

# Prozessanalytische Betrachtung notfallmedizinischer Vorsichtungsalgorithmen

Michéle Kümmel, Martin Benedict, Werner Esswein

Lehrstuhl für Wirtschaftsinformatik, insb. Systementwicklung  
Technische Universität Dresden  
{michele.kuemmel, martin.benedict, wener.esswein}@tu-dresden.de

**Abstract.** Massenanfälle von Verletzten erfordern eine ressourcenoptimierte Allokation notfallmedizinischer Expertise. Um diese zu gewährleisten werden sogenannte Vorsichtungsalgorithmen zur Ermittlung konkreter notfallmedizinischer Behandlungsbedarfe eingesetzt. Bei der Anwendung existierender Algorithmen kommt es jedoch zu Problemen bei der Spezifität und Sensitivität, sodass eine Revision der Algorithmen erforderlich wird. Der vorliegende Beitrag adressiert diese Problematik, indem er mit Hilfe der Methode der Prozessanalyse, insb. mittels Prozessdefinition und -modellierung bestehende Vorsichtungsalgorithmen durchdringt und diese vor dem Hintergrund der Algorithmusgüte untersucht. Auf dieser Basis werden Algorithmusfragmente identifiziert, die bei einer Revision von Vorsichtungsalgorithmen prioritär behandelt werden sollten. Damit bildet das Papier einen Ausgangspunkt zur Neukonfiguration von Vorsichtungsalgorithmen und trägt somit zur Verbesserung der medizinischen Versorgungslage bei Großschadenslagen und Katastrophenfällen bei.

**Keywords:** Triage, Vorsichtung, Prozessanalyse, Prozessmodellierung, MANV

## 1 Einleitung

Vor dem derzeitigen Hintergrund der aktuellen politischen und gesellschaftlichen Lage (z.B.: Terrorgefahr, Großveranstaltungen und Demonstrationen, Gefahr von großen Verkehrsunfällen, etc.) spielt die Handlungsfähigkeit von Einsatzkräften auch bei Großschadenslagen eine immer bedeutendere Rolle. Das Eintreten eines Massenanfalls von Verletzten (MANV) ist dabei ein typisches Szenario, welches sowohl medizinisches als auch nicht-medizinisches Personal vor verschiedene Herausforderungen stellt. Dabei liegt der Fokus auf der Koordination der restringierten Menge an Ressourcen (z.B.: Einsatzwagen, Rettungsgeräte) im Schadensgebiet und der Bereitstellung medizinischer Fachexpertise durch Notärzte. Um die Notwendigkeit medizinischer Rettungsmaßnahmen, insbesondere für vital bedrohte Patienten, richtig abschätzen zu können, werden im Falle eines MANV Vorsichtungsalgorithmen eingesetzt, die auch durch nicht-medizinisches Personal (z.B. Feuerwehrkräfte) angewandt werden können [1]. Diese Algorithmen dienen vornehmlich der standardisierten, schnellen und möglichst genauen Einordnung von Versorgungsaufgaben sowie der bestmöglichen Verteilung von knappen medizinischen und personellen Ressourcen [2]. Trotz einer Vielzahl an

Multikonferenz Wirtschaftsinformatik 2018,  
March 06-09, 2018, Lüneburg, Germany

existierenden Vorsichtungsalgorithmen gibt es keinen optimalen und unumstrittenen Algorithmus [1]. So ist insbesondere die diagnostische Güte der Algorithmen ein stark diskutierter Gegenstand [3]. Ein Konflikt im Zusammenhang mit der diagnostischen Güte erwächst beispielsweise aus der Notwendigkeit der einfachen Verständlichkeit für nicht-medizinisches Personal und der diagnostischen Genauigkeit der Einzelmaßnahmen innerhalb des Algorithmus. Aufwändige Verfahren, die zu höherer diagnostischer Güte führen, scheiden aufgrund der Anwendbarkeit durch nicht-medizinisches Personal aus. Weiterhin lassen sich MANV nur bedingt vorbereiten, da das zum Zeitpunkt eines MANV verfügbare Personal sowie dessen Qualifikation hinsichtlich der Vorsichtung schwer planbar sind [4]. Methodisch existieren bei bestehenden Vorsichtungsalgorithmen Defizite hinsichtlich Sensitivität und Spezifität, insbesondere wenn auch internistische Probleme erkannt werden sollen [3]. Häufig kommt es zu einer Untertriage oder Übertriage, was zur Folge hat, dass Patienten vermeintlich in falsche Sichtungskategorien eingeteilt werden, wodurch die Risiken der ausbleibenden oder fehlerhaften Versorgung verstärkt werden [2]. Aufgrund des variierenden Ablaufs und Inhalts der Algorithmen können sich unterschiedliche Ergebnisse und somit auch medizinische Fehler ergeben. So könnte ein gehfähiger Patient trotz eines schweren internistischen Problems in die Gruppe der nicht vital bedrohten Patienten eingeordnet werden [3]. Die Bestimmung einer optimalen Reihenfolge und Selektion von diagnostischen Einzelmaßnahmen ist daher ein Ziel bei der Gestaltung und Optimierung von Vorsichtungsalgorithmen. Korrespondierend besteht der Bedarf der prozessanalytischen Untersuchung dieser Algorithmen sowie der Erprobung einer veränderten Anordnung von Fragmenten. Hier können Methoden der Wirtschaftsinformatik, wie die Prozessanalyse und -simulation einen Beitrag zur methodischen Revision der Algorithmen liefern. Ansätze hierzu existieren bereits bei der Notaufnahmeorganisation [5, 6], wohingegen der Bereich der Vorsichtungsalgorithmen bislang weniger untersucht ist. Um eine Optimierung vorzunehmen, ist zunächst eine analytische Betrachtung der Einzelfragmente bestehender Algorithmen notwendig.

