

Semi-automatische Überwachung von Zielsystemen

Sascha Koch, Yvette Teiken

Bereich „IuK-Systeme im Gesundheitswesen“

OFFIS – Institut für Informatik

Escherweg 2

26121 Oldenburg

koch@offis.de

teiken@offis.de

Abstract: Beim organisationsweiten Performance Management werden Strategien und Zielsysteme operationalisiert, indem Indikatoren zur Messung und Überwachung von Zielerreichungsgraden herangezogen werden. Indikatoren werden dazu typischerweise auf Basis von Data Warehouses mittels geeigneter Visualisierungen wie beispielsweise Dashboards oder Scorecards IT-gestützt überwacht. Die vermuteten Ursache-Wirkungsbeziehungen zwischen Zielen sowie die sowohl den Ursache-Wirkungsbeziehungen als auch der Zuordnung von Indikatoren zu Zielen zugrunde liegende Unsicherheit werden dabei nicht berücksichtigt. In diesem Beitrag wird daher mit SAMA (Semi-Automatic Monitoring of Annotated Strategy Maps) ein Ansatz zur semi-automatischen Überwachung von Zielsystemen vorgestellt, der die Ursache-Wirkungsbeziehungen in die Überwachung einfließen lässt und die modell-inhärente Unsicherheit berücksichtigt. Dazu werden Zielsysteme in Bayessche Netze (BN) überführt. In diesen BN werden Indikatorausprägungen und Zielerreichungsgrade entlang der Ursache-Wirkungsbeziehungen propagiert, so dass auch (wahrscheinlichkeitstheoretische) Aussagen für Ziele getroffen werden können, denen kein Indikator direkt zur Messung zugeordnet ist. Zudem können mit SAMA größere Zielsysteme mit Zielen verschiedener Organisationseinheiten (z.B. Krankenhäuser, Filialen) überwacht werden, da BN die Interpretation der Ursache-Wirkungsbeziehungen unterstützen.

1 Einleitung

Verschiedene Ansätze zum organisationsweiten Performance Management zur Messung und Steuerung der Organisationsleistung finden zunehmend Verbreitung [DB06]. Organisationen streben durch Anwendung dieser Ansätze an, Strategie und Zielsystem zu operationalisieren, um die Leistung (Performance) der Organisation mittels Indikatoren gezielt zu überwachen und zu steuern. Die am weitesten verbreitete Methodologie zum Performance Management ist die Balanced Scorecard [KN01]. Darüber hinaus wird jedoch eine Vielzahl weiterer Methodologien publiziert bzw. vermarktet [Bru99, Dau02].

Zur Überwachung der Zielerreichungsgrade werden Indikatoren ausgewählt, welche den Grad der Zielerreichung möglichst treffend und eindeutig wiedergeben [EW03]. Diese Indikatoren werden typischerweise auf Basis von Data Warehouses [BD03] mittels geeigneter Visualisierungen wie beispielsweise Dashboards oder Scorecards IT-gestützt überwacht [Eck06]. Bei der Überwachung wird von der Ausprägung eines Indikators auf den Grad der Zielerreichung geschlossen.

Ursache-Wirkungsbeziehungen zwischen Zielen werden dabei nicht berücksichtigt, obwohl deren Betrachtung eine zentrale Voraussetzung ist, um einem umfassenden Steuerungsanspruch gerecht werden zu können [Wal01]. Zudem wird bei dieser punktuellen Überwachung einzelner Ziele nicht berücksichtigt, dass es sich bei einer Strategie um eine Hypothese von Ursache-Wirkungsbeziehungen handelt [KN01], dass also die vermuteten Beziehungen und Abhängigkeiten mit Unsicherheit behaftet sind, dessen Grad quantifiziert werden sollte [BG06].

In diesem Beitrag wird daher mit SAMA (Semi-Automatic Monitoring of Annotated Strategy Maps) ein Ansatz zur Überwachung von Zielsystemen vorgestellt, der

- die vorab modellierten, vermuteten Ursache-Wirkungsbeziehungen in die Überwachung einfließen lässt und
- dabei die sowohl den Ursache-Wirkungsbeziehungen zwischen Zielen als auch der Zuordnung von Indikatoren zu Zielen zugrunde liegende Unsicherheit berücksichtigt.

Dazu werden Zielsysteme in Bayessche Netze (BN) überführt, einem anerkannten Instrument zur Repräsentation unsicheren Wissens [Jen01, Pea00].

Ausprägungen von Indikatoren, die bei Überwachungsansätzen wie Dashboards und Scorecards direkt interpretiert werden müssen, fließen bei SAMA als sogenannte Evidenzen in das BN ein, so dass Indikatorausprägungen und Zielerreichungsgrade entlang der Ursache-Wirkungsbeziehungen propagiert werden können. Dadurch können auch (wahrscheinlichkeitstheoretische) Aussagen für Ziele getroffen werden, die nicht direkt messbar sind, denen also kein Indikator direkt zugeordnet ist.

