

# Automatisierte Modellierung, Umsetzung und Ausführung von Prozessen – Ein Web Service-basiertes Konzept

Bernd Heinrich  
Universität Innsbruck  
Universitätsstraße 15  
6020 Innsbruck  
+43 (512) 507 - 7680

Bernd.Heinrich@uibk.ac.at

Mathias Klier  
Universität Innsbruck  
Universitätsstraße 15  
6020 Innsbruck  
+43 (512) 507 - 7685

Mathias.Klier@uibk.ac.at

Steffen Zimmermann  
Universität Innsbruck  
Universitätsstraße 15  
6020 Innsbruck  
+43 (512) 507 - 7683

Steffen.Zimmermann@uibk.ac.at

## ZUSAMMENFASSUNG

In einem dynamischen Wettbewerbsumfeld sind Unternehmen bei großem Kostendruck zugleich hohen Flexibilitätsanforderungen ausgesetzt. So müssen Unternehmen in der Lage sein, ihre Prozesse effizient anzupassen und umzusetzen. Jedoch stellt die Modellierung, Umsetzung und Ausführung von Prozessen in vielen Fällen noch eine zeit- und kostenintensive Aufgabe dar. Um hier zu einer Lösung beizutragen und einen höheren Grad der Automatisierung zu ermöglichen, erscheinen Planungsansätze und semantische Konzepte sinnvoll. Deshalb wird ein integriertes Konzept zur automatisierten Modellierung, Umsetzung und Ausführung von Prozessen vorgeschlagen, das dem Forschungsgebiet des Semantischen Prozessmanagements zuzurechnen ist. Da im Rahmen des DFG-Forschungsprojekts SEMPRO bereits ein Ansatz zur automatisierten Modellierung von Prozessen entwickelt wurde, liegt der Fokus in diesem Beitrag auf der aus ökonomischer Sicht optimalen Umsetzung und Ausführung von Prozessen mittels Web Services (bspw. hinsichtlich nicht-funktionaler Zielgrößen wie Ausführungskosten und -zeit). Die Illustration des Konzepts erfolgt anhand des Kreditvergabeprozesses eines Finanzdienstleisters.

## Schlüsselwörter

Semantisches Prozessmanagement, Prozessflexibilisierung, Web Service, Planungsansatz

## 1. EINLEITUNG

Infolge dynamischer Marktveränderungen sind Unternehmen einem starken Kostendruck und hohen Flexibilitätsanforderungen ausgesetzt. Damit geht die Notwendigkeit einer effizienten Modellierung, Umsetzung und Ausführung von Prozessen einher. Allerdings stellt für Unternehmen in vielen Fällen sowohl die flexible Erstellung und Anpassung von Prozessmodellen [16] als auch die Umsetzung und Ausführung neuer oder geänderter Prozesse [4] noch ein zeit- und kostenintensives Unterfangen dar.

Hier reichen zum einen die bestehenden Vorgehen zur Prozess-

modellierung und -gestaltung nicht aus (vgl. z. B. [2]; [16]), da diese i. d. R. noch zu einem wesentlichen Teil manuell - wenn auch unterstützt bspw. durch Werkzeuge oder Referenzprozessmodelle - durchgeführt werden und daher mit einem beträchtlichen Ressourceneinsatz einhergehen. Selbst wenn hier auf Referenzprozessmodelle zurückgegriffen wird, müssen auch diese zunächst entsprechend der erforderlichen Änderungen (z. B. veränderte gesetzliche Vorgaben oder Compliance-Richtlinien) und den unternehmensspezifischen Charakteristika angepasst werden, was wiederum zeit- und kostenintensiv ist. Abgesehen davon sind für viele Domänen geeignete Referenzprozessmodelle oft nur teilweise, in abstrakter Form oder gar nicht vorhanden. Eine effiziente Erstellung und Anpassung von Prozessmodellen ist somit derzeit schwierig.

Hier versprechen zwar Technologien und Konzepte wie Web Services und deren Komposition sowie Serviceorientierte Architekturen eine Verbesserung. Bspw. wird angeführt, dass ein Prozess durch die Kombination einzelner Web Services flexibler umgesetzt, ausgeführt [8] und auch wieder geändert werden kann. Jedoch erfolgt die Suche nach geeigneten Web Services, deren Einbindung und Management in der Praxis heutzutage häufig noch ebenso manuell. Eine erneute Komposition von Web Services im Zuge neuer oder geänderter Prozesse oder ein Austausch einzelner Web Services - insbesondere bei unerwarteten Ereignissen wie einem Serviceausfall - führen somit unweigerlich zu Reallokationszeiten und entsprechenden Kosten. Dies steht wiederum der angestrebten Flexibilität bei der Umsetzung und Ausführung von Prozessen entgegen.

Ansätze des Semantischen Prozessmanagements (vgl. z. B. [6]; [15]; [25]) versprechen hier zu einer Lösung beizutragen und die Grundlage für einen höheren Grad der Automatisierung bilden zu können. In [28] wird bspw. ein „Semantic Business Process Management (SBPM) Lifecycle“ vorgestellt, der die Phasen Modellierung, Umsetzung, Ausführung und Analyse unterscheidet. In diesem Zuge wird erläutert, wie semantische Konzepte in den jeweiligen Phasen dazu beitragen können, einzelne Aufgaben zu unterstützen bzw. zu automatisieren. Dies wird im Rahmen des EU-Projekts „Semantics Utilized for Process management within and between Enterprises“ (SUPER) erarbeitet, wobei primär technologische Aspekte im Vordergrund stehen<sup>1</sup>. Ein durchgängiges Konzept zur automatisierten Modellierung, Umsetzung und Ausführung von Prozessen mit Fokus auf der *fachlichen Integration*

10<sup>th</sup> International Conference on Wirtschaftsinformatik,  
16<sup>th</sup> - 18<sup>th</sup> February 2011, Zurich, Switzerland

<sup>1</sup> <http://www.ip-super.org/content/view/25/42/>

der Phasen und ökonomischen Aspekten wird bisher jedoch nicht vorgeschlagen. Dabei eröffnet eine solche integrierte Betrachtung zusätzliches Potenzial. So resultiert aus der automatisierten, Semantik-basierten Modellierung von Prozessen i. d. R. eine Menge zulässiger Prozessmodelle (vgl. [12]; [13]). Welches zulässige Prozessmodell dabei aus ökonomischer Sicht mittels Web Services umzusetzen und auszuführen ist, kann jedoch erst dann fundiert entschieden werden, wenn jeweils funktional passende Web Services identifiziert und die zugehörigen nicht-funktionalen Zielgrößen - z. B. Ausführungskosten und -zeit - feststehen. Vor diesem Hintergrund wird im Beitrag ein integriertes Konzept zur automatisierten Modellierung, Umsetzung und Ausführung von Prozessen vorgestellt. Fokussiert wird dabei der Teilbereich der automatisierten Umsetzung und Ausführung von Prozessen, da im Rahmen des DFG-Forschungsprojekts SEMPRO bereits ein Ansatz („SEMantic based Planning Approach“ (SEMPA)) zur automatisierten Modellierung von Prozessen entwickelt wurde (vgl. [12]; [13] sowie die dortige ausführliche Literaturdiskussion zur automatisierten Modellierung von Prozessen). Vor diesem Hintergrund ist das hier vorgeschlagene Konzept als Erweiterung von SEMPA zu betrachten, das es zukünftig im DFG-Folgeprojekt SEMPRO<sup>2</sup> zu konkretisieren gilt.