Der vorliegende Beitrag adressiert diesen Bedarf, indem er existierende Vorsichtungsalgorithmen hinsichtlich ihrer Einzelfragmente untersucht und die Existenz einzelner Fragmente in den Kontext der Güte der entsprechenden Algorithmen setzt. Ziel ist damit die analytische Erschließung von Vorsichtungsalgorithmen mittels Methoden der Wirtschaftsinformatik. Dementsprechend wird ein Grundstein für weitere Forschungsarbeiten zur Revision solcher Algorithmen gelegt, indem diese konzeptionell erschlossen werden.

Die vorliegende Abhandlung ist wie folgt organisiert: In Abschnitt 2 werden die Grundlagen der Vorsichtung als Methode der Notfallmedizin eingeführt. Abschnitt 3 stellt die Anwendbarkeit der Prozessanalyse für Vorsichtungsalgorithmen dar und beschreibt, welche Modellierungssprachen für diese angewendet werden können. Abschnitt 4 beschreibt die Analyse eines Vorsichtungsalgorithmus exemplarisch. In Abschnitt 5 sind die Ergebnisse des Vergleichs von Vorsichtungsalgorithmen dargestellt. Das Papier schließt mit einer Diskussion und einem Ausblick für weitere Forschungsperspektiven in Abschnitt 6.

## 2 Grundlagen

Der MANV stellt in der Notfallmedizin eine außergewöhnliche Situation dar. Hierbei kommt es zu einem „Notfall mit einer größeren Anzahl von Verletzten, Erkrankten oder Betroffenen, der mit vorhandenen Ressourcen aus dem Rettungsdienstbereich nicht bewältigt werden kann“ [7]. Um innerhalb dieser Großschadenslage eine prioritätsorientierte Behandlung der Patienten zu gewährleisten, ist ein methodisches und einheitliches Verfahren zur Identifikation und Kategorisierung von Verletzten essentiell. Diese vorläufige Zustandsbeurteilung durch ärztliches und nicht-ärztliches Personal wird als Vorsichtung bezeichnet und ist von der ärztlichen Sichtung und Nachsichtung zu unterscheiden [8]. Mögliche Werkzeuge dafür sind „standardisierte Algorithmen für die Entscheidungsfindung“ [9], sogenannte Vorsichtungsalgorithmen. Diese beschreiben auf Basis von Wenn-Dann-Beziehungen das Vorgehen zur qualitativen und schnellstmöglichen Identifizierung und Kategorisierung von Patienten. Die Kennzeichnung der Patienten und die damit verbundene Einschätzung der Versorgungs- und Transportpriorität erfolgen mit Hilfe von definierten Sichtungskategorien, wobei sowohl die Schädigungsintensität und die Vitalfunktion des Patienten als auch personelle und materielle Ressourcen beachtet werden [10]. Diese Sichtungskategorien umfassen fünf Ausprägungen, die sowohl numerisch (I, II, III, IV) als auch farblich mit Hilfe eines Ampel-Systems (rot, gelb, grün, grau / blau / schwarz) unterschieden werden können. Aus diesen lassen sich einfache Konsequenzen ableiten [11] (vgl. **Tabelle 1**):

**Tabelle 1.** Sichtungskategorien: Kennzeichnung, Beschreibung und Konsequenzen, nach [8]

Kategorie	Beschreibung	Konsequenz
I; rot	Akute, vitale Bedrohung	Sofortbehandlung
II; gelb	Schwerverletzt / schwer erkrankt	Aufgeschobene Behandlung
III; grün	Leicht verletzt / erkrankt	Spätere (ambulante) Behandlung
IV; blau	Ohne Überlebenschance	Betreuende (abwartende) Behandlung
schwarz	Tote	Kennzeichnung

Für den Begriff der Vorsichtung wird synonym die Triage verwendet [12]. Davon sind die Begriffe der Untertriage und Übertriage für problematische Phänomene bei der Vorsichtung abgeleitet. Die Untertriage ist die fehlende Erkennung von Patienten während eines MANV, wodurch der Patient fälschlicherweise in eine zu geringe Sichtungskategorie eingeordnet wird (falsch-negative Zuordnung) [3, 13]. Übertriage ist die fehlerhafte Auswahl von Patienten, wodurch der Patient fälschlicherweise in eine zu hohe Sichtungskategorie eingeordnet wird (falsch-positive Zuordnung) [3, 13]. Beide Probleme führen zu einer akuten Gefährdung von Menschenleben [3]: Die Untertriage kann Patienten eine frühzeitige Behandlung verwehren und die Übertriage hat zur Folge, dass benötigte Ressourcen nicht prioritätsorientiert eingesetzt werden können. Diese statistischen Probleme sind direkt mit den Gütekriterien der Sensitivität (Se) und Spezifität (Sp) verbunden, die der Beurteilung der Validität u.a. von diagnostischen Tests dienen und ebenfalls bei der Betrachtung der Güte von Vorsichtungsalgorithmen angewendet werden können. Die Sensitivität ergibt sich aus der Vermeidung von Untertriage und

