

# Zur Integration einer auf der Arden-Syntax basierenden Entscheidungsunterstützungskomponente in eine Telematikplattform.

## Beispielhafte Umsetzung im Rahmen der telemedizinischen Nachbetreuung von Patienten mit Herz-/Kreislaufkrankungen.

Geisler M<sup>1</sup>, Bott OJ<sup>1</sup>, Tegtbur U<sup>2</sup>, Bergmann J<sup>1</sup>, Pretschner DP<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Institut für Medizinische Informatik, Technische Universität Braunschweig, Deutschland

<sup>2</sup>Abteilung für Sportphysiologie und Sportmedizin, Medizinische Hochschule Hannover, Deutschland  
mirko.geisler@tu-bs.de

### Einleitung und Fragestellung

Informationssysteme im klinischen Umfeld verfolgen das Ziel, medizinisches Personal bei ihrer täglichen Arbeit zu unterstützen. Obwohl rechnerbasierte Anwendungssysteme immer stärker Einzug in den Klinikalltag finden, ist deren Potenzial aber noch nicht ausgeschöpft. Zu den verhältnismäßig wenig verbreiteten, handlungsunterstützenden Ansätzen in medizinischen Informationssystemen gehört die Verwendung wissensbasierter Komponenten [1]. Im praktischen Einsatz können diese Komponenten unterschiedliche Funktionen bereitstellen. Auf Grundlage regelbasierter Wissensbanken bieten sie Entscheidungsunterstützung innerhalb klinischer Arbeitsabläufe sowie in Bezug auf die richtige Reaktion auf patientenbezogene Ereignisse oder benachrichtigen aktiv verantwortliche Ärzte oder Pflegekräfte im Rahmen der Überwachung medizinischer Befundwerte (Prozessmonitoring und -steuerung). Eine Sprache für die Formulierung derartiger Regeln ist die *Arden Syntax for Medical Logic Modules* [2], ein von der HL7 (Health Level 7) verwalteter Standard.

Nicht nur in Krankenhaus- oder Arztpraxisinformationssystemen spielen wissensbasierte Funktionalitäten eine Rolle. Im Rahmen der weltweit zunehmenden Aktivitäten zur informationstechnischen Vernetzung aller an der Behandlung eines Patienten beteiligten Institutionen des Gesundheitswesens werden auch die dabei entstehenden regionalen und überregionalen Gesundheitsinformationssysteme bzw. die ihnen zugrunde liegende eHealth-Infrastruktur oder Gesundheitstelematikplattform interessant für die Integration derartiger Funktionalitäten. Ziel dieser Arbeit ist die Prüfung der Eignung des Arden-Ansatzes zur Entwicklung eines intelligenten Benachrichtigungs-Subsystems einer Telematikplattform durch Implementierung einer Java-basierten Arden-Engine.

### Material und Methoden

Geprüft wird das Konzept durch Einsatz des Interpreters in einem Pilotprojekt, das die telemedizinische Nachbetreuung von Patienten mit Herz/Kreislaufkrankungen zum Gegenstand hat. Der Schwerpunkt liegt dabei in der Beurteilung der Trainingseffekte bei individuell verordnetem Heimergometertraining [3]. Das telemedizinische System überträgt Sensordaten und vom Patienten eingegebene Daten zum Gesundheitszustand aus der häuslichen Umgebung des Patienten via UMTS an eine telemedizinische Zentrale innerhalb einer medizinischen Abteilung eines Krankenhauses. Da bei dem vorliegenden Datenvolumen eine zeitnahe manuelle Kontrolle der Daten auf Besonderheiten vom medizinischen Personal nur schwer zu leisten ist, sind rechnerbasierte Konzepte nötig, die auf besondere Ereignisse aktiv hinweisen. Als ein erstes Anwendungsgebiet des entwickelten, auf der Arden-Syntax basierenden Benachrichtigungssystems soll das Erkennen von kritischen Trainingsergebnissen und die Benachrichtigung bei Auffälligkeiten bei verschiedenen Vitalparametern und den Patientenangaben zum Gesundheitszustand realisiert werden.

