

# Einsatz von Ereignisgesteuerten Prozessketten zur Modellierung von Prozessen in der Krankenhausdomäne – Eine empirische Methodenevaluation

Kamyar Sarshar<sup>1</sup>, Philipp Dominitzki<sup>2</sup>, Peter Loos<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Institut für Wirtschaftsinformatik (IWi) im DFKI  
Stuhlsatzenhausweg 3, Geb. D3 2  
D-66123 Saarbrücken, Germany  
E-Mail: {sarshar|loos}@iwi.uni-sb.de

<sup>2</sup>GIP AG Research Institute  
Göttelmannstraße 17  
D-55130 Mainz, Germany  
E-Mail: philipp.dominitzki@gip.com

**Abstract:** Die vorliegende Arbeit untersucht die Anwendbarkeit der EPK und EPK-Erweiterungen zur Modellierung von Prozessen in der Krankenhausdomäne. Neben den Potentialen sollen vor allem die Grenzen der Methode aufgezeigt werden, um Anhaltspunkte für zukünftige Weiterentwicklungen und Anpassungen zu erhalten. Die Untersuchung zeigt, dass Anforderungen bezüglich der Abbildung des regelbasierten Kontrollflusses und der Organisation zu großen Teilen von der EPK zufriedenstellend abgedeckt werden können. Defizite bestehen bei der Darstellung der Zeit, der internen Zustandsdynamik des Prozessobjekts "Patient", Beschreibung unterschiedlicher Iterationsvarianten und der Repräsentation von nicht-regelbasierten und intuitiven Entscheidungssituationen von Ärzten und Pflegern.

## 1 Motivation

Mit der Abschaffung des Selbstkostendeckungsprinzips sowie der schrittweisen Einführung eines leistungsorientierten Fallpauschalensystems seitens des Gesetzgebers betreten Krankenhäuser zunehmend ein betriebswirtschaftlich geprägtes Marktumfeld [Lü03]. Vor diesem Hintergrund findet derzeit in Krankenhäusern ein Umdenken von einer an medizinischen Teildisziplinen und Berufsgruppen (Ärzte, Pfleger, Verwaltung) orientierten, funktionalen Organisation hin zu einer prozessorientierten Sichtweise statt, die die stations- und berufsgruppenübergreifende Behandlung des Patienten von der Aufnahme bis zur Entlassung in den Vordergrund stellt [Br05]. Solche Prozesse werden nachfolgend als Behandlungsprozesse bezeichnet.

Während zur Modellierung betrieblicher Geschäftsprozesse eine Reihe bewährter Methoden bereitstehen, fehlen derzeit bezüglich der Beschreibung von Behandlungsprozessen

sen in der Krankenhausdomäne noch Erfahrungswerte. Ein möglicher Ansatz ist, bei der Modellierung von Behandlungsprozessen auf die aus kommerziellen Projekten vor allem im SAP-Umfeld [Ke99] und im Zusammenhang mit dem ARIS-Toolset [Sc94] bekannte Ereignisgesteuerte Prozesskette (EPK) [Ke92] zurückzugreifen. Bisherige Erfahrungen mit der EPK legen die Vermutung nahe, dass die Methode in der Lage ist, Verwaltungstätigkeiten wie die Patientenaufnahme oder die Leistungsabrechnung mit Krankenkassen befriedigend zu beschreiben. Für eine berufsgruppenübergreifende und ganzheitliche Beschreibung eines Behandlungsprozesses muss jedoch noch geklärt werden, inwieweit die EPK auch pflegerische und ärztliche Tätigkeiten als integrale Bestandteile eines Behandlungsprozesses darstellen kann.

Ziel der vorliegenden Arbeit ist es, die EPK und EPK-Erweiterungen auf ihre Anwendbarkeit zur Modellierung von Behandlungsprozessen in der Krankenhausdomäne hin zu evaluieren. Dabei sollen neben den Potentialen vor allem die Grenzen der Methode aufgezeigt werden, um so Anhaltspunkte für zukünftige Weiterentwicklungen und Anpassungen der EPK zu erhalten.

Der Aufbau der Arbeit gestaltet sich wie folgt: In Kapitel 2 werden verwandte Arbeiten aufgearbeitet, um den aktuellen Stand der Forschung zu skizzieren. Anschließend wird in Kapitel 3 die genutzte Evaluationsmethode beschrieben und gegenüber alternativen Evaluationsmethoden positioniert. Den Hauptteil der Arbeit bildet Kapitel 4. Hier werden die spezifischen Anforderungen der Modellierung in der Krankenhausdomäne anhand empirisch erhobener Behandlungsprozesse hergeleitet. Durch die vergleichende Betrachtung des hergeleiteten Anforderungskatalogs der Krankenhausdomäne und der Ausdrucksmächtigkeit der EPK und vorgeschlagene EPK-Erweiterungen werden Potentiale und Grenzen dieser Methode aufgezeigt. Kapitel 5 diskutiert diese Ergebnisse. Im abschließenden Kapitel 6 werden die Ergebnisse des Beitrags zusammengefasst.

## **2 Verwandte Arbeiten**

Im Bereich der domänenspezifischen Modellierungsmethoden existieren eine Reihe dedizierter Ansätze zur Modellierung von Behandlungsprozessen [Wa02]. Die Untersuchung dieser Methoden macht allerdings deutlich, dass sie noch nicht über das prototypische Stadium hinausgekommen sind, noch wenig Erfahrung mit deren Einsatz in realen Projekten existiert und für diese bislang keine ausgereiften Modellierungswerkzeuge zur Verfügung stehen [SL04].

Tabelle 1 listet die bislang zur Darstellung von Behandlungsprozessen verwendeten domänenneutralen Modellierungsmethoden. Als erstes Ergebnis dieser Zusammenstellung kann festgehalten werden, dass bereits diverse Versuche unternommen wurden, etablierte Modellierungsmethoden in der Krankenhausdomäne anzuwenden. Jedoch ist die gesamte Anzahl der identifizierten Publikationen im Verhältnis zur Relevanz des Themas vergleichsweise gering. Weiterhin basieren diese größtenteils auf deduktiv-theoretischen Überlegungen, so dass eine empirische Überprüfung der Eignung der Methoden bislang noch aussteht. Diese Lücke soll mit der vorliegenden Arbeit für die EPK geschlossen werden.

Modellierungsmethode	Quellen
Fluss- / Blockdiagramme	<ul style="list-style-type: none"> <li>• GREILING; HOFSTETTER [GH02]</li> <li>• DYKES [Dy02]</li> <li>• KÜTTNER [Kü04]</li> </ul>
Petri-Netze	<ul style="list-style-type: none"> <li>• SARSHAR; LOOS [SL05]</li> <li>• GROTE et al. [Gr99]</li> <li>• JØRGENSEN [Jø03]</li> </ul>
Ereignisgesteuerte Prozessketten (EPK)	<ul style="list-style-type: none"> <li>• SCHEER et al. [Sc96]</li> <li>• SLOANE; WAGNER [SW04]</li> <li>• GOSPODAREVSKAYA et al. [Go05]</li> <li>• PERREVORT [Pe03]</li> <li>• GREILING; HOFSTETTER [GH02]</li> <li>• MOSA [Mo01]</li> <li>• MIDDENDORF [Mi01]</li> <li>• VON EIFF; ZIEGENBEIN [VEZ03]</li> </ul>
Erweitertes Strategic-Rationale-Diagramm (xSRD)	<ul style="list-style-type: none"> <li>• KIRN et al. [Ki00]</li> </ul>
Erweitertes Strategic-Dependency-Diagramm (xSDD)	
Agentenorientiert-erweiterte EPK (xEPK)	
ADEPT	<ul style="list-style-type: none"> <li>• DADAM; REICHERT [DR00]</li> </ul>
WorkParty	<ul style="list-style-type: none"> <li>• REICHERT et al. [Re97]</li> </ul>

Tabelle 1: Domänenneutrale Modellierungssprachen zur Abbildung von Behandlungsprozessen

### 3 Methode der Evaluation

Auf welche Weise die Evaluation einer Methode zu erfolgen hat, ist Thema einer breiten Diskussion in der Literatur. Jedoch haben sich bislang keine allgemein anerkannten Theorien oder Kriterien hierzu etabliert. Um die diskutierten Evaluationsmethoden zu systematisieren, erfolgt in Tabelle 2 – in Anlehnung an [SR98] – eine Kategorisierung der Ansätze in nicht-empirische und empirische Evaluationsmethoden.

