

Rule-Engine-Technologie als Innovationspotential für Telemedizin

Innovation Potential for Telemedicine through Rule Engine Technology

Karsten FEHRE ^{a,b}, Klaus-Peter ADLASSNIG ^{a,b,1}

^a*Institut für Medizinische Experten- und Wissensbasierte Systeme,
Zentrum für Medizinische Statistik, Informatik und Intelligente Systeme,
Medizinische Universität Wien, Spitalgasse 23, A-1090 Wien*

^b*Medexter Healthcare GmbH, Borschkegasse 7/5, A-1090 Wien*

Zusammenfassung. Der vermehrte Einsatz von telemedizinischen Anwendungen führt zu einem erhöhten Datenaufkommen, gewöhnlich in Form von Messwerten. Diese erfassten Rohdaten werden als Zahlenwerte an eine telemedizinische Zentrale übermittelt, ggf. mit einfachen Regeln überprüft und von einem Ärzteteam begutachtet. Eine Rule-Engine-Technologie ist mittels definierten medizinischen Regeln in der Lage, große Mengen dieser Rohdaten automatisiert vorzuverarbeiten, zu prüfen und ggf. die Daten dem verantwortlichen Ärzteteam auf einer höheren Bewertungs- und Interpretationsebene zu präsentieren. In diesem Beitrag stellen wir eine auf Arden-Syntax basierende Rule-Engine-Software vor, die eine hoch automatisierte Verarbeitung von Rohdaten ermöglicht. Diese Software ist derzeit in einer Reihe von Systemen zur klinischen Entscheidungsunterstützung in Verwendung. Wir untersuchen weiterhin das Potential dieser Technologie für die Telemedizin, indem wir eine Reihe unterschiedlicher Anwendungsgebiete und Szenarien betrachten. Neben dem Gewinn bei der medizinischen Begutachtung anfallender telemedizinischer Daten durch ihre intelligente Aufbereitung stellt der Einsatz von Rule-Engine-Technologie ein praktikables Mittel für eine umfassende Qualitätssicherung dar. Die ärztliche Verantwortung verbleibt jedoch auch bei einer hochgradig automatisierten Unterstützung beim Menschen.

Abstract. The increased use of telemedical applications yields an increased accumulated data volume mostly in form of numerical measurement data, which we call raw data. These gathered raw data are usually transferred to a telemedical center, checked manually or automatically with or without applying simple rules, and offered to a team of physicians to be evaluated. A rule engine technology is able to automatically check and evaluate huge amounts of raw data according to simple but also to complex previously defined rules and—last but not least—to present the resulting intermediate and final outcome in a medically high-level form of interpretation and evaluation. In this report, we present a rule engine software based on Arden Syntax and show some applications with emphasis on telemedical

¹ Corresponding author.

use. In addition, we analyse the potential of rule engine technology for telemedicine. As it turns out, this technology is a potent instrument for extensive quality assurance. However, even in this highly automated support, the final medical responsibility remains with the human medical person.

Keywords. Telemedicine, clinical decision support, rule engine technologies, Arden Syntax

Einleitung

Der vermehrte Einsatz von telemedizinischen Anwendungen führt – im Allgemeinen, aber speziell auch im Einzelnen – zu einem erhöhten Datenaufkommen. Die erfassten Daten wie Blutdruck, Glukosewerte und andere werden gewöhnlich als Zahlenwerte – wir nennen sie in Folge Rohdaten – übermittelt, gespeichert, ggf. mit einfachen Regeln auf pathologische Werte hin überprüft und von einem Ärzteteam begutachtet. Darauf aufbauend werden weitere Aktionen (oder auch keine) abgeleitet.

Eine Rule-Engine-Technologie ist in der Lage, automatisiert auch komplexe Verknüpfungen dieser Rohdaten zu realisieren, die Ergebnisse aufzubereiten, gewöhnlich auf einer höheren Bewertungs- und Interpretationsebene dem verantwortlichen Ärzteteam zu präsentieren, ggf. Checklisten zu überprüfen und diagnostische sowie therapeutische Empfehlungen zu generieren. Hierzu werden die von einem Ärzteteam verwendeten Regeln in eine durch den Computer interpretierbare Sprache überführt, welche die Grundlage für automatisierte Entscheidungen und Interpretationen bildet. Durch Einsatz geeigneter web-basierter Technologien für die Umsetzung eines solchen Rule-Engine-Technologie-basierten Systems, wird der Zugriff auf medizinisches Wissen zur Bewertung und Interpretation der oben genannten Rohdaten jederzeit und allerorts ermöglicht.

