ECONSTOR
Make Your Publications Visible.

A Service of

ZBW Leibniz-Informationszentrum Wirtschaft
Leibniz Information Centre for Economics

Heß, Michael (Ed.); Schlieter, Hannes (Ed.)

Research Report

Modellierung im Gesundheitswesen: Tagungsband des Workshops im Rahmen der Modellierung 2014

ICB-Research Report, No. 57

Provided in Cooperation with:
University Duisburg-Essen, Institute for Computer Science and Business Information Systems (ICB)

Suggested Citation: Heß, Michael (Ed.); Schlieter, Hannes (Ed.) (2014) : Modellierung im Gesundheitswesen: Tagungsband des Workshops im Rahmen der Modellierung 2014, ICB-Research Report, No. 57, Universität Duisburg-Essen, Institut für Informatik und Wirtschaftsinformatik (ICB), Essen

This Version is available at:
https://hdl.handle.net/10419/97164

Standard-Nutzungsbedingungen:

Die Dokumente auf EconStor dürfen zu eigenen wissenschaftlichen Zwecken und zum Privatgebrauch gespeichert und kopiert werden.

Sie dürfen die Dokumente nicht für öffentliche oder kommerzielle Zwecke vervielfältigen, öffentlich ausstellen, öffentlich zugänglich machen, vertreiben oder anderweitig nutzen.

Sofern die Verfasser die Dokumente unter Open-Content-Lizenzen (insbesondere CC-Lizenzen) zur Verfügung gestellt haben sollten, gelten abweichend von diesen Nutzungsbedingungen die in der dort genannten Lizenz gewährten Nutzungsrechte.

Terms of use:

Documents in EconStor may be saved and copied for your personal and scholarly purposes.

You are not to copy documents for public or commercial purposes, to exhibit the documents publicly, to make them publicly available on the internet, or to distribute or otherwise use the documents in public.

If the documents have been made available under an Open Content Licence (especially Creative Commons Licences), you may exercise further usage rights as specified in the indicated licence.

WWW.ECONSTOR.EU

Mitglied der Leibniz-Gemeinschaft

ICB
Institut für Informatik und Wirtschaftsinformatik

Michael Heß,
Hannes Schlieter (Hrsg.)

Modellierung im Gesundheitswesen

ICB-RESEARCH REPORT

Tagungsband des Workshops im Rahmen der Modellierung 2014

UNIVERSITÄT DUISBURG ESSEN
Open-Minded

ICB-Research Report No. 57
March 2014

Die Forschungsberichte des Instituts für Informatik und Wirtschaftsinformatik stellen vorläufige Ergebnisse dar, die i. d. R. noch für spätere Veröffentlichungen überarbeitet werden. Daher sind die Autoren für kritische Hinweise dankbar.

The ICB Research Reports comprise preliminary results which will usually be revised for subsequent publications. Critical comments would be appreciated by the authors.

Die durch das Urheberrecht begründeten Rechte, insbesondere der Übersetzung, des Nachdruckes, des Vortrags, der Vervielfältigung, der Weitergabe, der Veränderung und der Entnahme von Abbildungen und Tabellen – auch bei auszugsweiser Verwertung – bleiben vorbehalten.

All rights reserved. No part of this report may be reproduced by any means, or translated.

Editors' Address:

Michael Heß[1]
Hannes Schlieter[2]

[1] Lehrstuhl für Wirtschaftsinformatik
und Unternehmensmodellierung
Universität Duisburg-Essen
D-45141 Essen
m.hess@uni-due.de

[2] Lehrstuhl für Wirtschaftsinformatik
insb. Systementwicklung
Technische Universität Dresden
D-01062 Dresden
hannes.schlieter@tu-dresden.de

ICB Research Reports

Edited by:
Prof. Dr. Heimo H. Adelsberger
Prof. Dr. Frederik Ahlemann
Prof. Dr. Peter Chamoni
Prof. Dr. Klaus Echtle
Prof. Dr. Stefan Eicker
Prof. Dr. Ulrich Frank
Prof. Dr. Michael Goedicke
Prof. Dr. Volker Gruhn
Prof. Dr. Tobias Kollmann
PD Dr. Christina Klüver
Prof. Dr. Klaus Pohl
Prof. Dr. Erwin P. Rathgeb
Prof. Dr. Albrecht Schmidt
Prof. Dr. Rainer Unland
Prof. Dr. Stephan Zelewski

Contact:
Institut für Informatik und
Wirtschaftsinformatik (ICB)
Universität Duisburg-Essen
Universitätsstr. 9
45141 Essen
Tel.: +49 201-183-4041
Fax: +49 201-183-4011
Email: icb@uni-duisburg-essen.de

ISSN 1860-2770 (Print)
ISSN 1866-5101 (Online)

Vorwort

Die Gesundheitssysteme industrialisierter Nationen befinden sich in einem zunehmenden Spannungsfeld aus Forderungen nach ökonomischer Effizienz, qualitativ hochwertiger medizinischer Versorgung und gesteigerter Transparenz bei gleichzeitiger Berücksichtigung des stetigen medizinischen und technologischen Fortschritts sowie des demographischen Wandels. Strukturbezogene Optimierungsmaßnahmen im Sinne der Verbesserung der technischen und infrastrukturellen Ausstattung sowie von Personalumstrukturierungen stoßen zunehmend an ihre Grenzen. Die bisherigen (Weiter-)Entwicklungen sind überwiegend durch gesetzliche Regelungen und Vorgaben bestimmt und entsprechend informationstechnisch unterstützt. Insbesondere die sektorale Trennung hemmt eine umfassende organisatorische und informationstechnische Integration.

Daher gewinnen Analyse- und Optimierungsverfahren, die sowohl ablauforganisatorische Aspekte wie z. B. die Planung und Durchführung medizinischer bzw. unterstützender Prozesse als auch übergeordnete Managementaktivitäten – auch unter Berücksichtigung von Sektoren übergreifenden Aspekten, fokussieren, zunehmend an Bedeutung. Konzeptuelle Modelle eignen sich zur zielgerichteten Dokumentation und Analyse dieser Aspekte. Da diese jedoch häufig nur einen Ausschnitt des Informations- oder Handlungssystems von Gesundheitsdienstleistern betrachten und damit i. d. R. nicht alle inner- und überorganisationalen Schnittstellen und Wechselwirkungen berücksichtigen, erscheint eine entsprechende Weiterentwicklung, die eine zielgerichtete, ganzheitliche Betrachtung dieser Aspekte erlaubt, sinnvoll.

Hierzu bietet es sich an, auf bereits existierende Methoden und Techniken angewandter Wissenschaften wie Informatik, Wirtschaftsinformatik und Medizininformatik zurückzugreifen, um diese weiterzuverwenden und weiterzuentwickeln. Vor diesem Hintergrund zielt der Workshop auf die Reflexion der vielschichtigen Anwendungsbereiche, Methoden und Techniken, in denen insb. modellbasierte Ansätze zur Dokumentation, Analyse, Unterstützung, Formalisierung oder Ausführung medizinischer Prozesse zum Einsatz kommen sowie auf die Vernetzung der aus den verschiedenen Disziplinen stammenden Akteure und die Identifikation möglicher Anknüpfungspunkte für eine weitere interdisziplinäre Forschungsagenda.

Der vorliegende Tagungsband enthält insgesamt sechs Beiträge: ein Full Research Paper sowie fünf Research in Progress Paper. Schwerpunktmäßig werden die Konzeption und Anwendung von Sprachen zur Modellierung medizinischer Prozesse thematisiert: Volz et al. präsentieren Anforderungen an eine Modellierungssprache im Kontext des Prozessmanagements einer Notaufnahme. Kirchner et al. berichten über ihre Erfahrungen mit kollaborativer Modellierung klinischer Behandlungspfade. Wenzina und Kaiser untersuchen, inwiefern die Berücksichtigung von in textuellen Dokumenten beschriebener temporaler Abhängigkeiten eine automatisierte Ableitung computerunterstützt ausführbarerer medizinischer Prozesse unterstützen kann. Burwitz und Esswein skizzieren Potenziale modellgetriebener Architekturen zur Entwicklung klinischer Anwendungssysteme. Zauner et al. stellen eine formale Modellbildung zur Simulation von Effekten von Screeningprogrammen in Österreich vor. Altmann formuliert Anforderungen an arbeitsplatzintegrierte Anwendungen zur Meldung an Krebsregister.

Abschließend danken wir den Mitgliedern des Programmkomitees für die Begutachtung der eingereichten Beiträge sowie die Bekanntmachung des Workshops in ihren Netzwerken. Allen Autoren danken wir für ihre Beitrags-Einreichung.

Ferner danken wir den Organisatoren der Tagung "Modellierung 2014"[1] für die Möglichkeit der Durchführung des Workshops sowie der **Europäischen Union** und der **Landesregierung Nordrhein-Westfalens** für die Förderung des Projektes Hospital Engineering – Innovationspfade für das Krankenhaus der Zukunft (Förderkennzeichen: 005-GW01-066E EU), in dessen Rahmen Teile dieses Workshops organisiert und durchgeführt worden sind.

EUROPÄISCHE UNION
Investition in unsere Zukunft
Europäischer Fonds
für regionale Entwicklung

Die Landesregierung
Nordrhein-Westfalen

Wir wünschen allen Lesern eine interessante und inspirierende Lektüre der Workshop-Beiträge und freuen uns über eine Kontaktaufnahme, z. B. zum fachlichen Austausch oder zur Weiterentwicklung einer möglichen interdisziplinären Forschungsagenda.

Essen und Dresden im März 2014
Michael Heß
Hannes Schlieter

[1] `http://www.modellierung2014.org`

Organisatoren

Dipl.-Wirt.-Inf. Michael Heß
Lehrstuhl für Wirtschaftsinformatik und Unternehmensmodellierung
(Prof. Dr. Ulrich Frank)
Institut für Informatik und Wirtschaftsinformatik (ICB)
Fakultät für Wirtschaftswissenschaften
Universität Duisburg-Essen
Universitätsstr. 9
D-45141 Essen
Tel.: +49 201 183-3099
E-mail: m.hess@uni-due.de

Dr. Hannes Schlieter
Lehrstuhl für Wirtschaftsinformatik insb. Systementwicklung
(Prof. Dr. Werner Esswein)
Fakultät Wirtschaftswissenschaften
Technische Universität Dresden
Schumann-Bau, Münchener Platz
D-01062 Dresden
Tel.: +49 351 463-32173
E-mail: hannes.schlieter@tu-dresden.de

Programmkomitee

- Prof. Dr. Elske Ammenwerth, UMIT – University for Health Sciences, Medical Informatics and Technology, Hall in Tirol
- Dr. Rüdiger Breitschwerdt, Universität Osnabrück
- Martin Burwitz, Technische Universität Dresden
- Prof. Dr. Werner Esswein, Technische Universität Dresden
- Prof. Dr. Ulrich Frank, Universität Duisburg-Essen
- Gabriele Marie Geiger, Kantonsspital St. Gallen, St. Gallen
- Dr. Jens Gulden, Universität Duisburg-Essen
- Dr. Kathrin Kirchner, Universitätsklinikum Jena
- Prof. Dr. Thomas Lux, Hochschule Niederrhein
- Dr. med. Beatrice Moreno, ID Berlin
- Dr. med. Lars Podleska, Westdeutsches Tumorzentrum Essen und Klinik für Unfallchirurgie, Universitätsklinikum Essen
- Prof. Dr. Manfred Reichert, Universität Ulm
- Dr. Martin Sedlmayr, Universität Erlangen-Nürnberg
- Prof. Dr. Günter Schreier, Austrian Institute of Technology, Graz
- Prof. Dr. med. Georg Täger, Westdeutsches Tumorzentrum, Universitätsklinikum Essen und Klinik für Orthopädie, Unfall-, Hand- und Wiederherstellungschirurgie, Klinikum Kempten
- Dr. Bernhard Volz, Universität Bayreuth
- Prof. Dr. Alfred Winter, Universität Leipzig

Inhaltsverzeichnis

Anforderungen an eine Modellierungssprache für das Prozessmanagement im Kontext einer Notaufnahme 1
Bernhard Volz, Florian Knorr, Tobias Klug
1 Motivation 1
2 Verwandte Arbeiten 2
3 Szenario 3
4 Perspektiven-orientierte Prozessmodellierung 5
5 Anforderungen an eine Modellierungssprache 6
6 Zusammenfassung und Ausblick 10
Literaturverzeichnis 10

Experience from collaborative modeling of clinical pathways 13
Kathrin Kirchner, Christina Malessa, Hubert Scheuerlein, Utz Settmacher
1 Introduction 13
2 Background 14
2.1 Process Modeling Languages 14
2.2 Modeling Clinical Pathways 15
2.3 Stakeholder Involvement in Modeling 15
3 Collaborative Modeling Approach 17
4 Learning Curve 18
5 Conclusion 22
References 22

Modellbasierte Gestaltung und Entwicklung von Informationssystemen im Gesundheitswesen: Motivation und Potenziale 25
Martin Burwitz, Werner Esswein
1 Motivation und Herausforderungen 25
2 Model Driven Architecture im Gesundheitswesen 28
3 Zusammenfassung und Ausblick 33
Literaturverzeichnis 34

Towards the Application of TimeML in Clinical Guidelines 37
Reinhardt Wenzina, Katharina Kaiser
1 Introduction 37
2 Motivation 38
3 Background and Related Work 39
4 Problem Description 40
5 Approach 40

5.1 Sentence-Level Perspective: Subordination Links . . . 41
5.2 Document-Level Perspective: The General Approach . . . 41
6 Goals . . . 42
6.1 Goal I: Automatic Identification of Subordination Links . . . 43
6.2 Goal II: Extension of the TimeML Specification Language for the Automatic Generation of CIGs . . . 44
7 Conclusion . . . 45
References . . . 45

Modeling and Simulation of Screening: Methods, Technologies and Applications in the Austrian Setting . . . 49
Günther Zauner, Christoph Urach, Patrick Einzinger, Niki Popper, Irmgard Schiller-Frühwirth, Gottfried Endel
1 Introduction . . . 49
2 Research Question . . . 50
2.1 Definition . . . 50
2.2 Data . . . 51
3 Model structure decision process . . . 51
3.1 Characterization and model types . . . 52
3.2 Model decision process . . . 54
4 Example applications for the Austrian setting . . . 55
4.1 Abdominal Aortic Aneurysms . . . 55
4.2 Cost effectiveness analysis of breast cancer screening in Austria . . . 57
5 Results and Outlook . . . 61
References . . . 62

Anforderungen an arbeitsplatzintegrierte Anwendungen für die Meldung an Krebsregister . . . 65
Udo Altmann
1 Einleitung . . . 65
2 Anforderungen an Krebsregister . . . 66
2.1 Richtigkeit . . . 67
2.2 Vollzähligkeit . . . 67
2.3 Vollständigkeit . . . 68
3 Anforderungen an Arbeitsplatzsysteme . . . 68
4 Beispielszenarien . . . 69
5 Datenmodellierung . . . 70
6 Regeln und Wissensmodellierung . . . 72
7 Zusammenfassung . . . 73
Literaturverzeichnis . . . 74

Kontaktdaten der Autoren . . . 75

Anforderungen an eine Modellierungssprache für das Prozessmanagement im Kontext einer Notaufnahme

Bernhard Volz, Florian Knorr, Tobias Klug

Zusammenfassung

Kliniken in Deutschland stehen bei zunehmendem Wettbewerb vor der Herausforderung, Behandlungsqualität zu steigern und gleichzeitig wirtschaftlich zu arbeiten. Vielerorts wird versucht durch gezieltes Prozessmanagement die Ablauforganisation zu definieren, zu analysieren und so stetig weiter zu optimieren. Die Anforderungen an eine Sprache zur Modellierung von Prozessen im klinischen Umfeld sind nicht mit anderen Feldern vergleichbar. Ausgehend von Erfahrungen in einem Projekt zur Definition der Kernprozesse einer Zentralen Notaufnahme werden wesentliche Kriterien veranschaulicht.

1 Motivation

Krankenhäuser in Deutschland bewegen sich in einem Spannungsfeld aus gestiegenen Anforderungen in Bezug auf Behandlungsqualität, Breite der medizinischen Versorgung und Wirtschaftlichkeit. Vor diesem Hintergrund ist es unumgänglich, sich vermehrt mit dem Management von Patientenströmen, dem Definieren und Auswerten von Abläufen sowie der Optimierung dieser Abläufe zu beschäftigen. Viele Kliniken investieren daher zunehmend in Prozess- und Datenmanagement.

In diesem Beitrag stellen wir erste Ergebnisse einer Prozessanalyse in Zusammenarbeit mit der Zentralen Notaufnahme (ZNA) des Klinikums Bayreuth vor. Im medizinischen Kontext und im Besonderen in einer Notaufnahme besteht der Anspruch an eine Modellierungssprache, neben der bloßen Beschreibung von Prozessen möglichst auch Aspekte des Qualitäts- und Risikomanagements mit abzubilden. Die Behandlungsqualität unterliegt multifaktoriellen Einflussgrößen und ist daher nicht einfach und unmittelbar zu bestimmen. Um im jeweiligen Einzelfall diese Einflussfaktoren zu analysieren, spielt insbesondere die lückenlose Dokumentation der tatsächlichen individuellen Behandungsabläufe eine entscheidende Rolle. Eine weitere Abhängigkeit besteht durch die Interaktion von primär unabhängigen Behandlungsabläufen. Diese Interaktionen spielen sich sowohl auf der Ebene der Handelnden als auch durch die begrenzte Zahl der Ressourcen auf der Ebene der Behandelten ab. So beeinflusst die Auslastung von für Therapien notwendigen Ressourcen andere Behandlungen. Daher wird als erste Steuerungsinstanz bei Eintreffen jedes Patienten im Rahmen des ersten pflegerischen Kontaktes eine Triage durchgeführt. Das gemeinsame Ziel aller Triagesysteme ist, die Behandlungsdringlichkeit einzuschätzen und damit eine maximal zu tolerierende Zeit bis zum ärztlichen Erstkontakt zu definieren. In Bayreuth findet die Triage nach

ESI (Emergency Severity Index) Anwendung, wobei neben der Behandlungsdringlichkeit auch der Ressourcenbedarf abgeschätzt wird. Allerdings ist es denkbar, dass bereits bei Eintreffen weniger, aber schwerwiegender Fälle eine Notaufnahme „überlastet“ ist, da die verfügbaren Ressourcen weitestgehend gebunden sind. Dies kann dazu führen, dass sich die Behandlung von Patienten niedriger Dringlichkeit verzögert und diese die Qualität „ihrer“ Behandlung als schlechter einschätzen. Den größten Einflussfaktor stellt das behandelnde Personal dar. Obwohl in Deutschland durch Aus- und Weiterbildung ein hohes Wissensniveau bei Ärzten sichergestellt ist, hängt eine Behandlung von der Erfahrung eines Arztes ab. Darüber hinaus sind manuelle Fertigkeiten und die interprofessionelle Zusammenarbeit und hier insbesondere die Kommunikation entscheidend für eine hohe Patientensicherheit und Behandlungsqualität (Lackner 2008).

Daher sind a) Ressourcen, b) Personal, c) das Vorhandensein von Informationen (flüchtig oder schriftlich) sowie d) Anknüpfungspunkte zu Qualitäts- und Risikomanagement (z.B. Leitsymptom isoliert, Triagekategorie korrekt, kritische Zeiten eingehalten, Facharzt-Hinzuziehung bei mehr als zwei Differentialdiagnosen) entscheidende Faktoren in der folgenden Diskussion, welche zentral in einem Modell erfasst werden müssen. Wir definieren daher die Anforderungen an eine Sprache zur Modellierung von Abläufen im klinischen Kontext und zeigen exemplarisch auf, wie diese zur Modellierung der Kernprozesse einer Notaufnahme eingesetzt werden kann.

Der Beitrag gliedert sich wie folgt: Abschnitt 2 führt verwandte Arbeiten an, Abschnitt 3 detailliert unser Anwendungsszenario. Abschnitt 4 erläutert unsere Prozessmodellierungsmethode. Während der Prozesserhebung gewonnene Erfahrungen sowie darauf aufbauend die Anforderungen an eine Prozessmodellierungssprache enthält Abschnitt 5. Abschnitt 6 fasst unseren Beitrag zusammen.

2 Verwandte Arbeiten

Mehrere Arbeiten der (Wirtschafts-)Informatik als auch der Medizin befassen sich mit den Themenkomplex „klinisches Prozessmanagement“. So versucht Denis (2012) Prozessmanagement im klinischen Umfeld über eine Verknüpfung zum Qualitätsmanagement und einer Chance zur Steigerung der Qualität Medizinern auf hohem Niveau nahezubringen. Der Vortrag von Geissler (2007) zielt dagegen auf eine konkrete Optimierung in Hinblick auf die Umstrukturierung eines Klinikums ab und propagiert die Bildung von Behandlungszentren, in welchen Mediziner unterschiedlicher Fachrichtungen zusammenarbeiten. Ressourcen (z. B. Betten für Patienten) werden diesem Ansatz nach von allen Beteiligten gemeinsam genutzt. Greiling (2013) propagiert mit dem 4P genannten Ansatz eine „[...] permanente prozessorientierte Planung der Patientenversorgung [...]“, welche sich an Mitarbeitern und Patienten ausrichtet zur Etablierung eines klinischen Prozessmanagements, welches den „[...] Schlüssel zu einer wirtschaftlichen, effektiven und qualitätsgesicherten Patientenversorgung“ darstellen soll.

Die in Reuter und Dadam (2012) diskutierten Guarded Process Spaces stellen ein Konzept dar, welches dem Endanwender erlaubt, eigene klinische Pfade zu modellieren und auszuführen. Unserer Ansicht nach funktioniert das aktive Umschreiben von Prozessen in isolierten Settings, ist jedoch in abteilungsübergreifenden und u.U. externen Organisationen einbeziehenden oder zeitkritischen Szenarien ungeeignet. Zum einen muss ein breites Verständnis für das Gesamtszenario beim Modellierer vorhanden sein und zum anderen fehlt oft die Zeit, einen Prozess aktiv umzugestalten. Unserer Auffassung nach muss eine Umsetzung eines Prozesses in einem System die Anwender nicht strikt an einen definierten Ablauf binden, sondern vielmehr „im Hintergrund" den aktuellen Fortschritt im Prozess mitschreiben, benötigte Informationen bereitstellen und damit agil auf hochgradig zeitkritische Abläufe (Behandlung von Notfallpatienten) einzugehen.

Burwitz et al. (2013b) stellt eine Sprache zur Modellierung von klinischen Pfaden vor, welche die explizite Erfassung von zeitlichen Abhängigkeiten einzelner Schritte sowie Einflussfaktoren für medizinische Entscheidungen erlaubt. Während der Ansatz gut dafür geeignet ist klinische Pfade zu erfassen, fehlen für eine umfassende Modellierung Möglichkeiten zur Definition von Informationen, Qualifikationen des eingesetzten Personals sowie Angaben zur Nutzung im Rahmen einer Risikostratifizierung.

3 Szenario

In Abbildung 1 ist der unserem Szenario zugrunde liegende Top-Level Prozess im Überblick dargestellt. Er beginnt mit der Aufnahme eines Patienten in der Notaufnahme, geht über in die Risikoeinstufung und Fall-Klassifizierung (Triagierung), eine Akutbehandlung und Risikostratifizierung mit Disposition des Patienten bis hin zur Entlassung. Zwischen Disposition (Verlegung auf eine reguläre Station innerhalb des Klinikums) und Entlassung können weitere, beliebige Therapien durchgeführt werden, welche für die folgende Diskussion eine nur untergeordnete Rolle spielen.

Abb. 1: Top-Level Prozess der Behandlung von Notfallpatienten

Obwohl sich der in Abbildung 1 dargestellte Prozess am Patienten orientiert, beginnt dieser in den wenigsten Fällen mit der Einlieferung bzw. mit dem Eintreffen des Patienten in der ZNA. Viele Patienten bedürfen einer Notfallversorgung (z.B. am Unfallort durch Notärzte und Rettungssanitäter), welche zunächst unabhängig vom klinischen Prozess ist, diesen aber gerade in Hinblick auf den Informationsfluss beeinflussen kann (Präklinische Phase). Die Notfallversorgung hat zum Ziel, Patienten soweit zu stabilisieren, dass sie per Rettungswagen oder Rettungshubschrauber

in die Notaufnahme gebracht werden können. Noch während des Transports erfolgt ggfs. eine Voranmeldung des Patienten in der Klinik, welche – abhängig von den übermittelten Daten und Diagnosen – bereits die Bereitstellung von Ressourcen erfordern kann (vergl. Triagierung). So wird beispielsweise medizinisches und mit der Pflege von Patienten betrautes Personal informiert, die Behandlung weniger schwerer Erkrankungen zur Freistellung belegter Ressourcen umdisponiert und/oder benötigte Gerätschaften vorbereitet. So soll sichergestellt werden, dass insbesondere zeitkritische Fälle schnellstmöglich mit den dafür notwendigen Mitteln behandelt werden können. Entscheidend hierbei ist jedoch der Informationsfluss zwischen Rettungsdienst und Krankenhaus. Nur durch Sicherstellung einer lückenlosen Übermittlung aller Prozessrelevanten Informationen kann eine auf den individuellen Einzelfall abgestimmte Reaktion erfolgen. Wird ein Patient nicht per Rettungsdienst in eine Notaufnahme gebracht (z.B. per privatem PKW), erfolgt selten (z.B. durch den Hausarzt) eine Voranmeldung im Krankenhaus. Somit können die initialen Behandlungsabläufe erst nach dem Eintreffen geplant werden.

Während der Behandlung von Notfallpatienten müssen Ärzte auf Basis vorhandener, selbst erhobener aber auch angeforderter Informationen (z.B. Ergebnisse von Blutanalysen) nach Möglichkeit eine Diagnose stellen und über das weitere Vorgehen entscheiden. Es ist daher von großer Bedeutung, wann angeforderte Informationen eintreffen und durch den Arzt in Entscheidungen einbezogen werden können. Generell ist anzunehmen, dass Menge und Güte von Informationen über einen Patienten und dessen Gesundheitszustand die Qualität der klinischen Entscheidungsfindung wesentlich beeinflussen. Die Erfahrung des Arztes und die jeweilige klinische Situation bestimmen die Methode der klinischen Entscheidungsfindung. So können bei gleichen Symptomen durch unterschiedliche Personen unterschiedliche Diagnosen gestellt werden. Entscheidungen nachvollziehbar zu machen stellt vor diesem Hintergrund eine große Herausforderung dar, ist aber durch aktuelle Neuregelungen im Patientenschutzgesetz unverzichtbar. Um eine spätere Auswertung zu ermöglichen, müssen alle während der Prozessausführung anfallenden Informationen möglichst lückenlos und in einer leicht auszuwertenden Form im KIS hinterlegt werden. Klinische Pfade und Standard Operating Procedures (SOPs) sind ein weitverbreitetes Mittel zur Standardisierung aber auch Optimierung von Behandlungen. Sie setzen aber in der Regel eine Diagnose voraus, so dass sich diese häufig erst im Anschluss an die Disposition eines Patienten im Rahmen der fachspezifischen Behandlung (Abbildung 2) realisieren lassen.

Zusammenfassend sind die folgenden Charakteristiken in diesem Szenario von Wichtigkeit: (a) Informationen müssen frühzeitig dem medizinischen Personal in der Notaufnahme zur Verfügung stehen, bei zeitkritischen Fällen möglichst noch vor Eintreffen des Patienten um eine individuell abgestimmte Behandlung zu ermöglichen. (b) Das Wissen über Existenz oder Abwesenheit von Informationen zum Gesundheitszustand eines Patienten beeinflussen dessen Behandlung entscheidend. (c) Entscheidungsprozesse sind hochgradig flexibel und unterliegen intraindividuellen und interindividuellen Einflussfaktoren. Die Reihenfolge einzelner Behandlungsschritte (Reihenfolge und generelle Durchführung) hängt von der individuellen Situation des Patienten und der Erfahrung des Behandelnden ab. Die klinische Erfahrung zeigt, dass Behandlungsfehler weniger aus Mangel an Fachwissen und unzureichenden Fertigkeiten resultieren als vielmehr auf Probleme im

Informationsfluss und Fehlern in der Informationsverarbeitung zurückzuführen sind (St. Pierre Notfallmanagement 2005). Das Ziel unserer Arbeit war es daher die Kernprozesse der Akutbehandlung in der Notaufnahme der zu erfassen und übersichtlich darzustellen. Der Informationsfluss sollte besonders berücksichtigt und ein Ziel im Sinne eines Erkenntnisgewinnes formuliert werden und Abhängigkeiten bei einer dynamischen Prozessabfolge erkennbar werden, um eine Basis für eine spätere Prozess- und Datenintegration in ein Krankenhausinformationssystem zu bilden.

Die Prozesse können dann in einem weiteren, nicht in diesem Artikel vorgestellten Schritt, zur Bestimmung und Auswertung individueller Abläufe, zur Einschätzung der Behandlungsqualität, sowie zur Ableitung von Anforderungen an KIS verwendet werden.