Eine verbreitete Evaluationsmethode ist die Überprüfung, inwieweit die zu untersuchende Methode in der Lage ist, charakteristische Gegebenheiten einer Domäne zu repräsentieren (vgl. z.B. [Fl86], [Su88], [Lo92, S. 44-88]). Dabei können die gestellten Anforderungen rein deduktiv oder empirisch hergeleitet und begründet werden.

Ansatz	Evaluationsmethode
Nicht-empirische Evaluation	Metamodellbasierte Evaluation
	Ontologische Evaluation
	Evaluation auf der Basis kognitiver Theorien aus der Psychologie
	Evaluation auf der Basis erwünschter Metriken
	Evaluation auf der Basis erwünschter Eigenschaften / Fähigkeiten
Empirische Evaluation	Evaluation durch Fallstudien
	Evaluation durch Aktionsforschung
	Evaluation durch Feldexperimente
	Evaluation durch Interviews und Umfragen (Surveys)
	Evaluation durch Laborexperimente / Laborsimulationen

Tabelle 2: Evaluationsmethoden in der Übersicht (in Anlehnung an [SR98])

Für die vorliegende Untersuchung wurden die zu überprüfenden Anforderungen empirisch hergeleitet. Da jedoch keine zuverlässigen empirischen Daten von Behandlungsprozessen vorlagen, die zur Formulierung von Anforderungen hätten ausgewertet werden können, wurden diese zunächst im Rahmen einer Vorstudie erhoben. Ziel dieser Vorstudie, die in Zusammenarbeit mit dem Universitätsklinikum der Johannes Gutenberg-Universität Mainz durchgeführt wurde, war die bereichs- und berufsgruppenübergreifende Erfassung von Behandlungsprozessen von der Aufnahme bis zu Entlassung von Patienten.

Zur Erhebung der Behandlungsprozesse wurden drei empirische Methoden zur Datenerhebung kombiniert:

1. 20 Patienten wurden während ihres Klinikaufenthaltes durchgehend begleitet, um den Behandlungsprozess durch eine *strukturierte Beobachtung* zu beschreiben. Dabei wurden Zeiten, Tätigkeiten, organisatorische Zuständigkeiten, ausführende und verantwortliche Personen sowie genutzte Informationsträger der einzelnen Aktivitäten tabellarisch aufgezeichnet.
2. Jene Abschnitte, die durch direkte Beobachtung nicht erfasst werden konnten, wurden durch *Tiefeninterviews* mit Prozessbeteiligten ergänzt.
3. Zur Validierung der Prozessbeschreibungen wurde eine *Dokumentenanalyse* der Patientenakten vorgenommen.

Weitere Details der Vorstudie hinsichtlich Methodik, Auswahl der Patienten, Zusammenfassung der Interviews etc. sind in [Sa05] dokumentiert.

Nach der Datenerhebung erfolgte im zweiten Schritt die Herleitung von Anforderungen an eine Methode zur Modellierung von Behandlungsprozessen. Dabei wurden die erhobenen Prozesse auf wiederkehrende Sachverhalte untersucht, die die Grundlage zur Definition der Anforderungen bildeten. Der dabei zusammengestellte Anforderungskatalog wird im nächsten Abschnitt vorgestellt.

## **4 Evaluation der EPK**

### **4.1 Anforderungen der Gesundheitsdomäne**

Nachfolgend werden 11 Anforderungen der Krankenhausdomäne an eine Modellierungsmethode dargestellt. Anforderungen 1-5 beziehen sich auf den Kontrollfluss, Anforderungen 6-8 auf das Prozessobjekt und Anforderungen 9 und 10 auf die Organisations-sicht. Diese Anforderungen dürfen allerdings nicht dahingehend interpretiert werden, dass sie nur in dieser Domäne anzutreffen sind. Vielmehr wurden alle aus den erhobenen Behandlungsprozessen identifizierten Anforderungen zusammengestellt. Sie geben damit einen Gesamtüberblick über zu beschreibende Sachverhalte, anhand dessen die Ausdruckfähigkeit der EPK überprüft werden soll.

#### **Anforderung 1: Abbildung sequentieller Prozessabläufe**

Innerhalb von Behandlungsprozessen existieren streng-sequentielle Aktivitätsfolgen (Anforderung 1a), deren einzelne Aktivitäten nacheinander ausgeführt und jeweils durch das Beenden der vorangehenden Aktivität angestoßen werden. Daneben existieren wahl-frei-sequentielle Aktivitätsfolgen (Anforderung 1b). Damit sind Aktivitätsfolgen gemeint, die zwar alle innerhalb einer bestimmten Zeitspanne durchzuführen sind, jedoch aufgrund der Irrelevanz der Ausführungsabfolge wahlfrei nacheinander durchgeführt werden können.

#### **Anforderung 2: Abbildung paralleler Prozessabläufe**

Bestimmte Aktivitäten erfordern ein paralleles Ausführen. Dabei lässt sich zwischen Parallelitäten unterscheiden, bei denen keine Synchronisation erfolgt, d.h. in denen die parallelen Aktivitäten nicht wieder zusammengeführt werden (Anforderung 2a), und Parallelitäten, in denen die getrennten Aktivitätspfade nach ihrer jeweiligen Beendigung wieder synchronisiert werden müssen, d.h. in denen der Prozessablauf erst nach Fertigstellung aller Aktivitätsfolgen weitergeführt wird (Anforderung 2b).

#### **Anforderung 3: Abbildung von Entscheidungen**

Die Möglichkeit der inhaltlich adäquaten Abbildung von Entscheidungssituationen ist eine wesentliche Anforderung an die Prozessmodellierung – nicht nur in der Krankenhausdomäne. Die beobachteten Entscheidungsarten lassen sich grundsätzlich in regelbasiert (Anforderung 3a) und nicht-regelbasiert (Anforderung 3b) differenzieren. Regelbasierte Entscheidungen werden auf der Basis deterministischer und scharfer Gesetzmäßigkeiten getroffen, während nicht-regelbasierte Entscheidungen nicht-deterministisch und/oder unscharf sind.

Weiterhin können Entscheidungen hinsichtlich der zu verfolgenden Alternativen unterschieden werden. So kann es sich um eine streng-alternative Entscheidung (genau einer der Pfade wird weiterverfolgt), eine halboffen-alternative Entscheidung (Anforderung einer oder mehrere Pfade müssen zwingend, weitere können verfolgt werden) oder eine

offen-alternative Entscheidung (einer, mehrere oder alle Pfade können verfolgt werden) handeln.

#### **Anforderung 4 : Abbildung iterativer Prozessabläufe**

Untersuchungs-, Behandlungs- und Versorgungsschleifen bilden ein weiteres zentrales Phänomen von Behandlungsprozessen, da während des stationären Aufenthaltes eines Patienten bestimmte Aktivitäten in bestimmten Zyklen, Abständen oder bis zur Erreichung eines bestimmten Erfüllungsgrades iterativ zu wiederholen sind. Anforderung 4 besteht demnach in der Forderung nach

1. einer dedizierten Möglichkeit zur Modellierung iterativer Prozessabläufe,
2. einer Möglichkeit zur Definition von Zeiträumen oder Zeitpunkten der Iteration sowie
3. einer Möglichkeit zur Definition von Ein- und Austrittsbedingungen von Iterationen.