Zunächst werden in Abschnitt 2 relevante Grundlagen zu Evidenzklassen sowie BN als Konzepte zur Kategorisierung und Repräsentation von Unsicherheit vorgestellt. In Abschnitt 3 wird der Begriff „Analytisches Performance Management“ zur Präzisierung des Problemumfeldes eingeführt und mit den „Annotierten Strategy Maps“ (ASM) eine Erweiterung des Konzeptes der Strategy Maps vorgestellt, die als Grundlage für SAMA dient. In Abschnitt 4 wird beschrieben, wie ASM zum Zwecke der semi-automatischen Überwachung als BN interpretiert werden können. In Abschnitt 5 wird der SAMA-Prototyp vorgestellt, der diese Konzepte umsetzt. Der SAMA-Prototyp wurde zur in Abschnitt 6 beschriebenen Evaluation verwendet, um die semi-automatische Überwachung zu simulieren und die „Trennschärfe“ und Interpretierbarkeit der Überwachungsergebnisse zu demonstrieren. Abschnitt 7 schließt den Beitrag mit einer Zusammenfassung sowie einem Ausblick.

2 Repräsentation von Unsicherheit

Im Folgenden werden zwei von SAMA genutzte Ansätze zur Repräsentation von Unsicherheit vorgestellt. In Abschnitt 2.1 wird zunächst das im Gesundheitswesen zur Kategorisierung von Unsicherheit genutzte Konzept der Evidenzklassen beschrieben. Anschließend wird in Abschnitt 2.2 das Konzept der Bayesschen Netze vorgestellt.

2.1 Evidenzklassen

Das gesamte medizinische Wissen verdoppelt sich etwa alle fünf Jahre. Ein einzelner Mediziner ist daher kaum in der Lage, alle für ihn bedeutenden aktuellen Forschungsergebnisse zu kennen [Sac96]. Ziel der Evidence-based Medicine (EbM) ist es daher, aktuelle Erkenntnisse aus der Forschung systematisch zu nutzen und mit der individuellen Expertise des einzelnen Mediziners zu verbinden [Zie03]. In der EbM wird daher die Qualität der veröffentlichten medizinischen Daten und Ergebnisse bewertet. Forschungsergebnisse werden dazu kategorisiert und in Evidenzklassen eingeteilt. In der Medizin gibt es eine Vielzahl an Einteilungen in Evidenzklassen, die jeweils etwa fünf bis zehn Evidenzklassen umfassen. Ein Beispiel für eine Hierarchie von Evidenzklassen zeigt Tabelle 1.

Evidenzklasse	Aussagekraft
Stufe I	Randomisierte kontrollierte Studien
Stufe II	Kohortenstudien
Stufe III	Fallkontrollstudien
Stufe IV	Fallbeschreibungen
Stufe V	Expertenmeinungen

Tabelle 1: Beispiel einer Hierarchie von Evidenzklassen (nach [KKS05])

Randomisierte kontrollierte Studien gelten als das beste Studiendesign, um eine medizinische Intervention und deren Effekt zu untersuchen. In dieser Hierarchie von Evidenzklassen ist Stufe I somit die Evidenzklasse mit der geringsten Unsicherheit. Die Evidenzklassen werden weiter abgestuft hinsichtlich des Studiendesigns. Einzelne Fallberichte oder Expertenmeinungen werden als niedrigste Evidenzklassen eingestuft. Die Evidenzklassen ergeben insgesamt eine Hierarchie für die Repräsentation von Unsicherheit. Dieses Prinzip der Kategorisierung von Unsicherheit ist auch auf andere Domänen übertragbar [KM06].

2.2 Bayessche Netze

Bayessche Netze (BN), wie sie unter Anderem in [Jen01] vorgestellt werden, sind ein Mittel zur Repräsentation von Unsicherheit. Mit Hilfe von BN ist es möglich, unsicheres Wissen zu modellieren und Schlüsse aus diesem unsicheren Wissen zu ziehen. Ein BN ist nach [Cha91] ein gerichteter azyklischer Graph. Jeder Knoten repräsentiert eine Zufallsvariable mit einer endlichen Menge von Zuständen. Diese Zustände sind mit bedingten Wahrscheinlichkeiten versehen. Die Übergänge zwischen Knoten werden durch bedingte Wahrscheinlichkeitstabellen repräsentiert.

Beobachtungen in der realen Welt über eingetretene Zustände können im BN hinterlegt werden. Dies wird als „Evidenz setzen“ bezeichnet. Ein Zustand, für den Evidenz gesetzt wird, hat eine bedingte Wahrscheinlichkeit von 1. BN ermöglichen es, auf Grundlage der gesetzten Evidenzen und der Wahrscheinlichkeitstabellen die bedingte Wahrscheinlichkeitsverteilung für alle Zustände im BN zu ermitteln.

Eine Herausforderung bei der Modellierung von BN ist nach [Hec96, DG00] die Ermittlung von bedingten Wahrscheinlichkeiten, da hierbei festzulegen ist, mit welcher bedingten Wahrscheinlichkeit ein bestimmtes Ereignis eintritt. Die Schwierigkeit für den BN-Modellierer besteht darin, den exakten Wahrscheinlichkeitswert zu bestimmen.

3 Analytisches Performance Management

In [KM06] wurde Analytisches Performance Management (APM) in Abgrenzung zum weiter gefassten Begriff „Performance Management“ wie folgt eingeführt: APM dient der Überwachung und Steuerung einer Organisation durch

- die kontinuierlich wiederkehrende Modellierung der Zielsysteme von Organisation und Organisationseinheiten,
- deren Verknüpfung untereinander und mit den zur Messung der Zielerreichung herangezogenen Indikatoren sowie
- der Überwachung von Indikatorausprägungen und Zielerreichungsgraden in einem Analytischen Informationssystem.