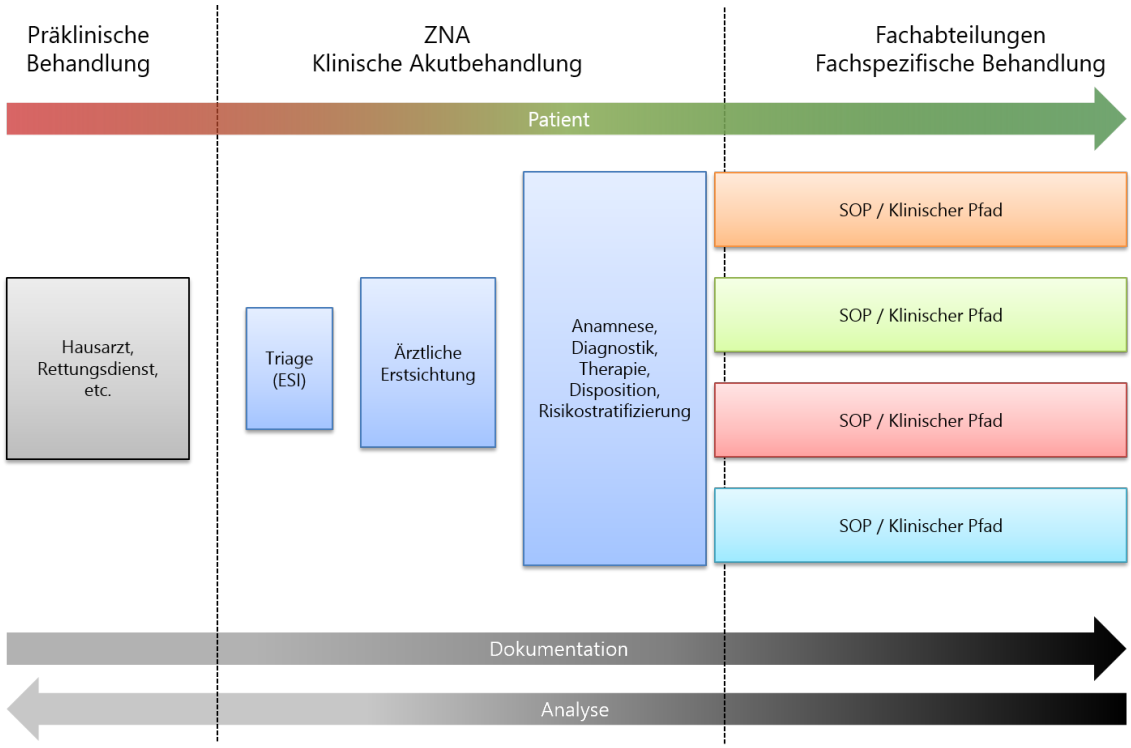


Abb. 2: Übersicht Prozessmanagement in einer Notaufnahme als Erweiterung der drei Phasen der Notfallversorgung (siehe Sobotta et al. 2007, S. 809)

4 Perspektiven-orientierte Prozessmodellierung

Aufgrund des in Abschnitt 3 vorgestellten Szenarios, sind die folgenden Anforderungen an eine Methode zur Modellierung der Kernprozesse der ZNA zu stellen: (1) Alle für eine Bewertung der Prozesse notwendigen Informationen müssen strukturiert und frei von Redundanzen erfasst

werden. (2) Informationen sind auf Ebene des Metamodells voneinander zu trennen, um im Rahmen einer späteren Auswertung gezielt auf benötigte Informationen zugreifen zu können.

Wir haben uns daher für die Perspektiven bzw. Aspektorientierte Prozessmodellierung (POPM) nach Jablonski und Bussler (1996) entschieden. Diese erlaubt, die Kernprozesse der ZNA auf Basis fünf voneinander unabhängige Perspektiven zu definieren. Inhalt der Funktionalen Perspektive sind die Aktivitäten (inklusive eventueller Hierarchien) des Prozesses. Die Kontrollfluss bzw. Verhaltensorientierte Perspektive beschreibt eine zeitliche Abfolge von Aktivitäten, während die Organisationsbezogene Perspektive Verantwortlichkeiten z.B. in Form von Rollen definiert. Benötigte Informationen, sowie Produzent und Konsument von Informationen werden im Rahmen der Datenperspektive erfasst. Als fünfte Perspektive enthält die Operationale Perspektive alle für die Durchführung einer Aktivität benötigten Ressourcen. Das zugrunde liegende Metamodell ist u.a. in Volz (2011) erläutert und soll an dieser Stelle nicht weiter ausgeführt werden.

Der Vorteil von POPM liegt zum einen in der Orthogonalität der Perspektiven. Jede Perspektive enthält Informationen zu genau einem Aspekt, Überschneidungen oder Redundanzen entfallen. Zum anderen können weitere Perspektiven hinzugefügt werden. So haben wir Perspektiven definiert, welche die medizinischen Ziele sowie Risiken eines Prozesses beschreiben. Eine andere kennzeichnet den Zeitpunkt des Eintreffens eines Patienten im Prozess. Die Aufteilung in zueinander orthogonale Perspektiven strukturiert zudem die Erhebung des Prozesses im Rahmen von Interviews. So werden zunächst alle Aktivitäten eines Prozesses (Funktionale Perspektive) erhoben. Diese werden dann im Anschluss zeitlich in eine Abfolge gebracht (Kontrollfluss bzw. Verhaltensorientierte Perspektive). Danach kann, abhängig vom verfolgten Ziel der Modellierung, die Erhebung der restlichen Perspektiven durchgeführt und der Prozess sukzessive ergänzt werden.

Entsprechend den Anforderungen kann im Rahmen der Durchführung von POPM die verwendete Modellierungssprache angepasst werden. Die Adaption und auch die vorangestellte Ermittlung der Anforderungen an die Sprache ist Teil der Methode POPM.

5 Anforderungen an eine Modellierungssprache

Bei der Erhebung der Kernprozesse ist bereits zu Beginn klar gewesen, dass die Abfolge von Aktivitäten nicht immer konsistent sein kann. Zum einen hängt die Durchführung einzelner Aktivitäten von dem Erkrankungsbild des Patienten und der Erfahrung eines Arztes ab, zum anderen kann die beschränkte Kapazität von Ressourcen ein Umdisponieren in der Reihenfolge der Prozessschritte bedingen.

Abbildung 3 zeigt exemplarisch die Behandlungsphase der modellierten Kernprozesse. In dieser erfolgt zunächst eine Erstsichtung des Patienten. Hierauf müssen sich die Phasen Medizinische Aufnahme, Diagnostik, Therapie und Überwachung anschließen. Welche Sub-Aktivitäten und in welcher Reihenfolge diese ausgeführt werden, entscheidet jeder Arzt individuell. Anstatt diese Variabilität durch einzelne Pfade im Prozess zu kennzeichnen, haben wir in Hinblick auf die

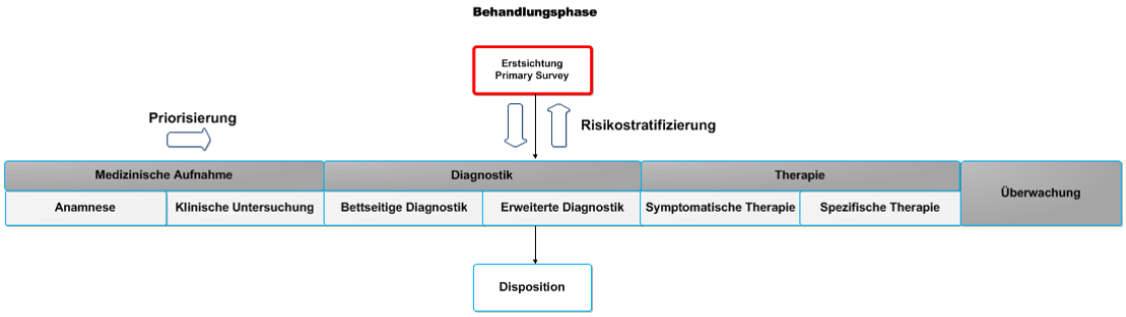


Abb. 3: Variabilität in der Abfolge einzelner Aktivitäten

Verwendung der Grafiken u.a. zur Schulung des klinischen Personals eine modifizierte Darstellung gewählt. So sind verpflichtend durchzuführende Phasen grau, optional und in beliebiger Reihenfolge auszuführende Phasen weiß hinterlegt. Die explizite Darstellung aller Kombinationsmöglichkeiten hingegen würde den Prozess unleserlich gestalten. Dies gilt insbesondere dann, wenn auch die Variabilität im Ablauf auf höherer Ebene mit einbezogen wird. Abbildung 4 verdeutlicht dies anhand beispielhafter Abläufe für vier unterschiedliche Leitsymptome. So kann bei Vorliegen von Erkältungssymptomen (Fall 1 in Abbildung 4) zunächst eine administrative Aufnahme (Aufnahme von Patientendaten wie Name, Angaben zur Versicherung, etc.) erfolgen, bevor im Rahmen der Triage eine Kategorisierung des Patienten erfolgt. Im Fall des Patienten mit Thorax-Schmerzen (Fall 3 in Abbildung 4) kann die administrative Aufnahme verzögert erfolgen, da zunächst sichergestellt werden muss, dass sich der Gesundheitszustand des Patienten nicht weiter verschlechtert.

Bei der Wahl einer Modellierungssprache ist daher darauf zu achten, dass diese zwischen erforderlichen sowie frei gestaltbaren Abfolgen zu unterscheiden erlaubt, um Ärzte in ihrer Entscheidungsfreiheit nicht einzuschränken. Dies stellt u.a. einen wichtigen Faktor für die Akzeptanz der gesamten Methode dar. Die explizite Darstellung aller möglichen Abfolgen, abhängig von einzelnen Leitsymptomen, würde die Komplexität der modellierten Prozesse extrem steigern und die Lesbarkeit stark verringern. Da Prozesse auch immer Teil eines umfassenden Qualitätsmanagements sein können, sind einfache und damit besser verständliche Strukturen empfehlenswert.

Ein weiterer, wichtiger Faktor ist die Verknüpfung der Kernprozesse mit benötigten Informationen. Obwohl Ärzten prinzipiell mehr Wissen über den jeweiligen Patienten in ihren Entscheidungen hilft, darf die Abwesenheit einzelner Daten den Prozessfortschritt in der Behandlung eines Patienten nicht verzögern oder gar verhindern. Für die Modellierung bedeutet dies, dass Informationen zwei Kategorien zugeordnet werden können – notwendig bzw. optional. Obwohl die Kategorie „notwendig“ konkrete Instanzen für den Fall zu blockieren suggeriert, in dem die so markierte Information nicht präsent ist, muss im Rahmen einer Umsetzung des entsprechenden Prozesses die Ausführbarkeit auch ohne „notwendige“ Informationen gewährleistet sein. Infor-

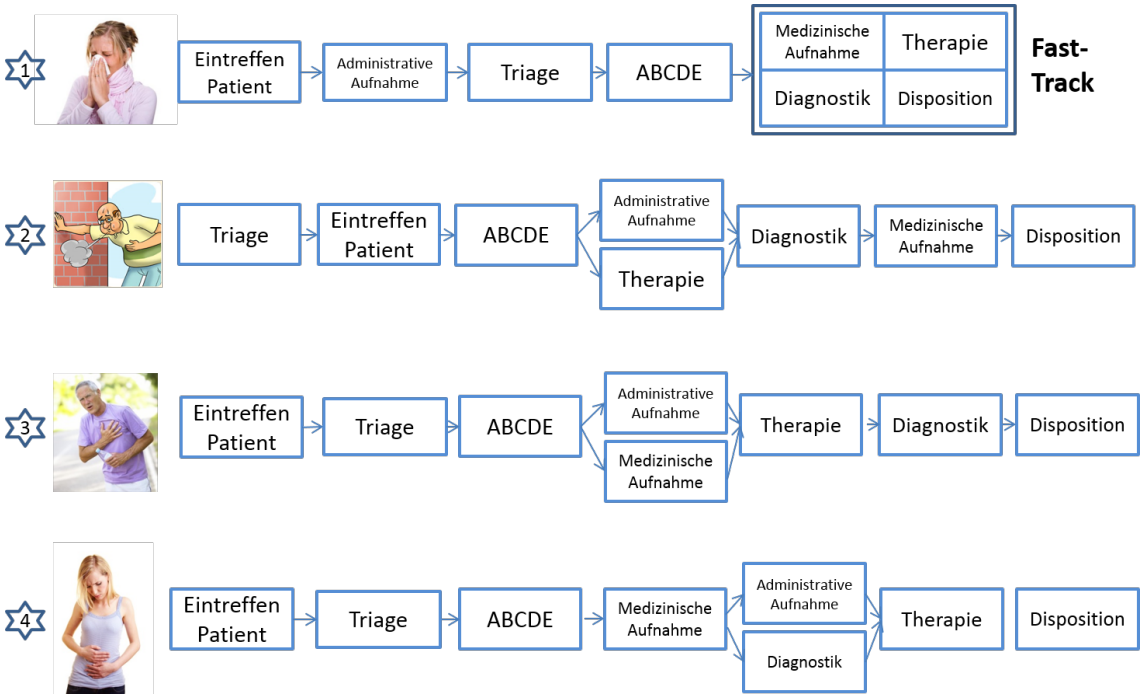


Abb. 4: Exemplarische Instanzen für vier unterschiedliche Leitsymptome

mationen wurden, analog zu den Aktivitäten und ihrer Standard-Reihenfolge, mittels Interviews mit Vertretern aller an den Prozessen beteiligten Organisationseinheiten erhoben. Im Anschluss daran wurden die Informationen mit den Aktivitäten der Funktionalen Perspektive verknüpft, um Produzent und Konsumenten einer Information zu kennzeichnen. Hierbei haben wir Wert darauf gelegt, dass von den Interviewpartnern die oben angeführte Kategorisierung von Information angewandt wurde. Dies erleichtert später die Gestaltung jeglicher Dokumentationsform (z.B. Formulardesign).

Neben der Existenz von Information ist auch deren Herkunft relevant. Welche Aktivitäten erzeugen während ihrer Ausführung die angesprochenen Informationen und in welchen Systemen werden diese hinterlegt? Obwohl Daten- und Operationale Perspektive (letztere beschreibt beispielsweise die verwendeten IT-Systeme) nominell im POPM-Modell unabhängig und orthogonal zueinander sind, stellt die Frage nach dem Speicherort eine Verknüpfung zwischen den Perspektiven her. Es hat sich gezeigt, dass eine Vielzahl unterschiedlichster Dokumentationssysteme zum Einsatz kommt. So existieren unterschiedliche Datenbanken und Papiergestützte Formulare als Informationsträger und -speicher. Aufgrund der Vielzahl heterogener Systeme ist eine umfassende Erhebung von IT-Landschaft, flüchtigen und nicht-flüchtigen Informationen sowie deren Beziehungen untereinander unerlässlich. Das größte Problem stellt hierbei nicht unbedingt alleine die Vielzahl der Systeme dar, sondern auch das erforderliche Identitätsmanagement. So muss Mitarbeitern nicht nur bekannt sein, in welchem System für ihre Tätigkeit relevante Informationen

abgelegt sind, sondern sie müssen zudem für den Zugriff notwendige Berechtigungen besitzen. Bei der Modellierung ist daher darauf zu achten, dass die gewählte Sprache Daten mit IS in Beziehung zu setzen erlaubt. Nur dann werden eine spätere Analyse der IT-Landschaft und eine darauf aufbauende Optimierung sinnvoll unterstützt.

Zusammenfassend werden somit die folgenden Anforderungen an eine Modellierungssprache (und damit aber auch indirekt an das entsprechende Modellierungswerkzeug) gestellt:[1] (a) Klare Trennung der einzelnen Perspektiven in der Prozessdefinition. Dies hilft Redundanzen zu vermeiden, Querbeziehungen zwischen den einzelnen Perspektiven müssen möglich sein. (b) Die Liste der Perspektiven ist prinzipiell nicht eingeschränkt. Welche Perspektiven benötigt werden, hängt stark vom jeweiligen Anwendungsfall und dem Ziel der Prozessmodellierung ab. Entsprechend muss eine Modellierungssprache grundsätzlich über die Möglichkeit zur Erweiterung bzw. Anpassung verfügen. Sie sollte zudem einprägsam und leicht zu erlernen sein, ihre Verwendung effektiv und effizient (Schalles et al. 2010). (c) Unterschiedliche Perspektiven erfordern für die Durchführung von Prozessanalysen unterschiedliche Darstellungsformen. Diagramme, welche nur die zeitliche Reihenfolge einzelner Aktivitäten und/oder einzelne Kommunikationsvorgänge thematisieren, müssen um weitere Visualisierungsformen (z.B. Matrizen zur Kommunikation von Produzenten-Konsumenten Relationen für Informationen) ergänzt werden. Eine weitere Darstellung zur Vereinfachung einer Prozessanalyse ist die Abbildung von Daten auf IS sowie deren Bildschirmmasken. (d) Die Komplexität eines KIS macht es notwendig zu erheben, in welchen Modulen eines solchen Systems benötigte Informationen abgelegt werden können, da diese u.U. separat lizenziert werden müssen. (e) Komplexes Konzept zur Definition von Organisationen innerhalb eines Prozesses. Die Angabe von Rollen und/oder Einzelpersonen ist zu unflexibel, um Konzepte wie „Erfahrung“ oder weitere Schulungen (z.B. zu neuartigen Therapien) abzubilden. (f) Möglichkeit zur Einführung neuer Konstrukte zur Abdeckung der speziellen Anforderungen der klinischen Domäne an die Modellierung von Prozessen (z.B. Variabilität in der Abfolge). So sind beispielsweise medizinische Entscheidungsprozesse hochgradig komplex und lassen sich nicht auf eine Standard-Prozedur verallgemeinern, ohne dass Mediziner dies als Unzulänglichkeit der verwendeten Modellierungsmethode empfinden würden. Die explizite Darstellung aller Möglichkeiten führt zur Überfrachtung von Modellen. Ein erster Ansatz zur Lösung dieses Problems ist in Meiler (2005) beschrieben und basiert auf einem neuen Konstrukt zur Darstellung medizinischer Entscheidungen. Dieses unterstützt Ärzte in ihrer Entscheidungsfindung durch die Bereitstellung einer Checkliste mit wichtigen Kriterien, schreibt aber deren Gewichtung bzw. Verrechnung zu einem konkreten Ergebnis nicht zwingend vor.

[1] Nicht alle der nachfolgenden Anforderungen sind (aus Platzgründen) im Text erschöpfend erläutert.

6 Zusammenfassung und Ausblick

Dieser Beitrag leitet anhand eines realen Szenarios Anforderungen an eine Modellierungssprache zur Definition von Prozessen im klinischen Kontext ab. Die Erfüllung dieser Anforderungen ist unserer Ansicht nach entscheidend für die Akzeptanz der Methode „Prozessmanagement“ in diesem Umfeld, da sie die realitätsnahe Definition von Prozessen erlauben. Der Fokus unserer Arbeit richtet sich hierbei nicht auf die (semi-) automatische Ausführung von Workflows. Vielmehr sollen derart modellierte Prozesse der Analyse und kontinuierlichen Verbesserung der Qualität klinischer Abläufe dienen. So ist denkbar, eine weitere Perspektive zur Definition von Maßnahmen zur Verbesserung der Patientensicherheit mit aufzunehmen. Aber auch Personaleinsatzplanung und Personalbedarfsplanung sowie Schulung neuen Personals sind weitere Anwendungsfälle.

In einem weiteren Schritt planen wir, die modellierten Prozesse in Form einer Daten- und Prozessintegration elektronisch abzubilden. Hierbei steht im Vordergrund, die Unterstützung des medizinischen Personals durch die Bereitstellung möglichst aller verfügbaren Informationen zu verbessern. Dies erfordert die Umsetzung der gesamten Prozesskette in einem KIS. Hierdurch würde die Analyse der Entscheidungsfindung unterstützt. Schließlich findet mit wachsender Erfahrung des Arztes gerade in der Notfallmedzinin ein Wandel von einer hypothetikodeduktiven zur Musterbasierten Entscheidungsfindung statt. Im Rahmen der letzteren könnte die Entscheidungsfindung durch Bereitstellen vergangener aber mit dem aktuellen Fall verwandter Informationen durch IT-Systeme verbessert werden. Aktuell sind die in Abschnitt 5 angeführten Anforderungen noch nicht im Rahmen eines Modellierungswerkzeugs umgesetzt. Stattdessen kommen Visio-Schablonen für die Modellierung zum Einsatz.

Literaturverzeichnis

Burwitz M., Schlieter H., Esswein W. (2013b) Modeling Clinical Pathways - Design and Application of a Domain-Specific Modeling Language. In: Wirtschaftsinformatik Proceedings 2013 http://aisel.aisnet.org/wi2013/83

Denis J. (2012) Geschäftsprozessmanagement im Rettungsdienst: Ein prozessorientierter Ansatz zur Qualitätssteigerung. In: Rettungsdienst 35(5), S. 432–439 ISSN: 0174-075x

Geissler C. (2007) Prozessmanagement im Krankenhaus: Prozessoptimierung durch Einführung horizontaler Hierarchien. http://www.klinikum-muenchen.de/fileadmin/01-Unternehmen/03-Qualitaet/Forum-2007/15_Q_Forum_Prozesse_Geissler_2007.pdf

Greiling M. (2013) Permanente prozessorientierte Planung der Patientenversorgung. In: Bouncken R. B., Pfannstiel M. A., Reuschl A. J. (Hrsg.) Dienstleistungsmanagement im Krankenhaus I. Springer Fachmedien Wiesbaden, Wiesbaden, S. 117–129 ISBN: 978-3-658-00872-7 DOI: 10.1007/

978-3-658-00873-4_6

Jablonski S., Bussler C. (1996) Workflow Management: Modeling, Concepts, Architecture and Implementation. International Thomson Computer Press, London und Boston ISBN: 9781850322221

Lackner C. (2008) ZNA-Risk-Management - Fehler machen, aus Fehlern lernen. http://www.bag-zna.de/pdf/referate/symposium_5/Lackner.pdf

Meiler C. (2005) Modellierung, Planung und Ausführung Klinischer Pfade: Eine integrierte modellbasierte Betrachtung evidenzbasierter, organisatorischer und betriebswirtschaftlicher Gesichtspunkte. Ibidem-Verlag, Stuttgart ISBN: 9783898215183

Reuter C., Dadam P. (2012) Navigieren statt modellieren. In: Informatik-Spektrum 36(4), S. 359–370 ISSN: 0170-6012 DOI: 10.1007/s00287-012-0651-2

Schalles C., Rebstock M., Creagh J. (2010) Ein generischer Ansatz zur Messung der Benutzerfreundlichkeit von Modellierungssprachen. In: Engels G., Karagiannis D., Mayr H. C. (Hrsg.) Modellierung 2010. GI-Edition - Lecture Notes in Informatics Bd. P-161. Bonner Köllen Verlag, Bonn, S. 15–30 ISBN: 978-3-88579-255-0 http://subs.emis.de/LNI/Proceedings/Proceedings161/15.pdf

Volz B. W. (2011) Werkzeugunterstützung für methodenneutrale Metamodellierung. Diss., Universität Bayreuth, Bayreuth

Experience from collaborative modeling of clinical pathways

Kathrin Kirchner, Christina Malessa, Hubert Scheuerlein, Utz Settmacher

Abstract

A clinical pathway is a structured interdisciplinary treatment plan which describes in detail the individual treatment steps for a certain disease in a hospital. Process modeling requires medical personnel to discuss, refine, and enhance treatment processes in a guided, common, and well documented way. Two types of stakeholders are involved in the modeling of pathways: the medical personnel as domain experts and process analysts as IT experts. While process analysts have little knowledge of the medical domain, medical personnel usually have limited experience with modeling languages. In our department, we gained experience with collaboratively modeling clinical pathways using the modeling approaches t.BPM and BPMN. In this paper, we discuss our experience with this collaborative modeling of clinical pathways and address advantages as well as drawbacks.

1 Introduction

Clinical pathways are one way of improving the quality of patient care through efficient use of resources and defining clear responsibilities (Ronellenfitsch et al. 2009). A clinical pathway is defined as a structured, multidisciplinary care plan which defines the steps of patient care for a certain disease in a specific hospital (Rotter et al. 2010).

Compared to typical processes in industry, clinical pathways may be prolonged (e.g., in case of complex diseases with prolonged treatments) and are, therefore, complex with numerous tasks and decision points in several departments of the hospital. Furthermore, processes are more flexible as the treatment process varies for each individual patient. Additional therapies might be necessary and the sequence of treatment steps might change. New laws, regulations or new medical knowledge may lead to changes in treatment and, thus, an adaption of the modeled process may be necessary.

Due to the particularities of clinical pathways, a close collaboration of involved stakeholders during the modeling phase is required. One stakeholder group is the medical personnel who are involved in the treatment process. They belong to different departments and have in-depth domain knowledge. Usually, they have little experience with modeling processes or formal process notations. The other stakeholder group consists of IT experts who have modeling experience but usually limited knowledge in the medical experts' domain. For their work, they need a formal

description of the process in a notation, such as the standard modeling language BPMN (OMG 2010).

Collaborative modeling involves different stakeholders in the model creation. This involvement may range from mere feedback by the domain experts to group modeling sessions where all stakeholders meet to contribute (Rittgen 2009). In this paper, we report about our collaborative modeling approach for clinical pathways in our department. We describe the experience with collaborative modeling resulting in a formal BPMN model. We address advantages but also drawbacks of our approach.

The paper is structured as follows: Section 2 provides the background for our paper. In section 3, we describe the collaborative modeling approach that we applied for our clinical pathways. Section 4 discusses the lessons learned. Our paper is summarized in section 5.

2 Background

2.1 Process Modeling Languages

Among modeling languages for processes, graph-based and block-structured languages are distinguished (Kopp et al. 2009). Graph-based languages direct control flows by edges between nodes. Only few restrictions for such languages exist because edges can connect any types of nodes. Block-structured languages define the control flow by nesting of control flow primitives.

BPMN as a graph-based language was developed in 2002 with the aim to provide a notation understandable for all people involved in any given business process. It became the standard graphical notation used both for everyday business as well as for technical representation of processes. Both forms of representation differ mainly in the degree of presentation detail. For the everyday business view, the model is reduced aiming toward the understanding of basic business procedures. As for the use of BPMN symbols in practical process modeling, Recker (2010) found that only a small number of elements are frequently used. These symbols are suitable for modeling a simple process on the everyday business level.

There are two major aspects during process modeling. On one hand it may be difficult for business analysts to get a valuable feedback for the models from domain experts. On the other hand, domain experts may have problems to express their knowledge in process modeling sessions. Several approaches try to answer these aspects. For example, Fernandez et al. (2010) propose SBPMN (simplified BPMN) so that business users will be able to define their processes in a first step of analysis by themselves. Kirchner and Nešković (2012) propose the block-structured participative card game CUTA4BPM for collaborative modeling of expert-driven processes.

Edelman et al. (2009) developed tangible Business Process Modeling (t.BPM). Based on BPMN notation, it uses tangible media in the form of plastic tiles symbolizing tasks, events, gateways and documents that can be written on with a pen. The tiles can be arranged on a table where they can

be connected with lines in between. t.BPM enables domain experts to participate in the modeling process. They discuss the process with the process analyst, write on the t.BPM tiles and arrange or rearrange them on the table.

2.2 Modeling Clinical Pathways

Clinical pathways can support the treatment of patients on several levels. They yield the treatment process more transparent for medical personnel and patients. Furthermore, a clinical pathway may lead to shorter hospital stay, redundant diagnostics is avoided and cost can be saved (Kirchner et al. 2012).

Pathways can be designed in the form of a simple text document, as a paper checklist, as a flow diagram or they may be incorporated in an existing IT system (Uerlich et al. 2009). A survey of German healthcare insurance companies showed that most processes are described in the form of task instructions or simple flowcharts (KPMG 2009).

Several graphical languages were developed for the modeling of clinical pathways (Sarshar and Loos 2004) Clinical algorithm as a language relies on flow diagrams and is used in the medical domain since the 1960s (Tuddenham 1968). Another language is Guide. It is also flow-diagram based and provides additional symbols for the medical domain (Quaglini et al. 2001). To date, BPMN is rarely used for modeling clinical pathways (e.g., in Rojo et al. 2012).

2.3 Stakeholder Involvement in Modeling

The goal of modeling is to reach a state were all involved stakeholders agree about a common understanding. In the modeling process, the stakeholders contribute their individual different expertise. Thus, language is the common ground for communication (Frederiks and Weide 2006). Therefore, the quality of the outcome of modeling processes depends on how well individual circumstances may be transformed into general processes. The resulting process models should fulfill two types of quality: verification (internal quality) and validity (external quality) (Hoppenbrouwers et al. 2005).

The domain expert and the process analyst are the two main stakeholders in the modeling process. While the domain experts have excellent knowledge of the domain (and the process they are carrying out), they may have little abilities to abstract from that domain knowledge; it is the other way round for the process analyst. The domain expert can validate models to make sure that they map the real process, while the process analyst can make sure that a verifiable correct formal model was created (Hoppenbrouwers et al. 2005).