Der Beitrag ist wie folgt aufgebaut: In Abschnitt 2 wird ein Überblick über das entwickelte Konzept zur automatisierten Modellierung, Umsetzung und Ausführung von Prozessen gegeben, welches fünf Schritte umfasst. Danach werden mit der automatisierten Umsetzung und Ausführung ausgewählte Schritte fokussiert und diskutiert (vgl. die Schritte ④ und ⑤ in Abschnitt 2). Abschnitt 4 verdeutlicht diese Schritte anhand eines ausführlichen Beispiels aus dem Finanzdienstleistungsbereich, bevor Abschnitt 5 die Ergebnisse zusammen fasst und kritisch würdigt.

## 2. INTEGRIERTES KONZEPT

Das Konzept zur automatisierten Modellierung, Umsetzung und Ausführung von Prozessen wird in Abbildung 1 illustriert.

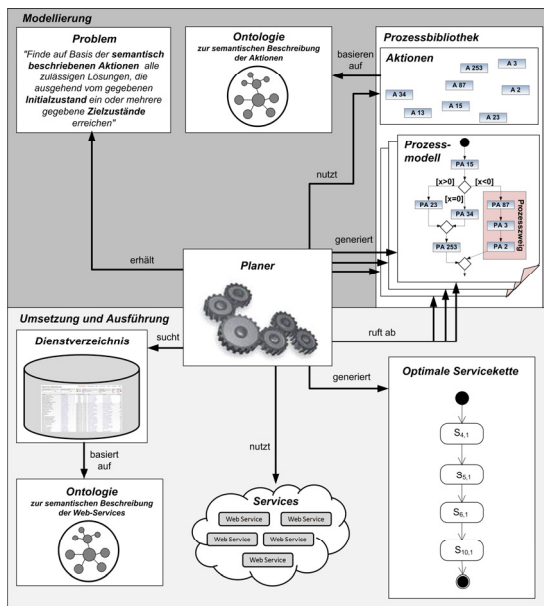


Abbildung 1: Überblick über das Konzept

In der Phase Modellierung von Prozessen erstellt ein Planungsalgorithmus (bspw. Planer wie SEMPA) für eine gegebene Problemstellung bestehend aus Initialzustand (Vorbedingungen des Prozesses) und einem oder mehreren Zielzuständen (Nachbedingungen des Prozesses) sowie basierend auf semantisch beschriebenen Aktionen in einer Prozessbibliothek, automatisiert zulässige Prozessmodelle (d. h. Abfolgen von Aktionen inklusive notwendiger Kontrollflussstrukturen). Diese werden wiederum in der Prozessbibliothek gespeichert. In den Phasen Umsetzung und Ausführung von Prozessen greift der Planer (im Sinne einer Workflowengine) zunächst auf diese zulässigen Prozessmodelle zu und sucht unter Verwendung von Ontologien in einem Dienstverzeichnis funktional passende (ggf. substituierbare) Web Services zur Umsetzung der einzelnen Aktionen. Danach erfolgt eine automatisierte Selektion der optimalen Kombination an Web Services zur Ausführung des Prozesses nach nicht-funktionalen Zielgrößen (Ausführungskosten, Ausführungszeit etc.). Diese Kombination wird im Weiteren als *optimale Servicekette* bezeichnet. Die relevanten Schritte, die der Planer realisiert, sind in Abbildung 2 dargestellt und werden im Folgenden erläutert (vgl. für Details der Schritte ①-③ auch [12]; [13]).

① *Semantik-basierte Ermittlung der Abhängigkeiten zwischen Aktionen.* Im ersten Schritt werden mittels eines Inferenzmechanismus die im Hinblick auf die Problemstellung relevanten Aktionen sowie deren Abhängigkeiten ermittelt (vgl. bspw. [17]). Basis sind die semantisch beschriebenen Vor- und Nachbedingungen (bspw. bezogen auf Input- und Outputparameter) der Aktionen. Resultat ist ein sogenannter Aktionsabhängigkeitsgraph (AAG), der die Aktionen und deren Vor- und Nachbedingungen als Knoten sowie deren Abhängigkeiten als Kanten umfasst.

② *Ermittlung von zulässigen Ablaufreihenfolgen von Aktionen.* Im zweiten Schritt wird auf Basis des AAG mittels einer Vorwärtstraversierung (vgl. hierzu bspw. [5]) ausgehend vom Initialzustand hin zu den Zielzuständen der Aktionszustandsgraph (AZG) erstellt. Dieser repräsentiert alle zulässigen Ablaufreihenfolgen von Aktionen und die jeweils damit einhergehenden Zustände für die gegebene Problemstellung.

③ *Konstruktion von zulässigen Prozessmodellen.* Im dritten Schritt werden auf Basis des AZG, der zulässigen Ablaufreihenfolgen von Aktionen umfasst, syntaktisch korrekte Prozessmodelle (hier: UML-Aktivitätsdiagramm) automatisiert abgeleitet. Zentraler Aspekt ist dabei die automatisierte Konstruktion von Kontrollflussstrukturen wie z. B. Exclusive Choices (vgl. [11]).

④ *Semantik-basierte Zuordnung funktional passender Web Services zu den Aktionen.* Zur Umsetzung eines Prozesses ruft der Planer die zulässigen Prozessmodelle in der Prozessbibliothek ab und ermittelt für die einzelnen Aktionen funktional passende Web Services. Dabei werden die semantischen Beschreibungen der Aktionen und daraus resultierende Anforderungen mit den semantischen Web Service-Beschreibungen im Dienstverzeichnis abgeglichen und jeder Aktion verfügbare, funktional passende Web Services zugeordnet (vgl. z. B. [19]). Das Ergebnis dieses Schritts wird mittels eines Servicezuordnungsgraphs (SZG) repräsentiert.

⑤ *Selektion einer optimalen Servicekette nach nicht-funktionalen Zielgrößen.* Im fünften Schritt erfolgt vor der Ausführung des Prozesses auf Basis des SZG eine ökonomische Bewertung alternativer Serviceketten für die zulässigen Prozessmodelle. Dabei stehen nicht-funktionale Zielgrößen im Fokus, wie Aus-