#### **Anforderung 5: Abbildung interner und externer Prozessschnittstellen**

Behandlungsprozesse sind oft stellen- und organisationsübergreifend definiert. Dabei kann unterschieden werden zwischen

1. reinen Transportschnittstellen, die den temporären Übergang eines Patienten (bspw. für eine Untersuchung) zwischen zwei Organisationseinheiten beschreiben, sowie
2. Verlegungsschnittstellen, die den vollständigen Übergang des Patienten zwischen zwei Organisationseinheiten beschreiben. Diese können weiter untergliedert werden in
  - a. interne Verlegungsschnittstellen, wo der Übergang zwischen zwei Einheiten innerhalb eines Krankenhauses erfolgt und
  - b. externe Verlegungsschnittstellen, wo der Übergang zu einer externen Einheit erfolgt (z. B. Verlegung in ein anderes Krankenhaus).

Bei beiden Arten ist wiederum zu unterscheiden zwischen den

1. durch den Patienten selbst ausgeführte Eigentransporte und
2. durch einen Transportdienst ausgeführte, nichtselbständige Transporte (bspw. nach einem operativen Eingriff oder bei Immobilität des Patienten).

#### **Anforderung 6: Warte- und Ruhezustände**

Bestimmte Teile der Prozesse bestehen aus Warte- und Ruhezeiten, in denen Patienten auf eine Untersuchung warten, beobachtet werden oder ruhen. Anforderung 6 besteht in der Forderung nach einer adäquaten Wiedergabe dieser passiven Zustände eines Patienten.

#### **Anforderung 7: Extern-verantwortete Änderungen des Patientenzustands**

Aktivitäten innerhalb von Behandlungsprozessen sind i.d.R. extern-verantwortete und -verursachte Einwirkungen auf den Zustand des Patienten. Dies wird beispielsweise

durch Pflegemaßnahmen oder medikamentöse bzw. operative Eingriffe erreicht. Das Erreichen eines neuen Zustands kann wiederum als Bedingung, und die Zustandsänderung selbst als auslösendes Ereignis für Aktivitäten, Entscheidungen oder Iterationen dienen.

### Anforderung 8: Interne Dynamik des Prozessobjekts "Patient"

Während auch bei der Bearbeitung industrieller Güter Ruhe- und Wartezeiten sowie externe Beeinflussungen existieren, also einseitige Auswirkungen der Prozessaktivitäten auf den Prozessobjektzustand, so kann das Prozessobjekt eines Behandlungsprozesses – der Patient – auch interne Zustandsänderungen erfahren. Der Gesundheitszustand des Patienten kann sich spontan ändern, was gravierende Auswirkungen auf den weiteren Prozessablauf haben kann, weshalb darauf adäquat reagiert werden muss.

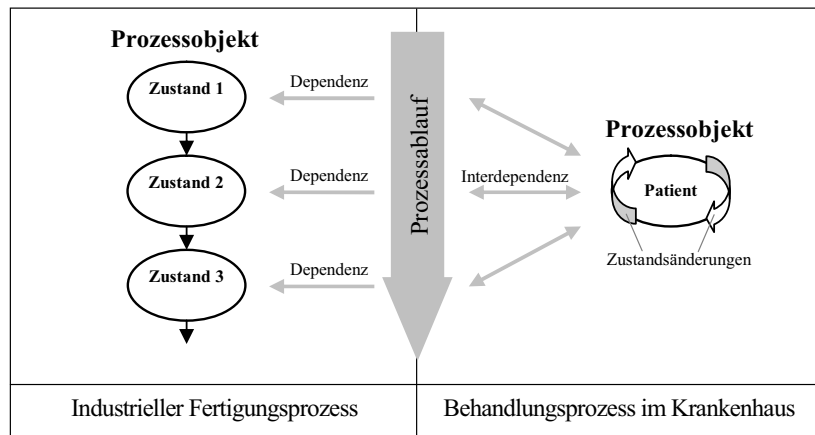


Abbildung 1: Prozessobjekt industrieller Prozessen und Behandlungsprozesse

Eine Modellierungsmethode muss demnach in der Lage sein, diese internen Änderungen des Gesundheitszustands des Patienten abzubilden, indem

1. das Prozessobjekt (als Repräsentation des Patienten) selbst spontane oder kontinuierliche Zustandsänderungen erfahren kann und
2. diese Zustandsänderungen Auswirkungen auf den Prozessablauf haben können.

### Anforderung 9: Abbildung der Organisationsstruktur

Die Krankenhausrealität ist geprägt von scharfen organisatorischen Trennungen. So führt beispielsweise die alleinige Entscheidungs- und Weisungsbefugnis der Ärzte bei medizinischen Entscheidungen dazu, dass die Zuweisung von organisatorischen Zuständigkeiten zu Aktivitäten eine wichtige Rolle spielt. Demnach sollte ein Sprachkonzept zur Modellierung von Behandlungsprozessen in der Lage sein

1. den Verantwortungsbereich (Pflege / Medizin / Verwaltung) abzubilden,
2. den einzelnen Aktivitäten und Entscheidungen die jeweils ausführende, anweisende und verantwortliche organisatorische Einheit zuzuordnen und

3. weisungstechnische Abhängigkeiten, Zielkonflikte und andere aufbauorganisatorische Gegebenheiten der am Prozess direkt oder indirekt beteiligten Akteure wiederzugeben.

#### **Anforderung 10: Abbildung technischer Ressourcen**

Viele Aktivitäten innerhalb eines Behandlungsprozesses benötigen neben den ausführenden personellen Ressourcen zusätzlich bestimmte technische Ressourcen. Dies können zum einen Gerätschaften oder Verbrauchsmaterial sein, zum anderen können sie sich auf die Belegung räumlicher Kapazitäten beziehen. Um Kapazitätskonflikte parallel laufender Prozesse zu verhindern und eine effiziente Ressourcenzuordnung zu ermöglichen, sollte eine Modellierungssprache diese abbilden können.

#### **Anforderung 11: Abbildung von Zeiten**

Die Forderung nach einer Integration der zeitlichen Perspektive ist in deren hoher Bedeutung für viele Aspekte der Ausführung von Behandlungsprozessen begründet. Die hauptsächlichsten Aktivitäten des Behandlungsprozesses spielen sich, von Notfällen einmal abgesehen, innerhalb bestimmter Tageszeiten (früher Morgen bis später Nachmittag) ab. Dies bedeutet beispielsweise, dass je nachdem zu welcher Uhrzeit ein Behandlungsprozess beginnt, bestimmte Aktivitäten noch am selben Tag stattfinden können, oder aber erst am nachfolgenden Tag, was zu einer Verlängerung des gesamten Klinikaufenthalts führen kann.

Darüber hinaus initiiert eine solche zeitliche Verschiebung weitere Aktivitäten, wie zusätzliche Pflegemaßnahmen (Verpflegung, Überwachung, etc.) und beeinflusst somit den gesamten Prozessablauf. Auch bei iterativen Prozessabläufen (als Eintrittsbedingung) und bei Entscheidungen (als Kriterium) spielen Zeiten eine wichtige Rolle. Die übergeordnete Forderung nach einer Wiedergabe von Zeiten lässt sich in folgende Teilanforderungen unterteilen:

1. Der Einfluss von Zeiten auf die Behandlungsaktivitäten muss abbildbar sein.
2. Zeiten müssen als Eintrittsbedingung und Entscheidungskriterium definierbar sein.
3. Aktivitäten müssen Zeiten bzw. Zeitspannen zugeordnet werden können.

Nachfolgende Tabelle 3 fasst die 11 Anforderungen an die Modellierung von Behandlungsprozessen in einem Anforderungskatalog zusammen, der die Ausgangsbasis für die Evaluation der EPK bildet.