In the informal world of domain experts, a business process is usually described in natural language, while the process analyst needs a model expressed in a formal language (Fig. 1). During

the modeling process, domain experts and process analysts communicate, and the results are recorded in a dialog document. For this dialog, Hoppenbrouwers et al. (2005) propose the use of a so called controlled language as an intermediate between natural and formal language, e.g., based on a limited number of keywords.

To check the quality of the model, the semantic and syntactical correctness of the model has to be checked (falsification principle) from a formal point of view (Fig. 1). From an informal point of view, the model should be checked as to whether everything was included.

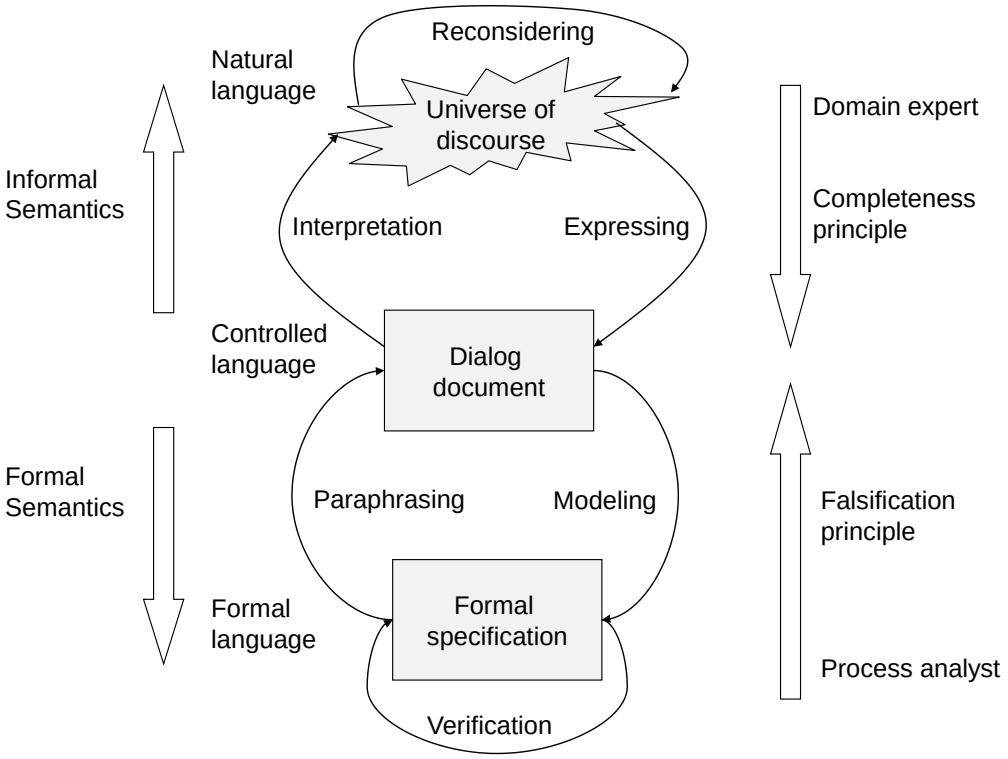


Fig. 1: Classic view on conceptual modeling process adapted from Hoppenbrouwers et al. (2005, p.133)

Rittgen (2009) discusses modeling problems analyzing interviews with IT consultants. Among the problems are a low model acceptance, the identification of individual views, that domain experts feel misunderstood, there may be limited model comprehension and the low model quality. These problems may be addressed by the involvement of the domain experts in the model building, as well as training of domain experts and constant support by the process analysts (Dean et al. 2000). To achieve a high quality model, communication between all stakeholders is vital.

User involvement is an accepted principle in system development. It describes the contact with users that can take active roles, can be involved as information providers, commentators or observers. Different approaches can be distinguished, e.g., user-centered design (Kujala 2003),

participatory design (Schuler and Namioka 1993) or cooperative design (Bødker et al. 1995). Cooperative design strengthens workplace democracy by involving domain experts in every step of the design process.

3 Collaborative Modeling Approach

To address the problems identified by Rittgen (2009), we developed a cooperative approach to model clinical pathways including domain experts as well as process analysts. Our approach consists of three phases (Fig. 2). To describe the clinical pathway we relied on t.BPM for cooperative modeling sessions and BPMN 2.0 as a standard process modeling language. We selected t.BPM because it allows the direct involvement of all stakeholders as well as a straightforward mapping to a formalized BPMN model.

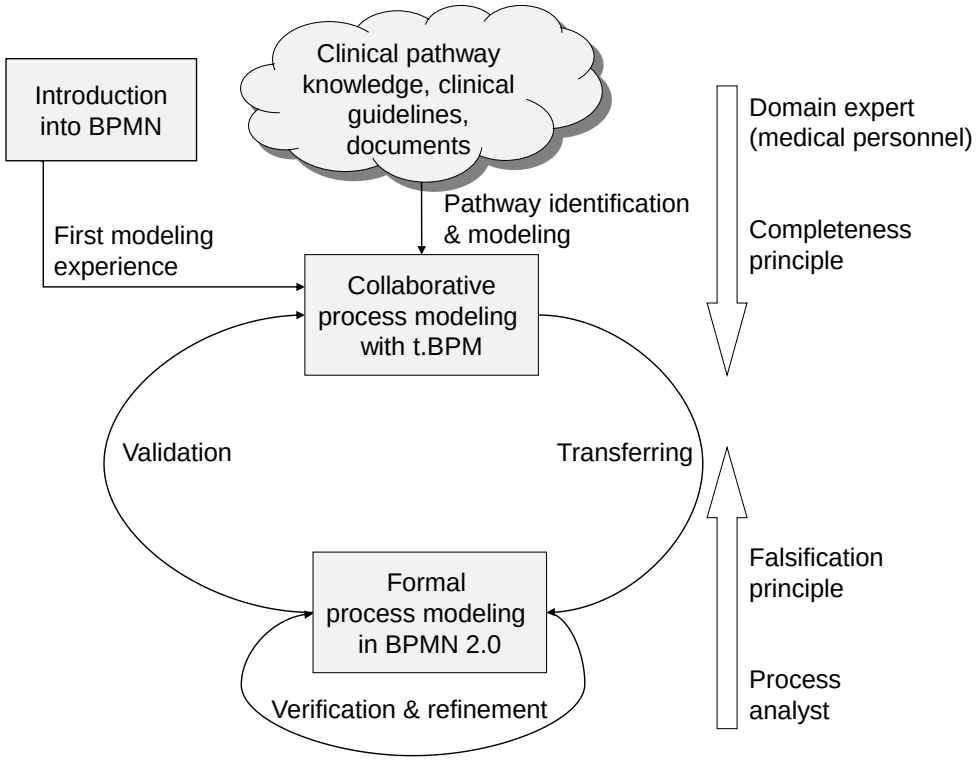


Fig. 2: Collaborative Modeling Approach

Introduction to BPMN: For the modeling processes, an interdisciplinary team has to be created that consists of domain experts who are involved in carrying out the respective process, as well as of at least one process analyst. The domain experts might be medical personnel, but also people from

administration, controlling and the IT department. They can be involved to cover different aspects of a clinical pathway. In order to enhance the comprehension and quality of the pathway model, an appropriate training of medical personnel is necessary. The domain experts need to understand the basic concepts of process modeling, e.g., the basic elements of the modeling language BPMN 2.0. This can be achieved in a warm-up exercise by modeling an ordinary daily process that everybody is familiar with, e.g., the process of getting ready for work in the morning (Kirchner et al. 2013a).

Collaborative process modeling with t.BPM: The treatment processes are imaged as clinical pathways and are modeled by the mentioned interdisciplinary teams using best practice from clinical guidelines (Grimshaw and Russell 1993), existing instructions regarding patients' treatment and the knowledge and experience of the domain experts to adjust the guidelines to the hospital's individual circumstances. t.BPM is used to support the collaborative modeling sessions. It allows the medical personnel to define and refine the pathway models as appropriate. Questions of the process analyst clarify the process and it can thus be imaged in a correct way. For the modeling, a top-down-approach is used. First, the main process is designed which can later be refined in several subprocesses.

The t.BPM model needs to be reviewed by the process analyst, adjusted as appropriate and transferred into an electronically available BPMN model. The similarity between t.BPM and BPMN makes this an easy step.

Formal process modeling in BPMN 2.0: Transformation into BPMN creates a formal process model. This model may then be verified and refined using the more advanced modeling options of BPMN 2.0.

It should then be discussed with the domain experts to see whether the treatment process is really performed in this way and there are no missing steps. Corrections can be made directly in the BPMN model.

4 Learning Curve

We report about our experience with collaborative modeling of clinical pathways in our department. We selected rather complex pathways that include several subprocesses with quite a number of tasks carried out in different departments of the hospital. We chose liver transplantation (Kirchner et al. 2013b), the process of living donor for liver transplantation, liver cell cancer treatment as therapy for bridging to transplantation and the process of colorectal carcinoma treatment (Scheuerlein et al. 2012). These processes usually run over a long period (several years), and patients have to enter the hospital several times. Using our collaborative modeling approach, the clinical pathways were modeled in close cooperation of medical personnel and process analysts (Fig. 3).

The main goal was to define a model including the sequence of treatment steps, involved people, and documents. For including risks and cost of steps as well as data from hospital information

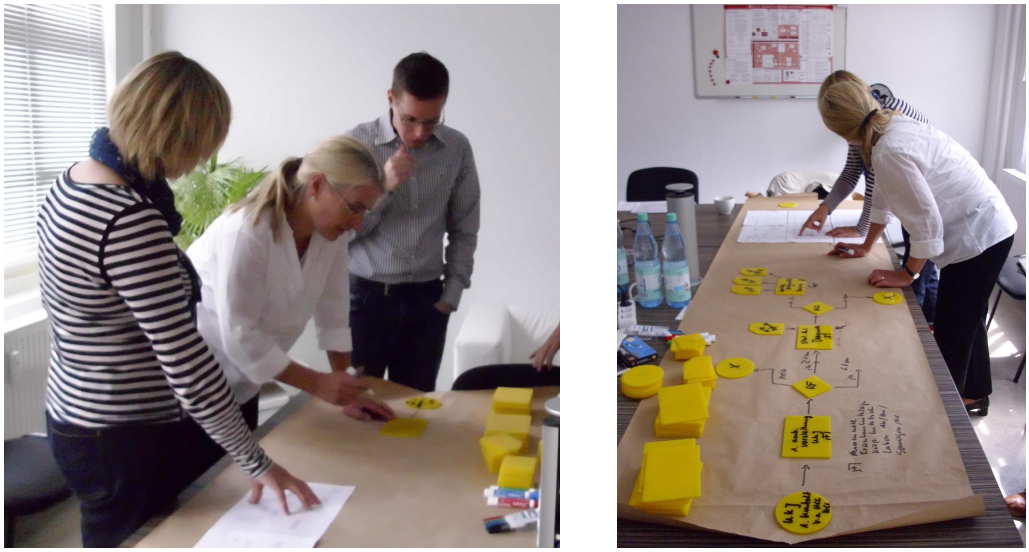


Fig. 3: Collaborative modeling of clinical pathways with t.BPM

systems into the clinical pathway, controlling and IT personnel was involved in a later step. After each modeling session, the benefits and drawbacks of our collaborative modeling approach as well as the quality and understandability of the modeling results were discussed in the team. The following main points were identified as being useful for further modeling sessions:

Short introduction to BPMN is beneficial. An introduction to BPMN familiarizes medical experts who may have little previous modeling experience with the notation. The introduction should not take too long, because medical experts do not want to become professionals in process modeling and do not have much time for the training. But this introduction allows for direct involvement into the modeling session at a later stage. The domain experts get an insight into the nature of processes and perceive their own work as a process. Although the first step of learning the BPMN basics may be considered as an extra, time-consuming activity, this effort pays off in further modeling sessions.

Collaborative modeling supports cooperation. Medical personnel discussed the clinical pathway with respect to its content and arrangement. Process analysts were welcomed to ask questions with respect to process steps and provided support for the pathway modeling in terms of technical implementation. The pathway model was arranged on the table and, thus, the sequence of steps could be refined as appropriate. Thereby, the understanding of the process as such was supported for all involved stakeholders. Creativity was enhanced by hands-on experience with t.BPM. The plastic tiles were blank, they were easily used in a creative way by labeling, arranging and rearranging them on the table. This facilitated intensive discussion between all stakeholders.

Structuring of clinical pathway is a challenging task. We used a top-down approach to define the clinical pathway. First, an overall process was modeled with only the main steps. Later, these

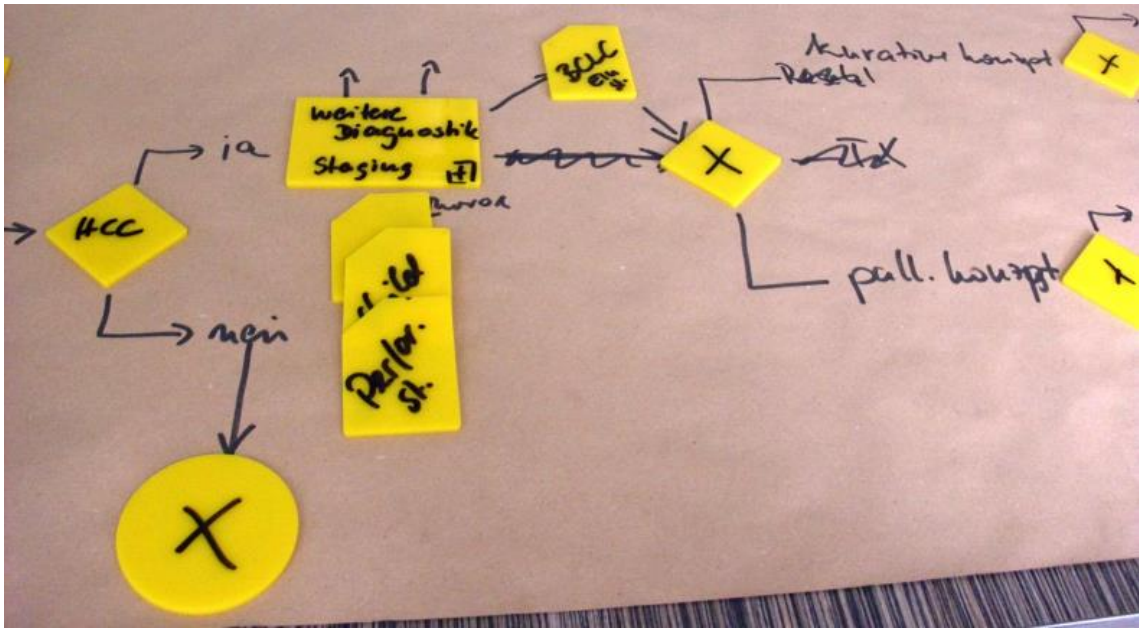
steps were refined in further subprocesses. As the participating medical doctors provide patient care only at individual steps of the clinical pathway, it was challenging to model the overall process in the first instance and not to get lost in detail. Once the overall process was modeled, it was easier to go into the details of each step. It was paramount that medical experts performing every individual aspect of the treatment plan where involved in the process modeling to find a common understanding about the process as a whole. The structuring of the pathway in a process diagram is an important step for quality management and for the comparison of the process with other processes in the same hospital or the same treatment procedures in other hospitals.

Comprehension of BPMN model is improved. After modeling the overall process using t.BPM, the process was then imaged in software using BPMN 2.0. Because the medical personnel were already familiar with the main symbols and were strongly involved in modeling clinical pathways, they were able to better understand the BPMN models and give a feedback to the process analyst. The software modeling was strongly guided by the process modeling expert. Errors in the t.BPM model were corrected. Questions by the process analyst prompted further refinement of the process. E.g., the process analyst asked whether individual steps can be simplified or streamlined.

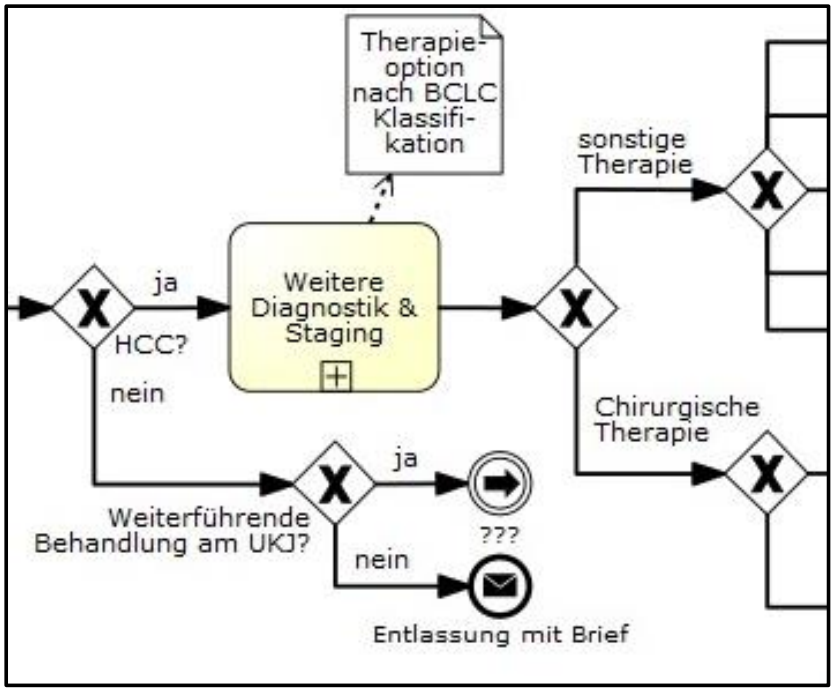
Still, there were some difficulties for domain experts to fully understand the BPMN model. The parallel gateway symbol was initially not so clear, because it looks similar to the XOR gateway symbol (both using a cross). Furthermore, it was initially difficult to understand that splits (e.g. in case of XOR) have to be joined later again by using the same symbol, so the same symbol means splitting and joining respectively.

Correct use of BPMN is difficult to achieve. Although an introduction to BPMN symbols was given, there was not enough time to gain sufficient modeling experience. Thus, events and gateways were not always used correctly. For example, the event plastic tile is blank, and a symbol can be added with a pen. As can be seen in Fig. 4a, instead of using the end event tile with no symbol, an event tile with a cross was used as it was intuitively perceived as to be symbolizing the dropout of the patient from the pathway.

Furthermore, it was unclear how t.BPM document tiles can be involved in the process model. In the situation in Fig. 4a, a record was generated as a result of a certain step that should be the basis of the decision in the gateway. As the situation is modeled now, it is incorrect. The task tile and the gateway tile are not connected, but the document tile is directly connected with the gateway tile. The graph-based nature of t.BPM allows the connection of different symbols by lines, although this leads to an incorrect process model. Therefore, the process analyst has to intervene and to correct the modeled pathway to achieve a formally correct BPMN model later (Fig. 4b). Using a block-structured modeling language could prevent these modeling errors (Kopp et al. 2009).



(a) First t.BPM model



(b) Refined and corrected model in BPMN

Fig. 4: Modeling results for a clinical pathway

5 Conclusion

In our paper, we presented a modeling approach for clinical pathways that involves medical personnel and process analysts in a collaborative way. The inclusion of domain experts enabled an efficient process modeling, and consensus about the pathway design was reached. This collaboration provides a sense of ownership of the process model for all stakeholders. Misunderstandings about the process between stakeholders were reduced. Using t.BPM, domain experts modeled, refined and corrected the process. They learned the BPMN concepts while modeling their pathways by hands-on-experience. For them, it was always clear which kind of tile (task, gateway, event or document) was appropriate, but the proper syntax was not always used correctly, so the process analyst made appropriate corrections. In order to facilitate correct use of the tiles and syntax, a description of the individual meanings is recommended presented in the form of a poster or a leaflet.

Because the domain experts were involved in the modeling they gained a better understanding of the BPMN models in due course, although they did necessarily comprehend the particularities of each symbol. As the t.BPM plastic tiles are tangible, the medical personnel had no problems with taking them in their hands, writing on them and arrange them in a sequence.

Clinical pathways are never fixed, but may be redefined in view of new regulations or new medical knowledge. Therefore, the pathway models need to be revised on a regular basis. Once domain experts have experience with process modeling, they are familiar with the modeling notation and can easily refine processes as appropriate.

References

Bødker S., Grønbæk K., Kyng M. (1995) Cooperative design: Techniques and experiences from the Scandinavian scene. In: Baecker R., Grudin J., Buxton W., Greenberg S. (eds.) Human-Computer Interaction: Toward the Year 2000. Morgan Kaufmann Publishers, pp. 215–224

Dean D., Orwig R., Vogel D. (2000) Facilitation methods for collaborative modeling tools. In: Group Decision and Negotiation 9(2), pp. 109–128

Edelman J., Grosskopf A., Weske M., Leifer L. (2009) Tangible Business Process Modeling: A new Approach. In: Proceedings of the 17th International Conference on Engineering Design

Fernandez H. F., Palacios-Gonzales E., Garcia-Diaz V., Pelayo G-Bustelo B. C., Sanjuan Martinez O., Cueva Lovelle J. M. (2010) SBPMN - An easier business process modeling notation for business users. In: Computer Standards & Interfaces 32, pp. 18–28

Frederiks P. J. M., Van der Weide T. P. (2006) Information modeling: the process and the required competencies of its participants. In: Data & Knowledge Engineering 58(1), pp. 4–20

Grimshaw J., Russell I. (1993) Effect of clinical guidelines on medical practice: a systematic review of rigorous evaluations. In: The Lancet 342(8883), pp. 1317–1322

Hoppenbrouwers S., Proper H., van der Weide T. P. (2005) A fundamental view on the process of conceptual modeling. In: Conceptual Modeling–ER 2005. Springer, pp. 128–143

Kirchner K., Nešković S. (2012) Using CUTA4BPM To Support Participative Development Of Expert-Driven Processes. In: Proc. of ICIST 2012 - 2nd International Conference on Information Society Technology and Management, pp. 41–46

Kirchner K., Scheuerlein H., Malessa C., Habrecht O., Settmacher U. (2012) Klinikpfade in der Chirurgie: Überblick und praktischer Einsatz. In: Chirurgische Allgemeine Zeitung 13(10), pp. 538–541

Kirchner K., Herzberg N., Rogge-Solti A., Weske M. (2013a) Embedding Conformance Checking in a Process Intelligence System in Hospital Environments. In: BPM 2012 Joint Workshop, ProHealth 2012/KR4HC 2012, Tallinn, Estonia, September 3, 2012. Lecture Notes in Computer Science, Springer, pp. 126–139

Kirchner K., Malessa C., Herzberg N., Krumnow S., Habrecht O., Scheuerlein H., Bauschke A., Settmacher U. (2013b) Supporting Liver Transplantation by Clinical Pathway Intelligence. In: Transplantation Proceedings 45(5), pp. 1981–1982

Kopp O., Martin D., Wutke D., Leymann F. (2009) The Difference Between Graph-Based and Block-Structured Business Process Modeling Language. In: Enterprise Modeling and Information Systems Architectures 4(1), pp. 3–13

KPMG (2009) Prozessmanagement in gesetzlichen Krankenversicherungen. Status Quo des Prozessmanagements gesetzlicher Krankenkassen in Deutschland. KPMG Report

Kujala S. (2003) User involvement: A review of the benefits and challenges. In: Behaviour and Information Technology 22(1), pp. 1–16

OMG (2010) Business Process Model and Notation (BPMN) Version 2.0. http://www.omg.org/cgi-bin/doc?dtc/10-06-04.pdf

Quaglini S., Stefanelli M., Lanzola G., Caporusso V., Panzarasa S. (2001) Flexible guideline-based patient careflow systems. In: Artificial intelligence in medicine 22(1), pp. 65–80

Recker J. (2010) Opportunities and constraints : The current struggle with BPMN. In: Business Process Management Journal 16(1), pp. 181–201

Rittgen P. (2009) Collaborative modeling - A design science approach. In: HICSS'09. 42nd Hawaii International Conference on System Sciences. IEEE, pp. 1–10

Rojo M., Daniel C., Schrader T. (2012) Standardization efforts of digital pathology in Europe. In: Analytical Cellular Pathology 35(1), pp. 19–23

Ronellenfitsch U., Hein O. V., Uerlich M., Dahmen A., Tuschy S., Schwarzbach M. (2009) Klinische Pfade als Instrument zur Qualitätsverbesserung in der perioperativen Medizin. In: Perioperative Medizin 1(3), pp. 164–172 ISSN: 1875-2772 DOI: http://dx.doi.org/10.1016/j.periop.2009.06.002 http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S1875277209001029

Rotter T., Kinsman L., James E., Machotta A., Gothe H., Willis J., Snow P., Kugler J. et al. (2010) Clinical pathways: effects on professional practice, patient outcomes, length of stay and hospital costs. In: Cochrane Database Syst Rev 3(3)

Sarshar K., Loos P. (2004) Klassifikation von Sprachen zur Modellierung medizinischer Behandlungspfade. In: Modellierung betrieblicher Informationssyteme-MobIS, pp. 43–59

Scheuerlein H., Rauchfuss F., Dittmar Y., Molle R., Lehmann T., Pienkos N., Settmacher U. (2012) New methods for clinical pathways - Business Process Modeling Notation (BPMN) and Tangible Business Process Modeling (t. BPM). In: Langenbeck's Archives of Surgery 397(5), pp. 755–761

Schuler D., Namioka A. (1993) Participatory Design. Principles and Practices. CRC Lawrence Erlbaum Associates

Tuddenham W. (1968) The use of logical flow charts as an aid in teaching roentgen diagnosis. In: The American journal of roentgenology, radium therapy, and nuclear medicine 102(4), p. 797

Uerlich M., Dahmen A., Tuschy S., Ronellenfitsch U., Eveslage K., Vargas Hein O., Türk-Ihli G., Schwarzbach M. (2009) Klinische Pfade–Terminologie und Entwicklungsstufen. In: Perioperative Medizin 1(3), pp. 155–163

Modellbasierte Gestaltung und Entwicklung von Informationssystemen im Gesundheitswesen: Motivation und Potenziale

Martin Burwitz, Werner Esswein

Zusammenfassung

Das deutsche Gesundheitswesen sieht sich vielfältigen demografischen und wirtschaftlichen Herausforderungen gegenüber. Die zukünftige medizinische Leistungserbringung ist u. a. geprägt durch Patientenzentrierung, interdisziplinäre Behandlungsprozesse sowie institutionsübergreifende Versorgungsnetze. Die daraus resultierende Komplexität der Leistungserbringung stellt gleichfalls die Gestaltung von unterstützenden Informationssystemen vor neue Herausforderungen. Diese forcieren insbesondere den standardisierten Datenaustausch sowie die patienten- bzw. fallorientierte Datenaufbereitung. Der vorliegende Beitrag adressiert diese Herausforderungen und skizziert einen modellbasierten Ansatz der Model-Driven-Architecture zur Reduktion der Komplexität der Entwicklung von IT-Lösungen im Gesundheitswesen sowie der Optimierung des IT-Alignment am medizinischen Fachwissen.

1 Motivation und Herausforderungen

Spätestens initiiert durch die Einführung des Diagnosis Related Groups (DRG)-Systems sieht sich das deutsche Gesundheitswesen mit vielfältigen Herausforderungen konfrontiert. Wachsender Wettbewerb und steigender Kostendruck führen zunehmend zu Wirtschaftlichkeitszwängen und regen Gesundheitsorganisationen zur Leistungsoptimierung und Effizienzsteigerung an. Um dem stetigen Kostenanstieg entgegenzuwirken, betrachten Gesundheitsdienstleister ihre Leistungserbringung zunehmend unter ökonomischen Gesichtspunkten. Zur Behauptung im Wettbewerb um den Patienten sowie zur Steigerung der Fallzahlen und damit der Erlöse erfolgt gleichzeitig eine Abkehr von herkömmlichen funktionsorientierten Strukturen, hin zu einer Patientenzentrierung und damit Orientierung am Behandlungsprozess (Salfeld et al. 2009). Dabei verfolgen die medizinischen Leistungserbringer vorrangig die Steigerung (I) der Qualität der medizinischen Leistungserbringung, (II) der Transparenz der medizinischen Leistungserbringung sowie (III) der Wirtschaftlichkeit des Gesamtsystems Gesundheitswesen (Nagel 2007).

Dem zu beobachtenden demografischen Phänomen einer alternden Bevölkerung steht eine zunehmende Konzentration medizinischer Versorgungseinrichtungen auf urbane Gebiete gegenüber, sodass insbesondere die Bevölkerung in ländlicheren Gebieten nur über

einen begrenzten Zugang zu medizinischer Versorgung verfügt. Die Sicherstellung einer adäquaten medizinischen Versorgung erfordert daher ein zunehmendes Maß an Mobilität der Versorger bzw. die Etablierung medizinischer Versorgungsnetze unter Einbeziehung stationärer, ambulanter sowie pflegerischer Leistungserbringer (Kronhardt 2004). Zusätzlich verstärkt durch die gesamtgesellschaftliche Entwicklung zunehmend auftretender Multimorbiditäten wird das Versorgungssystem daher zu einer starken Spezialisierung und Arbeitsteilung entlang der Behandlungskette veranlasst. Dies impliziert gleichzeitig die Notwendigkeit zur Kooperation und Koordination der, am interdisziplinären, institutionsübergreifenden Behandlungsprozess eines Patienten, im Versorgungsnetz beteiligten, Leistungserbringer.