Die Datenbasis für die Interpretation der mit der Arden-Syntax formulierten Regeln bildet die am Institut für Medizinische Informatik entwickelte elektronische Gesundheitsakte V-Net Med [4], die derzeit zu einer Telematikplattform im Sinne der Integration weiterer Dienste ausgebaut wird (einen Überblick über mögliche Dienste einer Telematikplattform bietet z.B. [5]). V-Net Med erlaubt derzeit die Verwaltung verteilt gespeicherter medizinischer Dokumente auf Grundlage der *Clinical Document Architecture* (CDA, [6]) von HL7. Die Ergebnisse einer Ergometertrainingseinheit werden vom Patienten direkt nach dem Training als CDA-Dokument an das V-Net Med-System übertragen. Zudem werden auch Antworten auf patientenindividuelle Fragebögen als CDA-Dokumente gespeichert. Die im V-Net Med System verfügbaren Daten können nun mit entsprechenden Auswertungsregeln in Form von „Medical Logic Modules“ (MLMs) gemäß der Arden-Syntax verarbeitet werden. Das V-Net Med-System ist dazu um mehrere Komponenten zur Wissensverarbeitung erweitert worden. Das Herzstück der neuen Komponenten ist ein Arden-Compiler, der mit Hilfe des Compiler-Werkzeuges SableCC [7] generiert wurde. SableCC ähnelt dem Konzept von Yacc [8], so dass die Arden-Spezifikation im Backus-Naur-Format (BNF) mit spezifischen Modifikationen für den Compiler-Generator übernommen werden kann. Zudem wurde ein Verwaltungstool für die MLMs implementiert. Die Erstellung von MLMs erfolgt in Kooperation mit dem betreuenden Arzt.

### Ergebnisse

Die Architektur des wissensverarbeitenden Subsystems des V-Net Med-Systems setzt sich zusammen aus dem Arden-Compiler, dem Arden-Reminder, der Arden-Engine und dem MLM-Manager. Der Arden-Compiler wandelt ein MLM in eine interne Java-Repräsentation um. Den Zugriff auf die CDA-Dokumente des V-Net Med-Servers realisiert die Arden-Engine. Durch die Verwendung der CDA-Spezifikation steht der klinische Inhalt standardisiert und strukturiert zur Verfügung. Nach Auswertung der Patientendaten startet die Arden-Engine falls nötig den Arden-Reminder. Dieser präsentiert dem Benutzer die generierten Meldungen. Der MLM-Manager dient der Verwaltung der im System gespeicherten MLMs. Für das „Monitoring“ der Patienten werden in Zusammenarbeit mit medizinischen Fachexperten mehrere MLMs entwickelt, in denen unterschiedliche entscheidungsunterstützende Funktionen für die Überwachung des Patientenstatus realisiert sind. Hervorzuheben ist die Beurteilung der Herzfrequenzvariabilität (Heart rate variability: HRV). Speziell im Ausdauersport stellt die HRV eine interessante biologische Größe zur Prüfung des Trainingszustands dar. Auch in der Medizin kann durch die Messung der HRV der Gefährdungszustand eines Herzpatienten beurteilt werden. Voraussetzung für die Analyse der HRV ist die Erfassung der Abstände von Herzschlag zu Herzschlag (RR-Intervalle). Ein Kriterium für die sachlich richtige Beurteilung der RR-Intervalle ist die Zeitdauer der Datenaufzeichnung [9]. Eine zu absolvierende Trainingseinheit kann bis zu 1 Stunde dauern, so dass die Messung der RR-Intervalle über einen kurzen Zeitraum erfolgt (*short time analyse*). Für die valide Auswertung der Intervalle dürfen fehlerhafte Messwerte nicht mit berechnet werden, da sie das Ergebnis erheblich positiv oder negativ verändern. Fehler bei der Datenerfassung können aus Irritationen durch Bewegungen des Brustgürtes sowie durch einen erhöhten elektrischen Hautwiderstand entstehen. Mit Hilfe eines entwickelten Filteralgorithmus werden Artefakte in der Zeitreihe der RR-Intervalle erkannt und eliminiert. Zur Analyse der Herzfrequenzvariabilität erfolgt aus der gefilterten Zeitreihe die Berechnung von Parametern des Zeitbereichs (*time domain*). Zum einem sind dies Parameter, die auf der Statistik der RR-Intervalle selbst basieren. Zum anderen sind dies Parameter, welche die Verteilung der Differenzen benachbarter RR-Intervalle charakterisieren. Diese HRV-Parameter bilden die Grundlage für die Formulierung der MLM-Regeln zur Auswertung der Herzrhythmusvariabilität. Kenngrößen und deren Normbereiche sind in [10] definiert. Daneben umfasst die Wissensbasis MLMs zur Auswertung ergometerspezifischer Parameter wie z. B. der Leistung in Watt abhängig von der Herzfrequenz. Schließlich werden die Antworten der patientenindividuellen Fragebögen auf Abweichung von Zielkorridoren überwacht (z. B. Borg-Skala). Tritt ein bestimmtes in einer Regel definiertes Ereignis ein, wird die behandelnde Instanz in Form generierter Nachrichten informiert. Die Visualisierung der Nachrichten erfolgt zunächst nur beim *Login* über die Benutzerschnittstelle. Derzeit wird die Funktionsweise der neuen Komponenten mit Testdaten überprüft. Der Einsatz des Systems in einer Studie ist geplant, um das Meldungsaufkommen der Nachrichten und die klinische Verwendbarkeit der realisierten, wissensverarbeitenden Funktionen bewerten zu können.