APM umfasst also nur die Tätigkeiten, die für die Vorbereitung und Durchführung der zielgerichteten, Kennzahlen-basierten Leistungsmessung in einer Organisation relevant sind. Ausgeklammert werden zwei weitere wichtige Merkmale des Performance Managements [MWK04]: Die enge Kopplung zwischen Organisationsstrategie und den für die Zielerreichung implementierten Geschäftsprozessen (Prozessorientierung) sowie die fachliche Ausgestaltung des Performance Managements bezüglich präferierter Strategien, Auswahl der Ziele und Indikatoren, betrachteter Geschäftsprozesse sowie verwendeter Managementinstrumente (Managementmethode).

Zur Modellierung von Strategien und Zielsystemen wurde ergänzend zur Balanced Scorecard das Instrument der Strategy Maps konzipiert [KN04]. Da Strategy Maps ursprünglich als Instrument für die Strategieformulierung und -kommunikation konzipiert wurden, wurde in [KN04] keine einheitliche Notation definiert. In [KM06] wurde die Notation von Strategy Maps präzisiert und durch zusätzliche Modellierungskonstrukte zu Annotierten Strategy Maps (ASM) erweitert. Abbildung 1 zeigt ein einfaches Beispiel einer ASM aus dem Gesundheitswesen.¹

¹ Auf die Darstellung von Perspektiven (z.B. Finanzperspektive oder Prozessperspektive), die in ASM wie auch in Strategy Maps zur Strukturierung genutzt werden können, wird in diesem Beispiel verzichtet.

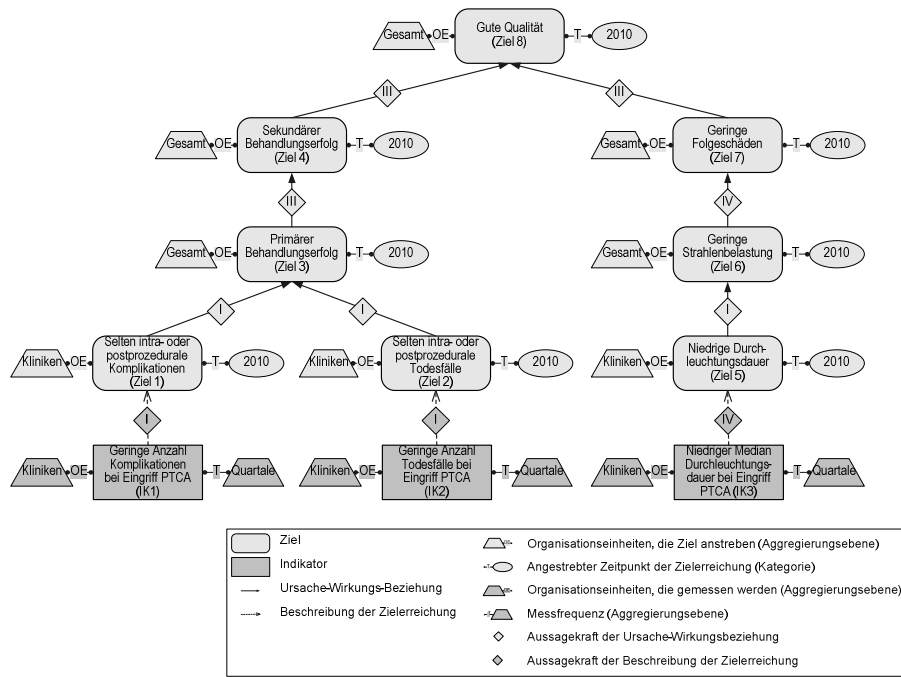


Abbildung 1: Beispiel einer Annotierten Strategy Map

ASM können als gerichtete, azyklische Graphen angesehen werden, in denen die von der Organisation verfolgten Ziele mit ihrer verbalen Beschreibung als Knoten und Ursache-Wirkungsbeziehungen zwischen Zielen als Kanten fungieren. Die Ursache-Wirkungsbeziehungen auf der rechten Seite von Abbildung 1 haben beispielsweise folgende Bedeutung: Folgeschäden werden bei Patienten vermieden, indem die Belastung durch Röntgenstrahlung reduziert wird. Die Strahlenbelastung wird durch niedrige Durchleuchtungsdauern bei Herzkathetereingriffen verringert.

ASM erweitern Strategy Maps um die explizite Darstellung von Indikatoren zur Beschreibung der Zielerreichung (Operationalisierung), um den Übergang von der qualitativen Ebene (Ziele) zur quantitativen Ebene (Indikatoren), bei dem typischerweise Personen mit unterschiedlichen Rollen und unterschiedlichem Hintergrund beteiligt sind (beispielsweise Entscheider, Fachexperten, Statistiker, Informatiker), durch eine gemeinsame „Sprache“ zu unterstützen („Domain Specific Language“, siehe auch Abschnitt 5). In Abbildung 1 wird beispielsweise der Median der Durchleuchtungsdauer bei einem bestimmten Eingriff (PTCA) als Indikator zur Operationalisierung des qualitativ beschriebenen Ziels der niedrigen Durchleuchtungsdauer herangezogen.