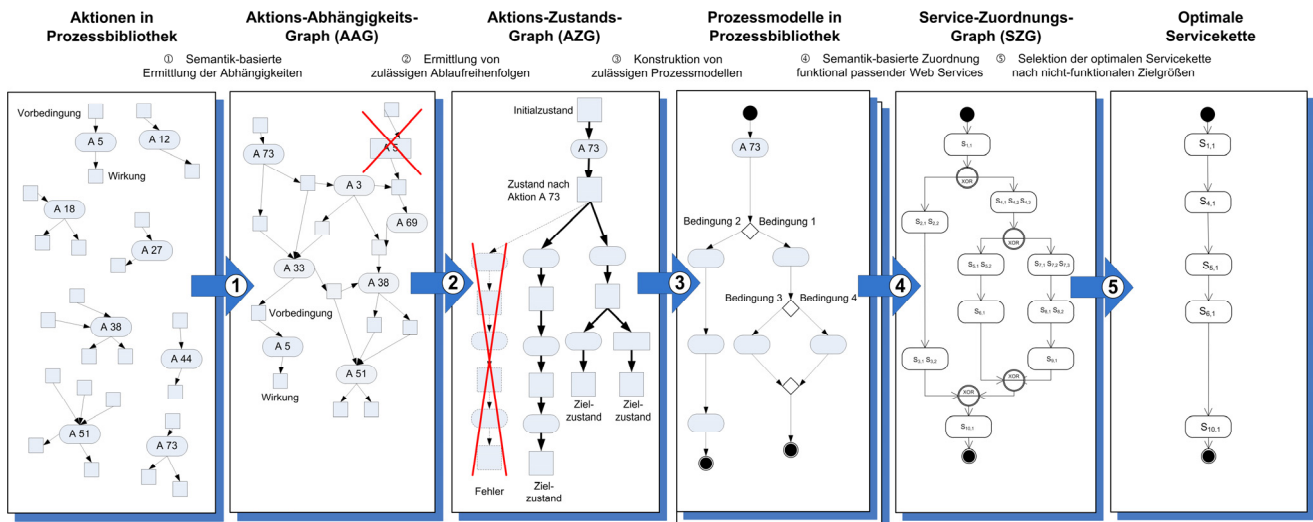


Abbildung 2: Die fünf Schritte des Konzepts

führungskosten, Ausführungszeit und Ausfallwahrscheinlichkeit. Resultat dieses Schritts ist die optimale Servicekette (vgl. hierzu bspw. [4]). Somit wird erst durch die Wahl der optimalen Servicekette entschieden, welches der zulässigen Prozessmodelle ausgeführt wird. Steht diese Servicekette fest, können die entsprechenden Web Services aufgerufen werden. Dabei sind Qualitätsaspekte - wie bspw. erfolgreiche Durchläufe, Fehler und Ausfälle - zur späteren Prozessanalyse zu protokollieren.

Betrachtet man den SBPM Lifecycle nach [28], so adressieren die Schritte ①-③ die Phase Modellierung, Schritt ④ die Phase Umsetzung und Schritt ⑤ die Phase Ausführung. Die protokollierten Qualitätsaspekte aus Schritt ⑤ können darüber hinaus in der Analysephase genutzt werden (vgl. hierzu z. B. [23]). Der Fokus des Beitrags liegt dabei - wie erwähnt - auf der Darstellung der fachlichen Integration der Phasen sowie von ökonomischen Aspekten. So wird auch die vorgenommene Unterteilung des Konzepts und damit des zugehörigen Planungsalgorithmus in fünf Schritte im Folgenden primär fachlich begründet. Konkret ergeben sich dadurch folgende Vorteile:

- Die Anzahl der in der Prozessbibliothek verfügbaren Aktionen kann in der Praxis sehr groß sein (bei der HypoVereinsbank handelte es sich im Rahmen der ARIS-Modellierung bspw. um mehr als 6.500 Aktionen). Aktionen, die nicht Teil einer zulässigen Lösung für eine gegebene Problemstellung sein können, werden bereits in Schritt ① separiert und sind nicht im AAG enthalten. Dies trägt wesentlich zur Komplexitätsreduktion und damit zur effizienten Ermittlung zulässiger Ablaufreihenfolgen im AZG in Schritt ② bei.
- Die Semantik-basierte Ermittlung der Abhängigkeiten zwischen Aktionen ist relativ komplex und damit zeitaufwändig. Deshalb wurde sie in einem eigenen Schritt ① ausgelagert und dem gesamten Konzept vorangestellt, um mehrmalige (redundante) semantische Analysen gleicher Aktionen zu vermeiden. Die folgenden Schritte nutzen danach die im AAG repräsentierten semantischen Informationen, d. h. diese sind nicht erneut zu ermitteln. Zudem können einmal im AAG festgehaltene Abhängigkeiten zwischen Aktionen für mehrere Problemstellungen Verwendung finden.

- Der in Schritt ② ermittelte AZG stellt eine Basis dar, auf der Prozessmodelle in verschiedenen Sprachen konstruierbar sind. Sprachenspezifische Eigenheiten sind demnach separiert und erst in Schritt ③ zu berücksichtigen. Diese schafft zum einen dahingehend Flexibilität, dass unterschiedliche Sprachen ohne Anpassung des Algorithmus von Schritt ② adressierbar sind. Andererseits ist es ebenso möglich, unterschiedliche Algorithmen zur Ermittlung des AZG heranzuziehen, ohne die weiteren Schritte anpassen zu müssen.
- Schritt ④ adressiert die Identifikation und Zuordnung von Web Services und somit die Umsetzung eines Prozesses. Da sich das Web Service Angebot im Zeitverlauf ändert, ist die Zuordnung funktional passender Web Services regelmäßig (im Extremfall bei jeder Prozessausführung) zu aktualisieren. Derartige Änderungen haben jedoch meist keine Auswirkung auf die geplanten zulässigen Prozessmodelle. Vor diesem Hintergrund sind die Schritte ③ und ④ zu trennen, um nicht bei jeder Aktualisierung der Web Service-Zuordnung die Prozessmodelle (komplett) neu zu planen.
- Schritt ⑤ adressiert die Selektion der optimalen Servicekette auf Basis nicht-funktionaler Zielgrößen. Da sich die nicht-funktionalen Zielgrößen (z. B. Ausführungskosten eines Web Service) laufend ändern können, hat diese Selektion bei jeder Ausführung des Prozesses zu erfolgen. So kann bspw. ein geringerer Preis eines Web Service zur Folge haben, dass eine alternative Servicekette nun ökonomisch vorteilhaft ist. Insofern ist sichergestellt, dass immer die optimale Servicekette selektiert wird. Auf die Zuordnung *funktional* passender Web Services zu den einzelnen Aktionen in Schritt ④ haben Änderungen *nicht-funktionaler* Zielgrößen jedoch keine Auswirkung. Folglich sind die Schritte ④ und ⑤ getrennt durchzuführen. Dies hat den Vorteil, dass zulässige Prozessmodelle in Schritt ④ ausgeschlossen werden können, falls für mindestens eine Aktion kein funktional passender Web Service existiert. Eine ökonomische Bewertung dieser Prozessmodelle in Schritt ⑤ ist folglich nicht mehr notwendig, wodurch sich der Aufwand reduziert.

Zusammenfassend ist festzuhalten, dass die vorgenommene Unterteilung zu einer Reduktion der Komplexität und zu einer Steigerung der Effizienz der Modellierung, Umsetzung und Ausführung von Prozessen führt.

Im Rahmen des DFG-Projekts SEMPRO wurde, wie erwähnt, für die Schritte ①-③ und damit für die automatisierte Modellierung von Prozessen ein integrierter Ansatz (SEMPA) entwickelt (vgl. [12] und [13]). Dabei weisen die Autoren jedoch darauf hin, dass es sich bisher lediglich um einen *teil*automatisierten Ansatz zur Planung von Prozessmodellen handelt [12]. Als Grund hierfür wird angeführt, dass bis dato keine automatisierte Selektion eines optimalen Prozessmodells aus den ermittelten zulässigen Prozessmodellen möglich ist. Dies wird als weiterer Forschungsbedarf identifiziert, den es aktuell im Rahmen des DFG-Folgeprojekts SEMPRO<sup>2</sup> zu adressieren gilt. Vor diesem Hintergrund wird im Weiteren mit den Schritten ④ und ⑤ des oben dargestellten Konzepts zur automatisierten Modellierung, Umsetzung und Ausführung von Prozessen diese Forschungslücke fokussiert.

### 3. AUTOMATISIERTE UMSETZUNG UND AUSFÜHRUNG VON PROZESSEN

Im Zuge der automatisierten Modellierung (Schritte ①-③) wird häufig eine Vielzahl zulässiger Prozessmodelle generiert. Um darauf basierend ein Prozessmodell umzusetzen, sind zunächst funktional passende Web Services für die Aktionen der zulässigen Prozessmodelle zu identifizieren und zuzuordnen (Schritt ④). Danach ist vor der Prozessausführung die optimale Servicekette nach nicht-funktionalen Zielgrößen zu bestimmen (Schritt ⑤).