Auf organisatorischer Ebene konnten sich klinische Behandlungspfade in den letzten Jahren als erfolgversprechendes Werkzeug etablieren, um krankenhausintern eine adäquate Beschreibung der Prozesse zu gewährleisten und den Spagat zwischen bestmöglicher Behandlung des Patienten und Wirtschaftlichkeit zu meistern (Bleser et al. 2006). Klinische Pfade standardisieren die interne Leistungserbringung durch Explikation des institutionsspezifischen Wissens bzgl. Handlungsempfehlungen, Leistungsportfolio, Organisationsstrukturen, Infrastruktur etc. eines spezifischen Leistungserbringers. Aus medizinischer Sicht soll mithilfe klinischer Behandlungspfade in erster Linie die Versorgungs- bzw. Behandlungsqualität des Patienten durch umfassende Dokumentation der Leistungserbringung verbessert werden. Gleichzeitig bieten Pfade Planungs- und Kontrollmöglichkeiten in Bezug auf wirtschaftliche Kenngrößen, insb. zur Optimierung des Ressourceneinsatzes (Rotter et al. 2008). Mittels der Festlegung straffer Behandlungsabläufe und damit einhergehender Reduzierung ökonomischer Aufwände kann das finanzielle Risiko im DRG-System entscheidend gemindert werden (Coffey et al. 1992). Als zentrales Repository fallbezogener Behandlungsinformationen eignen sich klinische Behandlungspfade im Kontext institutionsübergreifender Versorgungsnetze als Kooperations- bzw. Kommunikationsmedium.

Einhergehend mit und resultierend aus den geschilderten Veränderungen auf organisatorischer Ebene ergeben sich neue Herausforderungen an IT-Systeme zur Unterstützung der Versorgung. Die Entwicklung von Krankenhausinformationssystemen (KIS) war bisher geprägt von einer evolutionären Entstehung von Modulen im Bereich der Labor-, Radiologie-, Pflege- und Bildarchivierungssysteme sowie im Bereich der administrativen und abrechnungsbezogenen Systeme. Der tatsächlichen Patientensteuerung anhand evidenzbasierter Prozesse wurde jedoch nur wenig begegnet, da die Systeme vielmehr auf die Abrechnung als auf die adäquate Prozessunterstützung abzielten. Die Folge der Entwicklung ist, dass das KIS in der Regel ein heterogenes Netzwerk von Programmsystemen unterschiedlicher Hersteller und Bauarten umfasst (Winter et al. 1996).

Aktivitäten zur Anpassung der IT-Systeme an die geschilderten Veränderungen der medizinischen Versorgung fanden in den letzten Jahren, sowohl in der Forschung als auch in der Praxis, auf unterschiedlichen Ebenen statt. Um die auf organisatorischer Ebene etablierten Behandlungspfade zu reflektieren und die Versorgungsplanung und Entscheidungsfindung des Arztes zu unterstützen und zu standardisieren, wurden Ansätze der modellgestützten Integration klinischer Behandlungspfade in IT-Systeme entwickelt (Burwitz et al. 2011, 2012). Konzepte aus dem Be-

reich der Medizininformatik fokussieren dabei insbesondere die Formalisierung von Leitlinien und Entscheidungsregeln, beispielsweise zur automatisierten Überwachung der Einhaltung von Behandlungsplänen oder Medikationen. Die Wirtschaftsinformatik fokussiert mit ihren Ansätzen hingegen vorrangig die modellhafte Beschreibung des Unternehmens Krankenhaus, insb. der Behandlungspfade als standardisierte Aufbereitung des medizinischen Fachwissens (Burwitz et al. 2013a). Dabei können formale Aspekte der Modelle darüber hinaus auch für unterstützende IT-Systeme aufbereitet werden, beispielsweise zur Behandlungsplanung und -steuerung oder zur Beantwortung ökonomischer Analysefragestellungen (Ressourceneinsatz, etc.) (Heß 2013).

Zur Vereinheitlichung der Interaktion und Kommunikation einzelner KIS-Module existieren im Bereich der Medizininformatik Daten- und Kommunikationsstandards, wie beispielsweise *Health Level 7 (HL7)* oder *Digital Imaging and Communications in Medicine (DICOM)*. Die Initiative *Integrating the Healthcare Enterprise (IHE)* verfolgt darüber hinaus die Sicherstellung eines koordinierten Einsatzes definierter Standards durch die Bereitstellung von Kommunikationsprofilen für bestimmte medizinische Anwendungsszenarien. Aus dem Blickwinkel eines institutionsübergreifenden Versorgungsnetzes liegen die behandlungsrelevanten Daten zu einem Patienten bzw. zu einem Behandlungsfall verteilt in den Systemen der jeweils behandelnden Ärzte. Die institutionsübergreifende IT-Unterstützung fokussiert daher bislang vor allem den Austausch von Fall- bzw. Patientendaten, ebenfalls durch die Entwicklung und Umsetzung von Daten- und Kommunikationsstandards wie die *elektronische Patientenakte (ePA)* oder die *elektronische Fallakte (EFA)*. Die vom Patienten individuell freigegebene Patientenakte soll idealtypisch sämtliche gesundheitsrelevante Daten des Patienten beinhalten. Sie beschreibt damit die gesamte Patientenhistorie, besitzt jedoch kaum Relevanz für die ärztliche Versorgung, da nicht sichergestellt werden kann, dass der einzelne Arzt Zugriff auf die vollständigen Vorbefunde und Therapieinformationen hat (Boehm und Caumanns 2007). Die elektronische Fallakte hingegen fasst alle Daten eines Behandlungsfalls zusammen wobei die existierenden dezentralen Strukturen der Datenhaltung und -verwaltung beibehalten und Mehrfachspeicherungen vermieden werden. Damit ermöglicht die Fallakte einen sektor- und institutionsübergreifenden Datenaustausch zwischen den behandelnden Versorgern (Staemmler 2010).

Zur Überwindung der vermehrt auftretenden räumlichen Trennung zwischen Patient und Versorgern werden zunehmend telemedizinische Behandlungsszenarien etabliert. Dies umfasst einerseits die diagnostische und therapeutische Fernbetreuung des Patienten, insbesondere im Bereich der Kardiologie zur Überwachung von Patienten mit Herzschwäche. Andererseits werden vor allem im Bereich der Onkologie und Radiologie vermehrt telemedizinische Konsultationen zwischen medizinischem Fachpersonal durchgeführt, um die Qualität der Diagnostik und Therapie durch die Einholung von Zweitmeinungen zu verbessern.

Die beschriebenen Herausforderungen und Trends im Gesundheitswesen begründen einen starken Anstieg des Komplexitätsgrades der Informationssysteme medizinischer Versorgung. Gleichzeitig wird deutlich, dass die Gestaltung und Entwicklung von Informationstechnologie und unterstützenden Anwendungssystemen nur durch eine konsequente Integration des medizinischen Fachwissens in den Entwicklungsprozess erfolgen kann. Dies erfordert folglich einen

intensiven Austausch zwischen IT-Entwickler und medizinischem Fachpersonal, Patienten, Krankenkassen, etc. als Systemanwender über den gesamten Lebenszyklus des IT-Systems hinweg. In der Wirtschaftsinformatik stellen semiformale (Unternehmens-)Modelle ein anerkanntes Beschreibungsmittel zur systematisierten Darstellung von Wissen dar. Aufgrund ihrer Fähigkeit zur Abstraktion und Vereinfachung komplexer realweltlicher Beschreibungsgegenstände sind sie u. a. als zwischenmenschliches Kommunikationsmedium geeignet (Ferstl und Sinz 2008; Frank 1999). Darüber hinaus stellen sie formale Aspekte bereit, die als Grundlage für eine (teil-)automatisierte Verarbeitung der Modelle durch IT-Systeme fungieren können. In der Informatik werden semiformale Modelle insbesondere im Rahmen der Systementwicklung zur abstrakten Beschreibung von Anwendungssystemen verwendet. Daher liegt die Untersuchung nahe, wie in Modellen codiertes medizinisches Fachwissen zur Gestaltung und Entwicklung von integrierten medizinischen Informationssystemen verwendet werden kann. Einen diesbezüglich vielversprechenden Ansatz stellt die Initiative *Model Driven Architecture* dar.

2 Model Driven Architecture im Gesundheitswesen

Die von der Object Management Group (OMG) entwickelte Model Driven Architecture (MDA) (Mellor et al. 2004; Soley und Group 2000) spezifiziert einen modellbasierten Ansatz der Softwareentwicklung mit dem Ziel, die Repräsentation von Software von der Programmcodeebene auf die Modellebene zu heben. Die in diesem Rahmen eingesetzten Modelle werden dabei auf drei Abstraktionsstufen unterschieden, um die Komplexität auf Modellebene zu reduzieren. Auf höchster Abstraktionsstufe beschreibt zunächst das Computation Independent Model (CIM) ein Softwaresystem auf fachlicher Ebene und dient vorwiegend der Kommunikation zwischen Systemanwender und -architekt. Die verwendeten Konzepte im CIM sind daher meist der fachlichen Domäne des Anwenders entlehnt und beschreiben aus dessen Perspektive, was das zu entwickelnde Softwaresystem leisten soll. Auf nächst niedrigerer Abstraktionsstufe beschreibt das Platform Independent Model (PIM) die Funktionalität der Software unabhängig von der Spezifikation der technischen Zielplattform, auf der das System zukünftig implementiert werden soll. Die Berücksichtigung dieser erfolgt schließlich auf der dritten Abstraktionsstufe in Form eines Platform Specific Models (PSM). Eine Plattform bezeichnet dabei abgeschlossene Softwarekomponenten oder -technologien, die über spezifizierte Schnittstellen verwendet werden können, wobei keine Notwendigkeit zur Kenntnis der konkreten Implementierung der Plattformfunktionalität besteht. Die Modelle der unterschiedlichen Abstraktionsstufen werden durch die Auswahl von Plattformen und Spezifikation von Transformationsregeln in weniger abstrakte Modelle überführt bis schließlich ausführbarer Programmcode entsteht. Ein zentraler Vorteil dieses Ansatzes gegenüber herkömmlicher Softwareentwicklung ist, dass notwendige Änderungen an der Software nicht im Programmcode, sondern ebenfalls auf Modellebene umgesetzt werden können (Mellor et al. 2004; Soley und Group 2000).

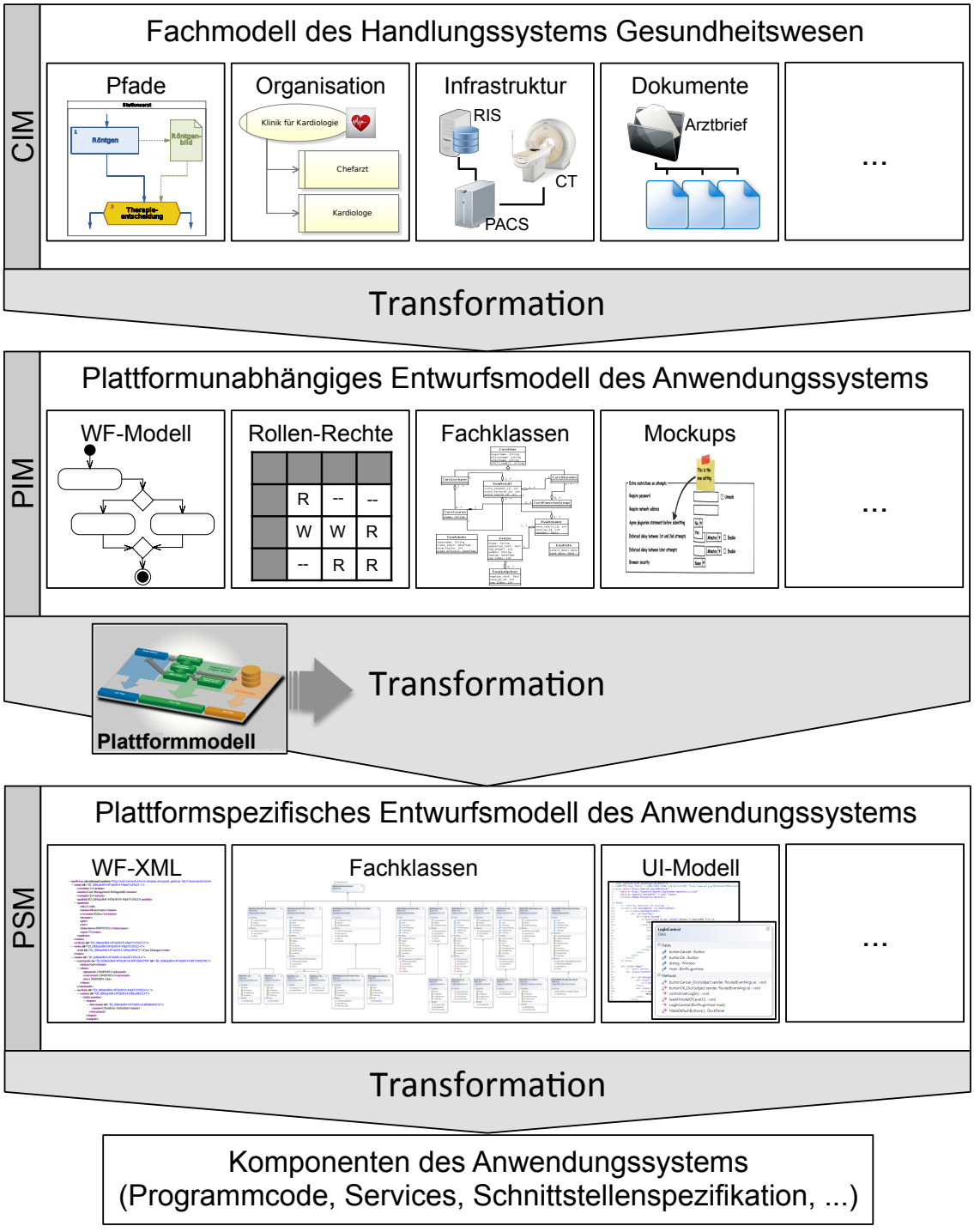


Abb. 1: Schema des integrierten MDA-Ansatzes zur Gestaltung von Informationssystemen im Gesundheitswesen

Anwendungen des MDA-Ansatzes im Kontext des Gesundheitswesen existierten bis auf wenige Ausnahmen (Blobel und Pharow 2007; Jones et al. 2004; Raghupathi und Umar 2008; Raistrick 2005) praktisch nicht. Zudem fokussieren Forschungsarbeiten im Bereich der MDA im allgemeinen sehr stark die Gestaltung von PIM und PSM sowie deren Transformation. Wenig Beachtung findet hingegen die Erforschung der Gestaltungs- und Transformationspotenziale der fachlichen Modellierung im Bereich des CIM. Insbesondere vor dem Hintergrund der Relevanz der Kommunikation zwischen Systemanwender und -architekt für die Qualität des Systems und der damit notwendigen Bereitstellung einer adäquaten Kommunikationsgrundlage besteht hier bedeutendes Forschungspotenzial. Der im folgenden skizzierte Ansatz der Adaption des MDA-Ansatzes soll das genannte Forschungsfeld umreißen und die Potenziale der MDA im Kontext der Gestaltung von Informationssystemen im Gesundheitswesen aufzeigen.

Abbildung 1 stellt die Struktur einer integrierten MDA-Methodik zur Gestaltung von Informationssystemen im Gesundheitswesen dar und skizziert damit die Fragestellungen, welche im weiteren Verlauf der zukünftigen Forschungsarbeit beantwortet werden sollen. Auf CIM-Ebene erfolgt zunächst die Modellierung des Handlungssystems Gesundheitswesen in fachlicher Art und Weise. Je nach Diskursbereich umfasst dies beispielsweise das Krankenhaus oder auch ein Versorgungsnetz aus unterschiedlichen Leistungserbringern. Zentraler Bestandteil des Fachmodells auf CIM-Ebene sind die Prozessmodelle der Behandlungspfade, um der Patientenzentrierung und Prozessorientierung der Leistungserbringung gerecht zu werden. Ausgehend von den Versorgungsprozessen können die weiteren Bestandteile des Handlungssystems abgeleitet werden. Dies umfasst beispielsweise die Darstellung der organisatorischen Strukturen zur Festlegung von Verantwortlichkeiten und Weisungsbefugnissen, die infrastrukturellen Gegebenheiten bezüglich vorhandener Ressourcen (Medizintechnik, Räume, IT-Landschaft, etc.) oder auch notwendige Dokumente und Formulare zur begleitenden Dokumentation des Versorgungsprozesses. Als umfassendes Fachmodell und damit Wissensbasis eignet sich das CIM zur Analyse und Optimierung der medizinischen Leistungserbringung hinsichtlich Qualität und Wirtschaftlichkeit. Darüber hinaus stellt es ein geeignetes Kommunikationsmedium im Austausch über den fachlichen Gegenstandsbereich dar.

Bei der Auswahl bzw. Konzeption geeigneter Modellierungssprachen auf CIM-Ebene ist die Berücksichtigung der Spezifika der Medizin-Domäne daher unumgänglich. Dies umfasst sowohl die Betrachtung des Modellierungsgegenstands – medizinisches Wissen – als auch der Modellierer bzw. Modellverwender – medizinisches Fachpersonal mit geringer Modellierungserfahrung. Dabei besitzen insb. die in Kapitel 1 genannten domänen-spezifische Modellierungsansätze aus der Wirtschaftsinformatik vielversprechendes Potenzial, insbesondere durch die Bereitstellung von Konzepten zur Integration von Wissen bzgl. evidenzbasierter Medizin sowie der Verwendung medizinischer Fachterminologie und entprechender Visualisierung (konkrete Syntax). Dort formulierte Anforderungen müssen über den Fokus der Modellierung von Prozessen bzw. klinischen Pfaden hinaus hinsichtlich eines ganzheitlichen ÜnternehmensModells ergänzt und entsprechende Modellierungsansätze kombiniert bzw. erweitert werden.

Die Konzeption der CIM-Ebene soll daher insbesondere durch die Beantwortung der folgenden Forschungsfragen erfolgen:

- Welche Modellsichten (Prozesse, Organisation, Ressourcen, etc.) muss eine Modellierungssprache auf CIM-Ebene bereitgestellt werden, um das Handlungssystem Gesundheitswesen adäquat abzubilden?
- Welche Modellierungskonzepte müssen die einzelnen Sichten dazu bereitstellen? Wie sollten diese zum Zweck der Verständlichkeit für medizinisches Fachpersonal visualisiert werden?
- Welche Modellierungsansätze existieren hierfür und können zur Erfüllung der Anforderungen auf CIM-Ebene verwendet, kombiniert bzw. erweitert werden?

Im Rahmen der Konzeption unterstützender Anwendungssysteme erfolgt nun, ausgehend vom Fachmodell auf CIM-Ebene, die Transformation in ein korrespondierendes plattformunabhängiges Modell auf PIM-Ebene. Dies erfordert zunächst die Identifikation der im System abzubildenden Anwendungsfälle sowie deren funktionale Beschreibung – was leistet das System? Weitere Bestandteile des PIM sind z. B. Workflow-Modelle der auf CIM-Ebene abgebildeten klinischen Pfade zur Unterstützung der Planung und Steuerung der Behandlung. Die Berücksichtigung der notwendigen Flexibilität bei der Patientenbehandlung (mögliche Abweichungen von standardisierten Pfaden) kann dabei bereits auf Fachmodellebene erfolgen, beispielsweise durch die Modellierung von Entscheidungen und alternativer Teilprozesse. Um gleichzeitig während der Behandlung (und damit zur Laufzeit des Anwendungssystems) agil auf unvorhersehbare Ereignisse reagieren zu können, müssen AWS-Komponenten vorgesehen werden, die entsprechende Pfadabweichungen erlauben (siehe dazu Burwitz et al. 2012).

Im Fachmodell beschriebene Verantwortlichkeiten einzelner Aufgabenträger in Kombination mit dem Organisationsmodell können in ein korrespondierendes Rollen-Rechte-Modell auf PIM-Ebene überführt werden. Ergänzt wird das PIM durch ein Fachklassenmodell der notwendigen strukturellen Bestandteile, abgeleitet aus Organisations- und Infrastruktur sowie Dokumenten und Formularen. Hinsichtlich der Nutzerakzeptanz des Systems besitzt die Gestaltung der Benutzeroberfläche eine hohe Relevanz. Eine entsprechend plattformunabhängige Beschreibung dieser könnte durch eine Mockup-ähnliche Darstellung gewährleistet werden. Die Assoziation zwischen einzelnen Anwendungsfällen und entsprechenden Mockups auf PIM-Ebene erlaubt schließlich eine intuitive Gestaltung des Systems aus Nutzersicht. Dabei verschwimmen jedoch Aspekte des Fachmodells (CIM) sowie des Entwurfsmodells des Anwendungssystems (PIM), sodass aus methodischer Sicht zu untersuchen ist, wie hier eine saubere Trennung zwischen Fachmodell und Entwurfsmodell und gleichzeitig die Verknüpfung relevanter Komponenten eben dieser Ebenen erfolgen kann. Vor dem Hintergrund einer ganzheitlichen Wissensbasis durch das Fachmodell sollte hier zudem eine Projektion auf den für das Anwendungssystem relevanten Ausschnitt des CIM erfolgen.

Die skizzierte Konzeption der PIM-Ebene soll insbesondere durch die Beantwortung der folgenden Forschungsfragen erfolgen:

- Welche Modellsichten (Anwendungsfälle, Workflow, Fachklassen, etc.) müssen auf PIM-Ebene bereitgestellt werden, um ein Anwendungssystem zur Unterstützung der medizinischen Leistungserbringung adäquat abzubilden?
- Wie kann der AWS-relevante Ausschnitt des Fachmodells (CIM) extrahiert und mit Komponenten des AWS-Entwurfs (PIM) assoziiert werden, sodass der Wirkzusammenhang zwischen Fachmodell und Entwurfsmodell adäquat abgebildet und gleichzeitig eine methodisch saubere Trennung der Ebenen gewährleistet wird.
- Wie kann die Transformation von CIM zu PIM methodisch unterstützt werden? Wie können Automatisierungspotenziale hierbei genutzt werden?

Um schließlich die konkrete Spezifikation des Anwendungssystems mithilfe eines PSM zu beschreiben, erfolgt die Transformation des PIM unter Berücksichtigung der technischen Zielplattform. Entsprechend zentraler Konfigurationsparameter der Transformation ist die Spezifikation der Architektur der Plattform durch ein Plattformmodell. Dieses spezifiziert die grundlegende Systemarchitektur sowie die bereitgestellte Grundfunktionalität hinsichtlich der Realisierung von Schnittstellen und Standards, beispielsweise der elektronischen Fallakte. Je nach Ausgestaltung des Plattformmodells erfolgt schließlich die Überführung der Modelle auf PIM-Ebene in Modelle plattformspezifischer Systemkomponenten. So kann das Workflowmodell eines klinischen Pfades in eine formale, ausführbare Sprache (z. B. XML) überführt werden, welches die technische Grundlage für die begleitende Prozessunterstützung der im ursprünglichen Pfadmodell beschriebenen Leistungserbringung bildet. Stellt die Zielplattform zur Datenhaltung beispielsweise eine relationale Datenschicht zur Verfügung, so kann das auf PIM-Ebene spezifizierte Fachklassenmodell in ein relationales Datenmodell, z. B. in Form eines Entity-Relationship-Modells, transformiert werden. Die Spezifikation der Benutzeroberfläche erfolgt ebenfalls in Abhängigkeit der Plattform-verwendeten Technologie, beispielsweise durch die Überführung der Mockups in ein korrespondierendes Klassenmodell sowie notwendiger Oberflächen-Templates. Zur konkreten Ausgestaltung der Transformation in ein PSM im Kontext des vorgeschlagenen Ansatzes sind wiederum folgende Fragestellungen zu beantworten:

- Welche Plattformen existieren bzw. sind geeignet zur Umsetzung von Anwendungssystemen im medizinischen Kontext?
- Welche Anforderungen stellen diese an die modellhafte Abbildung des Anwendungskontextes auf PSM-Ebene (korrespondierende Modellsichten und Konzepte)?
- Wie kann die Transformation von PIM zu PSM methodisch unterstützt werden? Wie können Automatisierungspotenziale hierbei genutzt werden?

Das Modell auf PSM-Ebene bildet abschließend die Grundlage für die Realisierung des abgebildeten Anwendungssystems auf einer spezifischen Zielplattform. Die Bereitstellung möglicher Transformatoren erlaubt beispielsweise die Generierung von Programmcode, Service-Definitionen

oder Schnittstellenspezifikationen. Ergebnis einer Transformation könnte jedoch auch lediglich eine Handlungsanweisung bzw. -empfehlung zur Umsetzung sein, beispielsweise zur Auswahl bereits existierender Systemkomponenten. Die Erhebung zum aktuellen Forschungsstand in diesem Bereich sowie die Evaluierung möglicher Transformationsergebnisse soll hier die Grundlage für die Ausgestaltung der Methodik sein.

3 Zusammenfassung und Ausblick

Der skizzierte integrierte modellgestützte Ansatz erlaubt eine strukturierte und systematische Betrachtung des Informationssystems Gesundheitswesen unter dem Fokus der Gestaltung und Entwicklung von die medizinische Leistungserbringung unterstützenden Anwendungssystemen. Grundlage ist dabei die umfassende Modellierung der medizinischen Fachwelt in einer für den Fachanwender verständlichen Form. Hierzu bedarf es einer methodischen Entwicklung korrespondierender Modellierungsmethoden, die neben domänenspezifischen Modellierungskonzepten auch Vorgehensmodelle zur Anwendung der Methoden bereitstellen. Das Prinzip des MDA-Ansatzes, die Repräsentation von Software von Programmcodeebene auf Modellebene anzuheben, stellt vor dem Hintergrund des zunehmend komplexer werdenden Handlungssystems der medizinischen Leistungserbringung einen vielversprechenden Ansatz dar. Dieser unterstützt insbesondere durch die Integration von Fachmodellen die Kommunikation zwischen medizinischen Fachexperten sowie IT-Experten, leistet damit einen großen Beitrag zur Entwicklung von unterstützenden Anwendungssystemen und verbessert den Fit zwischen Anforderungen des Fachanwenders und Leistungsumfang des Anwendungssystems. Die Abstraktion zwischen unterschiedlichen Plattformen ermöglicht, vor allem vor dem Hintergrund der Etablierung von Versorgungsnetzen und der Notwendigkeit des institutionsübergreifenden Datenaustausches bezüglich eines Patienten, die optimale Konfiguration von Softwarelösungen hinsichtlich der zur Verfügung stehenden IT-Infrastruktur sowie existierender Schnittstellen und Kommunikationsstandards. Automatisierungspotenzial bei der Transformation zwischen den verschiedenen Modellebenen versprechen schnellere Entwicklungszeiten und verringerten Wartungsaufwand für IT-Lösungen sofern Änderungen im Handlungssystem in die Fachmodellebene einfließen und schließlich methodisch angeleitet und (teil-) automatisiert überführt werden können.

Die nächsten Forschungsarbeiten zur Entwicklung des skizzierten Ansatzes orientieren sich an den in Kapitel 2 genannten Forschungsfragen. Die zu erarbeitenden Modellierungssprachen sowie die notwendigen Transformatoren sollen in einem prototypischen Modellierungswerkzeug implementiert werden. Die sukzessive Anwendung und Evaluation der entwickelten Methodik erfolgt in Kooperation mit Praxispartnern anhand einer Plattform für telemedizinische Dienstleistungen.