Zur Repräsentation der Unsicherheit, die sowohl den Ursache-Wirkungsbeziehungen zwischen Zielen [KN01] als auch der Operationalisierung von Zielen durch Indikatoren [EW03] zugrunde liegt (siehe Abschnitt 1), wird in ASM das Konzept der Evidenzklassen aufgegriffen (siehe Abschnitt 2.1). An Kanten einer ASM wird jeweils eine Evidenzklasse annotiert, die beschreibt, wie gesichert die entsprechende Beziehung ist.

Ziele und Indikatoren werden in ASM mittels semantischer Annotationen präziser beschrieben, als dies in Strategy Maps der Fall ist. Die aus der zeitlichen Verzögerung von Ursache-Wirkungsbeziehungen [PG89] resultierenden, realistisch anzustrebenden Zeitpunkte der Zielerreichung sowie die Organisationseinheiten, die ein Ziel anstreben sollen, werden an Zielknoten annotiert. An Indikatorknoten werden Messfrequenz und zu messende Organisationseinheiten („Benchmarking-Cluster“) annotiert.

4 Interpretation Annotierter Strategy Maps als Bayessches Netz

State-of-the-Art bzgl. der Überwachung von Zielsystemen ist in der Praxis die punktuelle Überwachung, also die Überwachung mittels Dashboards oder Scorecards [Eck06]. Entsprechende Softwarelösungen finden zunehmend Akzeptanz in Unternehmen [Hor05]. Problematisch an der punktuellen Überwachung ist, dass die einzelnen Indikatorausprägungen von Entscheidern im Kopf verknüpft werden müssen [Fuc06]. Die mathematische Untersuchung des Zusammenhangs der Zielerreichung entlang der Ursache-Wirkungsbeziehungen wird bisher generell in Theorie und Praxis vernachlässigt. Der Studie in [Hor05] zufolge untersuchen dies 80% der befragten Unternehmen gar nicht und 11% nur in geringem Maße.

In diesem Beitrag wird daher vorgeschlagen, wie die modellierten Ursache-Wirkungsbeziehungen zwischen Zielen für eine semi-automatische Überwachung ausgenutzt werden können. Zu diesem Zweck werden ASM als BN interpretiert, dessen Algorithmen dann für die Überwachung genutzt werden können. Dabei werden Indikatorausprägungen untergeordneter Ziele ausgenutzt und geeignet entlang der Ursache-Wirkungsbeziehungen propagiert. Dadurch können auch (wahrscheinlichkeitstheoretische) Aussagen für übergeordnete Ziele gemacht werden können, die nicht direkt mit einem Indikator verknüpft sind.

Die Interpretation Annotierter Strategy Maps wird im Folgenden schrittweise durchgeführt. Zunächst wird in Abschnitt 4.1 das „Grundgerüst“ des BN bestehend aus Zufallsvariablen und Kanten gebildet. Anschließend werden in Abschnitt 4.2 die bedingten Wahrscheinlichkeitstabellen aus den in Annotierten Strategy Maps modellierten Evidenzklassen hergeleitet. Abschließend wird in Abschnitt 4.3 erläutert, wie die in Annotierten Strategy Maps modellierten Organisationseinheiten verwendet werden.

4.1 Initiale Abbildung der Struktur

Um eine ASM als BN interpretieren zu können, muss zunächst der grundlegende Aufbau des BN ermittelt werden. Die Grundlage für alle Überwachungen ist die sogenannte Einzelüberwachung, bei der nur eine Organisationseinheit überwacht werden soll. Für diesen Aufbau wird die ASM in ihrer Struktur in die eines BN übertragen. Hierbei werden alle Ziele und Indikatoren der ASM in Knoten des BN überführt.

Jeder Knoten im BN wird mit zwei Zuständen versehen, erfüllt oder nicht erfüllt. In der Struktur des Netzes wird keine Unterscheidung zwischen Indikatoren und Zielen vorgenommen. Allerdings können nur an den Knoten im Netz Evidenzen gesetzt werden, die in der zugrundeliegenden ASM Indikatoren waren. Auch die Kanten einer ASM werden „Eins zu Eins“ übertragen.

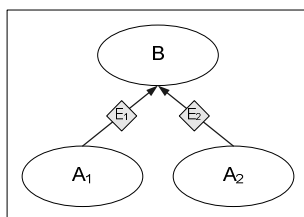
4.2 Ermittlung von Wahrscheinlichkeitstabellen

Wie in Abschnitt 2.2 erläutert wurde, stellt die Ermittlung von bedingten Wahrscheinlichkeiten eine Herausforderung bei der Modellierung von BN dar. Daher werden die in der ASM an Ursache-Wirkungsbeziehungen sowie die Beschreibung der Zielerreichung annotierten Evidenzklassen zur Ermittlung der bedingten Wahrscheinlichkeiten ausgenutzt. Dazu wird zunächst jede Evidenzklasse E mit einer festen, aber frei wählbaren Abbildungsvorschrift $w(E)$ organisationspezifisch auf einen Wahrscheinlichkeitswert abgebildet (siehe Beispiel in Tabelle 2).