#### 3.1 Semantik-basierte Zuordnung funktional passender Web Services (Schritt ④)

Zur Semantik-basierten Zuordnung funktional passender Web Services zu Aktionen kann auf eine Reihe von bestehenden Arbeiten zurückgegriffen werden. So werden u. a. in [9], [10], [18], [19] und [22] semantische Erweiterungen bekannter Web Service-Standards und Kompositionsverfahren diskutiert. Daneben befassen sich mehrere Forschungsprojekte im Rahmen des von der EU geförderten European Semantic System-Clusters<sup>2</sup> mit semantischen Web Services sowie Serviceorientierten Architekturen und liefern bereits erste prototypische Implementierungen. Darauf aufbauend können die semantischen Beschreibungen der Aktionen und daraus resultierende Anforderungen mit den semantischen Web Service-Beschreibungen im Dienstverzeichnis abgeglichen und jeder Aktion verfügbare, funktional passende Web Services zugeordnet werden. Existieren Web Services, die eine Aktion nur teilweise umsetzen, erstellt der Planer automatisch die möglichen Servicekombinationen, die funktional zur betrachteten Aktion passen. Darauf aufbauend kann der SZG mit der Zuordnung von Web Services zu einzelnen Aktionen erstellt werden, der das Resultat von Schritt ④ darstellt. Im Rahmen der Phase Umsetzung des SBPM Lifecycle wird ein solcher SZG auch als ausführbares Prozessmodell bezeichnet (vgl. [28]). Zur Beschreibung des SZG wird nun eine graphische Notation eingeführt, die zugleich Grundlage für Schritt ⑤ ist.

<sup>2</sup> Vgl. <http://www.essi-cluster.org/>

Die Notation entspricht einer Erweiterung des UML-Aktivitätsdiagramms, das bereits auch für die Notation der zulässigen Prozessmodelle in Schritt ③ exemplarisch herangezogen wurde. Die Erweiterung wurde zum einen für den Praxistransfer bewusst einfach gehalten. Zum anderen können bei Bedarf auch andere Modellierungssprachen analog erweitert werden. Dabei wurde auf Sprachelemente zurückgegriffen, wie sie in ähnlicher Form im Rahmen der Referenzprozessmodellierung bereits verwendet werden (vgl. z. B. [1]).

Abbildung 3 illustriert, dass analog zu Aktivitätsdiagrammen die ovalen Symbole einzelne Aktionen  $i$  mit  $i \in I = \{1, \dots, N\}$  repräsentieren (mit  $N$  als Anzahl aller Aktionen eines Prozesses). Der Bezeichner einer Aktion befindet sich zur besseren Lesbarkeit links abgesetzt in einem Quadrat. Ablaufreihenfolgen zwischen zwei Aktionen sind durch Transitionen  $(i_k, i_l) \in T$  mit  $i_k, i_l \in I$  festgelegt und als Pfeile grafisch dargestellt. Eine Abfolge von Aktionen, die von der ersten Aktion nach dem Initialknoten („Initial Node“) zur letzten Aktion vor einem Schlussknoten („Flow“ oder „Activity Final Node“) mittels Transitionen verknüpft ist, wird als *Aktionenkette* bezeichnet. Eine Aktionenkette wird mittels eckigen Klammern und den in der zugehörigen Reihenfolge aufgeführten Aktionen beschrieben (z. B. Aktionenkette [1-2-3-10]). Aktionenketten stellen somit auf Basis der in Schritt ③ ermittelten, zulässigen Prozessmodelle zulässige Abfolgen von Aktionen zur gegebenen Problemstellung dar.

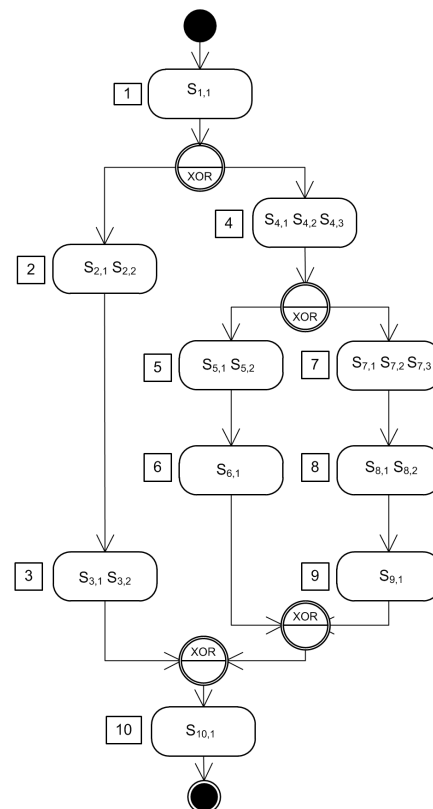


Abbildung 3: Beispiel für die Notation des SZG

Als Erweiterung zur logischen AND-Verknüpfung (graphisch: Splitting-/Synchronisationsbalken) respektive XOR-/OR-Verknüpfung (graphisch: Entscheidungsraute) des klassischen

Aktivitätsdiagramms wird - in Anlehnung an die Referenzprozessmodellierung (vgl. [1]) - ein zusätzlicher so genannter XOR-Buildtime-Operator eingeführt (vgl. Abbildung 3). Liefert nämlich Schritt ④ mehrere zulässige Prozessmodelle für die gegebene Problemstellung, so gehen damit zugleich mehrere alternative (funktional äquivalente) Aktionenketten einher. Diese alternativen Aktionenketten werden mit einem öffnenden XOR-Buildtime-Operator unterschieden und mit einem schließenden XOR-Buildtime-Operator wieder zusammengeführt. Welche Aktionen-kette hier gewählt wird, braucht erst zum Zeitpunkt der Prozessausführung unter Berücksichtigung nicht-funktionaler Zielgrößen (vgl. Schritt ⑤) entschieden werden. In Abbildung 3 liegen bspw. mit [1-2-3-10], [1-4-5-6-10] und [1-4-7-8-9-10] drei alternative Aktionenketten zur Ausführung des Prozesses vor.