1. Methodisches Vorgehen

Eine von uns entwickelte Rule-Engine-Software erfüllt die oben genannten technologischen Charakteristika. Sie verwendet die von HL7 und ANSI approbierte Arden-Syntax [1], die speziell für medizinische Anwendungen entwickelt wurde. Die Syntax ist reichhaltig und enthält eine Reihe von Sprachkonzepten, wie Zeitoperatoren, die eigens für medizinische Fragestellungen beigefügt wurden [2]. Die Grundelemente einer in Arden-Syntax verfassten medizinischen Wissensbasis sind die Medical Logic Modules (MLMs), die auch hierarchisch miteinander verknüpft sein können. Die Regeln einer solchen Wissensbasis sind gut wartbar und bis zu einem gewissen Grad selbsterklärend. Dies fördert die Erstellung neuer Wissensbasen, sowie den Austausch solcher Wissensbasen zwischen einzelnen Institutionen. Jedes einzelne MLM ist – so das entsprechende Lehrbuchwissen – für mindestens (genau) eine medizinische Entscheidung „zuständig“. Pakete von MLMs, die dann zumeist für ein größeres medizinisches Thema „verantwortlich“ sind, nennen wir Medical Knowledge Packages (MKPs) [3].

Grundsätzlich bestehen Rule-Engine-Technologie-basierte Systeme aus zwei Komponenten: einer Wissensbasis (eine Sammlung von Regeln) und einer Rule-Engine (Regelarbeitung). Die von uns entwickelte Rule-Engine-Software besteht aus den von uns entwickelten Arden-Syntax-Compiler und der dazugehörigen Arden-Syntax-

Rule-Engine. Während der Arden-Syntax-Compiler MLMs in ausführbaren Java-Bytecode umwandelt, dient die Arden-Syntax-Rule-Engine zur Ausführung und Steuerung der kompilierten MLMs. Die Arden-Syntax-Rule-Engine kann sowohl ein oder viele MLMs als auch viele MKPs enthalten. Eine Komponente namens MLM-Manager übernimmt die Verwaltung der enthaltenen MLMs bzw. MKPs. Die Rule-Engine-Software ist für hohes Datenaufkommen und umfangreiche Wissensbasen ausgelegt. Sie beinhaltet gewöhnlich auch ein sogenanntes Medical Data and Knowledge Services Center (technisch eine Datenbank), die über Standardschnittstellen Patientendaten aufnimmt, speichert, den MLMs die Daten über standardisierte Curly-Braces-Aufrufe (spezielle Arden-Syntax-Konstrukte, um Daten aus Patientendatenbanken zu übernehmen) zur Verfügung stellt und ggf. über die Triggerung der initialen MLMs entscheidet. Weiters kann diese Datenbank auch Zwischen- sowie Endergebnisse des Rule-Engine-Inferenzprozesses speichern und so für eine umfassende Ergebnisdarstellung mit Begründung, für ein retrospektives Reporting oder für data-und-knowledge-mining-Zwecke bereitstellen. Die Speicherung aller Zwischenergebnisse und Begründungen erlaubt im Zweifelsfall alle medizinischen Schlüsse anhand der verwendeten Rohdaten und Regeln nachzuvollziehen.

Die vorhandenen Software-Komponenten wurden in ein Server-Environment eingebettet, um Zugriff auf die Rule-Engine mittels Web-Services zu ermöglichen. Ein Web-Service ist Teil einer serviceorientierten Architektur (wie vorgeschlagen in [4]) und ist ein Service mit einem Uniform Resource Identifier (URI), dessen öffentlich erreichbare Schnittstellen und Data Bindings mittels der Extensible Mark-up Language XML [5] beschrieben sind. Wie aus **Abbildung 1** ersichtlich, kann der so entstandene Arden-Syntax-Server von jeder beliebigen Client-Applikation über die fest definierten Web-Service-Schnittstellen angesprochen und benutzt werden. Ein integrierter Webserver ermöglicht gegebenenfalls zusätzlich einen Browser-basierten Zugriff auf die Zwischen- und Endergebnisse des Inferenzprozesses.

