht vorhanden, so kann dies bereits auf ein bestehendes Risiko hinweisen, was bei Nichtbeachtung zu einem unerwünschten Ereignis führen kann.

Nach der Identifikation der Risiken erfolgt die Analyse durch die Risikoanalyseeinheit »Ontology-based Risk Analysis« (OntoRA). Diese erhält von OntoRiDe ein vollständig parametrisiertes Set möglicher Risiken, die zu analysieren sind. Bei der Risikoanalyse werden die Risiken durch die Berechnung der Risikoprioritätszahl (RPZ) bewertet [4]. Auf diesem Weg wird bestimmt, ob das Risiko einen bestimmten Grenzwert überschreitet. Trifft dies zu, werden die Risiken durch rollenbasierte und kontextsensitive Hinweise für das Behandlungspersonal dargestellt. Dieses Rollenkonzept umfasst u.a. Ärzte, Pfleger und auch Techniker, die jeweils für sie adressierte und priorisierte Meldungen bei bestehenden Risiken erhalten. Durch zusätzliche Hinweise zur Art des Risikos, zum Patienten und weiteren Einflussfaktoren kann das Fachpersonal so umgehend Maßnahmen zur konkreten Risikominimierung bzw. Fehlervermeidung einleiten.

Systemarchitektur und Standards

Grundlage für die Risikoüberwachung ist ein Multiagentensystem. Ein Agent im Sinne der Informatik ist eine abgrenzbare software- und/oder hardwaretechnische Einheit, die zielorientiert, autonom mit ihrer Umwelt und auch anderen Agenten interagieren kann, um gestellte Ziele zu erreichen [5].

Mit der agentenbasierten Systemarchitektur werden an definierten Zeitpunkten im perioperativen Behandlungsprozess dynamisch risikorelevante Daten aus verschiedenen Quellen eines klinischen Systems



Sebastian Faulbrück-Röhr
sro@gmc-systems.de
Gesellschaft für medizinische Computersysteme mbH, Ilmenau

Co-Autoren (ohne Bilder)
Thomas Neumuth,
Juliane Neumann
Innovationszentrum für Computergestützte Chirurgie (ICCAS), Leipzig

Heinrich Herre,
Alexandr Uciteli,
Kais Tahar
Institut für medizinische Informatik, Statistik und Epidemiologie (IMISE), Leipzig

Martin J. Specht,
Kutaiba Saleh
Universitätsklinikum Jena, Geschäftsbereich Informationstechnologie, Jena