Neben dieser potenziell großen Anzahl alternativer Aktionenketten lassen sich zur Ausführung jeder Aktion ggf. auch mehrere, verfügbare (unternehmensinterne und -externe) Web Services zuordnen. Die funktional substituierbaren Web Services  $S_{i,j}$  zur Ausführung einer Aktion  $i \in I$  (mit  $j \in J_i = \{1, \dots, M_i\}$  und  $M_i$  als Anzahl der verfügbaren, alternativen Web Services) sind in der vorgeschlagenen Notation jeweils im Oval der Aktion  $i$  aufgeführt. Folglich ist es realistischerweise möglich, eine Aktionen-kette durch unterschiedliche Kompositionen an Web Services zu realisieren. Eine Web Service-Komposition zur Realisierung einer Aktionen-kette wird dabei als *Servicekette* bezeichnet. Diese beinhaltet jeweils genau einen Web Service für jede enthaltene Aktion und ist von der Form  $[S_{1,j} - \dots - S_{N,j}]$ , wobei bspw.  $S_{1,j}$  den Web Service für Aktion 1 repräsentiert usw. Eine mögliche Servicekette für die Aktionen-kette [1-2-3-10] ist somit durch  $[S_{1,1}-S_{2,1}-S_{3,2}-S_{10,1}]$  gegeben. Dass einzelne Aktionen der zulässigen Prozessmodelle durch mehrere Services oder mehrere Aktionen durch einen Service umgesetzt werden können, ist ebenfalls ohne Weiteres mit Hilfe des XOR-Buildtime-Operators zu berücksichtigen. Ist bspw. eine Aktion  $i$  entweder durch einen oder zwei Web Services realisierbar, so ist vor der Aktion  $i$  ein XOR-Buildtime-Operator einzufügen. Dieser ist nicht nur mit Aktion  $i$ , sondern zusätzlich auch mit der Abfolge zweier neuer Aktionen  $i'$  und  $i''$  (als Alternative zur bisherigen Aktion  $i$ ) zu verbinden. Letzteren sind dabei die Web Services  $S_{i',j}$  und  $S_{i'',j}$  zuzuordnen. Anschließend werden die alternativen Abfolgen von Aktionen wieder mit einem schließenden XOR-Buildtime-Operator zusammengeführt. Auf diese Weise wird (zur Abbildung funktional substituierbarer Services) eine zusätzliche Aktionen-kette (zur Umsetzung einer Aktion durch mehrere Services) generiert. Damit erfüllt der XOR-Buildtime-Operator seinen Zweck zur Unterscheidung alternativer Aktionenketten und die eindeutige Zuordnung eines verfügbaren Web Service zu einer funktional passenden Aktion bleibt gewährleistet.

Insgesamt berechnet sich auf Basis der eingeführten Notation und der entsprechenden Bezeichnungen die Anzahl möglicher Serviceketten für eine Menge  $K = \{K_1, \dots, K_{|K|}\}$  möglicher Aktionenketten  $K_k$ , mit der Menge  $KA_k \subseteq I$  an jeweils enthaltenen Aktionen

(mit  $k=1, \dots, |K|$ ), wie folgt:  $\sum_{k=1}^{|K|} \prod_{i \in KA_k} M_i$ . Realistischerweise ent-

steht hier eine große Anzahl möglicher Serviceketten. Im einfachen Beispiel in Abbildung 3 sind dies bereits  $4 + 6 + 18 = 28$ . Daher resultiert die Fragestellung, welche davon unter ökonomischen Gesichtspunkten zur Prozessausführung zu wählen ist. Dies wird in Schritt ⑤ adressiert und im Folgenden näher betrachtet.

### 3.2 Selektion der optimalen Servicekette nach nicht-funktionalen Zielgrößen (Schritt ⑤)

Resultat des Schritts ④ ist der eingeführte SZG, der die möglichen Aktionenketten zur Ausführung des Prozesses und zudem für die einzelnen Aktionen jeweils die funktional passenden Services repräsentiert. Daher gilt es nun, die optimale Servicekette - d. h. die Aktionen-kette mit den zugehörigen optimalen Web Services - nach ökonomischen, nicht-funktionalen Zielgrößen zu selektieren. Auch hier kann auf bestehende Arbeiten aufgebaut werden (vgl. z. B. [3]; [4]; [30]).

Im Folgenden wird das Vorgehen beschrieben, wie auf Basis des SZG eine optimale Servicekette zur Ausführung des Prozesses zu ermitteln ist: Die Bewertung der funktional passenden Web Services zur Umsetzung von Aktionenketten erfolgt in Schritt ⑤ anhand nicht-funktionaler Zielgrößen, wie Ausführungskosten, durchschnittliche Ausführungszeit, und Ausfallwahrscheinlichkeit. Für weitere Beispiele möglicher Zielgrößen sowie deren Diskussion sei bspw. auf [3], [21] und [24] verwiesen. Viele dieser Bewertungskriterien sind heutzutage bereits für verfügbare Web Services festgehalten und in Dienstverzeichnissen dokumentiert (vgl. bspw. seekda<sup>3</sup>, soatrader<sup>4</sup> oder xignite<sup>5</sup>, die neben Ausführungskosten bspw. auch Informationen zur durchschnittlichen Ausführungszeit und Zuverlässigkeit der Web Services anbieten). Zur Bewertung einer Servicekette ist es zunächst notwendig, die einzelnen Zielgrößen der enthaltenen Web Services zu aggregieren. Bspw. sind die Kosten für die Ausführung einer Servicekette auf Basis der Kosten für die jeweils enthaltenen Web Services ermittelbar. Allerdings existiert realistischerweise oftmals für eine Aktionen-kette keine *dominante Servicekette*, die hinsichtlich aller Zielgrößen gleich gut oder besser ist als jede alternative Servicekette. Daher ist eine Präferenzfunktion erforderlich, welche die verschiedenen Zielgrößen bewertet und zu einem Gesamtpräferenzfunktionswert aggregiert. Hierdurch kann für jede Aktionen-kette des SZG die optimale Servicekette selektiert werden. Stehen die lokal optimalen Serviceketten pro Aktionen-kette fest, ist die global optimale Servicekette zu bestimmen. Diese global optimale Servicekette ist durch den maximalen Präferenzfunktionswert über alle Serviceketten charakterisiert und bei der Prozessdurchführung zu realisieren. Zugleich wird durch die global optimale Servicekette die zugehörige Aktionen-kette im SZG determiniert.

Da in der Praxis bspw. Serviceanbieter komplett ausfallen können oder einzelne Services temporär nicht verfügbar sind, gilt es auch einen möglichen Serviceausfall im Rahmen des Konzepts zu berücksichtigen: Ist bereits vor der Initiierung der Prozessausführung bekannt, dass ein Web Service nicht verfügbar ist (z. B. aufgrund des Ausfalls eines Anbieters), so wird dieser aus dem Dienstverzeichnis (temporär) gestrichen und ist nicht mehr Teil des SZG. Damit werden auch alle Serviceketten mit diesem Web Service nicht mehr weiter betrachtet. Stattdessen rückt in einer vom Ausfall betroffenen Aktionen-kette die jeweils „nächstbeste“ Servicekette nach und bildet die neue lokal optimale Servicekette. Sollte durch den Ausfall eines Web Service eine Aktion gar nicht mehr ausführbar sein, da kein funktionales Substitut existiert, sind

<sup>3</sup> <http://webservices.seekda.com/>

<sup>4</sup> <http://www.soatrader.com/>

<sup>5</sup> <http://www.xignite.com/>

folglich alle Aktionenketten mit dieser Aktion nicht mehr ausführbar. Sie werden aus dem SZG (temporär) entfernt.