Aus der in **Abbildung 1** dargestellten Architektur ergeben sich unterschiedliche Einsatzmöglichkeiten des Arden-Syntax-Servers:

- **Integration über Datenimport:** In diesem Szenario werden Rohdaten in bestimmten Zeitintervallen aus einem medizinischen Informationssystem (Krankenhausinformationssystem (KIS), intensivmedizinischen Patientendatenmanagementsystem (PDMS), Laborinformationssystem (LIS), Telemedizinssystem, u. a.) in die Datenbank des Arden-Syntax-Servers importiert. Dort werden die Rohdaten aufbereitet, verarbeitet, bewertet und/oder umfassend interpretiert. Die so erhaltenen Ergebnisse können (eventuell grafisch dargestellt) mittels Browser im Intranet der medizinischen Institution abgerufen und im Rahmen der Patientenbehandlung (Diagnose, Therapie, Prognose, Patientenführung) verwendet werden.
- **Integration in Informationssysteme:** Eine vorhandene Applikation kann anfallende Rohdaten an den Arden-Syntax-Server senden, der diese dann entsprechend der vorhandenen MLMs verarbeitet und an die aufrufende Applikation zurücksendet.
- **Entkoppelt:** Ein Benutzer (Arzt oder Patient) kann über ein definiertes Eingabeformular Daten (via HTTP/Web) an den Arden-Syntax-Server senden, der diese dann interpretiert und die aufbereiteten Ergebnisse dem Einsender über die verwendete Website wieder zur Verfügung stellt.

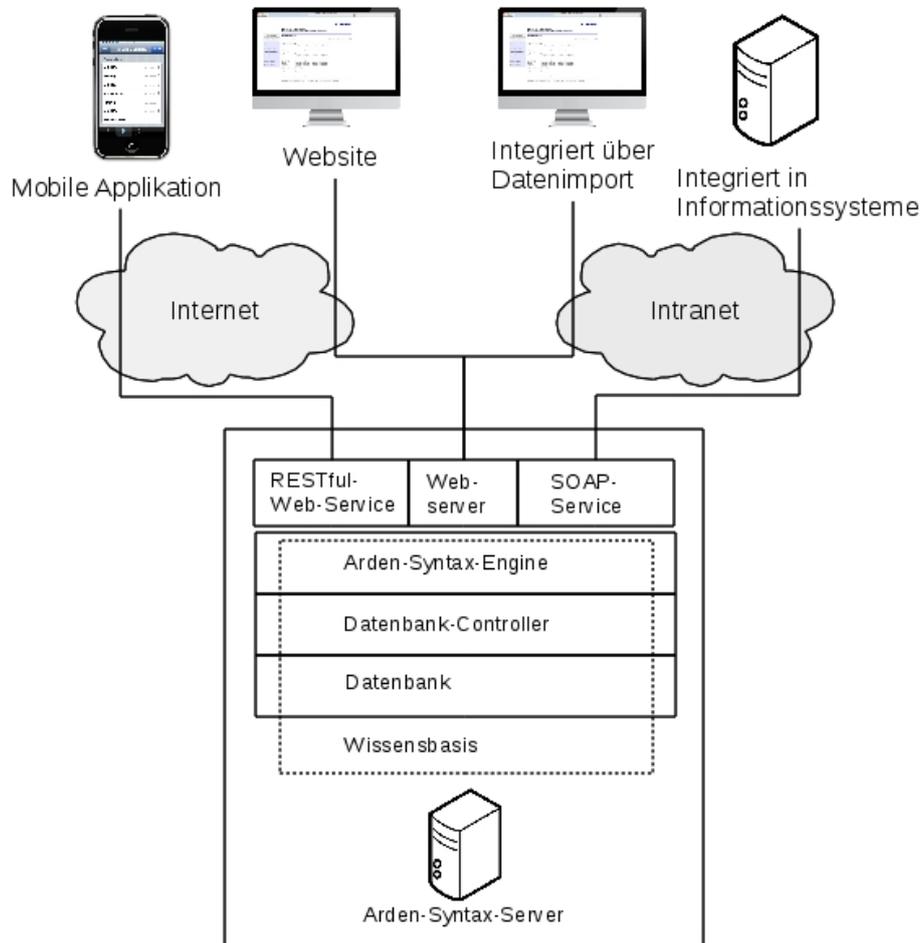


Abbildung 1. Architektur, Zugriffe und verschiedene Beispiele für die Nutzung des Arden-Syntax-Servers