Sichten	Nr.	Anforderung		
Kontrollfluss	1	Abbildung sequentieller Prozessabläufe	1a) Streng sequentiell	
			1b) Wahlfrei sequentiell (lokale Autonomie)	
	2	Abbildung paralleler Prozessabläufe	2a) mit synchronisierter Zusammenführung	
			2b) ohne synchronisierte Zusammenführung	
	3	Abbildung von Entscheidungen	3a) Regelbasiert (scharf)	3a <sub>1</sub> ) Offen-alternativ
				3a <sub>2</sub> ) Halboffen-alternativ
				3a <sub>3</sub> ) Streng-alternativ
3b) Nicht regelbasiert (unscharf)			3b <sub>1</sub> ) Offen-alternativ	
	3b <sub>2</sub> ) Halboffen-alternativ			
		3b <sub>3</sub> ) Streng-alternativ		
4	Abbildung iterativer Prozessabläufe			
5	Abbildung der internen und externen Prozessschnittstellen			
Prozessobjekt (Patient)	6	Abbildung von Warte- und Ruhezuständen		
	7	Abbildung externer Einwirkungen auf den Patientenzustand		
	8	Abbildung der internen Dynamik des Prozessobjekts		
Ressourcen	9	Abbildung der Organisationsstruktur		
	10	Abbildung technischer Ressourcen		
	11	Abbildung von Zeiten		

Tabelle 3: Anforderungen an die Modellierung von Behandlungsprozessen

#### 4.2 EPK und EPK-Erweiterungen

Mit zunehmender Diskussion und betrieblichem Einsatz wurde die Konstrukte der EPK (Funktionen, Ereignisse sowie die Konnektoren AND, XOR und OR) um eine Vielzahl unterschiedlicher Konstrukte und Varianten erweitert. Eine vollständige Aufarbeitung ist in der aktuellen Literatur nicht auszumachen. Somit erfolgt in Tabelle 4 eine möglichst umfassende Auflistung und Klassifizierung der Erweiterungen und Varianten, jedoch ohne Anspruch auf Vollständigkeit. Diese werden im nächsten Kapitel gemeinsam mit der ursprünglich definierten EPK der Methodenevaluation unterzogen.

Nr.	Erw.	Name / Inhalt der Erweiterung	Autor / Quelle	Jahr
1	EPK-Varianten	Real-Time Variante (rEPK)	HOFFMANN et al. [Ho93]	1993
2		Objektorientierte Variante (oEPK)	SCHEER et al. [Sc97]	1997
3		Modified EPCs (modEPK)	RITTGEN [Ri99]	1999
4		Agentenorientierte Variante (xEPK)	KIRN et al. [Ki00]	2000
5	Erweiterung um Konnektoren	SEQ-Konnektor	PRIEMER [Pr95]	1995
6		ET-Konnektor	ROSEMANN [Ro96]	1996
7		OR <sub>i</sub> -Konnektor		
8		XORUND-Konnektor	RITTGEN [Ri99]	1999
9		Fuzzy-Konnektor (Fuzzy-EPK)	THOMAS et al. [THA02]	2002
10		Multi-Instanziierungs-Konnektoren	RODENHAGEN [Ro02]	2002
11		Empty-Konnektor (yEPK)	MENDLING et al. [MNN05]	2005
12	Erweiterung um sonstige Konstrukte	Erweiterte EPK (eEPK)	-	-
13		Prozessobjekte	ROSEMANN [Ro96]	1996
14		Ereignis-Zustands-Konstrukte	SCHÜTTE [Sc98]	1998
15		Visualisierung der Organisationssicht	SCHÜPPLER [Sc98]	1998
16		Erweiterung um UML-Elemente	LOOS; ALLWEYER [LA98]	1998
17		Nachrichtensteuerung	SCHEER [Sc02]	2002
18		Prozessobjektmigrationfunktion	KUGELER [Ku02]	2002
19		Erweiterung zum Risikomanagement	BRABÄNDER; OCHS [BO02]	2002
20		Visualisierung der Kundenintegration	SCHNEIDER; THOMAS [ST03]	2003
21		Interorganisationale Erweiterungen	KLEIN et al. [KKS04]	2004
22		Multiple Instantiation (yEPK)	MENDLING et al. [MNN05]	2005
23	Cancellation (yEPK)			

Tabelle 4: Klassifizierung der EPK-Erweiterungen und -Varianten

### 4.3 Einsatzpotentiale der EPK

Um die EPK bezüglich der Modellierung von Behandlungsprozessen zu untersuchen, wurde geprüft, inwieweit die EPK und vorgeschlagene EPK-Erweiterungen in der Lage sind, die geforderten Anforderungen zu beschreiben. Während bei einigen EPK-Konstrukten die Anforderungserfüllung von vornherein ausgeschlossen werden konnte, war bei vielen Kombinationen eine genauere Anforderungsprüfung notwendig. Nachfolgend wird die Anforderungsprüfung aus Platzgründen anhand von zwei Beispielen demonstriert.

### Beispiel 1: Überprüfung der Anforderung 1b: wahlfrei-sequentielle Prozessabläufe

Die in der lokalen Handlungsautonomie begründete, wahlfreie Durchführung bestimmter Aktivitätssequenzen kann bereits durch den XOR-Konnektor der Basis-EPK realisiert werden. Durch die Kombinatorik der Möglichkeiten kann diese Form der Modellierung bei längeren wahlfreien Sequenzen jedoch relativ komplex und unübersichtlich werden. Alternativ kann die Anforderung mit Hilfe des von PRIEMER [Pr95] und ROSEMAN [Ro95] vorgeschlagenen Sequenz-Konnektors (SEQ-Konnektor) realisiert werden. Um diesen erweitert ist die EPK in der Lage, wahlfreie Funktionsabfolgen ohne ablaufindividuelle Eigenschaften innerhalb einer Prozesskette abzubilden, und somit die lokale Handlungsautonomie adäquat zu unterstützen (vgl. Abbildung 1).

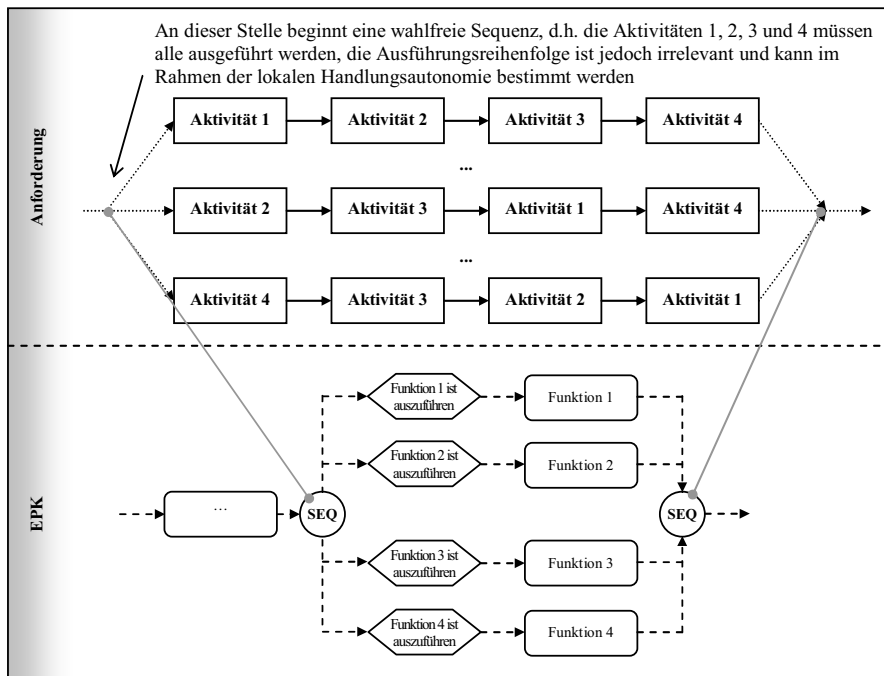


Abbildung 1: Überprüfung der Anforderung 1b: Abbildung wahlfrei-sequentieller Abläufe

### Beispiel 2: Überprüfung der Anforderung 4: Abbildung iterativer Prozessabläufe

Untersuchungs-, Behandlungs- und Versorgungsschleifen bilden ein zentrales Phänomen von Behandlungsprozessen. Deren explizite Darstellung – d.h. die Abbildung einer zyklisch auszuführenden Aktivität ohne deren redundante Modellierung an bestimmten Punkten in einen Prozessablauf – wird von der ursprünglichen EPK jedoch nicht unterstützt. Im Rahmen der agentenorientierten EPK-Variante *xEPK* (welche aus ihrer Ent-

stehung heraus einen engen Bezug zu Krankenhausprozessen besitzt) schlagen KIRN et al. [Ki00] ein Konstrukt zur expliziten Modellierung iterativer Prozesse vor.