Frank Portheine,
Andreas Besting,
Sebastian Bürger
SurgiTAIX AG, Herzogenrath

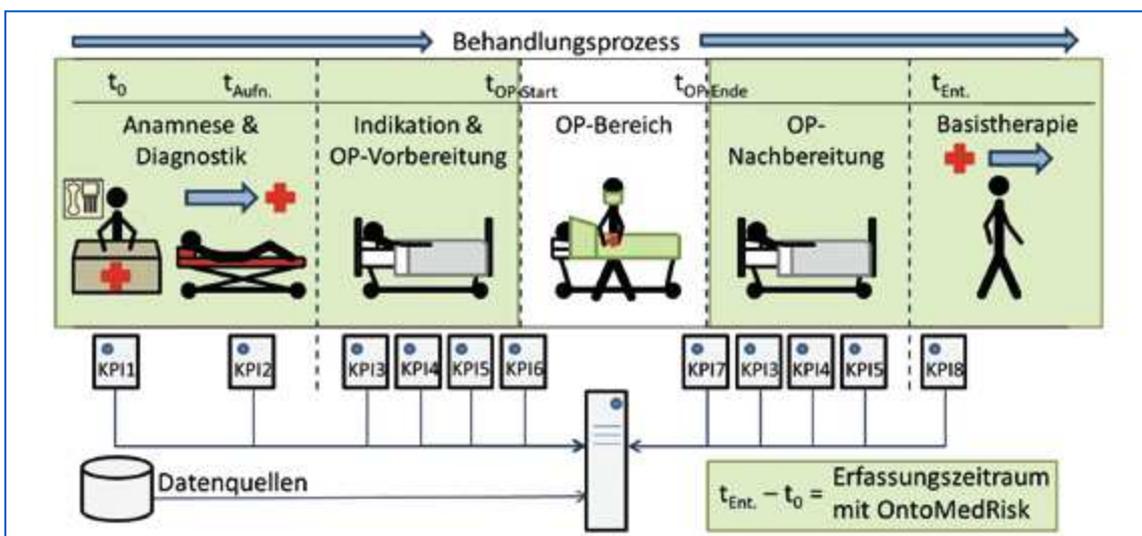


Abb. 1: Phasen des Behandlungsprozesses

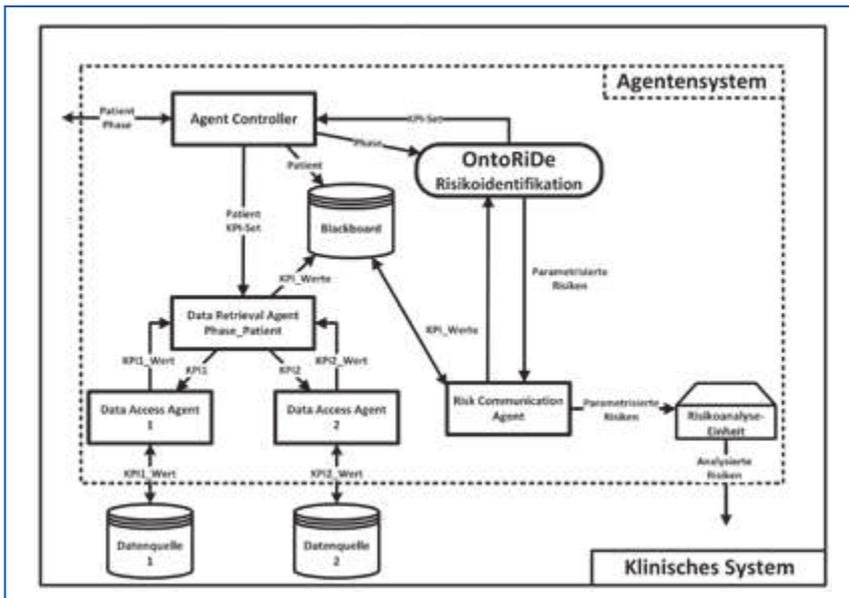


Abb. 2: Architektur des Multiagentensystems

erfasst. Innerhalb der Behandlungsphasen existieren vielfältige Risiken, die sich aus bestimmten KPIs zusammensetzen. Die KPIs determinieren die durch das Agentensystem zu erfassenden Daten bzw. die zu überwachenden Behandlungsparameter. Die Ontologie besitzt eine besondere Rolle im Agentensystem, da mit ihrer Hilfe sowohl die in den jeweiligen Phasen zu überwachenden KPIs bestimmt, als auch die zu analysierenden Risiken identifiziert werden. Damit soll das Eintreten bestimmter unerwünschter Ereignisse/Fehler durch frühzeitige und gezielte Interventionen der Prozessbeteiligten möglichst verhindert werden.

Die Entwicklung des Agentensystems erfolgte mithilfe des »Java Agent Development Framework« (JADE) [6], welches eine vollständige Konformität mit den Standards der »Foundation for Intelligent Physical Agents« (FIPA) aufweist.

Für die Kommunikation und Speicherung der Daten innerhalb des Agentensystems wird der neu entwickelte HL7 Standard »Fast Healthcare Interoperability Resources« (FHIR) [7] eingesetzt, welcher den Datenaustausch zwischen Systemen im Gesundheitswesen unterstützen und vereinfachen soll. HL7-FHIR verwendet sogenannte Resources für die Speicherung und Übertragung der Daten. Im Projekt werden die überwachten Patienten als »Patient Resource«, die erfassten KPI-Werte als »Observation Resource«, die identifizierten Risiken als »RiskAssessment Resource« und die Agenten als »Practitioner Resource« verwendet und untereinander referenziert.