Komplexer ist der Fall, dass ein Web Service erst direkt beim Aufruf ausfällt, d. h. während der Ausführung der ex ante global optimalen Servicekette (vgl. auch die Literatur zum Replanning, wie [4]; [29]). Hier kann nicht grundsätzlich auf den „nächstbesten“ Web Service zur Ausführung der zugehörigen Aktion zurückgegriffen werden. Vielmehr ist zu prüfen, ob durch den Ausfall die ex ante optimale und bereits gestartete Aktionenkette weiterhin optimal ist. Der Ausfall während der Prozessausführung zieht somit folgende Entscheidungssituation nach sich:

Führe entweder die gestartete Aktionenkette zu Ende und ersetze dabei den ausgefallenen Web Service zur Ausführung einer Aktion  $i$  durch einen alternativen Web Service. Hier kann eine Optimierung im Hinblick auf die noch durchzuführenden Aktionen durchaus auch bei anderen Aktionen eine veränderte Servicezuordnung zur Folge haben. Oder starte eine alternative Aktionenkette. Um dies zu entscheiden, sind für die Bewertung der gestarteten Aktionenkette nicht mehr alle Web Services der zugehörigen optimalen Servicekette zu berücksichtigen. Vielmehr sind nur noch die Web Services für jene Aktionen zu betrachten, die bisher noch nicht ausgeführt wurden. Die Kosten für bereits ausgeführte Web Services sind demnach zum Entscheidungszeitpunkt (Laufzeitbetrachtung) nicht mehr relevant. Gleiches gilt auch für weitere nicht-funktionale Kriterien ausgeführter Web Services. Dagegen ist eine Neubewertung der Serviceketten alternativer Aktionenketten nicht notwendig, falls keiner der bereits ausgeführten Web Services Teil der auszuführenden Web Services in alternativen Aktionenketten ist. Dies ist jedoch in der Realität eher selten, da Web Services häufig auch in alternativen Aktionenketten verwendet werden können (bspw., da diese gleiche Aktionen enthalten). Insofern ist oft auch eine Neubewertung der Serviceketten alternativer Aktionenketten erforderlich. Eine solche „Überschneidung“ alternativer Aktionenketten lässt sich anhand von Abbildung 3 veranschaulichen. So sind bspw. die Aktionen 1 und 4 sowohl Bestandteil der Aktionenketten [1-4-5-6-10] als auch der Aktionenkette [1-4-7-8-9-10]. Würde somit die zweite Aktionenkette aufgrund eines Ausfalls des Services  $S_{8,1}$  abbrechen, so sind bei einer Durchführung der alternativen Aktionenkette [1-4-5-6-10] die Services  $S_{1,1}$  und  $S_{4,1}$  nicht mehr erneut auszuführen. Dieser Zusammenhang ist in der skizzierten Entscheidungssituation durchaus relevant und muss entsprechend adressiert werden. Im Weiteren werden die Schritte ④ und ⑤ des dargestellten Gesamtkonzepts und damit die automatisierte Umsetzung und Ausführung von Prozessen anhand eines ausführlichen Beispiels aus dem Finanzdienstleistungsbereich detailliert erläutert.

#### 4. ANWENDUNGSBEISPIEL

Die beispielhafte Illustration der Schritte ④ und ⑤ erfolgt auf Basis eines realen Kreditvergabeprozesses eines deutschen Finanzdienstleisters (für eine ausführliche Beschreibung der Schritte ①-③ und deren prototypischen Implementierung, vgl. [12] und [13]). Hierzu werden zunächst der Kreditvergabeprozess im Privatkreditbereich und insbesondere der Teilprozess der Kreditwürdigkeitsprüfung eingeführt. Danach wird das Vorgehen zur Zuordnung funktional passender Web Services (Schritt ④) zu den Aktionen sowie die Selektion der optimalen Servicekette nach nicht-funktionalen Zielgrößen (Schritt ⑤) am Beispiel erläutert. Dies verdeutlicht, wie eine Realisierung der Schritte ④ und ⑤

erfolgen könnte. Abschließend werden die Ergebnisse und weiterführende Fragestellungen diskutiert.

#### 4.1 Einführung des Anwendungsbeispiels

Bei Finanzdienstleistern werden die Standardisierung von Prozessen und deren IT-Unterstützung vor dem Hintergrund der Senkung der Kosten intensiv diskutiert (vgl. [26]). Hier gewinnt gerade die Ablösung monolithischer Altsysteme durch Serviceorientierte Anwendungen und Architekturen zunehmend an Bedeutung. Dies eröffnet neue Möglichkeiten für die Verbesserung der Prozesse und deren Umsetzung mittels (fremdbezogener) Web Services. Insbesondere im Bereich des Kreditmanagements wurden in der Vergangenheit Teile des Kreditmanagementprozesses durch die Integration externer Anbieter (Rating-Agenturen, börsenbasierte Kreditderivatehändler etc.) umgesetzt und ausgeführt [4]. Beispielhaft wird im Folgenden ein Teil eines Prozessmodells für die Kreditvergabe (nur Filiale und Privatkredit) herausgegriffen, der in Abbildung 4 vereinfacht und anonymisiert dargestellt ist.

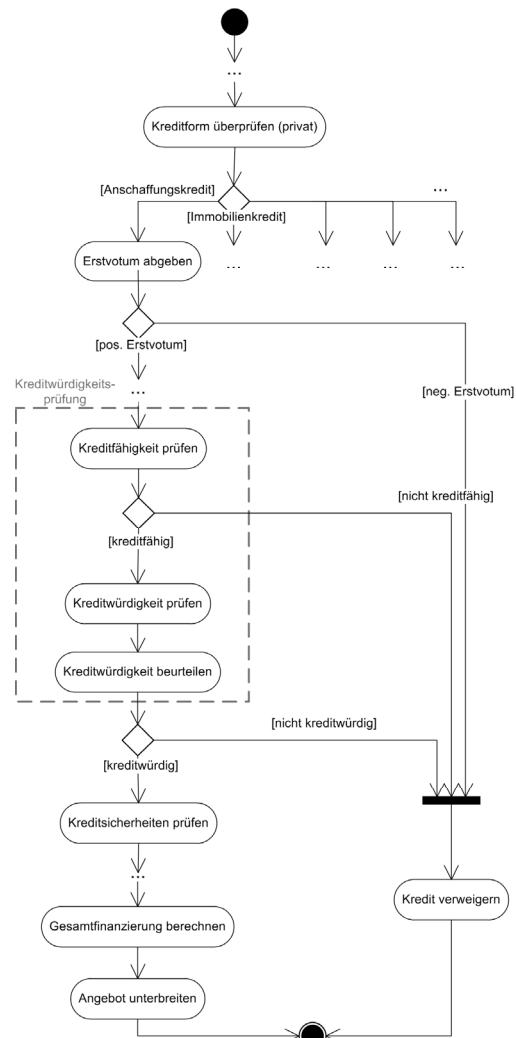


Abbildung 4: Ausschnitt eines Prozessmodells zur Kreditvergabe



Der dargestellte Ausschnitt des Prozessmodells startet mit der Überprüfung der Kreditform, wobei im Weiteren der Anschaffungskredit näher betrachtet wird. Danach erfolgt eine Erstprüfung. Fällt das Erstvotum negativ aus, wird der Kredit verweigert. Anderenfalls wird eine Kreditfähigkeitsprüfung durchgeführt, die im einfachen Fall einer Geschäftsfähigkeitsprüfung entspricht. Folgt wiederum ein positiver Bescheid, ist eine Kreditwürdigkeitsprüfung durchzuführen. Wurde die Kreditwürdigkeit bescheinigt und eventuell kreditrelevante Sicherheiten überprüft, erfolgt nach der Kalkulation der Gesamtfinanzierung ein Angebot des Kredits zu den berechneten Konditionen.

Im Weiteren wird innerhalb des Prozessausschnitts die Kreditwürdigkeitsprüfung (gestricheltes Rechteck in Abbildung 4) fokussiert. Hier ist bereits heute eine entsprechende Umsetzung mittels Web Services - wenn auch noch nicht in der Ausbaustufe des in Abschnitt 3 veranschaulichten Konzepts - möglich.