stellt somit den Anteil der Patienten dar, die in die richtige Sichtungskategorie eingestuft werden, deren Eigenschaften ihrer Schädigungsintensität entsprechen [2, 14]. Das Kriterium der Spezifität ergibt sich aus der Verhinderung von Übertriage und repräsentiert demnach den Anteil der Patienten, die richtig von der Sichtungskategorie ausgeschlossen werden, deren Kriterien sie nicht aufweisen [2, 14]. Der Youden-Index ( $Y$ ) ist ein Validitätsmaß und aggregiert die genannten Gütekriterien. Dieser Index dient dem direkten Vergleich verschiedener Diagnosetests bzw. verschiedener Vorsichtungsalgorithmen, indem die Gesamt-Erkenntnisgewinne zueinander in Verhältnis gesetzt werden, wobei Sensitivität und Spezifität gleichgewichtet berücksichtigt werden [15]. Vorsichtungsalgorithmen mit hoher Güte sollten einen hohen Youden-Index aufweisen.

$$Y = Se + Sp - I \quad (1)$$

Im vorliegenden Beitrag werden sieben Algorithmen betrachtet, welche HELLER ET AL. [3] in ihrer Betrachtung der diagnostischen Güte von Vorsichtungsalgorithmen erwähnen: PRIOR (Primäres Ranking zur Initialen Orientierung im Rettungsdienst), mSTaRT (Modified Simple Triage and Rapid Treatment), FTS (Field Triage Score), ASAV (Amberg-Schwandorf-Algorithmus für die Vorsichtung), STaRT (Simple Triage and Rapid Treatment), Care Flight und Triage Sieve.

### 3 Methodik: Prozessbetrachtung von Vorsichtungsalgorithmen

#### 3.1 Untersuchung der Anwendbarkeit der Prozessanalyse

Um eine prozessanalytische Betrachtung von Vorsichtungsalgorithmen zu ermöglichen, muss überprüft werden, ob diese Algorithmen der Prozessdefinition entsprechen.

Das Verständnis für den Prozessbegriff der vorliegenden Arbeit beruht auf den Merkmalen, die in **Tabelle 2** erwähnt sind. In der Tabelle werden außerdem die Merkmale von Vorsichtungsalgorithmen mit denen von Prozessen abgeglichen.

Von dem Begriff des Vorsichtungsalgorithmus abzugrenzen ist das Konzept des klinischen Behandlungspfades. GADATSCH zeigt auf, dass sich im Gesundheitswesen „der Begriff des Behandlungspfades für die medizinischen Prozesse etabliert [hat]“ [16]. VAUTH ergänzt diese Terminologie um die ökonomische und qualitative Versorgung von „Patienten mit bestimmten Krankheitsbildern“ [17]. So wird dieser Begriff vornehmlich für standardisierte Behandlungen und den darin vereinten Prozessabfolgen benutzt [16].

Demzufolge ist ein Prozess im Gesundheitswesen eine zielgerichtete, sachlogische Abfolge von Prozessschritten zur Versorgung von Patienten mit einem bestimmten Krankheitsbild. Sie dienen der Transformation eines definierten Inputs in einen gewünschten Output mit Hilfe von Arbeitsteilung in einer bestimmten Zeit und sind wiederholbar sowie standardisierbar.

**Tabelle 2.** Zusammenführung der Merkmale von Prozessen und Vorsichtungsalgorithmen

<b>Merkmale von Prozessen</b> [18–21]	<b>Merkmale von Vorsichtungsalgorithmen</b> [1, 8, 9, 22]
Prozesse setzen einen Zielbezug voraus.	Ziele der Vorsichtung sind best- und schnellstmögliche Identifizierung sowie vorläufige Zustandsbeurteilung und Kategorisierung von Patienten.
Prozesse dienen der Erstellung eines Outputs mit Hilfe der Transformation von Input (definierte Eingangs- und Ausgangsgrößen).	Die Transformation ist anhand der Eingangsgrößen (Schädigungsintensität und Vitalfunktionen des Patienten) und der Ausgangsgrößen (Sichtungskategorien) definiert.
Prozesse bestehen aus einer sachlogischen Abfolge einer Menge von Aktivitäten und Tätigkeiten.	Die Vorsichtung verfügt über Algorithmen zur Entscheidungsfindung mittels Wenn-Dann-Beziehungen.
Es herrscht Interdependenz zwischen Schritten und deren Teilschritten.	Die Handlungsabfolge, die durch die Entscheidungsmöglichkeiten initiiert wird, zeigt die Interdependenz der Prozessschritte.
Prozesse können durch Arbeitsteilung durchgeführt werden.	Vorsichtung kann durch nicht-ärztliches und ärztliches Rettungsdienstpersonal sowie in Zweier-teams durchgeführt werden.
Prozesse sind zeitlich begrenzt.	Die Vorsichtung ist anhand definierter Anfangs- und Endzeitpunkte begrenzt.
Prozesse können regelmäßig durchgeführt werden und sind wiederholbar.	Vorsichtungsalgorithmen sind standardisierbar und demzufolge wiederholbar.