### Diskussion

Der vorgestellte Ansatz zeigt eine Möglichkeit auf, wissensverarbeitende Funktionen in ein Informationssystem und speziell in eine Telematikplattform zu integrieren. Eine erste Anwendung ist die beispielhafte Umsetzung in dem Pilotprojekt. Für die Formulierung von Regeln zur Entscheidungsunterstützung existieren neben der Arden-Syntax eine Reihe alternativer Ansätze [11]. Viele Probleme der Überwachung des Patientenstatus innerhalb einer Gesundheitstelematikplattform können voraussichtlich mit relativ „einfachen“ Regeln realisiert werden. Die aktuelle Version der Arden-Syntax scheint hierfür ein vielversprechender Ansatz zu sein. Die Wartung der Wissensbank ist relativ problemlos und die Strukturierung der Wissensbank in voneinander unabhängige MLMs erlaubt den Austausch von Wissen (*Knowledge Sharing*) zwischen unterschiedlichen Institutionen. Dafür müssen eventuell ausgetauschte MLMs lokalen Gegebenheiten angepasst werden. Zudem sichern die Aktivitäten im Umfeld von HL7 die Weiterentwicklung des Standards. Die zukünftige Version 3 der Arden-Syntax wird ihr Dokumentformat vom

Reference Information Model (RIM) der HL7 beziehen. Der betreuende Arzt in dem Pilotprojekt profitiert von den Benachrichtigungsfunktionen. Definierte Änderungen der Daten sind die Basis, auf deren Grundlage automatisiert elektronische Nachrichten generiert werden. Ein echter medizinischer Mehrwert ergibt sich für den Benutzer bei einer großen Menge von Daten. Zum Beispiel beruht die Beurteilung der HRV auf den Ergebnissen eines Langzeit-EKGs (Langzeitanalyse). Mit den neuen Funktionen können schon aus den gemessenen RR-Abständen der Kurzzeitanalyse Hinweise auf medizinische Probleme eines Patienten bei körperlicher Belastung bewertet werden. Ein echter Vorteil, nicht nur für den Arzt, sondern auch für den Patienten.

#### Literatur

- [1] RL, Berg M: Computer Technology and Clinical Work. Still Waiting for Godot. JAMA. 2005 Mar 9;293(10):1261-63
- [2] ANSI/HL7 Arden V2.5-2005. Health Level Seven Arden Syntax, Version 2.5 (revision of ANSI/HL7 Arden V2.1-2002). April 25, 2005.
- [3] Tegtbur U, Busse MW, Jung K, Pethig K, Haverich A. Time course of physical reconditioning during exercise rehabilitation late after heart transplantation. J Heart Lung Transplant. 2005 Mar;24(3):270-4.
- [4] Bergmann J, Bott OJ, Hoffmann I, Pletschner DP. An eConsent-based System Architecture Supporting Cooperation in Integrated Healthcare Networks. Stud Health Technol Inform. 2005;116:961-6.
- [5] Katehakis DG: Abstract The PICNIC Story. Stud Health Technol Inform. 2005;115:4-36.
- [6] ANSI/HL7 CDA, R2-2005. HL7 Clinical Document Architecture, Release 2.0. 2005.
- [7] Gagnon E. SableCC, an object-oriented compiler framework. School of Computer Science, McGill University, Montreal, 1998.
- [8] Levine J.R., Mason T., Brown D. lex & yacc. O'Reilly & Associates, Inc 1994.
- [9] Faber TS, Staunton A, Hnatkova K, Camm AJ, Malik M. Stepwise strategy of using short-and long-term heart rate variability for risk stratification after myocardial infarction. Pacing Clin Electrophysiol 1996;19:1845-1851.
- [10] Task Force of the European Society of Cardiology and the North American Society of Pacing and Electrophysiology. Heart rate variability standards of measurement, physiological interpretation, and clinical use. European Heart Rate Journal 1996;17:354-381.
- [11] de Clercq PA, Blom JA, Korsten HH, Hasman A. Approaches for creating computer-interpretable guidelines that facilitate decision support. Artif Intell Med. 2004 May;31(1):1-27.