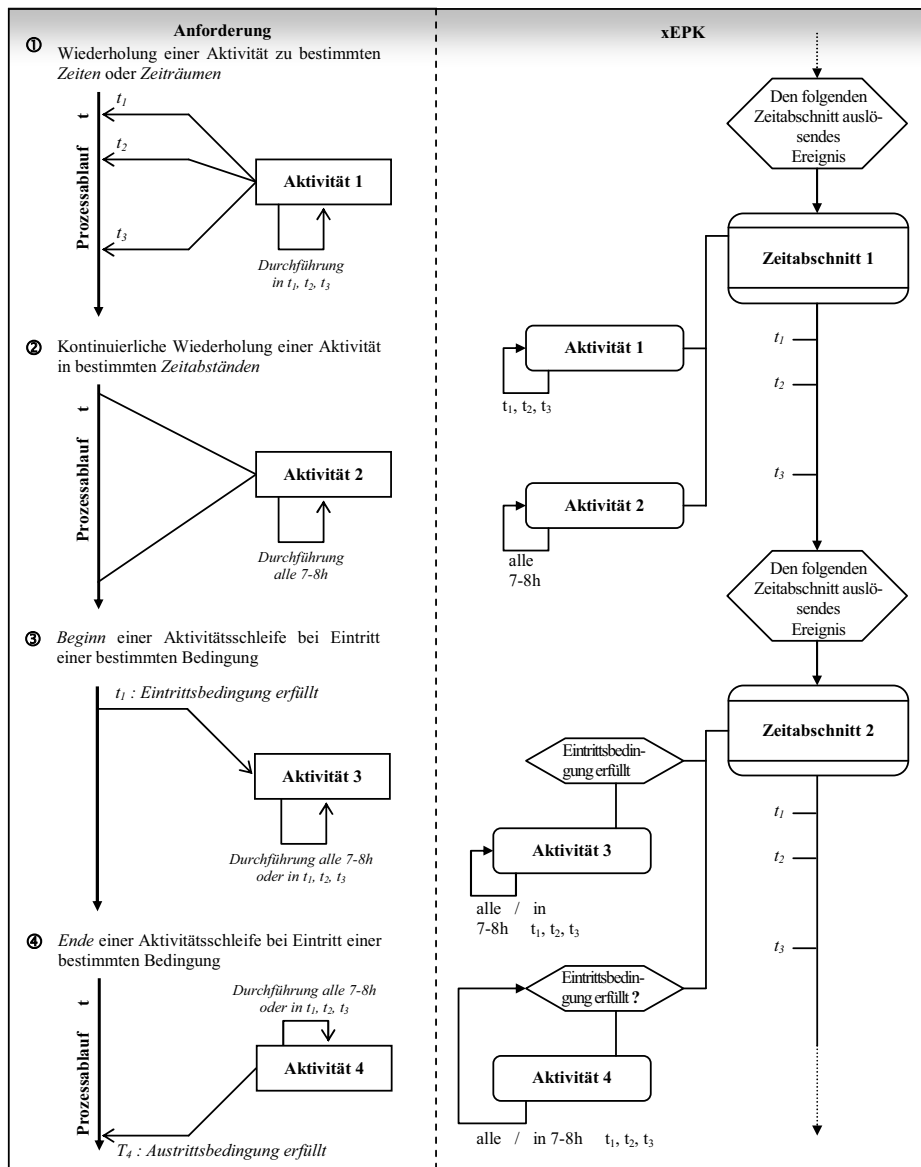


Abbildung 2: Überprüfung der Anforderung 4: Abbildung iterativer Prozessabläufe

Diese Schleifendarstellung kann aber nicht ohne weiteres in EPK-Modelle integriert werden. Sie werden (wie alle anderen Funktionen der xEPK auch) als Methode an ein

bestimmtes Zeitfenster – eine aggregierte Funktion, bspw. einen Behandlungstag – gekoppelt. Sie bieten jedoch die Möglichkeit, die geforderten Ein- und Austrittsbedingungen sowie verschiedene zeitliche Ausführungsrelationen (Ausführung zu bestimmten Uhrzeiten, Ausführung in bestimmten Zeitabständen) zu modellieren (vgl. Abbildung 2).

Dadurch, dass die Schleifenkonstrukte stets an die Funktion gekoppelt werden, wird von einer zeitlichen Anordnung oder Reihenfolgenbildung der Aktivitäten abgesehen. Die geforderte lokale Handlungsautonomie bezüglich der Integration der Schleifenaktivitäten wird somit ebenfalls implizit unterstützt. Insofern kann die Anforderung 4 prinzipiell durch die xEPK erfüllt werden, wobei die besondere Syntax und Semantik dieser Variante berücksichtigt werden muss.

## 5 Gesamtbeurteilung der EPK

Die Ergebnisse der Prüfung der einzelnen Anforderungen ist im Anhang tabellarisch zusammengefasst. Die Anforderungen bezüglich des Kontrollflusses und der Abbildung von Ressourcen konnten zu einem großen Teil durch Konstrukte der EPK erfüllt werden. Hingegen bestehen bezüglich adäquater Abbildung des Prozessobjekts, der Modellierung nicht-regelbasierter Entscheidungen sowie der Abbildung von Zeiten und unterschiedlicher Iterationsvarianten noch Defizite.

Die Kontrollflussperspektive ist der einzige Bereich, in der bereits die ursprüngliche EPK in der Lage ist, bestimmte Anforderungen zu erfüllen. So können die Anforderungen 1 und 2, die Abbildung sequentieller und paralleler Prozessabläufe, auch bezüglich aller Teilanforderungen, als vollständig erfüllt angesehen werden. Und auch der Bereich 3a, die Abbildung verschiedener regelbasierter Entscheidungen, kann durch Konstrukte der ursprünglichen EPK abgedeckt werden.

Das erste Erweiterungspotential existiert im Bereich der nicht-regelbasierten Entscheidungen (Anforderung 3b). Zwar existieren diese auch in Unternehmen, weshalb die EPK um Konstrukte wie den Fuzzy-Konnektor erweitert wurde ([THA02], [Hü03]) jedoch unterscheiden sie sich von jenen innerhalb von Behandlungsprozessen. Diese werden auch von Autoren thematisiert, die die Anwendung der Fuzzy-Set-Theorie zur Beschreibung von Entscheidungen im medizinischen Umfeld thematisierten (vgl. z.B. [Hu97], [St97], [Re04]). Während die Unschärfe in Unternehmen bei zunehmender Kenntnis der die Entscheidungssituation bestimmenden Variablen annähernd lösbar ist, fehlt diese Kenntnis bei klinischen Entscheidungen oftmals. Einige Entscheidungen werden von Ärzten getroffen, ohne dass unmittelbar klar ist, welche Variablen die Entscheidung maßgeblich beeinflusst haben. Diese nicht-deterministischen (intuitiven) Entscheidungen können z.B. von persönlichen Einschätzungen eines Arztes abhängen, ohne dass die Entscheidungsgrundlage selbst vom Arzt expliziert werden kann. Diese Art von Entscheidungen beschränkt sich nicht nur auf die Arbeit von Ärzten. Auch bei pflegerischen Aktivitäten konnten, in wesentlich engeren Grenzen als bei Ärzten, unscharfe und intuitive Entscheidungssituation beobachtet und dokumentiert werden. Ganz anders sieht die Situation bei Verwaltungstätigkeiten aus, wo für getroffene Entscheidungen meist entsprechende Vorgaben vorliegen.

Behandlungsschleifen und die daraus resultierende Anforderung nach einer dedizierten Abbildung iterativer Prozessabläufe konnte lediglich durch die agentenorientierte EPK – die xEPK – weitgehend gelöst werden. Die stark von der EPK abweichende Semantik des xEPK-Ansatzes macht allerdings noch weitere Untersuchungen notwendig.

Prozessschnittstellen lassen sich unter anderem durch die Schnittstellendiagramme der interorganisationalen Erweiterungen nach KLEIN, KUPSCH und SCHEER [KKS04] beschreiben, und hinsichtlich verschiedener Schnittstellenarten differenzieren, so dass auch dieser Bereich zufriedenstellend abgedeckt werden kann.