Als modulares System besteht das Agentensystem architektonisch aus einem Netzwerk von vier Typen von Softwareagenten mit unterschiedlichen Aufgaben:

- Verwaltung der Agenten (Agent-Controller)
- Einsammeln der KPIs (Data-Retrieval-Agent)
- Abrufen der KPIs aus den Datenquellen (Data-Access-Agent)

- Kommunikation risikorelevanter Daten (Risk-Communication-Agent)

In diese Architektur sind weiterhin ein »Blackboard« zur Datenspeicherung sowie die bereits erwähnten Komponenten OntoRA und OntoRiDe integriert. Das Gesamtsystem wird in Anwendung für den Use Case der CI in die IT-Infrastruktur des »Universitätsklinikums Jena« (UKJ) integriert. Dabei bilden die klinischen Subsysteme die Umwelt des Agentensystems und stellen die Datenquellen dar, aus denen die Agenten die KPIs erfassen. Die modulare Systemarchitektur ermöglicht so im Gegensatz zu Standards wie Arden [8] einen allgemeineren Ansatz für vielfältige Einsatzgebiete und zukünftige Funktionalitäten sowie die einfache, spezifische Anpassung an unterschiedlichste IT-Systeme.

Technische Umsetzung und Funktionsweise des Multiagentensystems

Für die Funktion des Agentensystems spielen die KPIs eine entscheidende Rolle. Da sich die Risiken aus einzelnen KPIs zusammensetzen, müssen diese aus technischer Sicht parametrisiert werden. Dabei ergeben sich folgende Eigenschaften eines KPI:

- Phase: Phase in der ein KPI relevant ist
- Takt: Zeitintervall in dem ein KPI aus einer Datenquelle erhoben wird
- Zeitpunkt: Phasenbezogener Zeitpunkt, ab dem der KPI regelmäßig erfasst wird
- Gültigkeit: Medizinische Gültigkeit eines KPI
- Quelle: Datenquelle des KPI

Die modellierten Risiken und somit auch die KPIs besitzen eine Phasenabhängigkeit und können folglich in mehreren Phasen existieren. Daraus resultiert ein globales KPI-Set, in dem gleiche KPIs je nach Phase mit unterschiedlichen Eigenschaften vorkommen können. Dieser generische Ansatz ermöglicht zukünftig eine flexible Erweiterung durch neue KPIs und eine Wiederverwendung in anderen Use Cases.

Wird ein Patient vom System überwacht, liefert »OntoRiDe« die phasenspezifisch zu überwachenden KPIs. Mit diesen Informationen werden durch den »Agent-Controller« (AC) die patienten- und phasenspezifischen »Data-Retrieval-Agents« (DRA) erzeugt, die im definierten Takt Anfragen an die »Data-Access-Agents« (DAA) senden, welche die KPIs aus den Datenquellen erfassen. Die KPIs werden FHIR-konform im Blackboard gespeichert. Anschließend liest der »Risk-Communication-Agent« (RCA) auf Anforderung die KPIs aus dem Blackboard und sendet diese an »OntoRiDe«. Das Resultat ist ein Set identifizierter Risiken, welches durch den RCA an die Risikoanalyse-Einheit »OntoRA« übermittelt wird. Nach der Risikoanalyse werden entsprechende kontextsensitive Hinweise über eine Oberfläche im »Responsive Webdesign« rollenbasiert bereitgestellt. Dies gestattet einen plattform- und geräteunabhängigen Zugriff auf die Informationen

und bietet bei der Verwendung von mobilen Endgeräten zusätzliche, personalisierte Möglichkeiten wie bspw. Alarmfunktionen und Erinnerungen. Kontrollfunktionen und die Risikodokumentation halten wichtige Informationen für die Nachverfolgbarkeit der Risikosituationen fest, vor allem wann, von wem und wie Risikohinweise angesehen und ggf. bearbeitet wurden.

Schlussfolgerung und Ausblick

Durch die dynamische und automatisierte Erfassung risikorelevanter Daten können frühzeitig Risiken identifiziert und durch geeignete Maßnahmen reduziert werden. Risikoinformationen mit Vorgehenshinweisen können nahezu in Echtzeit an verantwortliche Personen übermittelt werden. Die Strukturierung und prozessübergreifende Sammlung risikorelevanter Informationen steigern die Informationsqualität. Dies führt dazu, dass Risiken auch intersektoral als solche identifiziert werden können, welches wiederum das Risikobewusstsein des medizinischen Fachpersonals steigern kann. Dem System können aufgrund der erreichten Modularität und Flexibilität zukünftig recht aufwandsarm weitere Use Cases und neue Module hinzugefügt werden. So können der Zweck und die Einsatzumgebung relativ leicht angepasst werden.