E	Stufe I	Stufe II	Stufe III	Stufe IV	Stufe V
w(E)	0,99	0,88	0,76	0,65	0,54

Tabelle 2: Beispielhafte Abbildung von Evidenzklassen auf Wahrscheinlichkeiten

Zur Ermittlung der bedingten Wahrscheinlichkeiten wird anschließend das Konzept des Noisy-Or nach [Jen01] angewendet. Dieses Konzept ermöglicht es, die zu ermittelnden bedingten Wahrscheinlichkeiten zu reduzieren, so dass zusätzlich zu $w(E)$ keine Wahrscheinlichkeiten ermittelt werden müssen. Bei der Anwendung von Noisy-Or wird der relativ geringe Verlust von Exaktheit, wie er in [DG00] beschrieben wird, in Kauf genommen. In Tabelle 3 ist ein Beispiel für eine resultierende bedingte Wahrscheinlichkeitstabelle für den Fall zu sehen, dass zwei Vorgängerknoten vorliegen. Die Anwendung des Noisy-Or lässt sich für eine größere Anzahl Vorgängerknoten verallgemeinern.



A ₁	A ₂	P(B A ₁ , A ₂)	P(\neg B A ₁ , A ₂)
0	0	0	1
0	1	w(E ₂)	N ₂
1	0	w(E ₁)	N ₁
1	1	1 - (N ₁ · N ₂)	N ₁ · N ₂

$$N_i = 1 - w(E_i)$$

Tabelle 3: Beispielhafte Ermittlung einer bedingten Wahrscheinlichkeitstabelle mit Noisy-Or

Diese Wahrscheinlichkeitstabelle basiert auf der Annahme einer geschlossenen Welt („Closed World Assumption“). Davon kann im APM jedoch nicht ausgegangen werden. Somit wird den Empfehlungen von [Pra94] gefolgt und mit der Leak-Variablen λ ein weiterer Parameter hinzugenommen, der alle anderen eintretenden Fälle, die nicht modelliert worden sind, abdeckt. Damit kann in dem Modell so geschlossen werden, als würde die „Closed World Assumption“ gelten. Die entsprechend modifizierte Wahrscheinlichkeitstabelle zeigt Tabelle 4.

A ₁	A ₂	P(B A ₁ , A ₂)	P(¬B A ₁ , A ₂)
0	0	λ	$1 - \lambda$
0	1	$w(E_2) \cdot (1 - \lambda)$	$N_2 \cdot (1 - \lambda) + \lambda$
1	0	$w(E_1) \cdot (1 - \lambda)$	$N_1 \cdot (1 - \lambda) + \lambda$
1	1	$1 - (N_1 \cdot N_2) \cdot (1 - \lambda)$	$N_1 \cdot N_2 \cdot (1 - \lambda) + \lambda$

Tabelle 4: Beispielhafte Ermittlung einer bedingten Wahrscheinlichkeitstabelle mit Leak-Variable

Hinsichtlich der Übergänge, bei denen ein Knoten im BN nur genau einen Vorgänger aufweist, muss zudem die Art des Übergangs festgelegt werden: Bei einem *sperrenden Übergang* wird davon ausgegangen, dass der Zustand nicht erfüllt eines Vorgängers dazu führt, dass ein nachfolgendes Ziel nicht mehr erreicht werden kann. Bei einem *nicht sperrenden Übergang* wird bei einem Zustand nicht erfüllt des Vorgängers das nachfolgende Ziel mit der umgekehrten Wahrscheinlichkeit erreicht. Die Art des Übergangs kann für jeden Übergang im BN separat definiert werden.

4.3 Umgang mit semantischen Annotationen

Die in den Abschnitten 4.1 und 4.2 vorgestellten Konzepte beziehen sich auf die Überwachung einer einzelnen Organisationseinheit. Annotationen in ASM für Organisationseinheiten beschreiben jedoch solche Ziele, die für eine Menge von Organisationseinheiten (z.B. Krankenhäuser oder Filialen) gelten. Soll eine Gesamtüberwachung über alle Organisationseinheiten durchgeführt werden, so ist ein weiterer Schritt bei der Erstellung des BN notwendig, in dem die Annotation der Organisationseinheit ausgewertet wird.

Dazu werden alle Organisationseinheiten einzeln als Knoten im BN repräsentiert. Diese Knoten werden dann mit Hilfe des Konzeptes Adding-Up [Jen01] zu einem Knoten K_{n-Add} zusammengeführt. Hierbei wird jeder Organisationseinheit ein Relevanzwert zugewiesen, der festlegt, welchen Einfluss eine Organisationseinheit auf das Gesamtergebnis besitzt (von „sehr klein“ bis „verhindert die Erreichung des nachfolgenden Ziels“). Des Weiteren wird spezifiziert, bei welchem Gesamt-Zielerreichungsgrad der Organisationseinheiten das nachfolgende Ziel als erfüllt gilt. Diese Eigenschaft wird als Übergangsvariable Z_{wkt} bezeichnet. In Abbildung 2 sind die einzelnen Schritte dargestellt.