Literaturverzeichnis

Bleser L. D., Depreitere R., Waele K. D., Vanhaecht K., Vlayen J., Sermeus W. (2006) Defining pathways. In: Journal of Nursing Management 14(7), S. 553–563

Blobel B., Pharow P. (2007) A model driven approach for the German health telematics architectural framework and security infrastructure. In: International Journal of Medical Informatics 76(2), S. 169–175

Boehm O., Caumanns J. (2007) Föderatives Identitätsmanagement am Beispiel der elektronischen Fallakte. In: Informatik-Spektrum 30(4), S. 240–250

Burwitz M., Schlieter H., Esswein W. (2011) Modellgestütztes Management in Krankenhausinformationssystemen am Beispiel der Klinischen Prozesssteuerung. In: Tagungsband Informatiktagung 2011. Berlin, S. 1–15

Burwitz M., Schlieter H., Esswein W. (2012) Agility in medical treatment processes – A model-based approach. In: Sinz E., Schürr A. (Hrsg.) Proceedings of Modellierung 2012. Bamberg, S. 267–279

Burwitz M., Schlieter H., Esswein W. (2013a) Modeling Clinical Pathways - Design and Application of a Domain-Specific Modeling Language. In: Alt A., Franczyk B. (Hrsg.) Tagungsband der 11. Internationalen Tagung Wirtschaftsinformatik. Leipzig

Coffey R. J., Richards J. S., Remmert C. S., LeRoy S. S., Schoville R. R., Baldwin P. J. (1992) An introduction to critical paths. In: Quality Management in Healthcare 1(1), S. 45–54

Ferstl O., Sinz E. (2008) Grundlagen der Wirtschaftsinformatik, 6. Aufl. Oldenbourg, München

Frank U. (1999) Component Ware: Software-technische Konzepte und Perspektiven für die Gestaltung betrieblicher Informationssysteme. In: Information Management & Consulting 14(2), S. 11–18

Heß M. (2013) Towards a domain-specific method for Multi-Perspective Hospital Modelling – Motivation and Requirements. In: vom Brocke J., Hekkala R., Ram S., Rossi M. (Hrsg.) Design Science at the Intersection of Physical and Virtual Design. 8th International Conference, DESRIST 2013. LNCS 7939. Springer, Helsinki, S. 369–385

Jones V. M., Rensink A., Ruys T. C., Brinksma H., van Halteren A. T. (2004) A formal MDA approach for mobile health systems. In: Proceedings of 2nd European Workshop on MDA. Canterbury

Kronhardt M. (2004) Erfolgsfaktoren des Managements medizinischer Versorgungsnetze. Deutscher Universitäts Verlag, Wiesbaden

Mellor S. J., Scott K., Uhl A., Weise D. (2004) MDA Distilled: Principles of Model-Driven Architecture. Addison-Wesley, Boston

Nagel E. (Hrsg.) Das Gesundheitswesen in Deutschland: Struktur, Leistungen, Weiterentwicklung, 4. Aufl. Deutscher Ärzte Verlag

Raghupathi W., Umar A. (2008) Exploring a model-driven architecture (MDA) approach to health care information systems development. In: International journal of medical informatics 77(5), S. 305–314

Raistrick C. (2005) Applying MDA and UML in the Development of a Healthcare System. In: UML Modeling Languages and Applications. Springer, S. 203–218

Rotter T., Kugler J., Koch R., Gothe H., Twork S., van Oostrum J., Steyerberg E. (2008) A systematic review and meta-analysis of the effects of clinical pathways on length of stay, hospital costs and patient outcomes. In: BMC Health Services Research 8(1), S. 265–279

Salfeld R., Hehner S. P., Wichels R. (2009) Modernes Krankenhausmanagement: Konzepte und Lösungen, 2. Aufl. Springer, Berlin

Soley R., Group O. S. S. (2000) Model Driven Architecture. In: OMG white paper

Staemmler M. (2010) Trends und Entwicklungen der Krankenhaus-IT-Technologie. In: Schlegel H. (Hrsg.) Steuerung der IT im Klinikmanagement: Methoden und Verfahren. Vieweg+Teubner, Wiesbaden, S. 181–203

Winter A. F., Zimmerling R., Bott O. J. (1996) Das Management von Krankenhausinformationssystemen: Eine Begriffsdefinition. In: Tagungsband zur 41. GMDS-Jahrestagung. Bonn

Towards the Application of TimeML in Clinical Guidelines

Reinhardt Wenzina, Katharina Kaiser

Abstract

The modeling of computer-interpretable clinical guidelines is a laborious task. In this project we propose a two-step approach to explore whether the TimeML specification language can build a solid foundation to enable an automatic modeling process by temporal reasoning. The comparison of the main linguistic differences between clinical guidelines and clinical narratives leads to the conclusion that existing research results of the latter are only partially applicable. Finally, the goals, methods, and expected results – which should ease the modeling task in the long run – are discussed.

1 Introduction

Clinical practice guidelines (CPGs) (Field and Lohr 1990) are documents containing recommendations that describe the appropriate care for the management of patients with a specific clinical condition. In order to deploy them in some kind of computerized tool (e.g., a clinical decision support system) they have to be represented in a specialized language (e.g., Asbru, PROforma, GLIF (Clercq et al. 2004)). Several editing/authoring tools exist with these languages, but still the authoring task remains complex and labor-intensive and requires comprehensive knowledge in medicine and computer science. For this reason, various approaches have been developed to deal with an automated modeling using natural language processing (NLP) and information extraction methods (Kaiser et al. 2007, 2011; Wenzina and Kaiser 2013). Thereby, rules based on linguistic and semantic information are developed to identify activities in the text, link them with conditions controlling them, and connect and order activities based on some keywords or their hierarchical position in the document. Major challenges in modeling – whether manually or (semi-)automatically – that have to be tackled, are that documents are often long and confusing, concepts are vaguely or incompletely described, and the text contains redundancies that have to be identified.

Other attempts using NLP in the medical domain focus on the processing of documents such as clinical narratives. Although these documents differ from CPGs in the nature of the text, the methods applied also have to deal with underspecified expressions. Several projects focusing on these aspects are using TimeML (Pustejovsky et al. 2004) for annotation of events and temporal expressions (Mele and Sorgente 2011; UzZaman and Allen 2010a). TimeML has become the de-facto

standard for annotation of events and temporal expressions in natural language and can be used for reasoning on events. As CPGs describe activities (corresponding to events) and contain (temporal) expressions for ordering and relating them, we propose applying TimeML for annotation. Having a CPG annotated in TimeML could ease the further modeling in a computer-interpretable guideline's (CIG) language by providing a semi-structured document containing additional information that can then be transformed and authored by hand or even automatically. In this paper we want to describe and discuss our considerations about the challenges of modeling a CPG and the dealing with temporal relations.

In the following section we motivate the use of TimeML for annotation and temporal reasoning on documents such as CPGs. In section 3 we give a short overview of TimeML followed by a detailed problem description in section 4. Section 5 describes the approach we are intending to apply, whereas section 6 describe the goals we want to achieve. Section 7 concludes our ideas.

2 Motivation

As temporal aspects play an important part within clinical guidelines (Terenziani et al. 2008) (e.g., the description of care-paths) the use of temporal reasoning methods based on a temporal representation of the guideline may lead towards an automatic modeling approach. To start with, a temporal representation of a document consists of temporal expressions, concept primitives, and temporal relations (Sun et al. 2013b) in order to handle the various vague and/or complex temporal dimensions. The following sentence of a guideline gives a first insight into this temporal complexity: "If post-dinner or fasting glucose values achieve the threshold for insulin treatment as a consequence of increasing the amount of carbohydrates, starting insulin would be the best option".

In recent years, the specification language TimeML for annotating events and temporal expressions in natural language processing gained recognition. The language addresses the problems of (a) identifying an event (for example in the sentence above *"achieve"* or *"increase"*) and anchoring it in time, (b) chronologically arranging events (e.g., the temporal relation between *"achieve"* and *"increase"* is expressed by the phrase *"as a consequence"*) , (c) reasoning with contextually underspecified temporal expressions (temporal functions such as *"post-dinner"* or *"fasting"*), and (d) reasoning about the duration of events (Pustejovsky et al. 2004). Therefore, TimeML may also fulfill our requirements for annotating the various information aspects of clinical guidelines.

Consequently, we hypothesize that

Reasoning over temporal annotations – specified by TimeML and annotated by adaptable tools (e.g., TARSQI Toolkit (Verhagen and Pustejovsky 2010)) – can support the automatic transformation process of a guideline into its computer interpretable representation.

This support comprises the extension of authoring tools (to identify relevant sentences) as well as the automatic generation of parts of the CIG model in the long run.

3 Background and Related Work

The markup language TimeML is a specification formalism for annotating events and temporal relations in narrative texts and is widely spread in the natural language processing community. The fact that a revised and interoperable version of TimeML called ISO-TimeML (Pustejovsky et al. 2010) is expected to be published as an international standard for temporal annotations by ISO, demonstrates its importance. Generally, TimeML defines events as situations that *happen* or *occur* and categorizes the relations among them as temporal, subordinated, or aspectual (Pustejovsky et al. 2004). Originally, TimeML was applied to the TimeBank corpus containing 186 news articles and was in the following extended to other domains.

Domain independent additions to the TimeML language were proposed by UzZaman and Allen (2010a). They implemented the TRIOS system containing a semantic parser to extract events, their linguistic features, and relations. OntoTimeFL, a formalism for the reasoning of complex events – also built on TimeML – categorizes the events as narrative, intentional, and causal (Mele and Sorgente 2011). During the THYME[1] project a temporal relation annotation scheme and annotation guidelines for clinical free texts based on TimeML were developed.

The TARSQI Toolkit (TTK) was one of the first implementations which generated TimeML-compliant annotations in order to enable temporally based questions about events in news articles (Verhagen and Pustejovsky 2010). In MED-TTK – an extension of the toolkit – the TTK's time tagger was modified in order to improve the identification methods of temporal references in medical notes (Reeves et al. 2013). The latest version of the toolkit concentrates on, among other extensions, the application to the medical domain and the introduction of narrative containers - with the implementation still in progress (Verhagen and Pustejovsky 2012).

Gooch (2012) used external resources (e.g., the UMLS – the Unified Medical Language System (Lindberg et al. 1993)) in order to categorize selected medical concepts as events to be formalised in TimeML expressions. The solution was finally evaluated against a corpus of clinical discharge summaries.

Methods in natural language processing support the modeling process of clinical guidelines. A rule-based information extraction approach in order to identify medical activities in CPGs was presented by Kaiser et al. (2011). A set of semantic patterns representing activities based on semantic relations allowed the detection of large parts of control flow related aspects. The extraction of temporal relations between the activities was not part of the method. This shortcoming was partly resolved by Thorne et al. (2013). They focused on a supervised approach in order to recognize process fragments in guidelines and succeeded in the identification of simple before/after temporal relations between medical tasks. However, the modeling of the control flow still is an open issue.

[1] https://clear.colorado.edu/TemporalWiki

4 Problem Description

TimeML has already been successfully applied to medical texts (e.g., clinical narratives). However, clinical practice guidelines (CPGs) differ in many ways (major differences are discussed below) and therefore, existing research results can only partially be transferred.

A clinical narrative describes a specific clinical case/the disease and patient level from the therapist's view. It also acts as a tool for self-reflection of current practice and supports the discussion of a case among colleagues (UW Health 2014). CPGs, on the other hand, are defined as "systematically developed statements to assist practitioners and patient decisions about appropriate healthcare for specific circumstances" (Field and Lohr 1990). Hence, they have no relation to an existing patient. They serve as manuals for patient-groups and care personnel, such as physicians or nurses.

In natural language processing clinical narratives are difficult to handle because (1) a third of the text consists of sentence fragments which can hardly be identified by conventional language parsers (Savova et al. 2009), (2) medical terms are often abbreviated, and (3) the style of the language is fairly different to domain independent English texts (Sun et al. 2013b). On the contrary, CPGs are published as linguistic mature documents containing highly sophisticated and complex sentence constructions.

Clinical narratives describe the progression of illnesses and their related events chronologically. These events, such as laboratory tests, doctor's visits, administered procedures, and records from medication logs are explicitly dated (Sun et al. 2013b). Based on these absolute time points, the events can be temporally related to each other and temporal reasoning mechanisms can be applied. Clinical guidelines, however, mostly specify only relative time points (e.g., first trimester of pregnancy) which additionally are often expressed in a vague way.

One possibility to derive temporal relations between events in narrative texts is to analyze the tense used in the sentence. This allows for example, the determination if a medication is historically used, currently taken, or prescribed for future use in clinical narratives. (Raghavan et al. 2012) used the tense of the verb as a feature (amongst others) for classifying medical events into coarse time-bins by means of Conditional Random Fields. The following sentence from a guideline, "Administration of inhaled steroids at or above 400 mcg a day of BDP or equivalent may be associated with systemic side-effects", shows that the tense of the modal verb does not show any hint that the administration has to occur before the side-effects may appear. Hence, the tense of the verb used is of limited suitability for identifying temporal relations.

5 Approach

The general objective of this project is to explore whether temporal annotations, as specified in TimeML, facilitate the manual as well as the automatic translation process of CPGs into their

computer interpretable models. Therefore, we follow a strategy based on sentence-level as well as document-level perspectives. This *'think big, start small'* strategy allows us to approach this challenge from two different views and presumably helps to prove our hypothesis.

In the following subsections the two perspectives are discussed in detail, whereas in section 6 we will show the corresponding methods and results.

5.1 Sentence-Level Perspective: Subordination Links

TimeML specifies different types of temporal relations (TLINK, SLINK, and ALINK) representing the various dependencies that exist between temporal concept primitives (Pustejovsky et al. 2004). The subordination link (SLINK) is used for contexts with a subordination relation between two *events* (Saurí et al. 2006b). The relation is classified according to their types *modal, factive, counterfactive, evidential, negative evidential, or conditional*. In CPGs such subordination relations represent a prominent aspect of the control flow and are often found in sentences expressing conditional activities (corresponds to SLINK type *conditional*) in contrast to clinical narratives, where mainly facts are reported. As no detailed research has been done on subordination links in the medical domain so far, we will set our focus onto this specific aspect.

A few examples of subordination links from clinical guidelines[2] are shown below. The introducing *event* is marked "in bold" and the consequence, which takes the place of the subordinated *event*, is "underlined".

(1) *If there is no **response** the drug should be discontinued.*
(2) ***Women with pain** should be re-examined after two hours.*
(3) *The partogram should be used once labour is **established**.*

Subordination links may be found all over the guideline document – not only in the descriptions of care paths but e.g., also for presenting background information (see sentence number three). Hence, they have to be filtered concerning their control flow relatedness. A closer categorization of the involved *events* may help to distinguish these.

5.2 Document-Level Perspective: The General Approach

If the TimeML specification is applied to a complete guideline document, every contained temporal concept (e.g., EVENT, TIMEX3, TLINK, etc.) will be annotated. The challenge now is to use, adapt, or extend these annotations to make it possible to generate parts of the formal representation of a CPG automatically. In order to reduce the complexity of this approach, the output of previous

[2] The events are identified compliant to the guideline presented in (Sun et al. 2013a).

projects, especially the application of TimeML on clinical narratives, will be reused. Nevertheless, several challenges, which are discussed below, have to be mastered before doing so.

Temporal reasoning is based on the anchoring of events to relative or absolute points of time. However, the identification of these temporal anchors in guidelines is a challenging task. An example: The document creation time (DCT) which is used as an anchor in the newswire domain has not really an informative value for clinical guidelines - exceptionally perhaps for the practitioner but surely not for the sequence of activities in clinical care paths. A possible solution to this problem could be the introduction of the concept of Narrative Time (Pustejovsky and Stubbs 2011). It describes the current temporal anchor for events in a guideline and changes during the reading process. Miller et al. (2013) already discussed this concept for clinical narratives.

In CPGs various information dimensions containing *events* can be identified (e.g., *control, data, time, evidence, resource, patient,* etc.) but not all of them are temporally related to each other. These *events* are not positioned in time or in relation to other temporally located *events* in the document (e.g., *'In clinical practice, women often require 1600 to 2200 kcal per day.'*). The handling of such *Generics* (UzZaman and Allen 2010b) must be defined.

The fact that clinical guidelines not only contain patient and treatment related information but also explanatory notes like: *'The diagnostic criteria for gestational diabetes have been a matter of debate since the publication of the IADPSG recommendations in 2010.'* it is worth investigating if the various extensions (e.g., Sun et al. 2013a) to the TimeML specification formalism are consistently applicable to CPGs.

In guidelines, clinical activities are often recommended to different patient groups (e.g., specified by the age) whereas in clinical narratives the described facts and procedures are always related to one and the same patient. The sentence: *'...the dose of inhaled steroids should be increased to 800 micrograms/day in adults or 400 micrograms day in children (5-12 years), if not already on these doses.'* shows a complex example concerning this matter. As you can see from the sentence above, the patient specifications in this case are even mixed within the same sentence. In order to represent this information in a formal model, a new concept like a patient-container should be introduced.

6 Goals

The long-term goal of this project is the design of an annotation scheme (for temporal relations based on TimeML for clinical practice guidelines) and built upon, the development of methods to automatically generate formal models of CPGs. Based on the two perspectives presented above, this general goal has to be split into two subgoals.

6.1 Goal I: Automatic Identification of Subordination Links

Method. In our experiments we set the focus on the discovering of subordination links (SLINK). Therefore, we (1) identify condition-action sentences concerning control-flow related aspects as candidates for subordination links in a guideline which we have already used in a former project, (2) manually annotate the selected sentences complying to the TimeML specification for SLINKs and find the limitations of the formalism in our application area, (3) extend/adapt the rules of the TimeML annotation guideline in this respect, (4) analyze existing application frameworks which automatically generate TimeML annotations and allow the extension of their rule-sets to those elaborated in step four, (5) manually annotate an existing corpus of condition-action sentences according to step three, apply the prototype of step four, and evaluate the results in order to draw a general conclusion about our algorithm.

Constraints. SLINK annotations depend on the proper annotation of events. Hence, we act on the assumption that temporal expressions (TIMEX3) and *events* (based on the annotation guideline developed in Sun et al. 2013a) have been annotated correctly.

Expected results. These are (1) a prototype with the implemented rules, (2) an evaluation of the rules after applying them on the selected corpus, and (3) a general conclusion to continue our work on the long-term goal.

Evaluation. A comparison of the identified subordination links with a gold standard (developed in step 5) facilitates the calculation of quantitative measures like recall, precision, and accuracy.

Current status. Step (1) of our method presented above has already been finished. The selection of a functioning framework to be able to focus on the implementation of the rule set and not on the coding process is a crucial task and therefore, we rescheduled our steps and continued with step four. The requirement specification for a tool (described in step four) comprises (1) the extraction and normalization of temporal expressions, (2) the identification of concept primitives, and (3) the classification of temporal relations in narrative texts (Sun et al. 2013b). We selected the TARSQI-Toolkit (TTK)[3] for our project as it fulfills these requirements and all TTK modules already use the TimeML annotation language. Additionally, its stable performance is comparable with other tools (e.g. TRIPS (UzZaman and Allen 2010b)).

Figure 1 shows the structure of the toolkit (Verhagen and Pustejovsky 2010). The Slinket module is responsible for the correct identification of subordination links and relies on a combination of lexical and syntactic knowledge (Saurí et al. 2006a). Hence, it will be extended to our rule set.

Currently we are working on step (2).

[3] We used the current version 1.0.

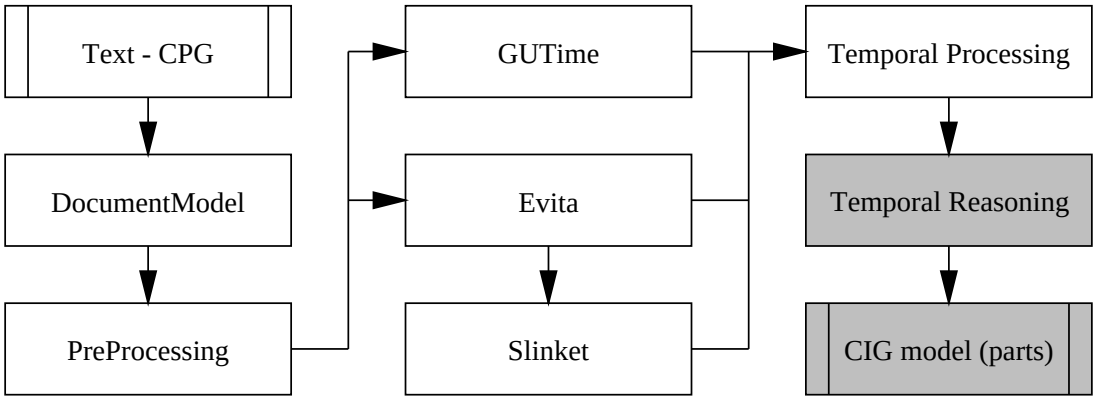


Fig. 1: Structure of the TTK (*GUTime*: temporal expression tagger; *Evita*: event recognition tool; *Slinket*: subordination link categorizer; *Temporal Processing*: responsible for temporal relations) and future extensions (colored in gray).

6.2 Goal II: Extension of the TimeML Specification Language for the Automatic Generation of CIGs

Method. We will (1) manually annotate a guideline based on TimeML and its extensions (Sun et al. 2013a), (2) apply a temporal reasoning mechanism to explore which temporal relations can be inferred for the formal guideline model, (3) identify the concept primitives modeled with TimeML which can be directly transferred to the computerized guideline model (e.g., ASBRU (Shahar et al. 1998)), and (4) find out which extensions for the TimeML specification are needed to successfully realize steps two and three.

Answers to the following research questions are essential for realizing step four:

1. Does the introduction of new types of temporal links help to identify the different temporal dimensions in a formal model of a guideline?
2. Does the concept of the narrative scope solve the problem of temporal anchoring?
3. How can the different views of the stakeholders (patient, physician) of a guideline be modeled in the specification language?
4. Which influence does the structure of the document (e.g., title, headlines) have to the temporal relations?
5. How can generic events be handled?
6. Which external resources (e.g., UMLS Semantic Network) can support the automatic annotation process of medical concepts?

Expected results. We want to (1) draw a general conclusion concerning the suitability of TimeML for our goal, and in case of a positive answer (2) extend the TimeML specification, (3) prepare

an annotation guideline for upcoming projects, and (4) implement a prototype based on existing frameworks (see Figure 1) to show the feasibility of our results.

Evaluation. As an ASBRU model is represented as an XML document, we use an XML distance measure (e.g., Long et al. 2005) to show the similarity between the inferred model and the gold standard.

Current status. Has not been started yet.

7 Conclusion

The aim of this research-in-progress paper was to present a first step towards the application of TimeML to clinical practice guidelines in order to support their translation process into their corresponding formal models. After discussing the main differences between clinical narratives and CPGs, we found out that existing research results are only partially applicable. Subsequently, we gave an overview of our research tasks (goals, methods, expected results) and discussed the current state of our work. If it is possible to prove our hypothesis, the modeling of CPGs will be simplified substantially.

Acknowledgement. This research was carried out as part of project no. TRP71- N23 funded by the Austrian Science Fund (FWF) and of the MobiGuide project partially funded by the European Commission under the 7th Framework Program, grant #287811.

References

de Clercq P. A., Blom J. A., Korsten H. H. M., Hasman A. (May 2004) METHODOLOGICAL REVIEW: Approaches for Creating Computer-interpretable Guidelines That Facilitate Decision Support. In: Artif. Intell. Med. 31(1), pp. 1–27 ISSN: 0933-3657 DOI: 10.1016/j.artmed.2004.02.003 http://dx.doi.org/10.1016/j.artmed.2004.02.003

Field M. J., Lohr K. N. (1990) Clinical Practice Guidelines:Directions for a New Program. The National Academies Press ISBN: 9780309076661 http://www.nap.edu/openbook.php?record_id=1626

Gooch P. (2012) A lightweight, pattern-based approach to identification and formalisation of TimeML expressions in clinical narratives. In: http://openaccess.city.ac.uk/2412/

Kaiser K., Akkaya C., Miksch S. (2007) How Can Information Extraction Ease Formalizing Treatment Processes in Clinical Practice Guidelines? A Method and Its Evaluation. In: Artificial Intelligence in Medicine 39(2), pp. 151–163

Kaiser K., Seyfang A., Miksch S. (2011) Identifying Treatment Activities for Modelling Computer-Interpretable Clinical Practice Guidelines. In: Lecture Notes in Computer Science. Springer Berlin Heidelberg, pp. 114–125 ISBN: 978-3-642-18049-1 DOI: 10.1007/978-3-642-18050-7_9

Lindberg D., Humphreys B., McCray A. (1993) The Unified Medical Language System. In: Methods of Information in Medicine 32(4), pp. 281–291

Long J., Schwartz D. G., Stoecklin S. (2005) An XML Distance Measure. In: Proceedings of The 2005 International Conference on Data Mining (DMIN'05, pp. 119–125

Mele F., Sorgente A. (2011) A Formalism for Temporal Annotation and Reasoning of Complex Events in Natural Language.. In: Vol. 771. CEUR-WS.org http://dblp.uni-trier.de/db/conf/aiia/dart2011.html#MeleS11

Miller T., Bethard S., Dligach D., Pradhan S., Lin C., Savova G. (2013) Discovering Temporal Narrative Containers in Clinical Text. In: Sofia, Bulgaria http://www.aclweb.org/anthology/W13-1903

Pustejovsky J., Stubbs A. (2011) Increasing Informativeness in Temporal Annotation.. In: Linguistic Annotation Workshop. The Association for Computer Linguistics, pp. 152–160 ISBN: 978-1-932432-93-0 http://dblp.uni-trier.de/db/conf/acllaw/law2011.html#PustejovskyS11

Pustejovsky J., CastaÒo J. M., Ingria R., Saurí R., Gaizauskas R. J., Setzer A., Katz G., Radev D. R. (2nd Mar. 2004) TimeML: Robust Specification of Event and Temporal Expressions in Text.. In: AAAI Press, pp. 28–34 ISBN: 1-57735-184-3 http://dblp.uni-trier.de/db/conf/ndqa/ndqa2003.html#PustejovskyCISGSKR03

Pustejovsky J., Lee K., Bunt H., Romary L. (2010) ISO-TimeML: An International Standard for Semantic Annotation. In: European Language Resources Association (ELRA), Valletta, Malta ISBN: 2-9517408-6-7

Raghavan P., Fosler-Lussier E., Lai A. M. (2012) Temporal Classification of Medical Events. In: BioNLP '12. Montreal, Canada, pp. 29–37 http://dl.acm.org/citation.cfm?id=2391123.2391128

Reeves R. M., Ong F. R., Matheny M. E., Denny J. C., Aronsky D., Gobbel G. T., Montella D., Speroff T., Brown S. H. (2013) Detecting temporal expressions in medical narratives.. In: I. J. Medical Informatics 82(2), pp. 118–127 http://dblp.uni-trier.de/db/journals/ijmi/ijmi82.html#ReevesOMDAGMSB13

Saurí R., Verhagen M., Pustejovsky J. (2006a) SlinkET: A partial modal parser for events. In: In Language Resources and Evaluation Conference, LREC 2006

Saurí R., Littman J., Gaizauskas R., Setzer A., Pustejovsky J. (2006b) TimeML Annotation Guidelines, Version 1.2.1

Savova G., Bethard S., Styler W., Martin J., Palmer M., Masanz J., Ward W. (2009) Towards temporal relation discovery from the clinical narrative.. In: AMIA Annual Symposium proceedings 2009, pp. 568–572 ISSN: 1942-597X http://view.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/20351919

Shahar Y., Miksch S., Johnson P. (1998) The ASGAARD Project: A Task-Specific Framework for the Application and Critiquing of Time-Oriented Clinical Guidelines. In: Artificial Intelligence in Medicine, pp. 29–51

Sun W., Rumshisky A., Uzuner O. (2013a) Annotating temporal information in clinical narratives. In: Journal of Biomedical Informatics 46, Supplement(0) 2012 i2b2 {NLP} Challenge on Temporal Relations in Clinical Data, S5 –S12 ISSN: 1532-0464 DOI: http://dx.doi.org/10.1016/j.jbi.2013.07.004 http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S1532046413001032

Sun W., Rumshisky A., Uzuner O. (Sept. 2013b) Temporal reasoning over clinical text: the state of the art.. In: Journal of the American Medical Informatics Association : JAMIA 20(5), pp. 814–819 ISSN: 1527-974X DOI: 10.1136/amiajnl-2013-001760 http://dx.doi.org/10.1136/amiajnl-2013-001760

Terenziani P., German E., Shahar Y. (2008) The temporal aspects of clinical guidelines. In: Stud Health Technol Inform 139, pp. 81–100

Thorne C., Cardillo E., Montali M., Eccher C., Calvanese D. (2013) Process Fragment Recognition in Clinical Documents. In: Proceedings of the 13th Conference of the Italian Association for Artificial Intelligence (AI*IA 2013)

UW Health (2014) Clinical Narrative. http://www.uwhealth.org/advancement-recognition/clinical-narrative/20484

UzZaman N., Allen J. (2010a) TRIOS-TimeBank Corpus: Extended TimeBank Corpus with Help of Deep Understanding of Text. In: European Language Resources Association (ELRA), Valletta, Malta ISBN: 2-9517408-6-7

UzZaman N., Allen J. F. (2010b) Extracting Events and Temporal Expressions from Text.. In: ICSC. IEEE, pp. 1–8 ISBN: 978-1-4244-7912-2 http://dblp.uni-trier.de/db/conf/semco/icsc2010.html#UzZamanA10

Verhagen M., Pustejovsky J. (4th June 2010) Temporal Processing with the TARSQI Toolkit.. In: COLING (Demos), pp. 189–192 http://dblp.uni-trier.de/db/conf/coling/coling2008d.html#VerhagenP08

Verhagen M., Pustejovsky J. (2012) The TARSQI Toolkit.. In: LREC. European Language Resources Association (ELRA), pp. 2043–2048 ISBN: 978-2-9517408-7-7 http://dblp.uni-trier.de/db/conf/lrec/lrec2012.html#VerhagenP12

Wenzina R., Kaiser K. (2013) Identifying Condition-Action Sentences Using a Heuristic-based Information Extraction Method. In: Proceedings of the Joint International Workshop: KR4HC'13+ProHealth'13, pp. 17–29

Modeling and Simulation of Screening: Methods, Technologies and Applications in the Austrian Setting

Günther Zauner, Christoph Urach, Patrick Einzinger, Niki Popper, Irmgard Schiller-Frühwirth, Gottfried Endel

Abstract

Modeling techniques and the decision process for research question definition using PICO (Population, Intervention, Control/Comperator, Outcome) in HTA (Health Technology Assessment) problems are described briefly in the first part of the paper. The second part deals with some aspects of realized screening questions regarding cost effectiveness of organized breast cancer screening in Austria and a screening program for abdominal aortic aneurysm. In case of breast cancer a closer look on model calibration for natural history behavior of tumor growth/development is given.