### 3.2 Untersuchung der Anwendbarkeit verschiedener Modellierungssprachen

Der Fokus der prozessanalytischen Untersuchung liegt auf der einheitlichen Modellierung der Prozesse. Infolgedessen wird eine Modellierungssprache entsprechend der Anforderungen von Vorsichtungsalgorithmen ausgewählt. Die Prozessmodellierung dient vor allem der detaillierten Dokumentation von Arbeitsabläufen, wobei eine standardisierte Beschreibungssprache für eine möglichst genaue und nachvollziehbare Darstellung genutzt werden soll [16]. Die Auswahl der Modellierungssprache erfolgt mittels festgelegter Kriterien, die sich aus der Definition von Prozessen im Gesundheitswesen, Merkmalen der Vorsichtungsalgorithmen sowie aus den Betrachtungen von BURWITZ ET AL. [23] bzgl. einer domänenspezifischen Modellierungssprache ableiten:

- **Anforderung 1: Abbildung medizinischer Konzepte** – Eine Modellierungssprache für die Abbildung von Vorsichtungsalgorithmen sollte grundlegende medizinische Konzepte aufzeigen. Zu diesen Konzepten gehören (A1-a) der Patientenzustand, der sich vor allem auf die Schädigungsintensität bezieht, (A1-b) die Behandlungsschritte, da die Algorithmen einzelne Untersuchungsschritte beinhalten und (A1-c) der Prozessfluss, weil die Vorsichtung der Prozessdefinition entspricht [23].

- **Anforderung 2: Abbildung sequenzieller und paralleler Prozessschritte** – Eine Modellierungssprache für die Abbildung von Vorsichtungsalgorithmen sollte sowohl (A2-a) sequenzielle als auch (A2-b) parallele Abläufe von Behandlungsschritten darstellen [23].
- **Anforderung 3: Abbildung von Entscheidungen** – Eine Modellierungssprache für die Abbildung von Vorsichtungsalgorithmen sollte Entscheidungsmöglichkeiten darstellen, um eine bestmögliche Kategorisierung der Patienten zu ermöglichen.
- **Anforderung 4: Abbildung zeitlicher Größen** – Eine Modellierungssprache für die Abbildung von Vorsichtungsalgorithmen sollte zeitliche Aspekte der Behandlung (z.B.: Anfangs- und Endzeitpunkt, Wartezeiten) darstellen, sodass die Ziele der schnellstmöglichen Identifikation und Zustandsbeurteilung berücksichtigt werden.
- **Anforderung 5: Formalisierung** – Eine Modellierungssprache für die Abbildung von Vorsichtungsalgorithmen sollte formal oder formalisierbar (in eine formale Sprache überführbar) sein.

Für die Auswahl einer domänenspezifischen Modellierungssprache, die für die Abbildung von Vorsichtungsalgorithmen geeignet ist, werden die von GADATSCH hervorgehobenen Sprachen (Swimlane-Diagramm, Business Process Model and Notation (BPMN), Aktivitätsdiagramm der Unified Modeling Language (UML)[16]) und die von SARSAHR UND LOOS genannten Sprachen (Klinischer Algorithmus, Prodigy, GLIF, EON, PROforma, Guide [24]) in **Tabelle 3** bzgl. der Anforderungen verglichen.

**Tabelle 3.** Übersicht über die Übereinstimmung der Anforderungen an eine Modellierungssprache für Vorsichtungsalgorithmen (Eigene Darstellung auf Basis von [16, 19, 21])

	Swimlane-Diagramm	BPMN	Aktivitätsdiagramm	Klinischer Algorithmus	Prodigy	GLIF	EON	PROforma	Guide
A1-a: Patientenzustand	~	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✗	✓
A1-b: Behandlungsschritte	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓
A1-c: Prozessfluss	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓
A2-a: Sequenzielle Abfolge	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓
A2-b: Parallele Abfolge	~	~	✓	~	✗	✗	✗	✗	~
A3: Entscheidungsmöglichkeiten	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓
A4: Zeitliche Größen	~	~	~	✗	~	~	~	~	~
A5: Formalisierung möglich	~	✓	~	✗	~	~	~	~	✓

✓ Anforderung erfüllt

~ Anforderung tlw. erfüllt

✗ Anforderung nicht erfüllt

Die Suche nach Übereinstimmungen zwischen den Anforderungen an eine domänenspezifische Modellierungssprache für Vorsichtungsalgorithmen und den Eigenschaften der ausgewählten Sprachen ergab, dass die meisten Entsprechungen bei BPMN und Guide vorliegen. Die Entscheidung für Guide wird dahingehend begründet, dass dies einerseits eine Modellierungssprache der medizinischen Domäne ist und daher keine Anpassungen bzgl. medizinischer Aspekte vorgenommen werden muss, und

andererseits Formalisierung und Simulation aufgrund der direkten Überführbarkeit in ein Petri-Netz [24] möglich sind, was weitere computerbasierte Arbeit erleichtert. Mittels Guide wurden die Algorithmen modelliert, wodurch die Identifikation von Einzelfragmenten sowie die Vergleichbarkeit derer ermöglicht worden.