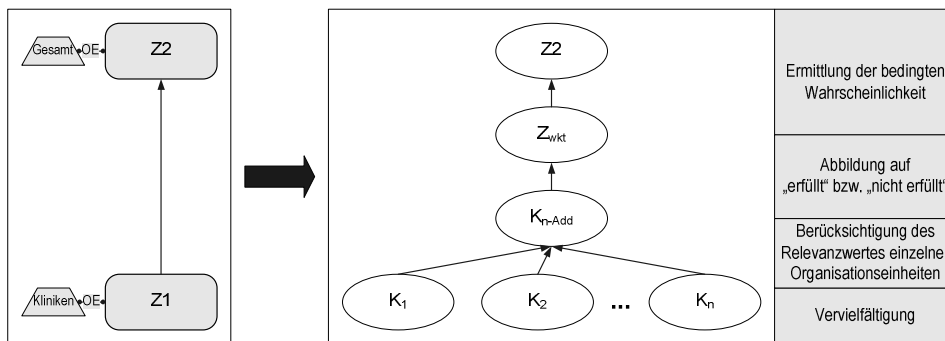


Abbildung 2: Beispiel für die Anwendung von Adding-Up für annotierte Organisationseinheiten

5 Prototypische Realisierung

Zum Zwecke eines „Proof of concepts“ wurde ein SAMA-Prototyp entwickelt, der die in diesem Beitrag vorgestellte Interpretation von ASM als BN umsetzt. Die Architektur von SAMA ist in der Abbildung 3 skizziert.

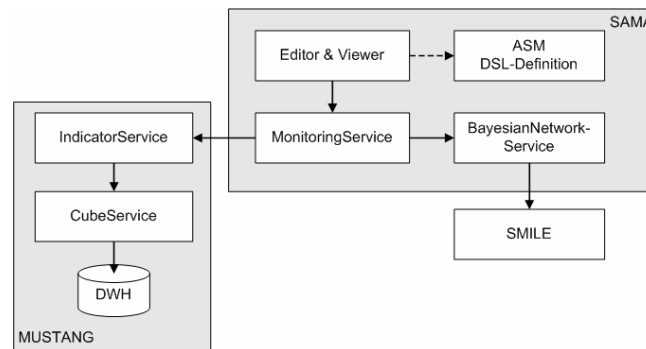


Abbildung 3: Architekturskizze von SAMA

Bei der Entwicklung wurde ein modellgetriebener Ansatz verwendet. Dieser ermöglichte es, mit Hilfe der Microsoft DSL Tools [Mic07] aus einer formalen Definition der ASM eine Domain Specific Language (DSL) zu erstellen (ASM DSL-Definition), aus der dann ein grafischer Editor generiert wurde. Zentrales Merkmal einer DSL ist, dass sie speziell für eine bestimmte Domäne oder Aufgabe entwickelt worden ist. Dabei enthält eine DSL angemessene Notationen und Abstraktionen, die die Verwendung der Sprache für einen Domänen-Experten erleichtert. Bei ASM handelt es sich um eine grafische DSL, die entsprechend diesen Grundsätzen konzipiert ist. Mit dem DSL-basierten Editor können ASM in der in Abbildung 1 dargestellten Notation modelliert werden.

Die mit diesem Editor erstellten ASM werden durch den MonitoringService unter Ansteuerung des BayesianNetworkService in ein BN überführt. Der BayesianNetworkService basiert auf SMILE (Structural Modeling, Inference, and Learning Engine) [Dec07], einer von der Decision Systems Laboratory der University Pittsburgh entwickelten C++ Bibliothek, die Algorithmen auf BN implementiert. In SAMA wird die .NET-Schnittstelle von SMILE dazu verwendet, BN zu erstellen und auszuwerten.

Die Indikatorausprägungen für einzelne Organisationseinheiten werden durch den MonitoringService von MUSTANG (Multidimensional Statistical Data Analysis Engine) abgefragt, einer von OFFIS entwickelten Plattform für die Entwicklung spezialisierter analytischer Informationssysteme [KMR03]. Die Berechnung der Indikatoren (IndicatorService) basiert auf einer multidimensionalen Sicht auf die Daten (CubeService) auf Basis eines Data Warehouses (DWH).

Die von MUSTANG abgefragten Indikatorausprägungen werden im BN von SMILE als Evidenzen gesetzt. Die Ergebnisse der von SMILE durchgeführten Auswertung werden an den grafischen Editor, der gleichzeitig der Darstellung der Überwachungsergebnisse dient (Editor & Viewer), zurück gegeben.

6 Evaluation

Das in diesem Beitrag vorgestellte Konzept für eine semi-automatische Überwachung wurde mit Hilfe von Testdaten unter Anwendung des SAMA-Prototypen evaluiert. Bei dieser Evaluation wurden vornehmlich die Auswirkungen einzelner bei der Überwachung festzulegender Parameter betrachtet. Für die in diesem Beitrag erläuterten sechs Testläufe wurden die in Tabelle 5 aufgeführten Parameter sowie die in Abbildung 1 dargestellte ASM gewählt. In Tabelle 6 sind die Überwachungsergebnisse für diese sechs Testläufe zusammengefasst.