Keywords: screening, agent based modeling, microsimulation, modeling methods, abdominal aortic aneurysm, breast cancer screening.

1 Introduction

In modern health security systems the transition between health care and treatment towards prevention is happening stepwise. The different strategies like healthier living regarding food, sports and reducing overweight as social factors go together with services of the health care providers in the field of medical check-up and screening. Thereby chronic illnesses as well as cancer are of main interest because they affect a lot of people and looking at the billing they cause a main proportion of costs used for care. Due to these reasons screening gets more and more in focus. Quality assessment and strategy planning is an important longtime strategy to guarantee best treatment and thus get a high participation rate regarding the target population as well as best cost effectiveness,. The health technology assessment (HTA) (Busse and Perleth 2008) of the screening strategies can follow the same process as well known techniques in HTAs of vaccination strategies or HTAs for drug evaluations (Zauner et al. 2010b; Zechmeister et al. 2009). Questions to be answered occur in health policy making when

1. a new screening technology comes into discussion or
2. the providing strategy is changed, for example when an opportunistic screening is changed to an organized screening with quality assurance, or
3. bounded resources have to be distributed to a small section of population

the evaluation process has to be started using modeling and simulation to provide a broadly accepted, objective framework showing the uncertainties and providing scenario calculation as well as sensitivity analysis. To satisfy these requirements a well structured process is necessary and different modeling methods have to be taken into selection process.

2 Research Question

As connective link between the raising health policy discussion of a new screening program and the implementation of the technology assessed, the definition of the main questions answered for HTA have to be defined. Hereby national or international guidelines and law have to be taken into account. In structured work this is often done using the PICO (Straus et al. 2005) framework. PICO describes a standardized question including:

- **P**opulation,
- **I**ntervention,
- **C**ontrol,
- **O**utcome.

This paper does address the issue of how to generate a reasonable question for the modeling process on basis of the PICO question. The processes of selecting a question for decision-making (prioritization) and of evaluating the findings within a broader political context (appraisal) are not covered in detail in this paper. These aspects are, particularly in Austria, largely influenced by political decisions. Nevertheless different modeling techniques are in the focus. They provide the implementation of different aspects and overall view on the problem to be answered. Modeling and simulation act as decision support tool to:

- calculating the basic scenario representing in most cases the Control,
- realization of the Intervention set up,
- calculation of scenarios,
- transformation of the simulated results to the defined output format and representation of the Outcome.

All work should be done based on the defined Population as given by the PICO research question.

2.1 Definition

Working on a problem in HTA usually at first requires a clarification of the potential decisions, the definition of the population, the intervention, the comparator and the outcomes of interest, the

PICO question. In this phase the question has to be worded as precisely as possible, while at the same time the feasibility and necessity of modeling have to be discussed. Knowledge of the health care system is essential to understanding the various paths the HTA process can take. The PICO question itself is the starting point - the first point where the potential quality of an assessment is decided. It should be defined using an interdisciplinary group to end up in:

- A well defined research question,
- A description that fits in detail the decision demand of politics, and
- A specification for the model selection and parameterization process.

Having arrived at the PICO question, it needs to be identified which part of the HTA process can be supported by modeling and simulation. It has to be decided which research questions can be answered using models and what steps have to be taken in order to be able to do so. These decisions should be taken by a steering group covering the various aspects that come into play.

2.2 Data

Based on this, the problem's data and structure have to be analyzed. The raw structure of data gives additional information about knowledge depth and real world data availability for parameterization of the following model and decision process. The model structure decision process can be realized in a feedback structure as shown in (Zauner et al. 2010a). In Austrian and international setting the selection of the target population becomes more and more important. For instance, based on the guidelines of Vienna health promotion institutions it is stated out that: especially different health care needs of men and women, based on biological sex and social gender are factored in gender mainstreaming. The gender mainstreaming aspects have to be discussed in each direct and indirect action of health promotion. In the next section potential modeling methods and the modeling technique selection process, which represent an iterative process performed within the steering group, are described.

3 Model structure decision process

The model structure decision process for screening models is influenced by a broad variety of demands and guidelines. Thus it is necessary to choose a modeling method that is not only capable to fit the problem adequate, but also easily comprehensible to guarantee that it can be discussed in an interdisciplinary team. Furthermore it should offer a structure that can easily be validated by the external decision makers. This point is essential in getting an objective decision process, and is supported by following quotes:

"Complexity means distracted effort. Simplicity means focused effort." (De Bono, 1998)
"Make everything as simple as possible, but not simpler." (Albert Einstein)

The following interpretation can be given regarding modeling and simulation in screening settings: it tries to provide the best possible description of a system in the simplest possible way. This avoids producing descriptions that are over-full as well as descriptions that fail to explain enough. To get the insight in the complexity and to choose an adequate model used for modeling a screening program preliminary work has to be done. Especially:

- Defining the detailed research question
- Setting up an interdisciplinary working team and
- Clearly defining the result transfer to the decision makers (integrating the decision process into the question setup or at least find a consensus of what are the main points of interest answered during project phase).

3.1 Characterization and model types

As a model is always a simplified representation of reality different possibilities to implement changes in state variables can be realized. When and how this happens is part of the modeling technique. These are in general:

- Discrete time steps
- Continuous time flow
- Discrete events.

Some of these concepts have to be taken because they originate directly from the used technique. Others are chosen because of the model concept, investigated question or simplicity. This can be the reason if there is not much improvement by choosing a more complex method.

Classification can be done using different strategies: White-Box versus Black-Box modeling describes the kind of information and functional coherences used. Top-Down versus Bottom-Up provides a concept of the view on the population. Another classification of population can be cohorts versus microsimulation versus agents (Weinstein 2006). Continuous / discrete time and discrete events characterize the simulation progress (Bossel 1992; Cross and Moscardini 1985).

Decision trees are tree-like hierarchical ordered graphs or models representing options for actions (strategies) and sequences of possible events following these actions. For each potential strategy, there are paths that represent all possible sequences of events. The event probabilities can vary with the chosen medical action or with patient characteristics. At the end of the decision tree, each path leads to a certain outcome value (for a quite simple example see Schöffski and Schulenburg 2008). The main advantage of such a modeling system is the clear structuring of decisions and consequences in a stochastic decision problem. The disadvantages are substantiated by the fixed time horizon and by the fact that the decision tree can become unwieldy for recurring events.

Markov models describe the progression of a disease through a number of disparate states. Patients or cohorts are always in one of these predefined states. All events of interest are modeled as transition from one state to another. Updates of states are performed at discrete time steps. Transitions are usually integrated into the branches of decision trees that structure the decision problem. Markov models are based on the Markov assumption: The future of the system depends on the present state only and not on the history.

Markov cohort models are typical representatives of top-down model approaches. Furthermore they provide a relatively simple handling, so they are preferred in many areas of HTA (Briggs and Sculpher 1998; Sonnenberg and Beck 1993). Advantages are a direct projection of data which allows relatively easy parameterization, transparent calculation that is also understandable for non-modelers, and that there is no need for computer programming; it can also be calculated in programs like Microsoft EXCEL. Disadvantages mainly occur due to the reason that dynamic effects that obviously exist in real systems are completely ignored. Furthermore modeling of feedback loops is not possible. A Markov model is not a representation of a whole adaptive system over a time but only follows a single person or cohort over time, disregarding the rest of the population. So they are restricted in their level of detail.

Ordinary Differential Equations (**ODE**s) occur in HTA questions in screening only indirectly, namely, using **System Dynamics (SD)**. SD is an approach for modeling dynamic systems which evolve continuously over time. It depicts systems consisting of a set of levels (also called stocks; one can imagine them as reservoirs or water tanks) which are connected by flows or rates (one might imagine flows as pipes). Each level stores a numerical state. Flows change the value of states over time (an example of SD in breast cancer screening: Tejada et al. 2013). As SD is a top-down approach which can handle modeling interaction: the flow rates of the levels (or cohorts) can depend on the levels themselves and also on other levels. This type of interaction would not be possible in Decision Trees or Markov Models. Nevertheless there are a few situations when a SD approach should not be the chosen (Brennan et al. 2006):

- If the population is inhomogeneous in multiple attributes which are important for the problem, as models of a large number of cohorts can become quickly difficult to handle.
- If the (inter-)actions of individuals should be modeled.
- If the population is small and the assumption that the number of individuals in a level can take on continuous quantities would lead to wrong results.

Discrete event simulation (DES) is one way of building up models to observe the time based (or dynamic) behavior of a system. There are formal methods for building simulation models and ensuring that they are credible. During the experimental phase the models are executed (run over time) in order to generate results. The results can then be used to provide insight into a system and as a basis to make decisions. The main characteristic of Discrete Event Simulation is that the system state does only change at certain time points when events occur. Time moves from one of these events to the next, the time in between is of no relevance because no event occurs.

DES in general allows a very clear differentiation between structure and dynamic behavior of a system which is one of the main benefits. Reducing this dynamic behavior to a series of events that take place at certain points in time makes this method of modeling a very useable approach for a wide variety of applications. The main problem with event based modeling is the occurrence of events that take place at the same point of time. This may quickly lead to a distortion of the course of events, based on the wrong order of changes to the system.

Agent based modeling (ABM) is a relatively young discipline that has become possible with powerful computers. The main goals of ABM are:

- The possibility to model details satisfyingly exact.
- Creation of dynamic effects that cannot be created with other models and that cannot be represented by parameters.
- Models with natural and descriptive structure and data.

ABM provides a natural description of the real system. That means that agents in the models look like components in reality and act in a way that can be observed in real systems. Parameters in the model correspond with quantities that occur in reality. The technical advantages are the possibility to model dynamic effects by well-known rules, due to flexible model environments that provide scalability for size and details in a simple way. The advantages in application are mainly that no knowledge about mathematical theory is necessary, and model structure is very clear and therefore the interdisciplinary partners in a screening HTA can give their input without having advanced knowledge in computer techniques. The main disadvantages are based on the fact that small errors in the description of single agent behavior can influence the overall system reaction. Besides that there are only a few mathematical methods for analyzing ABM. Often statistical evaluation of results is the only possibility.

3.2 Model decision process

Summing up, there is a list of modeling methods fitting to HTA questions in screening applications on different level (point of view, details) and in different quality. To get best results and to follow best practice it is necessary to realize the modeling method decision after:

- The definition of the main research question and
- Basic evaluation of given data structures for parameterization.

Another often postulated demand, especially from decision maker's point of view, is that the model under discussion has to be comparable with selected published international work. That influences the model structure selection process.

4 Example applications for the Austrian setting

Two substantially different examples for model based HTA in screening questions for the Austrian setting realized by the authors are presented in the following section. For this purpose parts of the whole work are explained and discussed briefly. The first example deals with a chronic disease - abdominal aortic aneurysm (AAA) - and the other one deals with organized breast cancer screening for women, the most frequent cancer in women in developed countries.

4.1 Abdominal Aortic Aneurysms

Abdominal Aortic Aneurysms (AAA) is a disease which describes an overlarge abdominal aorta, which may lead to its rupture which usually ends fatal. AAAs concern about 2 - 6% of all men aged 65+. Prevalence for women is only about one fifth of that of men, but the probability of ruptures is about four times higher. Ultrasonic screening is used for diagnosis with about 100% sensitivity and specificity, it is cheap and therefore considerations about addition of organized AAA screening to the medical check-up program in Austria are obvious. The PICO research question is defined as follows:

- **P**opulation: 65-year old people over 20 years
- **I**ntervention: organized Screening of the age group, including follow up strategies
- **C**ontrol: no screening strategy
- **O**utcome: number of ruptures, fatality rate and cost effectiveness ratio

Boundary conditions regarding modeling and simulation: The simulation model should allow the evaluation of AAA screening programs, especially testing assumptions which cannot be examined in real life experiments or clinical trials due to ethical, technical (time horizon) or cost-related reasons. The modeling research question is therefore to

- develop a simulation model for development, screening, treatment and corresponding costs of AAA in Austria
- analyze AAA-induced cases for 65-year old people over 20 years
- simulate the influence of key factors for AAA development and rupture
- assess organized screening following EUnetHTA core information (Kristensen et al. 2009)

Parameterization of the model is mainly performed based on information created within the IFEDH (FFG grant number 827347) project. This information was supplemented with reimbursement data as well as results from studies. Aggregation of the collected data to technical parameters is described in (Abdominal Aorta Aneurysm – Cost-Effectiveness Analysis on Introduction of Organized Screening in Comparison to Current Practice in Austria), assumptions for screening strategies or fuzzy parameters were also realized within IFEDH. One basic point in setting up

parameters was the comparability (only on parameter level, not the simulation technique) with work done by EUnetHTA.

Within the IFEDH-project a model structure for AAA screening was developed. Thereby using an agent-based model was suggested consisting of four interacting parts (see Figure 1): Population module, Disease progression module, Treatment module, Protocol module;

The model structure decision process was realized by people from Main Association of Austrian Health Security Institutions (having the role of the decision maker), HTA-experts, statisticians and experts in the field of dynamic modeling and simulation from dwh simulation services and Vienna University of Technology. The ABM structure was used due to the reason that not all scenarios where defined in the beginning of the process and therefore highest flexibility was one of the key decision arguments. Beyond that weaknesses in realized international models have been detected and discussed. As third reason for using modular ABM structures the re-usability of well defined model parts was in focus.

Fig. 1: Overview of the modular modeling structure based on formular point of view

The population module initializes the targeted population and simulates its progression over the modeled time horizon, for example aging or non-AAA-related death. Disease progression, in this case the growth of the abdominal aorta, is implemented in the disease progression module (see Figure 2 for representation of disease classification). Surgeries belong to the treatment module while the protocol module is responsible for the recording of values of interest.

The concept behind this structure lies in flexibility and reusability. Disease or treatment specific assumptions only need to be changed within the corresponding modules. The protocol serves two purposes. It records values and performs analyses, for example the calculation of costs of life years gained. The base run simulates the development and treatment of 65-year old people (in 2012) over 20 years with and without organized screening. Screening strategies are compared, the greatest possible impact is shown by (hardly realistic) 100% screening participation. Because of different epidemiological behaviour, the population is evaluated separately for men and women. Afterwards, sensitivity analysis is performed to assess impreciseness of the results caused by fuzzy parameters.

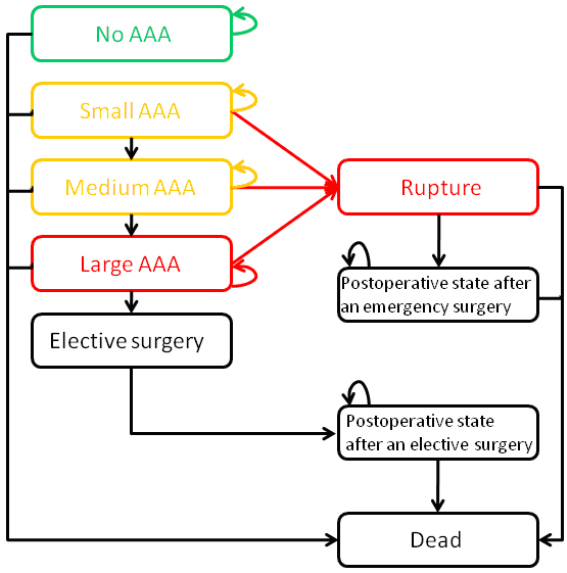


Fig. 2: Representation of disease classification and states after treatment due to surgery

From modeling theory point of view it can be stated that in the Austrian context agent based modeling techniques are identified as most flexible and well suited for modeling the AAA incidence as well as screening and treatment.

4.2 Cost effectiveness analysis of breast cancer screening in Austria

Breast cancer is the most common cancer in the female population in Austria. Mammography screening trials have been shown to reduce breast cancer mortality by 15% (Gøtzsche and Nielsen 2009) to 25% (Vainio and Bianchini 2002) in screened women who are more than 50 years of age.

The **aim of this study** was to evaluate the cost-effectiveness of an organized screening program for the early detection of breast cancer compared with an established opportunistic screening and to identify factors influencing the clinical and economic outcomes from the Austrian health care system perspective. The PICO research question is defined as follows:

- **P**opulation: asymptomatic women, 45 to 70, at normal risk for breast cancer
- **I**ntervention: Organized Screening for breast cancer with mammography
- **C**ontrol: Opportunistic Screening for breast cancer with mammography
- **O**utcome: Death cases avoided, incremental cost effectiveness ratio

A decision analytic microsimulation model was applied as the appropriate modeling approach. The microsimulation can be used to handle all necessary requests of the modeling structure. Due to the reason that no influence in behavior (like the probability to take part for each single women)

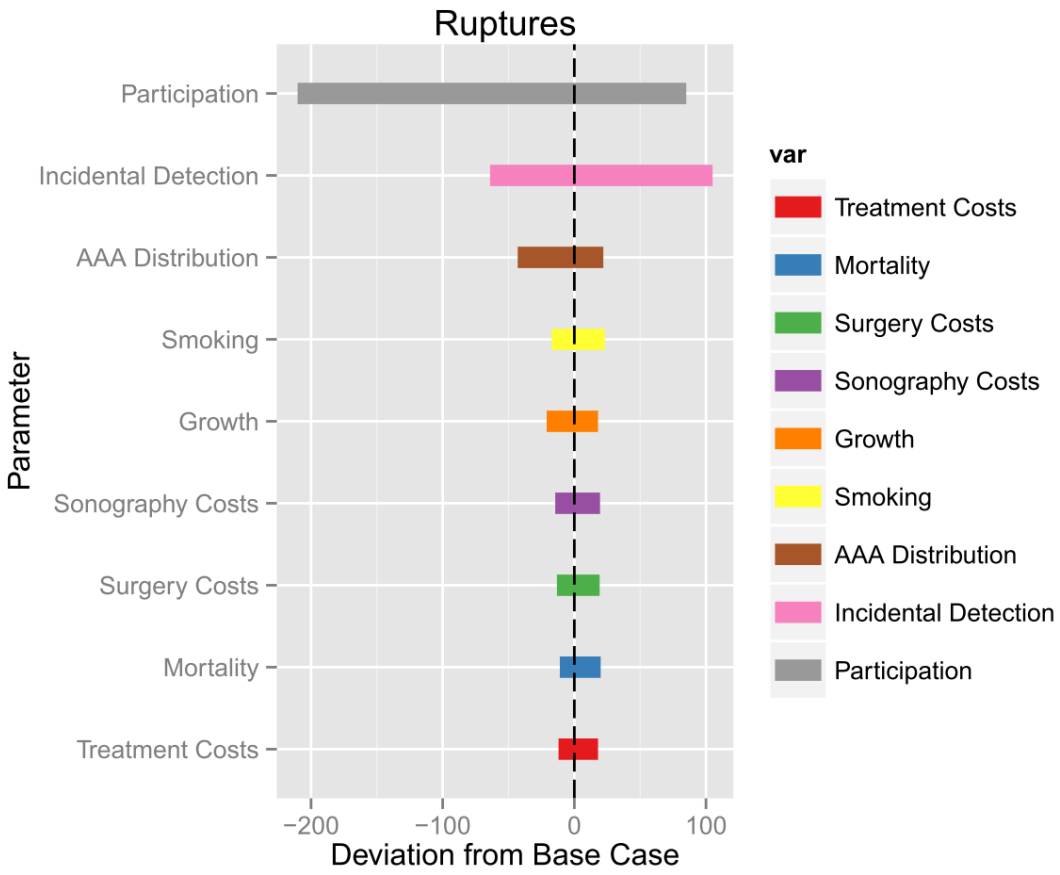


Fig. 3: Model result representation for the output value Ruptures as tornado diagram to identify the influence of the single key parameters

is under discussion it is not called for the flexibility of an ABM. The Markov model consists of 3 main components:

- comprising a breast cancer natural progression pathway (Figure 4), including clinical diagnosis;
- an opportunistic screening and
- organized screening pathway.

The health states in the Markov Model were defined as no cancer, undiagnosed and diagnosed ductal carcinoma in situ (TIS), undiagnosed and diagnosed invasive local, regional, distant cancer, death from breast cancer and non-specific mortality attributable to non-breast cancer causes. The structure of the model is similar to other models already used in the evaluation of breast cancer screening programs. This guarantees the comparability. The majority of economic models for breast cancer screening in the literature have classified cancers by tumor size like MISCAN (Gelder et al. 2009). However, Statistic Austria data do not categorize cancer detection rates by tumor size, but

data are reported as EOD (extent of disease coding), a simplified TNM (Tumor, Node, Metastasis) classification.

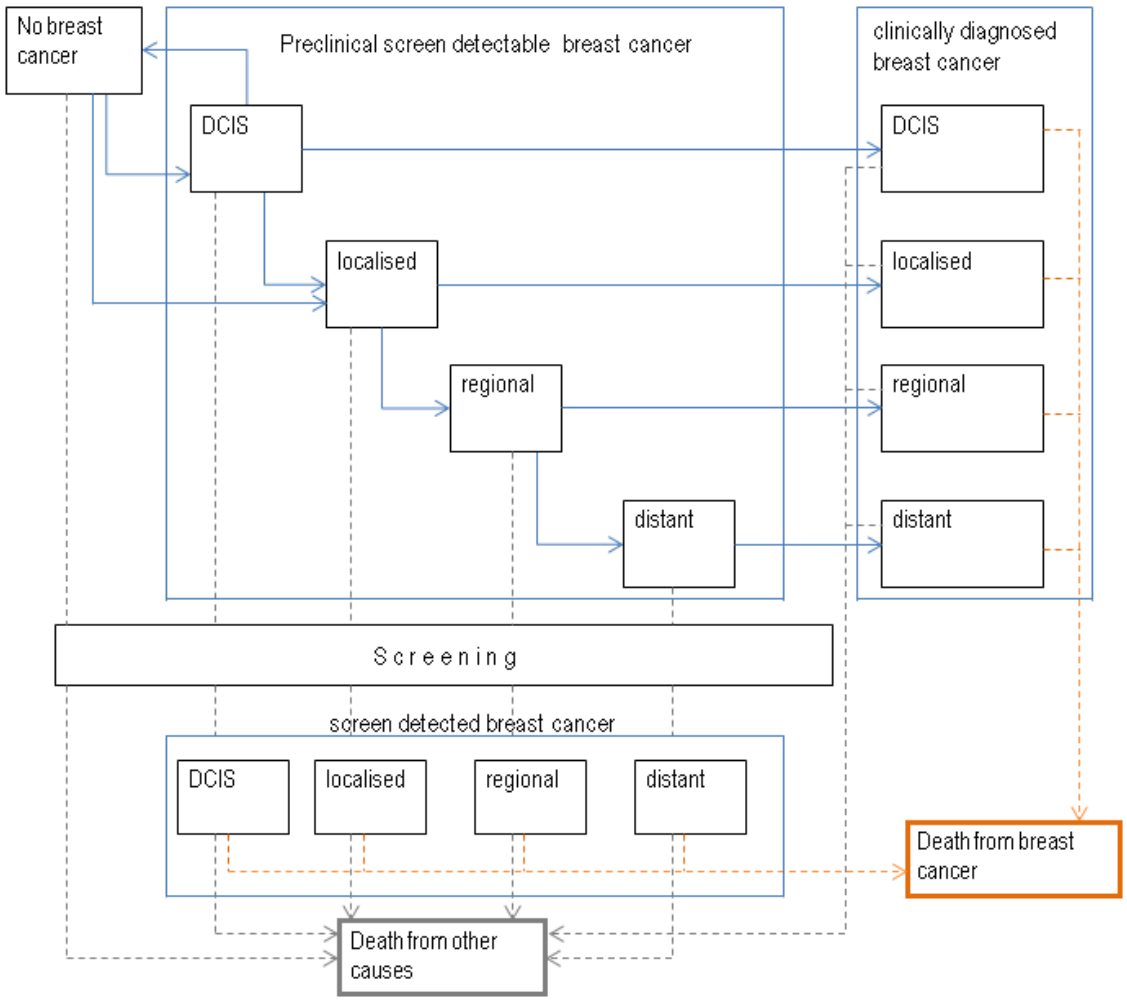


Fig. 4: Flow diagram representing the natural history of breast cancer in the model including all cause mortality. The blue arrows indicate possible breast cancer progression pathways during each cycle

A model that evaluates the cost-effectiveness of the current opportunistic screening scenario in Austria compared with an organized screening program is developed using TreeAge Pro 2013 (TreeAge Software Inc) software.

As an example of cooperation of different disciplines in one research project leaded by a HTA-expert and for more detailed explanation of key assumptions the calibration (Taylor et al. 2007) of the breast cancer incidence (not detected cases) is chosen: Incidence and the prevalence of mamma carcinoma in 40-year-old women are important parameters of the model. While there are good

data on breast cancer diagnoses in Austria, it is naturally very difficult to estimate these values. Therefore these parameters were calibrated with data on diagnoses.

The number of diagnoses with breast cancer of women at age 40 and above during the years 1987–1991 from the Austrian cancer registry were included. This time was prior to the introduction of opportunistic cancer screening in Austria. Therefore it was possible to use the model without the implementation of screening. For every five-year age group this resulted in the numbers of cases per stage. They were then divided by the number of person-years of women in the respective age group and multiplied with 100000 to get the number of breast cancer diagnoses per 100000 women.

For **calibration** purposes the model of the natural history of the disease and the clinical diagnosis was re-implemented in the simulator AnyLogic, because TreeAge Pro has no automatic calibration capability and it is also harder to compare the output of simulation runs over time with data. AnyLogic uses the OptQuest optimization engine for calibration purposes.

Figure 6 shows a graphical representation of the process that each woman goes through. It is the same as in the original model implementation. The model uses 38 parameters, of which 28 were calibrated. The calibration experiment reads the desired diagnosis numbers (a total of 48 data values for TIS, local, regional and distant cancer in twelve age groups) and compares them with the simulation results. For this purpose, at the middle of each five-year interval it counts the women that are alive and undiagnosed. This number multiplied with the observation period of five years gives the number of person-years. Then after the interval it divides the number of diagnosis that occurred during the interval by the number of person-years and multiplies it with 100000 in order to get a value comparable to the data.

The objective function of the calibration was composed as follows: For each cancer stage (TIS, local, regional and distant) the square root of the average of the squared differences between all ten data values and simulated values was calculated. Additionally, as 40% of invasive cancers should be preceded by TIS, the absolute difference of the simulated proportion and 0.4 was also calculated. All these five single values were weighted with 100 divided by the mean of their data values in order to get comparable scales.

The calibration procedure started with 500 automatic iterations of the simulation. Every iteration consisted of at least two and a maximum of 100 replications with identical parameters to account for stochastic variance. The ranges for the calibration parameters were set rather broad, from 0 to 0.001. After this automatic calibration parameter ranges were identified and therefore the basis for improving the calibration by manually changing parameter values and comparing the results was given. The fit for TIS and regional cancer diagnoses is acceptable. For distant diagnoses the simulation results in moderately higher values in younger age and lower values in older age. The proportion of invasive cancers preceded by TIS is with 0.37 a bit lower than the target proportion of 0.4.

The gathered results of model calibration give an adequate starting point for the next steps realized for the mammography screening project based on the defined PICO question. In this example the necessity of interaction between the specialists in different domains (medicine, data

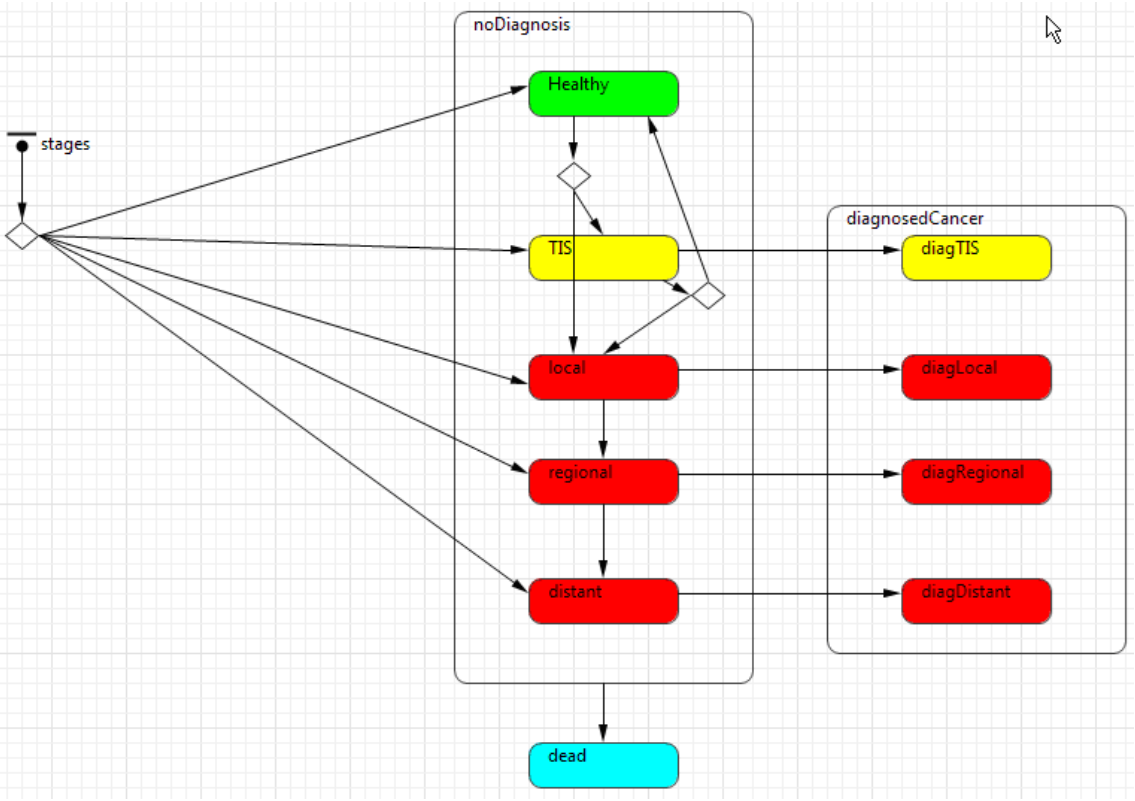


Fig. 5: Implementation of the women in the model. The state chart on the left shows the possible progression through stages. Each woman starts in an undiagnosed stage according to the start prevalence. Progressions from healthy to TIS and to invasive cancer, or from TIS or an invasive cancer stage to the next higher stage are possible. Additionally, a woman with TIS may become healthy again, and TIS as well as invasive cancer stages can get diagnosed. Death is also possible in each undiagnosed stage. The action chart on the right shows the sequence in each time step

knowledge and modeling) was very important due to lack of real world high evidence data on natural history of disease progression.