Die Einbindung von verschiedensten Datenquellen bedarf lediglich der Anpassung der »Data-Access-Agents« und der dafür notwendigen Schnittstellen. Durch die Wahl eines Webinterfaces zur Darstellung der kontextsensitiven Hinweise ist die Ausgabe auf mobilen Endgeräten möglich. Somit können individualisierte Meldungen von Risiken auf z.B. Tablets des medizinischen Fachpersonals übermittelt werden, was die Effektivität erhöht und die Integration in den Arbeitsalltag erleichtert. Über die Dokumentation von risikorelevanten Daten ist eine langfristige Beobachtung möglich,

woraus Prozessoptimierungen abgeleitet und Risiken noch weiter minimiert werden können. Durch die konsequente Verwendung von Standards wie HL7-FHIR und dem JADE ist eine zukunftssichere und interoperable Lösung geschaffen worden, mit zu erwartenden positiven Auswirkungen auf die Patientensicherheit durch eine zielgenaue Unterstützung des medizinischen Fachpersonals im klinischen Risikomanagement. ■

Danksagung
Das diesem Artikel zugrundeliegende Vorhaben »OntoMedRisk« wurde mit Mitteln des Bundesministeriums für Bildung und Forschung unter dem Förderkennzeichen 01IS14022 gefördert. Die Verantwortung für den Inhalt dieser Veröffentlichung liegt bei den Autoren«

Quellen

- [1] Bundesministerium des Inneren (BMI): Jedes Alter zählt – Für mehr Wohlstand und Lebensqualität aller Generationen; 2017 (aufgerufen am 02.11.2017) <https://www.bmi.bund.de/SharedDocs/pressemitteilungen/DE/2017/02/demografiebilanz.html>.
- [2] Spitzenverband Bund der Krankenkassen e.V.: Jahresstatistik 2016 – Behandlungsfehler-Begutachtung der MDK-Gemeinschaft; Mai 2017 (aufgerufen am 02.11.2017) https://www.mds-ev.de/fileadmin/dokumente/Pressemitteilungen/2017/2017_05_30/Weitere_Informationen/Behandlungsfehlerbegutachtung_Jahresstatistik_2016.pdf.
- [3] Uciteli A, Neumann J, Tahar K, Saleh K, et al.: Ontology-based Specification, Identification and Analysis of Perioperative Risks. *Journal of Biomedical Semantics* 2017;8:36. (aufgerufen am 02.11.2017): <https://jbiomedsem.biomedcentral.com/articles/10.1186/s13326-017-0147-8>
- [4] Bundesministerium des Inneren (BMI): Organisationshandbuch – 6.3.3 Fehlermöglichkeits- und Einflussanalyse; 2017 (aufgerufen am 02.11.2017) https://www.orghandbuch.de/OHB/DE/Organisationshandbuch/6_MethodenTechniken/63_Analysetechniken/633_FehlermoeglichkeitUndEinflussanalyse/fehlermoeglichkeitundeinflussanalyse-node.html.
- [5] Wooldridge, M; Jennings, N.R: *Intelligent Agents: Theory and Practice*. Knowledge Engineering Review; 1994.
- [6] Telecom Italia S.p.A.: JAVA Agent Development Framework; 2017 (aufgerufen am 02.11.2017) <http://jade.tilab.com/>.
- [7] Health Level Seven INTERNATIONAL: Welcome to FHIR; 2017 (aufgerufen am 02.11.2017) <https://www.hl7.org/fhir>.
- [8] Health Level Seven INTERNATIONAL: Section 6: Rules and References Arden Syntax v2.8; 2017 (aufgerufen am 02.11.2017) <https://www.hl7.org/fhir>.

Wissen ausbauen, Kompetenz nachweisen.

Vorbereitungskurs zum Zertifikat „Medizinische Dokumentation“



Komplexe Diagnostik und aufwendige Therapien führen heute zu immer umfangreicherer Dokumentation. Qualifiziertes Personal ist gefragt, um die wachsende Flut an Informationen zu erschließen und zu verarbeiten. Mit dem Zertifikat „Medizinische Dokumentation“ der GMDS und des DVMD weisen Mitarbeiterinnen und Mitarbeiter ihre Expertise nach.

Der DMI Vorbereitungskurs für dieses Zertifikat ist Ihre erste Wahl für eine berufsbegleitende Weiterbildung.

Nähere Informationen: annett.mueller@dmi.de
www.dmi.de/vorbereitungskurs



DMI GmbH & Co. KG • Otto-Hahn-Straße 11–13 • 48161 Münster