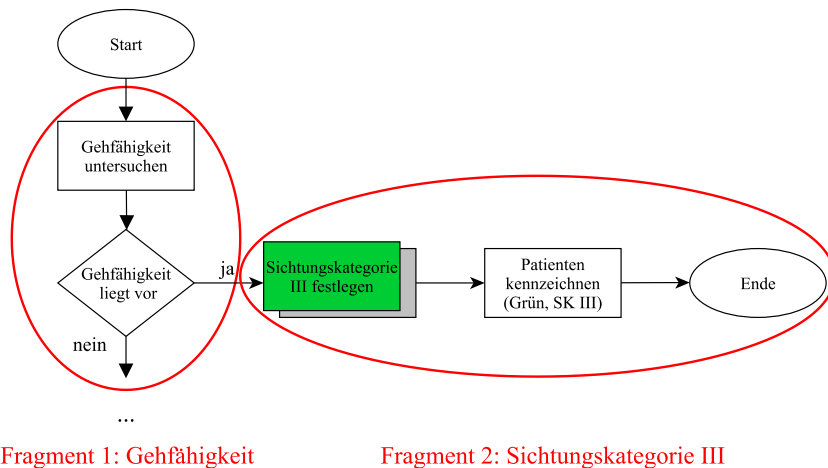
#### 4 Beispielhafte Analyse für den STaRT-Algorithmus

Im Folgenden wird anhand eines Beispiels dargelegt, wie die von HELLER ET AL. [3] genannten Algorithmen prozessanalytisch erschlossen wurden. Als Beispiel wird der STaRT-Algorithmus betrachtet, da dieser die höchste Güte aufweist (vgl. **Tabelle 5**).

Die Prozessanalyse dient vornehmlich der wertneutralen Betrachtung des aktuellen Zustands eines IST-Prozesses. Sie umfasst die strukturierte Darstellung der Teilprozesse mit Hilfe einer Prozessdefinition und -abbildung [26, 27]. Daher wird folgende Vorgehensweise angewendet: Im ersten Schritt erfolgt die Prozessdefinition in Hinblick auf die Aspekte der Prozessbezeichnung, des Prozessergebnisses sowie der Eingangs- und Ausgangsgrößen (vgl. **Tabelle 4**); im zweiten Schritt erfolgt eine Modellierung mit Guide mit dem Ergebnis einer Prozessabbildung: Im vorliegenden Beitrag wird exemplarisch ein Ausschnitt von STaRT betrachtet, der den Schritt der Untersuchung der Gehfähigkeit (vgl. **Abbildung 1**) beinhaltet. Eine Identifikation der Einzelfragmente ist durch eine inhaltliche Erschließung der Prozessschritte möglich, indem die Fragmente eine inhaltlich abgeschlossene Einheit darstellen. In **Abbildung 1** sind zwei Fragmente dargestellt: Fragment 1 besteht aus einem atomaren Behandlungsschritt („Gehfähigkeit untersuchen“) und eine regelbasierte Entscheidung („Gehfähigkeit liegt vor“). Dieses Einzelfragment ist dahingehend eine Einheit, dass es ausschließlich eine Eingangsgröße („Gehfähigkeit“) untersucht. Das Fragment 2 beinhaltet einen zusammengesetzten Behandlungsschritt („Sichtungskategorie III festlegen“), der von einem atomaren Behandlungsschritt („Patienten kennzeichnen“) und einem Endzustand („Ende“) gefolgt wird. Die Identifikation dieses Einzelfragmentes basiert auf der inhaltlich abgeschlossenen Einheit der Kategorisierung der Patienten. Es können auch weitere Kombinationen von Behandlungsschritten, Entscheidungsmöglichkeiten, Zuständen sowie Konnektoren möglich sein.

**Tabelle 4.** Zusammenführung der Merkmale von Prozessen und Vorsichtungsalgorithmen

Prozessbezeichnung	Vorsichtung anhand des Konzepts des STaRT-Algorithmus
Prozessergebnis	Einordnung des Patienten anhand der Schädigungsintensität in vier Sichtungskategorien
Eingangsgrößen	Gehfähigkeit, Vitalfunktion (Atmung, Atemfrequenz, Radialispuls, Rekapilarisierungszeit), Blutungen, Bewusstsein
Ausgangsgrößen	Drei Kategorien, die die Behandlungspriorität ähnlich der Sichtungskategorie nach SEFRIN ET AL. [11] beschreiben: (1) rote Sichtungskategorie (sofortig; Sichtungskategorie I), (2) gelbe Sichtungskategorie (verzögert; Sichtungskategorie II), (3) grüne Sichtungskategorie (untergeordnet; Sichtungskategorie III), (4) schwarze Sichtungskategorie (verstorben; Sichtungskat. „Tote“)



Fragment 1: Gefähigkeit

Fragment 2: Sichtungskategorie III

**Abbildung 1.** Untersuchung der Gefähigkeit (STaRT; Modellierung mittels Guide)

In den untersuchten Vorsichtungsalgorithmen konnten 23 Einzelfragmente identifiziert werden, die aus Behandlungsschritten, Entscheidungen und Zuständen bestehen. Diese wurden entsprechend ihres Auftretens in den Algorithmen in drei Prioritätsstufen eingeordnet. Fragmente der ersten Priorität sind in jedem Vorsichtungsalgorithmus enthalten; Fragmente der zweiten Priorität kommen in mindestens vier Algorithmen vor; weitere Fragmente werden der dritten Priorität zugeordnet<sup>1</sup>:

- **Fragmente erster Priorität:** Sichtungskategorie I, Sichtungskategorie II, Sichtungskategorie III
- **Fragmente zweiter Priorität:** Sichtungskategorie „Tote“, Atemwege freimachen, Atmung untersuchen, Bewusstsein kontrollieren, Gefähigkeit untersuchen, Radialispuls ertasten

Die Identifikation und Priorisierung der Einzelfragmente dient der Veranschaulichung von wiederkehrenden Elementen der Vorsichtungsalgorithmen, die in der weiterführenden Betrachtung gesondert berücksichtigt werden sollten.

## 5 Prozessanalytischer Vergleich

Der Vergleich der Algorithmen erfolgt auf Grundlage von vordefinierten Vergleichskriterien: Youden-Index, Prozessanalyseergebnisse und Algorithmusfragmente. Eine Systematisierung der Vergleichsergebnisse erfolgt in **Tabelle 5**.

<sup>1</sup> Auf eine Darstellung der Fragmente dritter Priorität wird in diesem Beitrag verzichtet.



**Tabelle 5.** Systematisierung der Vergleichsergebnisse

		STaRT	Care Flight	mSTaRT	ASAV	Triage Sieve	PRIOR	FTS	
Güte	Youden-Index [%] [3]	39,33	39	37,67	37,33	31,67	30,67	25,67	
Prozessdefinition	Prozessergebnis: Vier Sichtungskategorien	✓	✓	✗	✓	✓	✗	✗	
	Eingangs- größen	Atmung	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✗
		Bewusstsein	✓	✓	✓	✓	✗	✓	✗
		Gehfähigkeit	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✗
		(Radialis-) Puls	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✗
	Ausgangs- größen	Sichtungskat. I	✓	✓	✓	✓	✓	✓	~
		Sichtungskat. II	✓	✓	✓	✓	✓	✓	~
		Sichtungskat. III	✓	✓	✓	✓	✓	✓	~
Sichtungskat. „Tote“		✓	✓	✓	✓	✓	✗	✗	
Prozessmodellierung	Algorithmusfragmente	Atemwege freimachen	✓	✗	✓	✓	✓	✓	✗
		Atmung untersuchen	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✗
		Bewusstsein kontrollieren	✓	✓	✓	✓	✗	✓	✗
		Gehfähigkeit untersuchen	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✗
		Radialispuls ertasten	✓	✓	✓	✓	✗	✗	✗

✓ Fragment abgebildet      ~ Fragment tlw. abgebildet      ✗ Fragment nicht abgebildet

Der Vergleich der Vorsichtungsalgorithmen bzgl. des Prozessergebnisses ergibt, dass das häufigste Ergebnis die Einordnung des Patienten in vier Sichtungskategorien ist. Dies lässt sich durch die Inexistenz der Sichtungskategorie IV (Ausnahme: mSTaRT) begründen. In den meisten Fällen erfolgt eine Kategorisierung in Sichtungskategorie I, II, III und „Tote“. Dies hat die Ausprägung der Ausgangsgrößen zur Folge: Sichtungskategorie I, II und III sind der Output jedes Algorithmus und Sichtungskategorie „Tote“ der Output von fünf Algorithmen. Infolgedessen ist die Zuordnung der Patienten zu den genannten Sichtungskategorien für die weiterführenden Betrachtungen und Formalisierung essentiell. Außerdem sollten folgende Eingangsgrößen bei Untersuchung und Entwicklung von Vorsichtungsalgorithmen besonders beachtet werden: Atmung (Spontanatmung, Atemstörung, Atemfrequenz), Bewusstsein, Gehfähigkeit und Radialispuls.

Auf Basis der Prozessmodellierung mit Guide ergeben sich Einzelfragmente erster und zweiter Priorität, die in Hinblick auf eine spätere Formalisierung und Optimierung von Vorsichtungsalgorithmen berücksichtigt werden müssen.

Mit Hilfe der Daten von HELLER ET AL. [3] wird anhand der statistischen Größen Sensitivität und Spezifität der Youden-Index errechnet. Dieser Schritt dient der Einschätzung der Güte der Vorsichtungsalgorithmen in Hinblick auf die Bewertung der identifizierten Einzelfragmente. Wenn man die Berechnung des Youden-Index in Beziehung zu den vorhergehenden Betrachtungen setzt, fällt auf, dass der Vorsichtungsalgorithmus mit der höchsten Güte (STaRT) alle Einzelfragmente erster und zweiter Priorität aufweist. ASAV und mSTaRT beinhalten ebenfalls die sechs benannten Fragmente zweiter Priorität und weisen eine ähnliche Güte von 37,33% und 37,67% auf, die sich nur minimal von STaRT mit 39,33% unterscheidet. Im Gegensatz dazu zeigt FTS die geringste Güte mit 25,67% auf und beinhaltet keines der aufgezählten Fragmente, die für eine weiterführende Betrachtung von Bedeutung sind. Infolgedessen kann belegt werden, dass die genannten wichtigen Fragmente zu einer höheren Güte führen können und dementsprechend essentiell bei zukünftigen Untersuchungen von Vorsichtungsalgorithmen sind.