Parameter	Auswahl
Überwachungsart	Gesamtüberwachung
Evidenzklassen und deren Wahrscheinlichkeiten	Siehe Tabelle 2
Annotierte Evidenzklassen	Evaluation von drei Varianten: – „gemischt“ (unterschiedliche Annotationen) – „maximal“ (alle Annotationen auf I) – „minimal“ (alle Annotationen auf V)
Leak-Variable	0,01
Übergangsmodellierung	Sperrend
Ausprägungen der Ziel 1, Ziel 2 und Ziel 5 zugeordneten Indikatoren	Evaluation von zwei Varianten: – alle erfüllt – alle nicht erfüllt

Tabelle 5: Parameterwahl für die Testläufe

Annotierte Evidenzklassen „gemischt“								
Indikatoren	Ziel 1	Ziel 2	Ziel 3	Ziel 4	Ziel 5	Ziel 6	Ziel 7	Ziel 8
Erfüllt	89 %	89 %	97 %	74 %	59 %	59 %	39 %	70 %
Nicht erfüllt	1 %	1 %	3 %	3 %	1 %	2 %	2 %	5 %
Annotierte Evidenzklassen „maximal“ (I)								
Indikatoren	Ziel 1	Ziel 2	Ziel 3	Ziel 4	Ziel 5	Ziel 6	Ziel 7	Ziel 8
Erfüllt	89 %	89 %	99 %	98 %	89 %	88 %	88 %	100 %
Nicht erfüllt	1 %	1 %	3 %	4 %	1 %	2 %	3 %	8 %
Annotierte Evidenzklassen „minimal“ (V)								
Indikatoren	Ziel 1	Ziel 2	Ziel 3	Ziel 4	Ziel 5	Ziel 6	Ziel 7	Ziel 8
Erfüllt	49 %	49 %	46 %	26 %	49 %	27 %	16 %	22 %
Nicht erfüllt	1 %	1 %	2 %	2 %	1 %	2 %	2 %	3 %

Tabelle 6: Beispielhafte Überwachungsergebnisse (Zielerreichungsgrade in %)

Die hier dargestellten Überwachungsergebnisse zeigen die Auswirkungen variiertes Evidenzklassen und Indikatorsausprägungen. Es werden insbesondere maximale und minimale Ausprägungen betrachtet, um die „Trennschärfe“ der Ergebnisse zu demonstrieren. Die Ergebnisse können wie folgt interpretiert werden:

- Für **alle** Ziele können **wahrscheinlichkeitstheoretische** Aussagen über den Grad der Zielerreichung getroffen werden. Ziel 8 als „Oberziel“ der ASM ist z.B. mit der Wahrscheinlichkeit von 70 % erfüllt, wenn alle Indikatoren erfüllt sind und die Evidenzklassen „gemischt“ gewählt werden.

- Wenn alle Evidenzklassen „minimal“ gewählt werden, sind die Überwachungsergebnisse nicht sinnvoll interpretierbar, da die Wahrscheinlichkeiten beider Zustände für Ziel 8 gering sind.
- Wenn die Evidenzklassen jedoch „maximal“ oder „gemischt“ gewählt werden, ist die „**Trennschärfe**“ der Ergebnisse für Ziel 8 gegeben, da die Wahrscheinlichkeiten sich abhängig von den Indikatorausprägungen deutlich unterscheiden.

Somit sind die Ergebnisse insgesamt sinnvoll interpretierbar, wenn durch die annotierten Evidenzklassen ein „begrenztes Maß an Unsicherheit“ in die Überwachung einfließt.

7 Zusammenfassung und Ausblick

In diesem Beitrag wurde ein mit SAMA bezeichneter Ansatz zur Interpretation eines als ASM modellierten Zielsystems als BN vorgestellt. Dieser Ansatz ermöglicht es, dass in ASM modellierte Ursache-Wirkungsbeziehungen in die Überwachung einfließen. Zudem berücksichtigt SAMA die den Ursache-Wirkungsbeziehungen zwischen Zielen sowie der Zuordnung von Indikatoren zu Zielen zugrunde liegende Unsicherheit.

Insgesamt wird durch diesen Ansatz die Interpretationsleistung teilweise an die zugrunde liegenden Algorithmen bzw. die entsprechende Software-gestützte Überwachungslösung delegiert. Da die Überwachung über verschiedene Parameter gesteuert werden kann, kann der SAMA-Ansatz – in Anlehnung an Data Mining als semi-automatischen Ansatz zur Datenanalyse – als „semi-automatische Überwachung“ bezeichnet werden. Die mit einem Prototypen und Testdaten durchgeführte Evaluation zeigt, dass mit SAMA sinnvoll interpretierbare Überwachungsergebnisse berechnet werden. Die semi-automatische Überwachung ist zukünftig auch mit Echtzeiten zu evaluieren.