2. Ergebnisse

Die von uns entwickelte Rule-Engine-Software ermöglicht beliebigen Client-Applikationen über Web-Services auf diese Rule-Engine-Technologie zuzugreifen. Somit wird eine einfache und effiziente Einbindung der Rule-Engine-Technologie in bestehende Anwendungen und Prozesse erlaubt. Durch Integration einer internen Datenbank ist es möglich, dass sich die Rule-Engine-Software über einen Datenimport mit Rohdaten aus einem bestehenden Informationssystem versorgt und die Bewertung und Interpretation dieser Rohdaten dem Anwender über eine Weboberfläche übermittelt.

Derzeit praktisch eingesetzt wird diese Rule-Engine-Software im Rahmen der Moni-Projekte (Monitoring von nosokomialen Infektionen) [6, 7] auf den

Intensivstationen des Allgemeinen Krankenhaus Wien, sowie als generelle Software zur klinischen Entscheidungsunterstützung mit Anschluss an das Krankenhausinformationssystem i.s.h.med ebenfalls am Allgemeinen Krankenhaus Wien [8], um zwei umfangreiche Anwendungen mit Anschluss bzw. Integration in medizinische Informationssysteme zu nennen.

Beispiele aus der Telemedizin sind das browser-basierte System Hepaxpert (automatisierte Interpretation von Hepatitis-Serologie-Befunden) auf der Web-Plattform Teleiatros [9], sowie Hepaxpert als iPhone-Applikation [10]. Beiden liegt eine telemedizinische Anwendung der hier vorgestellten Arden-Syntax-basierten Rule-Engine-Software zu Grunde.

3. Diskussion

Nachdem vermehrt praktisch ausgereifte Lösungen für die digitale Erfassung, Speicherung, den Transfer und die Darstellung von medizinischen Daten von Patienten in Form der unterschiedlichsten Informationssysteme, wie KIS, PDMS, LIS und auch zunehmend ausgereifte telemedizinische Systeme vorhanden sind, wird eine der nächsten Innovationsschritte sein, praktisch bewährte Lösungen für die unterschiedlichsten Aufgaben zur klinischen Entscheidungsunterstützung in alle oben genannten Systeme entweder zu integrieren oder über Schnittstellen anzuschließen. Die oben dargestellte Rule-Engine-Software erlaubt es, jederzeit und allerorts auf in Form von Regeln abgelegtes Expertenwissen zuzugreifen und anfallende Daten mittels dieses Wissens zu bewerten und zu interpretieren. Die Nutzung einer standardisierten Sprache wie der Arden-Syntax erlaubt es weiterhin, einmal erfasstes Expertenwissen zwischen verschiedenen medizinischen Institutionen (im gewissen Rahmen) auszutauschen und kann somit einer großen Zahl an medizinischem Personal zur Verfügung gestellt werden.

Der Kern dieser Automatisierung ist, dass digital vorliegende medizinische Rohdaten auf eine höhere, klinisch sinnvolle Interpretationsebene gehoben werden, eine Simulation dessen, was täglich millionenfach von menschlichen medizinischen Experten vorgenommen wird.

Das Potential dieser Technologie für die Telemedizin lässt sich in unterschiedlichsten Bereichen bzw. Kommunikationswegen analysieren und beschreiben:

- Medizinisches Personal kann sich der Rule-Engine-Technologie bedienen, um permanent anfallende Rohdaten zu überwachen und durch definierte Regeln überprüfen und auswerten zu lassen. Treten kritische Werte oder Situationen auf, werden die betroffenen Personen entsprechend informiert.
- Die von medizinischem Personal an ein Labor gesandten Proben werden analysiert und die gewonnenen Messwerte meist als Rohdaten an den Einsender rückübermittelt. Die Verwendung einer Rule-Engine-Technologie ermöglicht es hier, noch vor dem Versenden der Ergebnisse eine vollständige Befundinterpretation anhand vordefinierter und ggf. konfigurierbarer Regeln zu erstellen und mitzusenden.