## 6 Diskussion

Die Diversität der Vorsichtungsalgorithmen für einen MANV kann zu medizinischen Fehlern bei der Behandlung von Patienten oder der Kategorisierung von Verletzten führen. Mit Hilfe der Prozessdefinition werden wichtige Parameter identifiziert, die für eine weiterführende Untersuchung in Hinblick auf eine Formalisierung von Algorithmen und Einzelfragmenten wichtig sind. Die bedeutsamen Größen in Bezug auf die Kategorisierung von Patienten in vier Sichtungskategorien (Prozessergebnis) sind einerseits die Eingangsgrößen *Atmung*, *Bewusstsein*, *Gehfähigkeit* und *Radialispuls* und andererseits die Ausgangsgrößen *Sichtungskategorie I, II, III* und „Tote“. Anhand der Prozessmodellierung werden wesentliche Einzelfragmente erkenntlich, die sowohl die vier Sichtungskategorien als auch das *Freimachen der Atemwege*, die *Untersuchung der Atmung*, die *Kontrolle des Bewusstseins*, die *Untersuchung der Gehfähigkeit* und das *Ertasten des Radialispuls* umfassen.

Ziel der Arbeit ist die Untersuchung existierender Vorsichtungsalgorithmen hinsichtlich ihrer Einzelfragmente: Dabei werden die von HELLER ET. AL [3] erwähnten Algorithmen untersucht und 23 Fragmente identifiziert sowie prioritätsorientiert sortiert. In Hinblick auf die Analyse der Beziehung zwischen den Einzelfragmenten und der Güte der Vorsichtungsalgorithmen lässt sich hervorheben, dass die Fragmente erster und zweiter Priorität direkt mit einer höheren Güte verbunden sind. Von diesem Standpunkt aus ist eine weiterführende Untersuchung in Bezug auf die isolierte Betrachtung des Einflusses der Einzelfragmente auf die Algorithmen denkbar.

Die Arbeit ist dahingehend limitiert, dass ausschließlich sieben Vorsichtungsalgorithmen betrachtet und die ärztliche Sichtung und Nachsichtung während eines MANV nicht berücksichtigt werden. Weiterhin existieren Algorithmen, wie beispielsweise tac-STaRT (Tactical Combat Casualty Care of Simple Triage and Rapid Treatment),

mSTaRT of the Fire Department New York, TAS-triage, MASS (Move Assess Sort Send) und SALT (Sort Assess LSI Triage / Treatment) [1]. Außerdem beruhen die dargestellten Erkenntnisse ausschließlich auf einer theoretischen Untersuchung aus der Perspektive einer Prozessanalyse, weshalb mögliche Determinanten der Individualmedizin, Charakteristika unterschiedlicher Rettungsdienste sowie Moral und Ethik ausgelassen werden.

Für die Praxis zeigt die Arbeit die Möglichkeit zur bedarfsgerechten Beschreibung von Vorsichtungsalgorithmen auf, die sich ebenfalls für weitere Triage-Verfahren, wie beispielsweise in der Notaufnahme, übertragen lässt. Aus wissenschaftlicher Sicht wird dargelegt, inwiefern medizinische Gütekriterien zur Analyse von Prozessfragmenten verwendet werden können.

Insgesamt zeigt die Betrachtung der Vorsichtungsalgorithmen, dass eine Prozessanalyse und Formalisierung von medizinischen Algorithmen und Prozessen sowie deren Fragmenten möglich und sinnvoll sind. Die Untersuchung ermöglicht die Identifikation und Klassifikation von entscheidenden Größen und Determinanten, die eine Optimierung und Standardisierung von Vorsichtungsalgorithmen begünstigen können.

## 7 Danksagung

Die Autoren danken Herrn Prof. Dr. Axel R. Heller für die Bereitstellung der Forschungsvorarbeiten.

## 8 Literatur

1. Streckbein, S., Kohlmann, T., Luxen, J., Birkholz, T., Prückner, S.: Sichtungskonzepte bei Massenanfällen von Verletzten und Erkrankten: Ein Überblick 30 Jahre nach START. *Unfallchirurg.* 119, 620–631 (2016).
2. Heller, A.R.: Sichtung: Das ideale Verfahren. *Im Einsatz.* 24, 16–19 (2017).
3. Heller, A.R., Salvador, N., Frank, M., Schiffner, J., Kipke, R., Kleber, C.: Diagnostische Güte von Vorsichtungsalgorithmen für den Massenanfall von Verletzten und Erkrankten. *Anaesthesist.* (2017).
4. Brodauf, L., Heßing, K., Hoffmann, R., Friemert, B.: Aktueller Stand der Versorgung beim Polytrauma und MANV in Deutschland: Sind wir gut vorbereitet? *Unfallchirurg.* 118, 890–900 (2015).
5. Schaaf, M., Funkat, G., Kasch, O., Josten, C., Winter, A.: Analysis and prediction of effects of the Manchester Triage System on patient waiting times in an emergency department by means of agent-based simulation. *GMS Med. Inform. Biom. Epidemiol.* 10, Doc02 (2014).
6. Schellein, O., Ludwig-Pistor, F., Bremerich, D.H.: „Manchester Triage System“: Prozessoptimierung in der interdisziplinären Notaufnahme. *Anaesthesist.* 58, 163–170 (2009).
7. Sautter, J., Habermann, M., Frings, S., Schneider, F., Schneider, B., Bracker, H.: Übungsunterstützung für Einsatztrainings des Massenanfalls von Verletzten (MANV). In: *Informatik 2014: Big Data, Komplexität meistern; Beiträge der 44. Jahrestagung der Gesellschaft für Informatik e.V. (GI); 22-26.09.2014 in Stuttgart.* pp. 965–976. Gesellschaft für Informatik, Bonn (2014).