Die zweite Anforderungsperspektive, die Abbildung des Prozessobjekts, macht deutlich, dass sich Patienten in ihrem Zustandsverhalten von den Prozessobjekten in Unternehmen unterscheiden. Bereits bei der Abbildung von Warte- und Ruhezuständen sowie externer Zustandsbeeinflussungen des Patienten, welche aufgrund ähnlicher Vorgänge in Geschäftsprozessen prinzipiell modellierbar sein sollten, stoßen relevante EPK-Erweiterungen (rEPK und die UML-Erweiterung um State-Chart-Diagramme) an ihre Grenzen. Gleiches gilt in höherem Maße für die Anforderung 8, welche die Abbildung der internen Dynamik des Patienten Zustands verlangt. Dass sich der Prozessobjektzustand spontan und initiativ auf eine Art und Weise ändern kann, welche den gesamten weiteren Prozessablauf beeinflussen kann, ist ein spezielles Phänomen von Behandlungsprozessen und somit ein Novum für die EPK. So ist bislang noch kein EPK-Konstrukt in der Lage, die entstehende Interdependenz zwischen Prozessablauf und Prozessobjekt adäquat wiederzugeben.

Die dritte Perspektive, die Abbildung von Ressourcen, lässt sich wiederum mit der EPK vergleichsweise gut abbilden, da vor allem bezüglich einer Beschreibung der Organisationsstruktur eine ganze Reihe an Erweiterungen vorgeschlagen wurde.

Der letzte Bereich, die Abbildung der zeitlichen Perspektive, kann durch die EPK nur teilweise erfüllt werden. Zwar könnten Uhrzeiten indirekt als Bedingungen zur Entscheidungsfindung dienen, ohne eine explizite Zeitmodellierung vorzunehmen. Auch die Definition von Zeitdauern bestimmter Funktionen oder Prozessabschnitte stellt keine unüberwindbare Herausforderung dar. Doch das spezifische zeitliche Phänomen von Behandlungsprozessen, die uhrzeitliche Abhängigkeit des Prozessablaufs, lässt sich nur durch redundante Modellierung aller Prozessabschnitte in Abhängigkeit der jeweiligen Uhrzeit lösen, was jedoch aufgrund der Kombinationsvielfalt zu komplexen und wenig handhabbaren Modellen führen kann. Insofern fehlt der EPK hier ein dediziertes Konstrukt, welches den Einfluss der Uhrzeit auf den Prozessablauf abbilden kann.

## **6 Zusammenfassung und Ausblick**

Primäres Ziel der Arbeit war die Überprüfung der Anwendbarkeit der EPK zur Modellierung von Behandlungsprozessen. Zur Beantwortung dieser Frage wurde, durch die Analyse empirisch erhobener Daten, ein induktiv-hergeleiteter Anforderungskatalog erstellt. Dieser Anforderungskatalog ist das erste Ergebnis der vorliegenden Arbeit, und kann, unabhängig von der im Weiteren diskutierten EPK-Evaluation, als eigenständige Grund-

lage für weitere Forschungsbemühungen der Prozessmodellierung im Krankenhausumfeld dienen. Basierend auf diesem Anforderungskatalog wurde die EPK evaluiert, um die Frage nach ihrer Eignung zur Abbildung von Behandlungsprozessen zu klären.

Bei der Untersuchung wurde deutlich, dass die EPK und die vorgeschlagenen Erweiterungen den regelbasierten Kontrollfluss und die beteiligten Ressourcen relativ gut abbilden können. Die EPK eignet sich, wie Eingangs vermutet, für die Beschreibung von strukturierten Verwaltungstätigkeiten. Um die Ausdrucksmächtigkeit der EPK an Anforderungen der Krankenhausdomäne anzupassen, existiert jedoch noch Erweiterungspotential in den folgenden drei Bereichen, um neben Verwaltungstätigkeiten auch pflegerische und ärztliche Tätigkeiten als integrale Bestandteile eines Behandlungsprozesses adäquat abbilden zu können:

1. die Wiedergabe nicht-regelbasierter und z.T. intuitiver Entscheidungen bei ärztlichen und z.T. pflegerischen Aktivitäten,
2. die Modellierung der internen Zustandsdynamik des Patienten und dessen Einfluss auf den Prozessablauf,
3. die dimensionsübergreifende Abbildung der zeitlichen Perspektive von Aktivitäten, sowie
4. Abbildung unterschiedlicher Iterationsvarianten.

Diese Defizite stellen Anknüpfungspunkte für weiteren Forschungsbedarf hinsichtlich der Erweiterung der EPK.

Die vorgestellten Ergebnisse müssen vor dem Hintergrund der Limitation der Untersuchung interpretiert werden. Diese liegt in erster Linie in der Subjektivität von Entscheidungen, die im Rahmen der Evaluation zu treffen waren. Bereits die Erhebung der empirischen Datenbasis durch Beobachtung, auf der die Anforderungsableitung letztlich basiert, ist durch die Subjektivität der Methoden der Feldforschung geprägt. Diese konnte allerdings durch den Informationsaustausch zwischen Studienmitarbeitern und Klinikpersonal durch Tiefeninterviews, sowie durch die anschließende Validierung der erhobenen Daten durch die Patientenakten (Dokumentenanalyse) begrenzt werden. Bei der Auswertung der Daten ließen sich stellenweise auch andere Anforderungen ableiten und daraus wiederum andere Schlussfolgerungen hinsichtlich der Erweiterung der EPK zur Modellierungssprache für Behandlungsprozesse ziehen.

## Anhang

Anforderungen	Varianten				Erw. um Konnektoren				Erw. um sonstige Konstrukte										Bester Wert							
	EPK	(r)EPK	oEPK	Modified EPKs	xEPK	SEQ	ET	OR <sub>1</sub>	XORUND	Fuzzy	Multiinstanzen	Empty	eEPK	Prozessobj.	E-Z-Konstrukte	Vis. Org-Sicht	UML Erw.	Nachrichten		Prozessob. migr.	Risikoman.	Kundenintegr.	Interorg. Erw.	Multiple Inst.	Cancellation	
Kontrollfluss	1a	X																								X
	1b	X				X																				X
	2a	X										X														X
	2b	X																								X
	3a <sub>1</sub>	X					X		X																	X
	3a <sub>2</sub>	X					X	X																		X
	3a <sub>3</sub>	X					X																			X
	3b <sub>1</sub>	O								/																/
	3b <sub>2</sub>	O								/																/
	3b <sub>3</sub>	O								/																/
	4	O				/																				/
	5	O											/		/								X			X
	Prozess-objekt	6	O	/										/		/	/	/								/
		7	O	/										/		/	/									/
8		O																							O	
Ress.	9	O										/		/	X						/				X	
	10	O										/													/	
11	/																								/	

X : erfüllt, / : teilweise erfüllt, O : nicht erfüllt, leer : nicht relevant

Tabelle 5: Ergebnisse der empirischen Methodenevaluation  
(für Anforderungen vgl. Tabelle 3)