- Muss ein Patient aufgrund kritischer Werte ein Ärzteteam konsultieren, so kann diese Kommunikation durch die Nutzung der bereits interpretierten und bewerteten Rohdaten vereinfacht werden. Die erhobenen Rohdaten können vor oder während der Kommunikation mit dem medizinischen Personal in sprachliche Konzepte überführt oder sogar interpretiert werden. Die so aufbereiteten Informationen erlauben eine schnelle und ggf. fundiertere Entscheidung im vorliegenden Fall.

Der Einsatz von Rule-Engine-Technologie stellt ein praktikables Mittel zu einer umfassenden Qualitätssicherung dar. Die ärztliche Verantwortung verbleibt jedoch auch bei einer hochgradig automatisierten Unterstützung beim Menschen.

Referenzen

- [1] Health Level 7 (2008) *The Arden Syntax for Medical Logic Systems, Version 2.7*. Health Level Seven, Inc., Ann Arbor, MI.
- [2] Hripscak, G. (1994) *Writing Arden Syntax Medical Logic Modules*. *Computers in Biology and Medicine* 24, 331–363.
- [3] Adlassnig, K.-P., Rappelsberger, A. (2008) *Medical Knowledge Packages and their Integration into Health-Care Information Systems and the World Wide Web*. In Andersen, S.K., Klein, G.O., Schulz, S., Aarts, J., Mazzoleni, M.C. (Eds.) *eHealth Beyond the Horizon—Get IT There*. Proceedings of the 21st International Congress of the European Federation for Medical Informatics (MIE 2008), IOS Press, Amsterdam, 121–126.
- [4] Wright, A., Sittig, D.F. (2008) SANDS: *A Service-Oriented Architecture for Clinical Decision Support in a National Health Information Network*. *Journal of Biomedical Informatics* 41, 962–981.
- [5] McGovern, J., Tyagi, S., Stevens, M., Mathew, S. (2003) *Java Web Services Architecture*. Morgan Kaufmann, Elsevier, San Francisco.
- [6] Adlassnig, K.-P., Blacky, A., Koller, W. (2009) *Artificial-Intelligence-Based Hospital-Acquired Infection Control*. In Bushko, R.G. (Ed.) *Strategy for the Future of Health, Studies in Health Technology and Informatics* 149, IOS Press, Amsterdam, 103–110.
- [7] Koller, W., Blacky, A., Bauer, C., Mandl, H., Adlassnig, K.-P. (2010) *Electronic Surveillance of Healthcare-Associated Infections with MONI-ICU—A Clinical Break-Through Compared to Conventional Surveillance Systems*. Accepted for the 13th World Congress on Medical and Health Informatics (MEDINFO 2010), 12–15 September 2010, Cape Town, South Africa.
- [8] Mehl, T., Binder, M., Scheibboeck, C., Holub, S., Adlassnig, K.-P. (2010) *Integration of Clinical Decision Support into a Hospital Information System to Predict Metastatic Events in Patients with Melanoma*. In Schreier, G., Hayn, D., Ammenwerth, E. (Eds.) *Tagungsband der eHealth2010*, Österreichische Computer Gesellschaft, Wien, 107–112.
- [9] Chizzali-Bonfadin, C., Adlassnig, K.-P., Kreihsl, M., Hatvan, A., Horak, W. (1997) *A WWW-Accessible Knowledge Base for the Interpretation of Hepatitis Serologic Tests*. *International Journal of Medical Informatics* 47, 57–60.
- [10] Rudigier, S., Brenner, R., Adlassnig, K.-P. (2010) *Expert-System-Based Interpretation of Hepatitis Serology Test Results as App Store iPhone Application*. In Schreier G, Hayn D, Ammenwerth E (Eds.) *Tagungsband der eHealth2010*, Österreichische Computer Gesellschaft, Wien, 235–240.