Literaturverzeichnis

- [BD03] Brunner, J.; Dinter, B.: Vom Data Warehouse zum Business Performance Management – Anforderungen an das Metadatenmanagement. In: (von Maur, E.; Winter, R., Hrsg.): Data Warehouse Management – Das St. Galler Konzept zur ganzheitlichen Gestaltung der Informationslogistik. Springer Verlag, Berlin, 2003; S. 291-311
- [BG06] Brandes, H.; Gluchowski, P.: Integratives Modell für das strategische und operative Performance Management. In: (Nissen, V.; Schneider, H., Hrsg.): Prozessorientiertes Corporate Performance Measurement. Tagungsband zur Veranstaltung “Prozessorientiertes Corporate Performance Measurement”, Ilmenau, 2006; S. 43-57
- [Bru99] Brunner, J.: Value-based Performance Management – Wertsteigernde Unternehmensführung: Strategien, Instrumente, Praxisbeispiele. Gabler Verlag, Wiesbaden, 1999.
- [Dau02] Daum, J.: Intangible Assets oder die Kunst, Mehrwert zu schaffen. Galileo Press, Bonn, 2002.
- [DB06] Dinter, B.; Bucher, T.: Business Performance Management. In: (Chamoni, P.; Gluchowski, P., Hrsg.): Analytische Informationssysteme: Business-Intelligence-Technologien und -Anwendungen. Springer Verlag, Berlin, 2006; S. 23-50

- [Dec07] Decision Systems Laboratory: Genie & SMILE. Internet: <http://genie.sis.pitt.edu/> (zuletzt besucht am 30.11.2007)
- [DG00] Druzdzal, M.; Gaag, L.: „Building Probabilistic Networks: Where Do the Numbers Come From?“ – Guest Editors Introduction. In: IEEE Transactions on Knowledge and Data Engineering 12 (2000), Nr. 4; S. 481-486
- [Eck06] Eckerson, W.: Performance Dashboards: Measuring, monitoring and managing your business. John Wiley & Sons, Hoboken, New Jersey, 2006.
- [EW03] Eisenführ, F.; Weber, F.: Rationales Entscheiden. Springer Verlag, Berlin, 2003.
- [Fuc06] Fuchs, G.: Beyond the Dashboard: Making Better Decisions. In: Business Intelligence Journal 11 (2006); S. 30-38
- [Hec96] Heckerman, D.: A Tutorial on Learning With Bayesian Networks. Microsoft Research Advanced Technology Division, Technical Report, 1996. Internet: <ftp://ftp.research.microsoft.com/pub/tr/tr-95-06.pdf> (zuletzt besucht am 30.11.2007)
- [Hor05] Horváth & Partner: Balanced-Scorecard-Studie 2005. Stuttgart, 2005 (erhältlich über die Herausgeber).
- [Jen01] Jensen, F.: Bayesian Networks and Decision Graphs. Springer-Verlag, Berlin, 2001.
- [KKS05] Kleespies, C.; Kaiser, T.; Sawicki, P.T.: Evidenzbasierte Diagnostik und Therapie bei Disease Management Programmen. Glossar der Begriffe und Methoden evidenzbasierter Medizin. Internet: http://www.di-em.de/data/EG_Glossar_200510.pdf (zuletzt besucht am 30.11.2007)
- [KM06] Koch, S.; Meister, J.: Adaptive Performance Management mit Annotierten Strategy Maps. In: (Schelp, J.; Winter, R.; Frank, U.; Rieger, B.; Turowski, K., Hrsg.): Integration, Informationslogistik und Architektur. GI Lecture Notes in Informatics (LNI), Bonn, 2006; S. 13-33
- [KMR03] Koch, S.; Meister, J.; Rohde, M.: MUSTANG – A Framework for Statistical Analyses of Multidimensional Data in Public Health. In: (Gnauck, A.; Heinrich, R., Hrsg.): Proceedings of the 17th International Conference Informatics for Environmental Protection. Cottbus, 2003; S. 635-642
- [KN01] Kaplan, R.; Norton, D.: Die strategiefokussierte Organisation. Schäffer-Poeschel Verlag, 2001.
- [KN04] Kaplan, R.; Norton, D.: Strategy Maps. Schäffer-Poeschel Verlag, 2004.
- [Mic07] Microsoft Corporation: Domain-Specific Language Tools. Internet: <http://msdn2.microsoft.com/en-us/vstudio/aa718368.aspx> (zuletzt besucht am 30.11.2007)
- [MWK04] Melchert, F.; Winter, R.; Klesse, M.: Aligning Process Automation and Business Intelligence to Support Corporate Performance Management. In: Proceedings of the Tenth Americas Conference on Information System. New York, 2004; S. 4053-4063
- [Pea00] Pearl, J.: Causality: Models, Reasoning, and Inference. Cambridge University Press, 2000.
- [PG89] Probst, G.; Gomez, P. (Hrsg.): Vernetztes Denken. Gabler Verlag, 1989.
- [Pra94] Pradhan, M.; Provan, G.; Middleton, B.; Henrion, M.: Knowledge Engineering for Large Belief Networks. In: Proceedings of the 10th Annual Conference on Uncertainty in Artificial Intelligence (UAI-94). San Francisco, CA : Morgan Kaufmann, 1994; S. 484-508
- [Sac96] Sackett, D.; Rosenberg, W.; Gray, J.; Haynes, R.; Richardson, W.: Evidence based medicine: what it is and what it isn't. In: Brit. med. Journal 312 (1996); S. 71-72
- [Wal01] Wall, F.: Ursache-Wirkungsketten als ein zentraler Bestandteil der Balanced Scorecard. In: Controlling – Zeitschrift für erfolgsorientierte Unternehmenssteuerung, 13-2 (2001); S. 65-74
- [Zie03] Zielinski, W.: Evidence-based Medicine: Einsatzmöglichkeiten in der stationären Versorgung. Dissertation, Technischen Universität Berlin, Fakultät Wirtschaft und Management. 2003.