## 4.2 Erläuterung des Vorgehens

Im Folgenden werden die Schritte ④ und ⑤ des Konzepts auf Basis des Anwendungsbeispiels illustriert und diskutiert. Da derzeit in der Praxis die Voraussetzungen noch nicht gegeben sind, um alle relevanten nicht-funktionalen Zielgrößen für funktional passende Web Services automatisiert aus den Dienstverzeichnissen abzurufen (vgl. Schritt ⑤), ist hier zumindest bei einigen Web Services noch manueller Aufwand zu leisten. Da dieser manuelle Aufwand nicht bei jeder Prozessausführung zu rechtfertigen ist, wurden im Fallbeispiel mit der Identifikation unternehmensinterner wie -externer, funktional passender Web Services zugleich auch die relevanten nicht-funktionalen Zielgrößen erfasst. Da für den Finanzdienstleister bei der Prozessausführung insbesondere die Zielgrößen Ausfallwahrscheinlichkeit, Ausführungskosten und durchschnittliche Ausführungszeit für die Wahl der optimalen Servicekette relevant sind, ist somit für jeden funktional passenden Web Service  $S_{i,j}$  folgender Bewertungsvektor zu erfassen:

$$\text{VektorService}(S_{i,j}) = \begin{pmatrix} \text{Ausfallwahrscheinlichkeit} \\ \text{Ausführungskosten} \\ \text{Ausführungszeit} \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} p(S_{i,j}) \\ c(S_{i,j}) \\ t(S_{i,j}) \end{pmatrix}$$

Neben den verfügbaren Informationen zu den Web Services aus bekannten Dienstverzeichnissen (in Abbildung 5 sind z. B. Informationen zu Verfügbarkeit und Ausführungszeit eines GeoCoding Web Service des Dienstverzeichnisses seekda abgebildet<sup>6</sup>) wurde auch auf weitere Informationsquellen (z. B. Ausschreibungen, Angebotseinholungen mit der Möglichkeit der Angebotsabgabe über Portale und Einsatz von Web Crawlern für Web Services außerhalb bekannter Verzeichnisse) zurückgegriffen. Die fehlenden Informationen zu den relevanten nicht-funktionalen Zielgrößen der Web Services wurden darüber hinaus auf Basis von Erfahrungswerten geschätzt.

Danach hat der Planer die identifizierten Web Services im Zuge der Erstellung des SZG, der alle möglichen Serviceketten repräsentiert, den einzelnen Aktionen des Prozessmodells zuzuordnen (vgl. Schritt ⑥). Beispielhaft wird dies im Folgenden für die Aktion „Kreditwürdigkeit prüfen“ erläutert. Der resultierende SZG

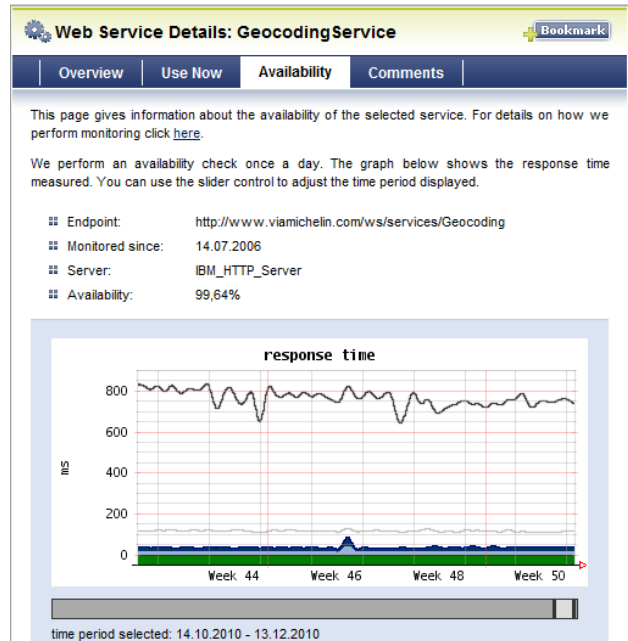


Abbildung 5: Nicht-funktionale Zielgrößen bei seekda

zu dem in Abbildung 4 dargestellten Prozessausschnitt (gestricheltes Rechteck) ist in Abbildung 6 dargestellt.

Für die Aktion „Kreditwürdigkeit prüfen“ konnten mehrere Web Services unterschiedlicher Anbieter identifiziert werden. So bietet bspw. die SCHUFA Holding AG einen Zugriff auf Web Services zur „Autorisierung bei der SCHUFA“ ( $S_{2,1}$ ,  $S_{2,2}$ ) und zur „Einholung der SCHUFA-Auskunft“ ( $S_{3,1}$ ,  $S_{3,2}$ ) mittels XML-Gateway an. Auf diese Weise können Web Services zur Kreditwürdigkeitsprüfung in die Prozesse des Finanzdienstleisters integriert werden.

Neben der Einholung einer SCHUFA-Auskunft besteht die Alternative, Verfahren anderer Dienstleister zur Kreditwürdigkeitsprüfung zu kombinieren. Bspw. existieren mehrere Anbieter von Datenbanken für GeoCoding, die entsprechende Web Services ( $S_{4,1}$ ,  $S_{4,2}$ ,  $S_{4,3}$ ) zur Verfügung stellen (z. B. uniserv GmbH und Schober Business Information Group). Daneben konkurrieren am Markt verschiedene Anbieter, die weitere Daten über den Nutzer auswerten und bereits größtenteils eine Integration ihrer Dienstleistungen mittels XML-Schnittstelle vorsehen oder planen (z. B. CEG Creditreform Consumer AG und INFORMA GmbH). Bei diesen Scoring-Web Services ( $S_{5,1}$ ,  $S_{5,2}$ ) kommen bspw. Benutzerprofile mit Informationen über das Kaufverhalten zum Einsatz. Um die Kreditwürdigkeitsprüfung auf Basis der Ergebnisse der GeoCoding- und Scoring-Web Services durch eine Bonitätsprüfung zu komplettieren, kann ein unternehmensinterner Web Service ( $S_{6,1}$ ) genutzt werden. Dieser ergänzt Daten - z. B. eine Dispositionskredithistorie bei Bestandskonten - und berechnet zugleich ein übergreifendes Kundenscoring.

Insgesamt konnten somit zwei unterschiedliche Aktionenketten zur Umsetzung der Aktion „Kreditwürdigkeit prüfen“ identifiziert werden: das Verfahren der SCHUFA-Auskunft mit „Autorisierung SCHUFA einholen“ ( $S_{2,1}$ ,  $S_{2,2}$ ) und „SCHUFA-Auskunft einholen“ ( $S_{3,1}$ ,  $S_{3,2}$ ) sowie das kombinierte Verfahren mit „GeoCoding einholen“ ( $S_{4,1}$ ,  $S_{4,2}$ ,  $S_{4,3}$ ), „Scoring einholen“ ( $S_{5,1}$ ,  $S_{5,2}$ ) und „Bonität prüfen“ ( $S_{6,1}$ ). Da beide Verfahren und damit die

<sup>6</sup> Vgl. <http://webservices.seekda.com/providers/viamichelin.com/GeocodingService>

entsprechenden Kombinationen von Web Services die Aktion „Kreditwürdigkeit prüfen“ umsetzen, ist im SZG nach der Aktion „Kreditfähigkeit prüfen“ ( $i=1$ ), für die drei identifizierten funktional passenden Web Services ( $S_{1,1}, S_{1,2}, S_{1,3}$ ), ein XOR-Buildtime-Operator einzufügen. Im Anschluss folgen die beiden Aktionen zur Umsetzung des Verfahrens der SCHUFA-Auskunft ( $i=2, 3$ ) bzw. die drei Aktionen zur Umsetzung des kombinierten Verfahrens ( $i=4, 5, 6$ ) mit den jeweiligen Web Services. Anschließend werden diese beiden Aktionenketten mit einem schließenden XOR-Buildtime-Operator wieder zusammengeführt. Für die nachfolgende Aktion „Kreditwürdigkeit beurteilen“ ( $i=7$ ) wurden wiederum drei Web-Services ( $S_{7,1}, S_{7,2}, S_{7,3}$ ) identifiziert, welche diese Aktion jeweils in vollem Umfang umsetzen.