5 Results and Outlook

The literature and theory work done by the working groups of the paper in the field of HTA, modelling techniques in health economics, as well as developments in hybrid model coupling and modular modelling led to question solving ability for screening issues.

Due to rising of more complex HTA questions in future, the solution techniques need to be improved periodically. The interdisciplinary model decision process based on PICO and given data structures/boundaries seems to become more important in future; simultaneous the time span for

question solution is lowering. This is why modular modeling concepts and a broad knowledge on different techniques are in focus. Standardized or automated parameterization of model parts are under development and are promising regarding speeding up decision support with necessary actuality and quality of parameterization.

Conflict of interest and acknowledgement

dwh and our content experts wish to disclose they have no financial interests or other relationships with the manufacturers of commercial products, suppliers of commercial services, or commercial supporters. The IFEDH research project was funded by the COIN - Cooperation and Networks program of the Austrian Research Promotion Agency (FFG), the national funding institution for applied research and development in Austria. The project is headed by dwh and runs from October 2010 to September 2012.

References

Bossel H. (1992) Modellbildung und Simulation Vol. 2. Vieweg Braunschweig

Brennan A., Chick S. E., Davies R. (2006) A taxonomy of model structures for economic evaluation of health technologies. In: Health Economics 15(12), pp. 1295–1310

Briggs A., Sculpher M. (1998) An introduction to Markov modelling for economic evaluation. In: Pharmacoeconomics 13(4), 397–409

Busse R., Perleth M. (2008) Health technology assessment: Konzepte, Methoden, Praxis für Wissenschaft und Entscheidungsfindung. MWV

Cross M., Moscardini A. O. (1985) Learning the art of mathematical modelling. John Wiley & Sons, Inc.

de Gelder R., Bulliard J.-L., de Wolf C., Fracheboud J., Draisma G., Schopper D., de Koning H. J. (2009) Cost-effectiveness of opportunistic versus organised mammography screening in Switzerland. In: European Journal of Cancer 45(1), 127–138

Gøtzsche P. C., Nielsen M. (2009) Screening for breast cancer with mammography. In: Cochrane Database Syst Rev 4(1)

Kristensen F. B., Lampe K., Chase D. L., Lee-Robin S. H., Wild C., Moharra M., Garrido M. V., Nielsen C. P., Røttingen J.-A., Neikter S. A. et al. (2009) Practical tools and methods for health technology assessment in Europe: Structures, methodologies, and tools developed by the

European network for Health Technology Assessment, EUnetHTA. In: International journal of technology assessment in health care 25(S2), pp. 1–8

Schöffski O., von der Schulenburg J.-M. G. (2008) Gesundheitsökonomische Evaluationen. Springer

dwh Simulation Services Abdominal Aorta Aneurysm – Cost-Effectiveness Analysis on Introduction of Organized Screening in Comparison to Current Practice in Austria.. http://www.hauptverband.at/mediaDB/996829_EBM_Bericht_Abdominal_Aorta_Aneurysm.pdf

Sonnenberg F. A., Beck J. R. (1993) Markov models in medical decision making a practical guide. In: Medical decision making 13(4), pp. 322–338

Straus S. E., Richardson W. S., Glasziou P., Haynes R. B. (2005) Evidence-based medicine: how to practice and teach EBM. In:

Taylor D., Kruzikas D, Pandya A, Iskandar R, Gilmore K, Weinstein M. (2007) MC1 METHODS OF MODEL CALIBRATION: A COMPARATIVE APPROACH. In: Value in Health 10(3), A7

Tejada J. J., Ivy J. S., King R. E., Wilson J. R., Ballan M. J., Kay M., Diehl K., Yankaskas B. C. (2013) Combined DES/SD Model of Breast Cancer Screening for Older Women, II: Screening-and-Treatment Simulation. In: IIE Transactions (just-accepted)

Vainio H., Bianchini F (2002) IARC Handbooks of cancer prevention: breast cancer screening. IARCPress, Lyon

Weinstein M. C. (2006) Recent developments in decision-analytic modelling for economic evaluation. In: Pharmacoeconomics 24(11), pp. 1043–1053

Zauner G, Popper G, Breitenecker F (2010a) Evaluation of Different Modeling Techniques for Simulation of Epidemics. In: Snorek M, Buk Z, Cepek M, Drchal J (eds.) Proceedings of the 7th EUROSIM Congress on Modelling and Simulation Vol. 2. EUROSIM, 791–796

Zauner G, Miksch F, Popper N, Endel G, Schiller-Frühwirth I, Breitenecker F (2010b) PIH47 LONG-TERM EFFECTS OF CHILDREN PNEUMOCOCCUS VACCINATION: AN AGENT BASED APPROACH. In: Value in Health 13(7), A383–A384

Zechmeister I., Blasio B. F. d., Garnett G., Neilson A. R., Siebert U. (2009) Cost-effectiveness analysis of human papillomavirus-vaccination programs to prevent cervical cancer in Austria. In: Vaccine 27(37), pp. 5133–5141

Anforderungen an arbeitsplatzintegrierte Anwendungen für die Meldung an Krebsregister

Udo Altmann

Abstract

Das im Jahre 2013 verabschiedete Krebsfrüherkennungs- und -registergesetz (KFRG) legt die Grundlagen für den flächendeckenden Aufbau klinischer Krebsregister in Deutschland. Da die klinische Krebsregistrierung wesentlich komplexer ist als die bereits seit mehr als einem Jahrzehnt praktizierte epidemiologische Registrierung steigen die Anforderungen auch an die beteiligten Systeme. Der Beitrag beschreibt Anforderungen an die Krebsregistrierung und behandelt die daraus resultierenden Anforderungen an klinische Arbeitsplatzsysteme. In Beispielen wird dargestellt, wie der Ablauf der strukturierten Dokumentation für die elektronische Meldung an Krebsregister aussehen könnte und welche Anforderungen an das dahinterliegende Datenmodell gestellt werden können. Abschließend wird diskutiert, in welchem Umfang und wie Regeln in die Erfassung implementiert werden können.

1 Einleitung

Für das Verständnis der in den folgenden Kapiteln genannten Anforderungen und Umsetzungsszenarien soll zunächst das System der Krebsregistrierung mit Blick auf das deutsche Krebsfrüherkennungs- und -registergesetz (KFRG) (SGB V § 65c) beschrieben werden. Im Wesentlichen können zwei Typen von Krebsregistern unterschieden werden.

Die epidemiologischen Krebsregister erfassen bevölkerungsbezogen Maßzahlen für die die Häufigkeit des Auftretens (Inzidenz) von Krebserkrankungen sowie das Überleben nach Auftreten einer Erkrankung. Ziel ist es Unterschiede, sowohl regional als auch zeitlich, zu messen, zu bewerten und Schlussfolgerungen zu ziehen. Die Überprüfung der dabei aufgestellten Hypothesen erfordert häufig Zusatzdaten, die im Rahmen von Studien erhoben werden. Eine wichtige Funktion ist auch der Abgleich mit Kohorten, beispielsweise aus dem Brustkrebsscreening, um Aussagen über die Auswirkungen und die Effizienz von Gesundheitsprogrammen treffen zu können. Der Datensatz ist relativ klein und umfasst neben demographischen Daten solche zur Art der Erkrankung, zur Ausbreitung und zum Überleben. Therapien werden allenfalls in groben Kategorien erfasst.

Die klinischen Krebsregister haben zum Ziel, die Daten einer, mehrerer oder aller Behandlungseinrichtungen einer Region zu Krebspatienten zu sammeln. Der Datensatz ist wesentlich differenzierter und umfasst neben detaillierten Therapieangaben auch solche zu Tumorfreiheit

und Wiederauftreten von Erkrankung. Damit lassen sich bei aller Vorsicht grundsätzlich Vergleiche zwischen Behandlern, bzw. Behandlungseinrichtungen und Therapiestrategien hinsichtlich der Behandlungsergebnisse durchführen. Außerdem lässt sich überprüfen, ob bestimmte Therapieleitlinien eingehalten werden. Daher spielen Aspekte des Qualitätsmanagements in der aktiven Nutzung der Register eine große Rolle. Zwar lässt sich die Aussagekraft bezüglich des Vergleichs von Therapien nicht mit der von klinischen Studien vergleichen, da die Erfassung nicht so stark kontrolliert werden kann und die erhobenen Daten auch nicht so detailliert sind. Der Vorteil im Sinne der Versorgungsforschung ist jedoch, dass Therapien, die an selektierten Populationen validiert wurden, in der Breite andere Effekte haben können und dies durch das Registrierungssystem messbar wird.

Epidemiologische Register wurden bis zum Ende der 90er Jahre flächendeckend aufgebaut und haben nun einen weitgehend guten Vollzähligkeitsgrad erreicht. Klinische Register sind bisher nur teilweise flächendeckend vorhanden, was durch das 2013 verabschiedete KFRG geändert werden soll.

Die Inhalte der beiden Registerformen sind insoweit harmonisiert, dass ein Arzt, der Daten an ein klinisches Krebsregister meldet, diese nicht nochmals an ein epidemiologisches Register schicken muss, da die beiden Registertypen Daten austauschen. Gemeinsamer inhaltlicher Nenner der klinischen Register ist der Onkologische Basisdatensatz. Im Rahmen des KFRG wird die organisatorische Ausgestaltung von klinischer und epidemiologischer Registrierung vielerorts umgebaut werden, so dass nur im Folgenden nur noch von Krebsregistrierung gesprochen wird, die klinische und epidemiologische Aspekte hat.

Die Krankenkassen, die den Hauptanteil an der Finanzierung der klinischen Krebsregister tragen, haben Förderrichtlinien erlassen, die neben Anforderungen an Qualität der Daten und Rückmeldung von Ergebnissen an Leistungserbringer auch eine möglichst elektronische Übermittlung von Meldungen umfassen. Dabei können sowohl Schnittstellen zum Einsatz kommen als auch Eingabemasken in Melderportalen. Dieser Beitrag beschäftigt sich mit den Aspekten der elektronischen Erfassung in Arbeitsplatzsystemen (GKV Spitzenverband 2013).

Wichtige Teilprozesse, wie die systematische Erfassung von Leichenschauscheinen und der Abgleich mit Meldeamtsdaten spielen sich außerhalb von Arbeitsplatzsystemen ab und werden in diesem Beitrag nicht behandelt, obwohl auch sie zu den Datenquellen der Register gehören.

2 Anforderungen an Krebsregister

Neben der inhaltlichen Richtigkeit von Daten sind die wesentlichen Maßzahlen deren Vollzähligkeit und Vollständigkeit, was mit den entsprechenden statistischen Anforderungen Verzerrungsfreiheit (durch Vollerhebung) und fehlenden „Missing Values“ korreliert.

2.1 Richtigkeit

Zur Überprüfung von Richtigkeit steht praktisch nur ein begrenztes Repertoire an Methoden zur Verfügung, da der Vergleich mit Originalunterlagen aus Ressourcengründen in der Regel nicht stattfinden kann. Selbst Rückfragen bei offensichtlichen Widersprüchen sind nur in begrenztem Umfang praktikabel. Da jedoch Informationen zum selben Sachverhalt manchmal aus mehreren Quellen kommen, werden Differenzierungsgrad der Information (z. B. „Brustkrebs“ versus „Brustkrebs im oberen äußeren Quadranten der linken Brust“) und Art der Quelle (betreuender Arzt, Pathologe, . . .) durch ein sogenanntes Best-of Verfahren, das für die epidemiologische Registrierung in SOPs und Handbüchern beschrieben ist, bewertet und zusammengeführt (Hentschel und Katalinic 2008).

Es wird häufig betont dass Prüfungen bei Dateneingaben vor Ort beim Melder die Datenqualität bessern würden (z. B. Heidinger et al. 2013). Dem stehen Beobachtungen gegenüber [diverse persönliche Mitteilungen], wie Ärzte unter Zeitdruck und mit fehlender Motivation für unbeliebte Codierarbeiten die Daten durch ein Minimum an Aufwand plausibel machen, so dass die Richtigkeit nicht mehr unbedingt gewährleistet. Daher bevorzugen es viele Register, Dokumentare für Erfassungsaufgaben einzusetzen, denen die Krankenakten zur Verfügung stehen. Vielfach werden aussagekräftige Arztbriefe oder Tumorkonferenzprotokolle als Informationsquelle in Registern akzeptiert, da auf der gleichen Grundlage klinische Entscheidungen getroffen wurden und werden.

2.2 Vollzähligkeit

Hier geht es darum, ob alle Fälle gemeldet werden, die gemeldet werden sollen. Für die epidemiologische Registrierung existieren etablierte Verfahren, die auf Goldstandards, z. B. Pathologenmeldungen, Leichenschauscheinen und Erfahrungswerten aus anderen Regionen beruhen. Für klinische Registrierung geht es jedoch auch darum, alle relevanten Ereignisse (Therapien, Wiederauftreten oder Progression von Erkrankungen etc.) zu einer Erkrankung zu erfassen.

Ein großer Vorteil des Register-Paradigmas gegenüber Studien ist, dass bei Registern gerade keine Annahmen über die weitere Versorgung und den Weg eines Patienten gemacht werden. Hier liegt jedoch umgekehrt die Herausforderung, denn onkologische Behandlung ist sehr häufig multidisziplinär und auf mehrere Versorger verteilt. Unter dem Aspekt der Vollzähligkeit muss man also gewährleisten, dass alle an der Versorgung von Krebspatienten Beteiligten auch melden.

Für eine Unterstützung der Meldung durch Arbeitsplatzsysteme bedeutet das, dass eine Art Monitoringfunktion sicherstellen sollte, dass potenzielle Ereignisse erkannt werden und auf möglichst „intelligente“ Art eine Nutzerinteraktion auslösen.

Verschärfend kommt hinzu, dass ein Register eigentlich nur die Versorger, sprich Melder einer überschaubaren Region betreuen kann, der Patient jedoch selbstverständlich nicht an seine Wohnregion gebunden ist. Dieser Effekt ist gerade in Ballungsregionen, durch die Grenzen von

Bundesländern verlaufen, massiv und er führt dazu, dass das Gesamtsystem Krebsregistrierung auf ein Land wie Deutschland gesehen nur funktionieren kann, wenn die Register rechtlich und technisch-organisatorisch gesehen in der Lage sind, Daten untereinander auszutauschen.

2.3 Vollständigkeit

Vollzähligkeit an sich ist nur von begrenztem Wert, wenn die relevanten Daten nicht auch vollständig verfügbar sind, d.h. möglichst keine „Missing Values“ auftreten. Die Herausforderung hier liegt daran, dass der Umfang der relevanten Daten sehr vom Kontext abhängt. Beispielsweise muss ein Arzt, der im Rahmen einer Nachsorgeuntersuchung feststellt, dass alles in Ordnung ist, im Grunde nur Datum der Untersuchung und „Vollremission“ für die betreffende Erkrankung übermitteln. Ist allerdings ein Problem aufgetreten, müssen in Abhängigkeit vom Problem zusätzlich zum Sachverhalt (z. B. Rezidiv) unterschiedliche Zusatzinformationen (wo ist das Rezidiv aufgetreten, evtl. wie ausgedehnt ist es oder wie wurde es festgestellt) übermittelt werden. Auch hängen eingesetzte Klassifikation von der Art der Tumorerkrankung ab. Leukämien und Lymphome werden beispielsweise anders klassifiziert wie Organtumoren.

Um solche Flexibilitäten in Arbeitsplatzsystemen abzubilden, muss also unter anderem medizinisches Wissen modelliert werden.

3 Anforderungen an Arbeitsplatzsysteme

Aus dem bisher Dargestellten leiten sich folgende Anforderungen an Arbeitsplatzsysteme ab, die den Meldeprozess an Krebsregister unterstützen sollen.

1. Arbeitsplatzsysteme sollten relevante Ereignisse für die Meldung erkennen
2. Arbeitsplatzsysteme sollten den relevanten Kontext möglichst präzise erkennen und den Anwender möglichst spezifisch durch den Dokumentationsprozess leiten
3. Dieser Prozess sollte umgekehrt nicht zu rigide sein, damit Anwender nicht Gefahr laufen, unpassende Angaben zu machen, um den Dokumentationsprozess möglichst schnell zu beenden, sondern Gelegenheit bieten, mit freitextlichen Angaben Probleme mit unklaren Sachverhalte oder unverstandenen Regeln zu umgehen.

In der Praxis ist selbst in einem papierlosen Krankenhaus oder einer papierlosen Praxis die Mehrzahl der Inhalte noch unstrukturiert. Zurzeit können aber mangels effektiver Freitextanalyse die genannten Anforderungen nur auf der Basis strukturierter Informationen erfüllt werden. Dort, wo zurzeit systematisch codiert wird erfolgt dies überwiegend aufgrund gesetzlicher Anforderungen im Rahmen von Abrechnung und Qualitätssicherung. Zwar muss man bei solchen Codierungen immer mit einbeziehen, dass Spielräume genutzt werden, um Erlösoptimierungen zu erzielen.

Auch können allein auf diesen Daten keine validen Krebsregistermeldungen erzeugt werden (Sind DRG-Daten für die Tumordokumentation brauchbar?). Dennoch können sie Ausgangspunkte für die Erkennung relevanter Ereignisse darstellen.

Dieses Prinzip wird bereits auch vielfach genutzt, z. B. im Rahmen sogenannter QS-Filter für die externe Qualitätssicherung, aber auch, um Listen zu dokumentierender Fälle für Krebsregister zu erstellen, die dann mit Spezialprogrammen abgearbeitet werden. Dabei können auch inhaltliche Vorbelegungen erfolgen, die jedoch aus den genannten Gründen zumindest revidierbar sein müssen.

Der Nachteil solcher Lösungen ist jedoch, dass sie häufig außerhalb des Arbeitsplatzsystems und zeitlich nachgelagert angewandt werden, was den Rechercheaufwand erhöht. Wünschenswert wäre eine Präsentation der zu erfassenden Inhalte im engen zeitlichen Zusammenhang mit dem Ereignis. Gesetzlich erforderliche Codierungen wie die Diagnosecodierung müssen ja zum Teil in der Tat relativ zeitnah erfolgen, kommen als Auslösemechanismus also in Frage. Auch Workflow assoziierte Prozesse bieten Gelegenheiten, eine Anforderung meldungsrelevanter Angaben auszulösen. Beispiele hierfür sind Bestrahlungssysteme, die fast ausschließlich bei Tumorpatienten eingesetzt werden oder eine Medikamentenplanung, bei der im Hintergrund mit Katalogen gearbeitet wird, auf deren Basis durchaus mit relativ hoher Sensitivität und Spezifität ein großer Teil von melderelevanten Ereignissen erkannt werden kann. Pathologiesysteme melden bereits jetzt vielfach ihre Daten an Krebsregister, allerdings nur begrenzt in strukturierter Form.

Nahtlose Integration aus Sicht des Arbeitsplatzsystems bieten Lösungen, die innerhalb einer gewohnten Oberfläche umgesetzt werden. Als Beispiel hierfür seien das Produkt ODOK innerhalb von ORBIS der Firma AGFA oder das SAP i.s.h*med-basierende CREDOS genannt. Hier besteht über die Oberflächenintegration hinaus eine Datenintegration mit vorhandenen Routinedaten z. B. zu Stammdaten, Diagnosen und Prozeduren, die in anderen Systemen zumeist erst über HL7-Schnittstellen erreicht wird. Solche Ansätze bedeuten jedoch nicht notwendigerweise, dass die Daten aus dem Arbeitsfluss heraus generiert werden. Häufig werden auch hier Dokumentare eingesetzt um nachgelagert die Formulare abzuarbeiten. Aus persönlichen Mitteilungen ist bekannt, dass beim Design solcher Formulare mitunter Vorlagen der Arbeitsgemeinschaft Deutscher Tumorzentren (ADT) verwendet werden, die relativ umfangreiche Angaben erfordern, die im jeweiligen Kontext nicht bekannt sind oder noch nicht bekannt sein können, was bei nicht routinierten Nutzern Akzeptanzprobleme mit sich bringt.

4 Beispielszenarien

Folgende Beispiele verdeutlichen, wie der Ablauf für die Erhebung und Erfassung von Daten für eine Meldung in einem Arbeitsplatzsystem erfolgen kann.

Zur Abbildung 1: Die Eingabe einer ICD-10 C50 (Brustkrebs) führt zunächst zur Abfrage, ob es sich um eine Neuerkrankung handelt. Da in den klinischen Systemen fallbezogen dokumentiert

wird, taucht ein und derselbe Code mehrfach in der Historie eines Patienten auf, ohne dass es sich jeweils um eine Neuerkrankung handeln muss. Es kann sich also um eine Codierung aus Anlass der Stellung der Primärdiagnose, einer Behandlung der Erkrankung, der Diagnose eines Rezidivs oder eines zweiten Mammakarzinoms handeln, vom Sonderfall, dass es sich um die Abklärung eines Verdachtsfalles handelt ganz abgesehen. Je nach Situation erfolgen unterschiedliche Detailangaben.

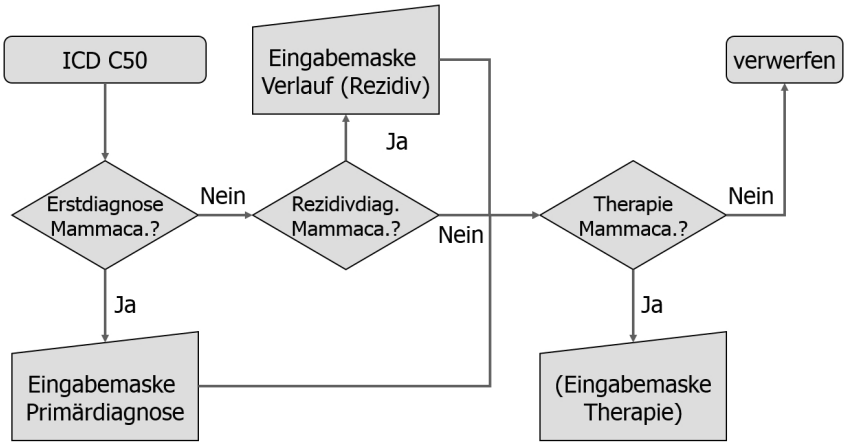


Abb. 1: Codierung eines Mammakarzinoms als Ausgangspunkt für eine Meldung

Im Übrigen könnten aufgrund der Entscheidung auch weitere Aktionen erfolgen, die mit der Meldung nichts zu tun haben. Beispielsweise sollten auf Grund von Leitlinien bestimmte Fälle in Tumorkonferenzen vorgestellt werden und ein entsprechender Hinweis könnte daran erinnern. Das unterstreicht, dass strukturierte Dokumentation durchaus vielfältig nutzbar ist.

Zur Abbildung 2: Der gezeigte OP-Code einer brusterhaltenden Operation ist relativ spezifisch für das Vorliegen eines Mammakarzinoms. Daher wird zunächst gefragt, ob das Mammakarzinom bereits dokumentiert wurde. Wenn ja, wird es zugeordnet. Selbst wenn das System bereits eine Dauerdiagnose „Mammakarzinom“ kennen würde, wäre diese Abfrage nicht überflüssig, da es sich ja auch um die Operation eines zweiten Mammakarzinoms handeln könnte. Auch lässt sich aus dem Code selbst nicht entscheiden, ob es sich um die primäre Operation oder die eines Rezidivs handelt. Im Falle eines Rezidivs müsste auch sichergestellt werden, dass das Rezidiv dem Krebsregister gemeldet wird.

5 Datenmodellierung

Die genannten Beispiele gehen von isolierten Codier-Ereignissen aus, die außer über einen gemeinsamen Fallbezug im Wesentlichen nichts miteinander zu tun haben. Der Begriff des Be-

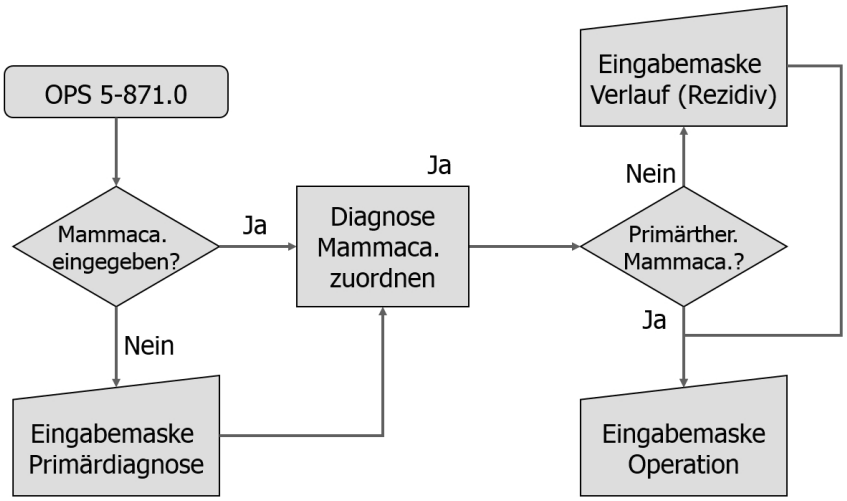


Abb. 2: Codierung einer Operation als Ausgangspunkt für eine Meldung

handlungsfalls ist sowohl in Klinikinformationssystemen als auch in Arztpraxissystemen stark abrechnungsfokussiert und zeitlich entsprechend begrenzt.

Das Konzept eines Falls im Sinne eines Krebsregisters ist jedoch die Primärdiagnose mit allen ihr zugeordneten Maßnahmen und Beobachtungen. Um wirklich effektiv melden zu können, sollten auch Arbeitsplatzsysteme sich diesem Paradigma annähern.

So müssen mit jeder Therapie- oder Tumorstatusmeldung immer auch Mindestinformationen zur Primärerkrankung an das Krebsregister übermittelt werden, damit dieses in der Lage ist, die eingetroffene Meldung korrekt zu bewerten: Welcher Erkrankung muss die Therapie zugeordnet werden? Ist die Erkrankung überhaupt schon bekannt?

Bei isolierter Betrachtung der Ereignisse im Rahmen eines Behandlungsfalls würde dies zu zusätzlichen manuellen Eingaben führen, die vielleicht in ähnlicher Weise bereits früher übermittelt wurden. Um solche Extra-Eingaben zu vermeiden muss das Arbeitsplatzsystem fallübergreifend das Konzept der Tumorerkrankung einführen. Zu diesem werden dann, sofern zutreffend, nachfolgende Ereignisse zugeordnet. Ein entsprechendes Referenzmodell wurde von Altmann et al. (2006) in Form eines Entity-Relationship-Diagramms beschrieben und wird im Folgenden kurz skizziert.

Zur Abbildung 3: Die Erkrankung an sich wird durch „Tumour Disease“ repräsentiert. Sie äußert sich in Phänomenen (Primärtumor, Metastasierung, etc.) die diagnostiziert und behandelt werden. Außerdem leidet der Patient möglicherweise an weiteren Erkrankungen, die das therapeutische Vorgehen modifizieren können. Von Zeit zu Zeit finden Bewertungen statt („Der Patient ist tumorfrei“, „Der Patient hat ein Rezidiv erlitten“, . . .).