## Literaturverzeichnis

- [Be04] Berger, K.: Behandlungspfade als Managementinstrument im Krankenhaus, in: Greiling, M. (Hrsg.): Pfade durch das Klinische Prozessmanagement: Methodik und aktuelle Diskussionen, Stuttgart: Kohlhammer 2004, S. 42-64.
- [BO02] Brabänder, E.; Ochs, H.: Analyse und Gestaltung prozessorientierter Risikomanagementsysteme mit Ereignisgesteuerten Prozessketten, in: Nüttgens, M.; Rump, F.J. (Hrsg.): EPK 2003 - Geschäftsprozessmanagement mit Ereignisgesteuerten Prozessketten, Proceedings des 1. GI-Workshop EPK 2002, Trier 2002, S. 17-34.
- [Br05] Braun, G. E.: Zunehmende Prozessorientierung als Entwicklungstendenz im gesundheitspolitischen Umfeld des Krankenhauses. in: G. E. Braun; N. Bohr; O. Braun Güssow (Hrsg.): Prozessorientiertes Krankenhaus : Lösungen für eine Positionierung im Wettbewerb. Stuttgart 2005, S. 13-28.
- [DR00] Dadam, P.; Reichert, M.: Towards a New Dimension in Clinical Information Processing, in: Hasman, A. et al. (Hrsg.): Medical Infobahn for Europe, Amsterdam: IOS Press 2000, S. 295-301.
- [Dy02] Dykes, P. C.: Die Bearbeitung von Begleiterkrankungen und Abweichungen mit "Co-Pathways", in: Dykes, P. C.; Wheeler, K. (Hrsg.): Critical Pathways – Interdisziplinäre Versorgungspfade – DRG-Management Instrumente, Bern et al.: Huber 2002, S. 57-66.
- [Fl86] Floyd, C.: A comparative evaluation of system development methods. Proc. of the IFIP WG 8.1 working conference on Information systems design methodologies: improving the practice table of contents. Noordwijkerhout, Netherlands 1986, S. 19 - 54.
- [GH02] Greiling, M.; Hofstetter, J.: Patientenbehandlungspfade optimieren – Prozeßmanagement im Krankenhaus, Kulmbach: Baumann 2002.
- [Go05] Gospodaravskaya, E.; Churilov, L.; Wallace, L.: Modelling the Patient Care Process of an Acute Care Ward in a Public Hospital: A Methodological Perspective, in: Proceedings of the Proceedings of the 38th Annual Hawaii International Conference on System Sciences (HICSS'05) - Track 6 - Volume 06 2005, S. 145.1.
- [Gr99] Grote, W.; Bott, O. J.; Penger, O.-S.; Terstappen, A.; Pretschner, D. P.; F.Kloß: Prozessorientierte Präsentation, Evaluation und Einführung von Anwendungssystemen am Beispiel des OP-Managements, in: Victor, N. et al. (Hrsg.): Medical Informatics, Biostatistics and Epidemiology for Efficient Health Care and Medical Research, 44. Jahrestagung der GMDS in Heidelberg, September 1999, München: Urban und Vogel 1999, S. 252-255.
- [Ho93] Hoffmann, W.; Wein, R.; Scheer, A.-W.: Konzeption eines Steuerungsmodells für Informationssysteme – Basis für die Real-Time-Erweiterung der EPK (rEPK), Heft 106 des Instituts für Wirtschaftsinformatik im Institut für empirische Wirtschaftsforschung an der Universität des Saarlandes, Saarbrücken 1992.
- [Hu97] Hurdle, J. F.: Lightweight fuzzy processes in clinical computing. In: Artificial Intelligence in Medicine 11 (1997) 1, S. 55-73.
- [Hü03] Hüsselmann, C.: Fuzzy-Geschäftsprozessmanagement. Josef Eul Verlag, Lohmar 2003.
- [Jø03] Jørgensen, J. B.: Coloured Petri Nets in Development of a Pervasive Health Care System, in: van der Aalst, W. M. P.; Best, E. (Hrsg.): Proceedings of ICATPN 2003, LNCS 2679, Springer: Berlin; Heidelberg 2003, S. 256–275.
- [Ke92] Keller, G.; Nüttgens, M.; Scheer, A.-W.: Semantische Prozeßmodellierung auf der Grundlage "Ereignisgesteuerter Prozeßketten (EPK)", Heft 89 des Instituts für Wirtschaftsinformatik im Institut für empirische Wirtschaftsforschung an der Universität des Saarlandes, Saarbrücken 1992.

- [Ke99] Keller, G.: SAP R/3 prozeßorientiert anwenden. Iteratives Prozeß-Prototyping mit Prozeßketten. Bd. 3, München 1999.
- [Ki00] Kim, S.; Heine, C.; Petsch, M.; Puppe, F.; Klügl, F.; Herrler, R.: Agentenorientierte Modellierung vernetzter Logistikkreisläufe als Ausgangspunkt agentenbasierter Simulation, in: Kim, S.; Petsch, M. (Hrsg.): Tagungsband zum 2. Kolloquium des DFG-Schwerpunktprogramms "Intelligente Softwareagenten und Betriebswirtschaftliche Anwendungsszenarien", TU Ilmenau, Lehrstuhl für Wirtschaftsinformatik 2, Ilmenau: November 2000.
- [KKS04] Klein, R.; Kupsch, F.; Scheer, A.-W.: Modellierung interorganisationaler Prozesse mit Ereignisgesteuerten Prozessketten, Heft 178 des Instituts für Wirtschaftsinformatik im Institut für empirische Wirtschaftsforschung an der Universität des Saarlandes, Saarbrücken 2004.
- [Ku02] Kugeler, M.: SCM und CRM – Prozessmodellierung für Extended Enterprises, in: Becker, J.; Kugeler, M.; Rosemann, M. (Hrsg.): Prozessmanagement – Ein Leitfaden zur prozessorientierten Organisationsgestaltung, 3., vollständig neubearbeitete und erweiterte Auflage, Berlin et al.: Springer 2002, S. 457-485.
- [Kü04] Küttner, T.: Der Klinische Behandlungspfad als strategisches Managementinstrument im DRG-Kontext und dessen Entwicklung am Beispiel einer akutgeriatrischen Abteilung eines somatischen Krankenhauses, Schöling: Münster 2004.
- [LA98] Loos, P.; Allweyer, T.: Process Orientation and Objekt-Orientierung – An Approach for Integrating UML and Event-Driven Process Chains (EPC), Heft 144 des Instituts für Wirtschaftsinformatik im Institut für empirische Wirtschaftsforschung an der Universität des Saarlandes, Saarbrücken 1998.
- [Lo92] Loos, P.: Datenstrukturierung in der Fertigung. Oldenbourg Verlag; München [u.a.] 1992.
- [Lü03] Lungen, M.; Lauterbach, K. W.; Lungen, L.: DRG in deutschen Krankenhäusern : Umsetzung und Auswirkungen. Stuttgart [u.a.] 2003.
- [Mi01] Middendorf, C.: Ganzheitliches Medical Controlling, in: von Eiff, W.; Ziegenbein, R. (Hrsg.): Geschäftsprozeßmanagement – Methoden und Techniken für das Management von Leistungsprozessen im Krankenhaus, 2. Auflage, Gütersloh: Bertelsmann Stiftung 2003, S. 161-219.
- [MNN05] J. Mendling, G. Neumann, M. Nüttgens: Yet Another Event-driven Process Chain - Modeling Workflow Patterns with yEPCs. accepted for the International Journal "Enterprise Modelling and Information Systems Architectures".
- [Mo01] Moser, G.: Standardprozeßorientierter Krankenhausvergleich, in: von Eiff, W.; Ziegenbein, R. (Hrsg.): Geschäftsprozeßmanagement – Methoden und Techniken für das Management von Leistungsprozessen im Krankenhaus, 2. Auflage, Gütersloh: Bertelsmann Stiftung 2003, S. 83-134.
- [Pe62] Petri, C. A.: Kommunikation mit Automaten, in: Peschl, E.; Unger, H. (Hrsg.): Schriften des Rheinisch-Westfälischen Institutes für Instrumentelle Mathematik an der Universität Bonn Nr. 2, Bonn: 1962.
- [Pe03] Perrevort, F.: Modellierung eines integrierten Informations- und Kommunikationssystems im Krankenhaus – ARIS in der Anwendung, in: Kuntz, L. (Hrsg.): Arbeitsberichte zum Management im Gesundheitswesen (Nr. 4), Lehrstuhl für Allgemeine BWL und Management im Gesundheitswesen, Universität zu Köln: 2003.
- [Pr95] Priemer, J.: Entscheidungen über die Einsetzbarkeit von Software anhand formaler Modelle, Sinzheim: Pro Universitate 1995.
- [Re97] Reichert, M.; Schultheiß, B.; Dadam, P.: Erfahrungen bei der Entwicklung vorgangsorientierter, klinischer Anwendungssysteme auf Basis prozeßorientierter Workflow-Technologie, Proceedings der 42. Jahrestagung GMDS, Ulm: 1997, S. 181-187.
- [Re04] Seising, R.: Fuzzy Sets in Medicine - Historical Remarks. In: (F. Valafar; H. Valafar Hrsg.): Proceedings of the International Conference on Mathematics and Engineering