8. Bundesamt für Bevölkerungsschutz und Katastrophenhilfe ed: Protokoll der 6. Sichtungskonsensuskonferenz. In: 6. Sichtungskonsensuskonferenz. pp. 1–10 (2015).
9. Dittmar, M.S., Wolf, P., Bigalke, M., Graf, B.M., Birkholz, T.: Nichtärztliche Vorsichtung beim Massenansturm von Verletzten: Handlungskompetenz lässt innerhalb eines Jahres deutlich nach. *Notf. Rettungsmedizin*. 19, 108–114 (2016).
10. Sefrin, P.: Sichtung – zentrales Element zur Bewältigung eines Großschadensfalls und einer Katastrophe. *Notarzt*. 28, 194–202 (2012).
11. Sefrin, P., Weidinger, J.W., Weiss, W.: Sichtungskategorien und deren Dokumentation. *Dtsch. Ärztebl.* 100, 1615–1616 (2003).
12. Paul, A.O., Kay, M.V., Huppertz, T., Mair, F., Dierking, Y., Hornburger, P., Mutschler, W., Kanz, K.-G.: Validierung der Vorsichtung nach dem mSTaRT-Algorithmus: Pilotstudie zur Entwicklung einer multizentrischen Evaluation. *Unfallchirurg*. 112, 23–32 (2009).
13. Gutsch, W., Huppertz, T., Zollner, C., Hornburger, P., Kay, M.V., Kreimeier, U., Schäuble, W., Kanz, K.G.: Initiale Sichtung durch Rettungsassistenten: Ergebnisse bei Übungen zum Massenansturm von Verletzten. *Notf. Rettungsmedizin*. 9, 384–388 (2006).
14. Heller, A.R.: Sichtung: Zeitbedarf und Richtigkeit von Vorsichtungsverfahren. *Im Einsatz*. 24, 81–85 (2017).
15. Richter, K., Abel, U., Klar, R., Köbberling, J., Trampisch, H.J., Windeler, J.: Die Grundlagen der Validierung einfacher, diagnostischer Tests. *Klin. Wochenschr.* 66, 655–661 (1988).
16. Gadatsch, A.: IT-gestütztes Prozessmanagement im Gesundheitswesen: Methoden und Werkzeuge für Studierende und Praktiker. Springer Vieweg, Wiesbaden (2013).
17. Vauth, C.: Leistungsprozesse von Unternehmen im Gesundheitswesen. In: Greiner, W. and Graf von Schulenburg, J.-M. (eds.) *Gesundheitsbetriebslehre*. pp. 161–264. Huber, Bern (2008).
18. Gadatsch, A.: *Grundkurs Geschäftsprozess-Management: Analyse, Modellierung, Optimierung und Controlling von Prozessen*. Springer Vieweg, Wiesbaden (2017).
19. Schulte-Zurhausen, M.: *Organisation*. Vahlen, München (2014).
20. Gülke, N.: *Prozessanalyse und Prozesssimulation: Eine anwendungsorientierte Modellentwicklung*. Edition Rotwasser im Verlag Franzbecker, Hildesheim (2004).
21. Zapp, W., Beckmann, A. eds: *Prozessgestaltung in Gesundheitseinrichtungen: von der Analyse zum Controlling*. Economica-Verl, Heidelberg (2010).
22. Ellebrecht, N., Latasch, L.: Vorsichtung durch Rettungsassistenten auf der Großübung SOGRO MANV 500: Eine vergleichende Analyse der Fehleinstufungen. *Notf. Rettungsmedizin*. 15, 58–64 (2012).
23. Burwitz, M., Schlieter, H., Esswein, W.: Modellgestütztes Management in Krankenhausinformationssystemen am Beispiel der Klinischen Prozesssteuerung. *Tagungsband Inform.* 1–15 (2011).
24. Sarsahr, K., Loos, P.: Klassifikation von Sprachen zur Modellierung medizinischer Behandlungspfade. *Modellier. Betrieblicher Informationssysteme - MobIS*. 43–59 (2004).
25. Kanz, K.G., Hornburger, P., Kay, M.V., Mutschler, W., Schäuble, W.: mSTaRT-Algorithmus für Sichtung, Behandlung und Transport bei einem Massenansturm von Verletzten. *Notf. Rettungsmedizin*. 9, 264–270 (2006).
26. Becker, T.: *Prozesse in Produktion und Supply Chain optimieren*. Springer, Berlin (2005).
27. Fischermanns, G.: *Praxishandbuch Prozessmanagement*. G. Schmidt, Gießen (2010).