Im Grunde könnte das Wort „Tumour“ im Modell gestrichen werden und man hätte eine Art allgemeines Modell, das auch für die Interaktion mit anderen Arten von Registern für chronische Erkrankungen tauglich sein könnte. Das Modell kann zudem als Abbildung des von Weed (1969)

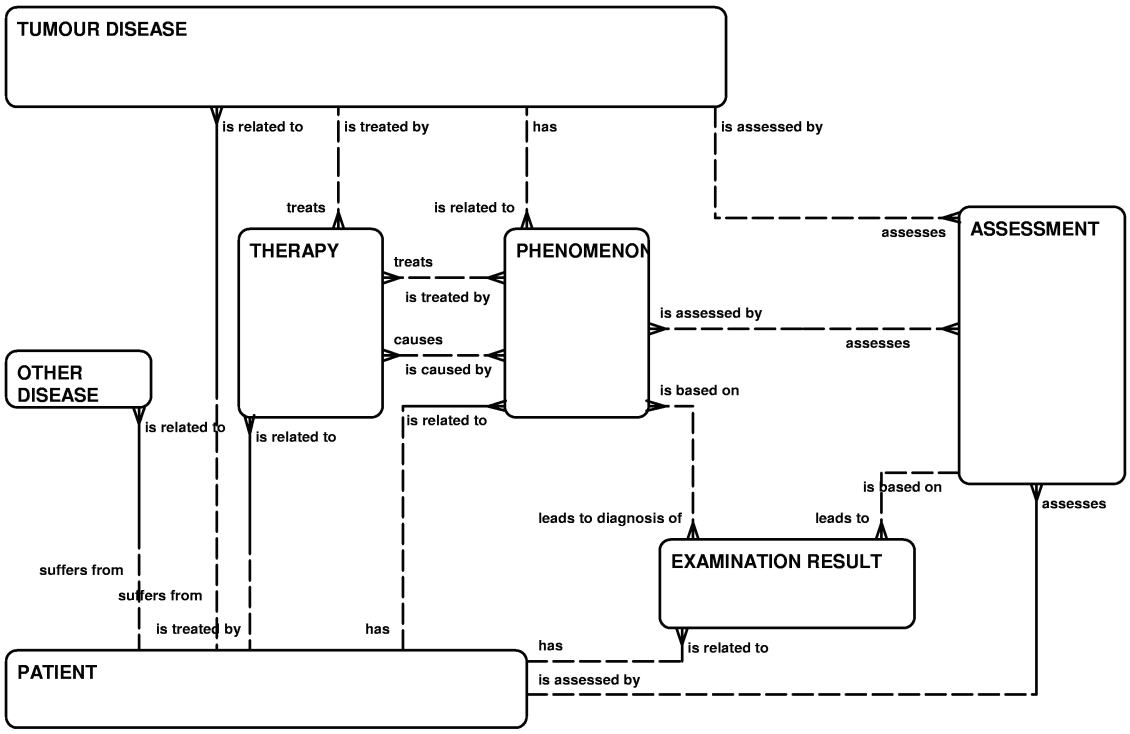


Abb. 3: Referenzmodell der Tumordokumentation

entwickelten Paradigma des Problem Oriented Patient Record betrachtet werden, das unter anderem zum Ziel hat, stets den ganzen Patienten im Blick zu behalten und damit eine angemessenere Versorgung zu erzielen als es der Blick einer speziellen Fachrichtung erlaubt.

Das Modell diente in modifizierter Form dazu, das Domain Information Model eines HL7-CDA basierten Datenaustausches in der Onkologie zu erstellen. Hierfür erstellt eine von der Deutschen Krebsgesellschaft initiierte und vom bvitg unterstützte Arbeitsgruppe unter Beteiligung der Software-Industrie zur Zeit HL7-CDA-Templates (Übermittlung onkologischer Daten auf der Basis von CDA R2).

6 Regeln und Wissensmodellierung

Bezüglich Regeln besteht ein Zielkonflikt. Zum einen ist es vorteilhaft, Regeln einzusetzen, um den Dokumentationsumfang (Merkmale und zulässige Ausprägungen) kontextbezogen anzupassen und zu steuern. Auch für Plausibilitätsregeln, z. B. die Prüfung von Datumshierarchien und für den Erkrankungstyp zulässige Codierungen, gibt es umfangreiche Beschreibungen und Implementationen, z. B. von der IARC (2008).

Zum anderen kann wie bereits erwähnt bei für den Benutzer nicht nachvollziehbaren Regeln oder bei Besonderheiten („Es gibt nichts was es nicht gibt“ in der Medizin) eine zu intensive Steuerung oder gar Blockieren der Speicherung dazu führen, dass Benutzer solange probieren, bis etwas plausibles, aber eben nicht mehr den Tatsachen entsprechendes herauskommt. In solchen Fällen hat – da ja die Daten plausibel sind - auch ein Register nicht mehr unbedingt die Chance, Probleme zu erkennen und zu korrigieren.

Beispiele hierfür sind Regeln, ob multiple Tumoren zu einer Erkrankung zusammengefasst werden oder ob bestimmte Fälle als Primärfälle im Sinne des Zertifizierungssystems der Krebsgesellschaft anerkannt werden. Die Regeln für die Festlegung des Diagnosedatums, was ja ganz wichtig ist für die Einordnung in das richtige Inzidenzjahr, sind für Mediziner so merkwürdig, dass es besser ist, sie gar nicht damit zu behelligen.

Auch bezüglich der Interpretation und Verarbeitung des TNM-Klassifikationssystems entdeckt man immer wieder Unsicherheiten oder Unsauberkeiten in klinischen Unterlagen, die für die Praxis der Betreuung des Patienten irrelevant sein mögen, weil die Mediziner mit weiteren Informationen arbeiten. Für eine Analyse und Vergleichbarkeit müssen jedoch in allen Registern die gleichen Regeln eingehalten werden und im Rahmen der Best-of-Ermittlung die eintreffenden Meldungen einheitlich zusammengefasst werden.

In dem vom Autor mitentwickelten Gießener Tumordokumentationssystem GTDS (Altmann et al. 1996) wurde daher ein zwar umfangreiches, aber nie blockierendes Regelsystem implementiert, in dem der Benutzer durch Freitextanmerkungen Besonderheiten der Situation hinterlegen kann. Dieses Regelsystem versucht so weit wie möglich tabellengesteuert, mithin deklarativ, Regeln zu verarbeiten. Nun ist nicht zu erwarten, dass ein Arbeitsplatzsystem solche Spezialsysteme wie GTDS vollumfänglich abbilden können, da sich das wirtschaftlich vermutlich nicht darstellen lässt. Dennoch ist solches in Tabellen hinterlegtes Wissen grundsätzlich besser austauschbar und kann auch in offenen, kooperativen Anstrengungen weiterentwickelt und den Entwicklern solcher Systeme zur Verfügung gestellt werden.

Es gilt also, für Arbeitsplatzsysteme einen vernünftigen Mittelweg zu finden, der nach einer Art 80:20 Regel möglichst viele Standardsituationen unterstützt, aber offen genug ist, bestimmte Sachverhalte auch benutzerfreundlich mit freitextlicher Eingabe zu behandeln und problematische Codierungen den Spezialisten im Krebsregister zu überlassen.

7 Zusammenfassung

Um die Anforderungen für Meldungen an Krebsregister aus dem Arbeitsplatzsystem zu erfüllen, ist eine strukturierte Dokumentation unerlässlich. Diese sollte, um Vollzähligkeit zu unterstützen, von bestimmten Prozessen, die bereits sowieso ablaufen, wie Codierungen, ausgelöst werden. Sie sollte einerseits möglichst kontextspezifisch den Benutzer durch die Dokumentation leiten und keine überflüssigen Inhalte abfragen, anderseits auch nicht zu starr sein, insbesondere was

Plausibilitäten betrifft, und im Zweifelsfall eher freitextliche Ergänzungen zulassen als unrichtige Angaben fördern.

Die erforderlichen Änderungen in Arbeitsplatzsystemen sind auf der einen Seite tiefgreifend, weil sie sowohl die dahinter liegende Datenmodellierung betreffen dürften als auch die Steuerung und wissensbasierte Funktionen. Es ist daher wahrscheinlich, dass zunächst Spezialsysteme als Subsysteme für Meldungen an Krebsregister entwickelt werden. Dennoch würde eine nahtlose Integration in die Architektur auch Vorteile bringen, da die Daten für verschiedene Zwecke wiederverwendet werden können, was wiederum förderlich für Akzeptanz und Richtigkeit strukturierter Information ist.

Literaturverzeichnis

Altmann U, Katz F., Tafazzoli A., Haeberlin V, Dudeck J. (Hrsg.) GTDS - a Tool for Tumor Registries to Support Shared Patient Care. Hanley & Belfus

Altmann U, Katz F., Dudeck J. (2006) A reference model for clinical tumour documentation. In: Stud Health Technol Inform (124), S. 139–144

GKV Spitzenverband (2013) Kriterien zur Förderung klinischer Krebsregister des GKV-Spitzenverbandes vom 20.12.2013: gemäß § 65c SGB V (KFRG). http://www.tumorzentren.de/tl_files/dokumente/KFRG/2013-12-20-Foerderkriterien_des_GKV-SV_fuer_klinische_Krebsregister_gem__KFRG_Kriterienkatalog.pdf

Gumpp V. Sind DRG-Daten für die Tumordokumentation brauchbar? In: Informatik, Biometrie und Epidemiologie in Med. u. Biol. 2003 Bd. 34(3), S. 283–284

Heidinger O, Bartholomäus S, V M. (2013) Elektronische Meldewege im Kontext klinischer und epidemiologischer Krebsregistrierung. In: Onkologe 19, S. 1047–1057

Hentschel S, Katalinic A (Hrsg.) Manual der epidemiologischen Krebsregistrierung. Zuckschwerdt-Verlag, München

HL7-Benutzergruppe in Deutschland e. V. Übermittlung onkologischer Daten auf der Basis von CDA R2. http://wiki.hl7.de/index.php/IG:%C3%9Cbermittlung_onkologischer_Daten

IARC (2008) IARCcrgTools. http://www.iacr.com.fr/iarccrgtools.htm

SGB V § 65c. http://dejure.org/gesetze/SGB_V/65c.html

Weed L. (1969) Medical Records, Medical Education And Patient Care. The Press of Case Western Reserv University, Cleveland Ohio

Kontaktdaten der Autoren

Dr. med. Udo Altmann
Institut für Medizinische Informatik
Justus-Liebig-Universität Gießen
Heinrich-Buff-Ring 44
D-35392 Gießen
E-mail: udo.altmann@Informatik.med.uni-giessen.de

Dipl.-Wirt.-Inf. Martin Burwitz
Lehrstuhl für Wirtschaftsinformatik, insb. Systementwicklung
Technische Universität Dresden
Münchner Platz
D-01062 Dresden
E-mail: martin.burwitz@tu-dresden.de

Dipl.Ing. Patrick Einzinger
dwh simulation services
Neustiftgasse 57-59
A-1070 Wien
E-mail: patrick.einzinger@dwh.at

Dr. med. Gottfried Endel
Abteilung Evidenzbasierte Wirtschaftliche Gesundheitsversorgung
Hauptverband der österreichischen Sozialversicherungsträger
Kundmanngasse 21
A-1030 Wien
E-mail: gottfried.endel@hvb.sozvers.at

Prof. Dr. Werner Esswein
Lehrstuhl für Wirtschaftsinformatik, insb. Systementwicklung
Technische Universität Dresden
Münchner Platz
D-01062 Dresden
E-mail: werner.esswein@tu-dresden.de

Mag. Dr. Katharina Kaiser
Technische Universität Wien
Institut für Softwaretechnologie und Interaktive Systeme
Favoritenstraße 9-11/188-2
A-1040 Wien
E-mail: katharina.kaiser@tuwien.ac.at

Dr. Kathrin Kirchner
Klinik für Allgemein-, Viszeral- und Gefäßchirurgie
Universitätsklinikum Jena
Erlanger Allee 101
D-07747 Jena
E-mail: kathrin.kirchner@med.uni-jena.de

Tobias Klug, M.Sc.
Lehrstuhl für Angewandte Informatik IV
Datenbanken und Informationssysteme
D-95440 Bayreuth
E-mail: tobias.klug@uni-bayreuth.de

Florian Knorr
Klinikum Bayreuth GmbH
Preuschwitzer Str. 101
D-95445 Bayreuth
E-mail: florian.knorr@klinikum-bayreuth.de

Dr. med. Christina Malessa
Klinik für Allgemein-, Viszeral- und Gefäßchirurgie
Universitätsklinikum Jena
Erlanger Allee 101
D-07747 Jena
E-mail: christina.malessa@med.uni-jena.de

Dipl.Ing. Niki Popper
dwh simulation services
Neustiftgasse 57-59
A-1070 Wien
und
Institut für Analysis und Scientific Computing
Technische Universität Wien
Wiedner Haupstrasse 8-10
A-1040 Wien
E-mail: niki.popper@dwh.at

Dr. med. Hubert Scheuerlein
Klinik für Allgemein-, Viszeral- und Gefäßchirurgie
Universitätsklinikum Jena
Erlanger Allee 101
D-07747 Jena
E-mail: hubert.scheuerlein@med.uni-jena.de

Dr. med. Irmgard Schiller-Frühwirth MPH
Abteilung Evidenzbasierte Wirtschaftliche Gesundheitsversorgung
Hauptverband der österreichischen Sozialversicherungsträger
Kundmanngasse 21
A-1030 Wien
E-mail: irmgard.schiller-fruehwirth@hvb.sozvers.at

Prof. Dr. med. Utz Settmacher
Klinik für Allgemein-, Viszeral- und Gefäßchirurgie
Universitätsklinikum Jena
Erlanger Allee 101
D-07747 Jena
E-mail: utz.settmacher@med.uni-jena.de

Dipl.Ing. Christoph Urach
Institut für Analysis und Scientific Computing
Technische Universität Wien
Wiedner Haupstrasse 8-10
A-1040 Wien
E-mail: christoph.urach@dwh.at

Dr. Bernhard Volz
Lehrstuhl für Angewandte Informatik IV
Datenbanken und Informationssysteme
D-95440 Bayreuth
E-mail: bernhard.volz@uni-bayreuth.de

Dipl.-Ing., Dipl.-Wirtsch.-Ing.(FH) Reinhardt Wenzina
Technische Universität Wien
Institut für Softwaretechnologie und Interaktive Systeme
Favoritenstraße 9-11/188-2
A-1040 Wien
E-mail: reinhardt@wenzina.com

Dipl.Ing. Günther Zauner
dwh simulation services
Neustiftgasse 57-59
A-1070 Wien
E-mail: guenther.zauner@dwh.at

Previously Published ICB Research Reports

2013

No 56 (July 2013)

Svensson, Richard Berntsson; Berry,Daniel M.; Daneva, Maya; Doerr, Joerg; Espana, Sergio; Herrmann, Andrea; Herzwurm, Georg; Hoffmann, Anne; Pena, Raul Mazo; Opdahl, Andreas L.; Pastor, Oscar; Pietsch,Wolfram; Salinesi, Camille; Schneider, Kurt; Seyff, Norbert; van de Weerd, Inge; Wieringa, Roel; Wnuk, Krzysztof (Eds.): »19th International Working Conference on Requirements Engineering: Foundation for Software Quality (REFSQ 2013). Proceedings of the REFSQ 2013 Workshops CreaRE, IWSPM, and RePriCo, the REFSQ 2013 Empirical Track (Empirical Live Experiment and Empirical Research Fair), the REFSQ 2013 Doctoral Symposium, and the REFSQ 2013 Poster Session"«

No 55 (May 2013)

Daun, Marian; Focke, Markus; Holtmann, Jörg; Tenbergen, Bastian »Goal-Scenario-Oriented Requirements Engineering for Functional Decomposition with Bidirectional Transformation to Controlled Natural Language. Case Study "Body Control Module"«

No 54 (March 2013)

Fischotter, Melanie; Goedicke, Michael; Kurt-Karaoglu, Filiz; Schwinning, Nils; Striewe, Michael »Erster Jahresbericht zum Projekt "Bildungsgerechtigkeit im Fokus" (Teilprojekt 1.2 – "Blended Learning") an der Fakultät für Wirtschaftswissenschaften«

2012

No 53 (December 2012)

Frank, Ulrich: »Thoughts on Classification / Instantiation and Generalisation / Specialisation«

No 52 (July 2012)

Berntsson-Svensson, Richard; Berry, Daniel; Daneva, Maya; Dörr, Jörg; Fricker, Samuel A; Herrmann, Andrea; Herzwurm, Georg; Kauppinen, Marjo; Madhavji, Nazim H; Mahaux, Martin; Paech, Barbara; Penzenstadler, Birgit; Pietsch, Wolfram; Salinesi, Camille; Schneider, Kurt; Seyff, Norbert; van de Weerd, Inge (Eds.): »18th International Working Conference on Requirements Engineering – Foundation for Software Quality. Proceedings of the Workshops RE4SuSy, REEW, CreaRE, RePriCo, IWSPM and the Conference Related Empirical Study, Empirical Fair and Doctoral Symposium«

No 51 (May 2012)

Frank, Ulrich: »Specialisation in Business Process Modelling – Motivation, Approaches and Limitations«

No 50 (March 2012)

Adelsberger, Heimo; Drechsler, Andreas; Herzig, Eric; Michaelis, Alexander; Schulz, Philipp ; Schütz, Stefan; Ulrich, Udo: »Qualitative und quantitative Analyse von SOA-Studien – Eine Metastudie zu serviceorientierten Architekturen«

2011

No 49 (December 2011)

Frank, Ulrich: »MEMO Organisation Modelling Language (2) – Focus on Business Processes«

No 48 (December 2011)

Frank, Ulrich: »MEMO Organisation Modelling Language (1) – Focus on Organisational Structure«

No 47 (December 2011)

Frank, Ulrich: »Multiperspective Enterprise Modelling – Requirements and Core Diagram Typs«

No 46 (December 2011)

Frank, Ulrich: »Multiperspective Enterprise Modelling – Background and Terminological Foundation«

No 45 (November 2011)

Frank, Ulrich; Strecker, Stefan; Heise, David; Kattenstroth, Heiko; Schauer, Carola: »Leitfaden zur Erstellung wissenschaftlicher Arbeiten in der Wirtschaftsinformatik«

No 44 (September 2011)

Berenbach, Brian; Daneva, Maya; Dörr, Jörg; Fricker, Samuel; Gervasi, Vincenzo; Glinz, Martin; Herrmann, Andrea; Krams, Benedikt; Madhavji, Nazim H; Paech, Barbara; Schockert, Sixten; Seyff, Norbert (Eds.): »17th International Working Conference on Requirements Engineering: Foundation for Software Quality (REFSQ 2011) – Proceedings of the REFSQ 2011 Workshops REEW, EPICAL and RePriCo, the REFSQ 2011 Empirical Track (Empirical Live Experiment and Empirical Research Fair), and the REFSQ 2011 Doctoral Symposium«

No 43 (February 2011)

Frank, Ulrich: »The MEMO Meta Modelling Language (MML) and Language Architecture. 2nd Edition«

2010

No 42 (December 2010)

Frank, Ulrich: »Outline of a Method for Designing Domain-Specific Modelling Languages«

No 41 (December 2010)

Adelsberger, Heimo; Drechsler, Andreas (Hrsg.): »Ausgewählte Aspekte des Cloud-Computing aus einer IT-Management-Perspektive – Cloud Governance, Cloud Security und Einsatz von Cloud Computing in jungen Unternehmen«

2010

No 40 (October 2010)

Bürsner, Simone; Dörr, Jörg; Gehlert, Andreas; Herrmann, Andrea; Herzwurm, Georg; Janzen, Dirk; Merten, Thorsten; Pietschm, Wolfram; Schmid, Klaus; Schneider,Kurt; Thurimella, Anil Kumar: »16th International Working Conference on Requirements Engineering: Foundation for Software Quality – Proceedings of the Workshops CreaRE, PLREQ,RePriCo and RESC«

No 39 (May 2010)

Strecker, Stefan; Heise, David; Frank, Ulrich: »Entwurf einer Mentoring-Konzeption für den Studiengang M.Sc. Wirtschaftsinformatik an der Fakultät für Wirtschaftswissenschaften der Universität Duisburg-Essen«

No 38 (February 2010)

Schauer, Carola : »Wie praxisorientiert ist die Wirtschaftsinformatik? Einschätzungen von CIOs und WI-Professoren«

No 37 (January 2010)

Benavides, David; Batory, Don; Grunbacher, Paul (Eds.): »Fourth International Workshop on Variability Modelling of Software–intensive Systems«

2009

No 36 (December 2009)

Strecker, Stefan: »Ein Kommentar zur Diskussion um Begriff und Verstandnis der IT–Governance – Anregungen zu einer kritischen Reflexion«

No 35 (August 2009)

Rüngeler, Irene; Tüxen, Michael; Rathgeb, Erwin P.: »Considerations on Handling Link Errors in SCTP«

No 34 (June 2009)

Karastoyanova, Dimka; Kazhamiakan, Raman; Metzger, Andreas; Pistore, Marco (Eds.): »Workshop on Service Monitoring, Adaptation and Beyond«

No 33 (May 2009)

Adelsberger,Heimo; Drechsler , Andreas; Bruckmann, Tobias; Kalvelage, Peter; Kinne, Sophia; Pellinger, Jan; Rosenberger, Marcel; Trepper, Tobias: »Einsatz von Social Software in Unternehmen - Studie über Umfang und Zweck der Nutzung«

No 32 (April 2009)

Barth, Manfred; Gadatsch, Andreas; Kutz, Martin; Ruding, Otto; Schauer, Hanno; Strecker, Stefan: »Leitbild IT–Controller/–in . Beitrag der Fachgruppe IT–Controlling der Gesellschaft fur Informatik e. V.«

No 31 (April 2009)

Frank, Ulrich; Strecker, Stefan: »Beyond ERP Systems: An Outline of Self–Referential Enterprise Systems – Requirements, Conceptual Foundation and Design Options«

No 30 (February 2009)

Schauer, Hanno; Wolff, Frank: »Kriterien guter Wissensarbeit - Ein Vorschlag aus dem Blickwienkel der Wissenschaftstheorie (Langfassung)«

No 29 (January 2009)

Benavides, David; Metzger, Andreas; Eisenecker, Ulrich (Eds.): »Third International Workshop on Variability Modelling of Software–intensive Systems«

2008

No 28 (December 2008)

Goedicke, Michael; Striewe, Michael; Balz, Moritz: »Computer Aided Assessments and Programming Exercises with JACK«

No 27 (December 2008)

Schauer, Carola: »Größe und Ausrichtung der Disziplin Wirtschaftsinformatik an Universitaten im deutschsprachigen Raum – Aktueller Status und Entwicklung seit 1992«

No 26 (September 2008)

Milen, Tilev; Bruno Muller–Clostermann:» CapSys: A Tool for Macroscopic Capacity Planning«

No 25 (August 2008)

Eicker, Stefan; Spies, Thorsten; Tschersich, Markus: »Einsatz von Multi–Touch beim Softwaredesign am Beispiel der CRC Card–Methode«

No 24 (August 2008)

Frank, Ulrich: »The MEMO Meta Modelling Language (MML) and Language Architecture - Revised Version«

No 23 (January 2008)

Sprenger, Jonas; Jung, Jürgen: »Enterprise Modelling in the Context of Manufacturing - Outline of an Approach Supporting Production Planning«

No 22 (January 2008)

Heymans, Patrick; Kang, Kyo–Chul; Metzger, Andreas, Pohl, Klaus (Eds.): »Second International Workshop on Variability Modelling of Software–intensive Systems.«

2007

No 21 (September 2007)

Eicker, Stefan; Annett Nagel; Peter M. Schuler: »Flexibilität im Geschäftsprozessmanagement-Kreislauf«

No 20 (August 2007)

Blau, Holger; Eicker, Stefan; Spies, Thorsten: »Reifegradüberwachung von Software«

No 19 (June 2007)

Schauer, Carola: »Relevance and Success of IS Teaching and Research: An Analysis of the Relevance Debate«

No 18 (May 2007)

Schauer, Carola: »Rekonstruktion der historischen Entwicklung der Wirtschaftsinformatik: Schritte der Institutionalisierung, Diskussion zum Status, Rahmenempfehlungen für die Lehre«

No 17 (May 2007)

Schauer, Carola; Schmeing, Tobias: »Development of IS Teaching in North-America: An Analysis of Model Curricula«

No 16 (May 2007)

Müller-Clostermann, Bruno; Tilev, Milen: »Using G/G/m-Models for Multi-Server and Mainframe Capacity Planning«

No 15 (April 2007)

Heise, David; Schauer, Carola; Strecker, Stefan: »Informationsquellen für IT-Professionals - Analyse und Bewertung der Fachpresse aus Sicht der Wirtschaftsinformatik«

No 14 (March 2007)

Eicker, Stefan; Hegmanns, Christian; Malich, Stefan: »Auswahl von Bewertungsmethoden für Softwarearchitekturen«

No 13 (February 2007)

Eicker, Stefan; Spies, Thorsten; Kahl, Christian: »Softwarevisualisierung im Kontext serviceorientierter Architekturen«

No 12 (February 2007)

Brenner, Freimut: »Cumulative Measures of Absorbing Joint Markov Chains and an Application to Markovian Process Algebras«

No 11 (February 2007)

Kirchner, Lutz: »Entwurf einer Modellierungssprache zur Unterstützung der Aufgaben des IT Managements - Grundlagen, Anforderungen und Metamodell«

No 10 (February 2007)

Schauer, Carola; Strecker, Stefan: »Vergleichende Literaturstudie aktueller einführender Lehrbücher der Wirtschaftsinformatik: Bezugsrahmen und Auswertung«

No 9 (February 2007)

Strecker, Stefan; Kuckertz, Andreas; Pawlowski, Jan M.: »Überlegungen zur Qualifizierung des wissenschaftlichen Nachwuchses: Ein Diskussionsbeitrag zur (kumulativen) Habilitation«

No 8 (February 2007)

Frank, Ulrich; Strecker, Stefan; Koch, Stefan: »Open Model - Ein Vorschlag für ein Forschungspro-gramm der Wirtschaftsinformatik (Langfassung)«

2006

No 7 (December 2006)

Frank, Ulrich: »Towards a Pluralistic Conception of Research Methods in Information Systems Research«

No 6 (April 2006)

Frank, Ulrich: »Evaluation von Forschung und Lehre an Universitäten - Ein Diskussionsbeitrag«

No 5 (April 2006)

Jung, Jürgen: »Supply Chains in the Context of Resource Modelling«

No 4 (February 2006)

Lange, Carola: »Development and status of the Information Systems / Wirtschaftsinformatik discipline: An interpretive evaluation of interviews with renowned researchers, Part III - Results Wirtschaftsinformatik Discipline«

2005

No 3 (December 2005)

Lange, Carola: »Development and status of the Information Systems / Wirtschaftsinformatik discipline: An interpretive evaluation of interviews with renowned researchers, Part II - Results Information Systems Discipline«

No 2 (December 2005)

Lange, Carola: »Development and status of the Information Systems / Wirtschaftsinformatik discipline: An interpretive evaluation of interviews with renowned researchers, Part I - Research Objectives and Method«

No 1 (August 2005)

Lange, Carola: »Ein Bezugsrahmen zur Beschreibung von Forschungsgegenständen und -methoden in Wirtschaftsinformatik und Information Systems«

Research Group	Core Research Topics
Prof. Dr. H. H. Adelsberger Information Systems for Production and Operations Management	E-Learning, Knowledge Management, Skill-Management, Simulation, Artificial Intelligence
Prof. Dr. F. Ahlemann Information Systems and Strategic Management	Strategic planning of IS, Enterprise Architecture Management, IT Vendor Management, Project Portfolio Management, IT Governance, Strategic IT Benchmarking
Prof. Dr. P. Chamoni MIS and Management Science / Operations Research	Information Systems and Operations Research, Business Intelligence, Data Warehousing
Prof. Dr. K. Echtle Dependability of Computing Systems	Dependability of Computing Systems
Prof. Dr. S. Eicker Information Systems and Software Engineering	Process Models, Software-Architectures
Prof. Dr. U. Frank Information Systems and Enterprise Modelling	Enterprise Modelling, Enterprise Application Integration, IT Management, Knowledge Management
Prof. Dr. M. Goedicke Specification of Software Systems	Distributed Systems, Software Components, CSCW
Prof. Dr. V. Gruhn Software Engineering	Design of Software Processes, Software Architecture, Usability, Mobile Applications, Component-based and Generative Software Development
PD Dr. C. Klüver Computer Based Analysis of Social Complexity	Soft Computing, Modeling of Social, Cognitive, and Economic Processes, Development of Algorithms
Prof. Dr. T. Kollmann E-Business and E-Entrepreneurship	E-Business and Information Management, E-Entrepreneurship/E-Venture, Virtual Marketplaces and Mobile Commerce, Online-Marketing
Prof. Dr. K. Pohl Software Systems Engineering	Requirements Engineering, Software Quality Assurance, Software-Architectures, Evaluation of COTS/Open Source-Components
Prof. Dr. Ing. E. Rathgeb Computer Network Technology	Computer Network Technology
Prof. Dr. R. Unland Data Management Systems and Knowledge Representation	Data Management, Artificial Intelligence, Software Engineering, Internet Based Teaching
Prof. Dr. S. Zelewski Institute of Production and Industrial Information Management	Industrial Business Processes, Innovation Management, Information Management, Economic Analyses

ISSN 1860-2770 (Print)
ISSN 1866-5101 (Online)