- Techniques in Medicine and Biological Sciences, METMBS '04., Las Vegas, Nevada, USA 2004, S. 31-37.
- [Ri99] Rittgen, P.: Modified EPCs and Their Formal Semantics, Arbeitsbericht Nr. 19, Institut für Wirtschaftsinformatik, Koblenz: Universität Koblenz-Landau 1999.
- [Ro96] Rosemann, M.: Komplexitätsmanagement in Prozessmodellen: methodenspezifische Gestaltungsempfehlungen für die Informationsmodellierung, Wiesbaden: Gabler 1996.
- [Ro02] Rodenhagen, J.: Ereignisgesteuerte Prozessketten (EPK) – Multi-Instanzierungsfähigkeit und referentielle Persistenz, in: Nüttgens, M.; Rump, F. J. (Hrsg.): EPK 2002 - Geschäftsprozessmanagement mit Ereignisgesteuerten Prozessketten, Proceedings des GI-Workshops und Arbeitskreistreffens (Trier, November 2002), S. 95-107.
- [Ro03] Roeder N.; Hindle, D.; Loskamp, N.; Juhra, C.; Hensen, P.; Bunzemeier, H.; Rochell, B.: Frischer Wind mit klinischen Behandlungspfaden (I) – Instrumente zur Verbesserung der Organisation klinischer Prozesse, in: das Krankenhaus (2003) 1, S. 20-27.
- [Ru99] Rump, F. J.: Geschäftsprozessmanagement auf der Basis ereignisgesteuerter Prozessketten – Formalisierung, Analyse und Ausführung, Stuttgart; Leipzig: Teubner 1999.
- [Sa05] Sarshar, K.; Loos, P.; Dominitzki, P., Reichel, C.: Krankenhausprozesse – Dokumentation erhobener Daten einer Feldstudie in einem Universitäts-Klinikum, Working Papers of the Research Group Information Systems & Management (ISSN 1617-6324 (printed version), ISSN 1617-6332 (Internet version), URN urn:nbn:de:0006-0242), Paper 24, Mainz 2005.
- [Sc94] Scheer, A.-W.: ARIS-Toolset: Die Geburt eines Softwareproduktes. In: A.-W. Scheer (Hrsg.): Veröffentlichungen des Instituts für Wirtschaftsinformatik. Bd. 111, Saarbrücken 1994.
- [Sc95] Scheer, A.-W.: Wirtschaftsinformatik. Referenzmodelle für industrielle Geschäftsprozesse, 6. Auflage, Berlin et al.: Springer 1995.
- [Sc96] Scheer, A.-W.; Chen, R.; Zimmermann, V.: Geschäftsprozesse und integrierte Informationssysteme im Krankenhaus, Heft 130 des Instituts für Wirtschaftsinformatik im Institut für empirische Wirtschaftsforschung an der Universität des Saarlandes, Saarbrücken 1996.
- [Sc97] Scheer, A.-W.; Nüttgens, M.; Zimmermann, V.: Objektorientierte Ereignisgesteuerte Prozesskette (oEPK) – Methode und Anwendung, Heft 141 des Instituts für Wirtschaftsinformatik im Institut für empirische Wirtschaftsforschung an der Universität des Saarlandes, Saarbrücken 1997.
- [Sc98] Schüppler, D.: Informationsmodelle für überbetriebliche Prozesse : ein Ansatz zur Gestaltung von Interorganisationssystemen, Frankfurt am Main et al.: Lang 1998.
- [Sc98] Schütte, R.: Grundsätze ordnungsmäßiger Referenzmodellierung, Wiesbaden: Gabler 1998.
- [Sc02] Scheer, A.-W.: ARIS: Von der Vision zur praktischen Geschäftsprozesssteuerung, in: Scheer, A.-W.; Jost, W. (Hrsg.): ARIS in der Praxis – Gestaltung, Implementierung und Optimierung von Geschäftsprozessen, Berlin et al.: Springer 2002, S. 1-14.
- [SL04] Sarshar, K.; Loos, P.: Klassifikation von Sprachen zur Modellierung medizinischer Behandlungspfade. In: (M. Rebstock Hrsg.): Modellierung betrieblicher Informationssysteme - MobIS 2004, Proceedings zur Tagung, 10. März 2004. Essen 2004, S. 43-59.
- [SL05a] Sarshar, K.; Loos, P.: Modellierung überbetrieblicher Behandlungsprozesse durch Objekt-Petrinetze, in: Wirtschaftsinformatik 47 (2005) 3, S. 203-210.
- [SL05b] Sarshar, K.; Loos, P.: A Normative Language Approach to the Application of Petri Nets in Healthcare, in: Workshop on eHealth. Workshop im Rahmen der Informatik 2005, 35. Jahrestagung der Gesellschaft für Informatik e. V..
- [SR98] Siau, K.; Rossi, M.: Evaluation of Information Modeling Methods - A Review. Thirty-First Annual Hawaii International Conference on System Sciences. Volume 5: Modeling Technologies and Intelligent Systems. Kohala Coast, Hawaii, USA 1998, S. 314-322.

- [St97] Steimann, F.: Fuzzy Set Theory in Medicine. In: Artificial Intelligence in Medicine 11 (1997) 1, S. 1-7.
- [ST03] Schneider, K.; Thomas, O.: Kundenorientierte Dienstleistungsmodellierung mit Ereignisgesteuerten Prozessketten, in: Nüttgens, M.; Rump, F.J. (Hrsg.): EPK 2003 - Geschäftsprozessmanagement mit Ereignisgesteuerten Prozessketten, Proceedings des GI-Workshops und Arbeitskreistreffens (Bamberg, Oktober 2003), S. 87-93.
- [Su88] Surya, B. Y.; Ralph, R. B.; Akemi, T. C.; Rajkumar, T. M.: Comparison of analysis techniques for information requirement determination. In: Communications of the ACM 31 (1988) 9, S. 1090 - 1097.
- [SW04] Sloane, E. B.; Wagner, W. P.: Clinical Engineering Use of Event-Driven Process Chain (EPC) to Develop Enterprise Models of Collaborative Information and Workflow for Re-Engineering the Operating Room, in: Proceedings of the 10th Americas Conference on Information Systems, New York: 2004.
- [THA02] Thomas, O.; Hüsselmann, C.; Adam O.: Fuzzy-Ereignisgesteuerte Prozessketten - Geschäftsprozessmodellierung unter Berücksichtigung unscharfer Daten, in: Nüttgens, M.; Rump, F.J. (Hrsg.): EPK 2002 - Geschäftsprozessmanagement mit Ereignisgesteuerten Prozessketten, Proceedings des GI-Workshops und Arbeitskreistreffens (Trier, November 2002), S. 7-16.
- [vAa98] van der Aalst, W.M.P.: The application of Petri nets to workflow management, in: The Journal of Circuits, Systems and Computers 8 (1998) 1, S. 21-66.
- [Va04] Valk, R.: Object Petri Nets - Using the Nets-within-Nets Paradigm. In: J. Desel; W. Reisig; G. Rozenberg (Hrsg.): Lectures on Concurrency and Petri Nets: Advances in Petri Nets. 3098. Aufl., 2004, S. 819-848.
- [vEZ03] von Eiff, W.; Ziegenbein, R.: Entwicklung von Prozeßmodellen im Krankenhaus, in: von Eiff, W.; Ziegenbein, R. (Hrsg.): Geschäftsprozeßmanagement – Methoden und Techniken für das Management von Leistungsprozessen im Krankenhaus, 2. Auflage, Gütersloh: Bertelsmann Stiftung 2003, S. 55-83.
- [Wa02] Wang, D.; Peleg, M.; Tu, S. W.; Boxwala, A. A.; Greenes, R. A.; Patel, V. L.; Shortliffe, E. H.: Representation primitives, process models and patient data in computer-interpretable clinical practice guidelines: A literature review of guideline representation models. In: International Journal of Medical Informatics 68 (2002) 1-3, S. 59-70.