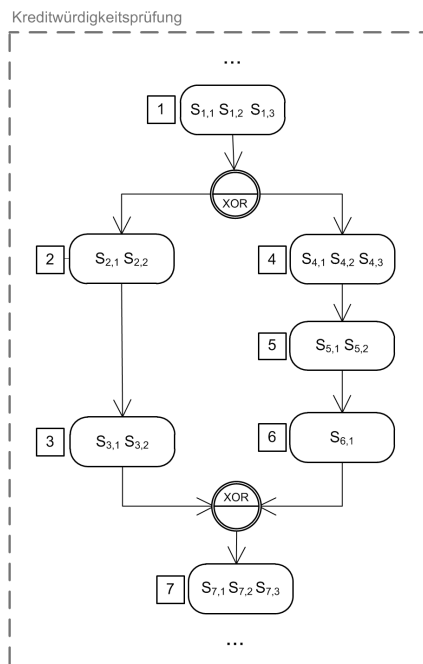


Abbildung 6: SZG zum Beispielprozess

Der resultierende SZG für den fokussierten Prozessausschnitt weist in Abbildung 6 diese beiden alternativen Aktionenketten mit [1-2-3-7] und [1-4-5-6-7] aus. Bereits dieser bewusst einfach gehaltene Prozessausschnitt verdeutlicht die in der Realität mögliche, hohe Anzahl an Serviceketten. Konkret sind dies hier mit 36 für die Aktionenkette [1-2-3-7] und 54 für die Aktionenkette [1-4-5-6-7] insgesamt bereits 90 Serviceketten. Folglich gilt es beim gesamten Prozessmodell zur Kreditvergabe mehrere Tausend Serviceketten zu berücksichtigen. Da es im Rahmen des dargestellten Gesamtkonzepts zugleich auch noch mehrere zulässige Prozessmodelle für die Kreditvergabe zu untersuchen gilt, unterstreicht dies zusätzlich die Notwendigkeit einer automatisierten Ermittlung der optimalen Servicekette.

Nach der Generierung des SZG hat der Planer nun die möglichen Serviceketten hinsichtlich der nicht-funktionalen Zielgrößen Ausfallwahrscheinlichkeit, Ausführungskosten und durchschnittliche Ausführungszeit zu bewerten und die optimale Servicekette zu selektieren (vgl. Schritt ⑤). Dazu wurde ein Prototyp mit der plattformunabhängigen open source Entwicklungsumgebung Netbeans und der Programmiersprache Java 5.0 implementiert. Für

die Modellierung der Prozesse mit UML Aktivitätsdiagrammen wurde als Ausgangsbasis das Pack *UML Modelling* verwendet. Hierdurch können Aktivitätsdiagramme visuell im Editor erstellt und weiter in ihren Eigenschaften angepasst und ergänzt werden. Der Entwurfsprozess als auch die Zuordnung der Services zu den Aktionen wird dadurch unterstützt. Zur Bestimmung der optimalen Servicekette sind die nicht-funktionalen Zielgrößen der in einer Servicekette  $R$  enthaltenen Web Services (seien dies o. B. d. A.  $S_{1,j}, \dots, S_{N,j}$ ) jeweils zu aggregieren. Dabei wurden folgende Aggregationsvorschriften im Prototyp implementiert:

$$\text{VektorServiceKette}(R) = \left[ \begin{matrix} p(S_{1,j}) \\ c(S_{1,j}) \\ t(S_{1,j}) \end{matrix} \right] \otimes \dots \otimes \left[ \begin{matrix} p(S_{N,j}) \\ c(S_{N,j}) \\ t(S_{N,j}) \end{matrix} \right] = \left[ \begin{matrix} 1 - \left( \prod_{i=1}^N (1 - p(S_{i,j})) \right) \\ \sum_{i=1}^N c(S_{i,j}) \\ \sum_{i=1}^N t(S_{i,j}) \end{matrix} \right]$$

Die Ausfallwahrscheinlichkeit der Servicekette ergibt sich als Gegenwahrscheinlichkeiten dafür, dass keiner der enthaltenen Web Services ausfällt. Ausführungskosten und durchschnittliche Ausführungszeit werden mittels Summation bestimmt, wobei jeweils vereinfachend die Unabhängigkeit der einzelnen Web Services unterstellt wird (zur Berücksichtigung von Abhängigkeiten vgl. z. B. [7]). Um sich nun zwischen alternativen Serviceketten zu entscheiden, ist eine Präferenzfunktion erforderlich, welche die Präferenzen des Finanzdienstleisters hinsichtlich der drei nicht-funktionalen Zielgrößen repräsentiert. Hier wurden die Kreditwürdigkeitsprüfung als solches und die Zuverlässigkeit der dazu notwendigen Web Services als sehr wichtig eingestuft. Die Ausfallwahrscheinlichkeit wurde demzufolge am höchsten gewichtet und mit dem (Basis-)Gewicht von 1,0 versehen. Aufgrund des hohen Kostendrucks am Kreditmarkt und der hohen Preissensitivität der Privatkunden wird zudem eine kostengünstige Prozessausführung angestrebt. Deshalb wurde die entsprechende Zielgröße mit einem Gewicht von 0,6 eingestuft. Dagegen wurde für die durchschnittliche Ausführungszeit ein Gewicht von lediglich 0,3 festgelegt, da speziell im Filialgeschäft eine Durchlaufzeit, die im Minutenbereich variiert, als nicht wettbewerbsrelevant angesehen wird. Diese Gewichte wurden in der einfachen, additiven Präferenzfunktion  $\Phi$  wie folgt berücksichtigt:

$$\Phi = 1,0 \cdot \left( 1 - \left( \prod_{i=1}^N (1 - p(S_{i,j})) \right) \right) + 0,6 \cdot \sum_{i=1}^N c(S_{i,j}) + 0,3 \cdot \sum_{i=1}^N t(S_{i,j})$$

Darauf basierend kann der Planer für jede Servicekette einen Präferenzfunktionswert ermitteln. So lässt sich pro Aktionenkette die optimale Servicekette bestimmen. Diese ist im Beispiel durch den jeweils minimalen Präferenzfunktionswert gekennzeichnet, da auch die in der Präferenzfunktion enthaltenen Zielgrößen jeweils zu minimieren sind. Der Planer vergleicht dann die Präferenzfunktionswerte der lokal optimalen Serviceketten der verschiedenen Aktionenketten (hier SCHUFA-Auskunft vs. kombiniertes Verfahren), um die global optimale Servicekette zu ermitteln. Im Beispiel ist dies die optimale Servicekette für das kombinierte Verfahren (Aktionenkette [1-4-5-6-7]), für die ein Präferenzfunktionswert von 0,64 bestimmt wurde. Derartige Entscheidungen können wegen der Automatisierung dabei jederzeit (im Extremfall sogar pro Prozessausführung) überprüft werden, falls sich die Rahmenbedingungen (wie z. B. erhöhte Ausführungskosten eines Web Service) oder die Präferenzen des Finanzdienstleisters ändern. Im Rahmen der prototypischen Implementierung wurde zur



Bestimmung der optimalen Servicekette in einem ersten Schritt eine vollständige Enumeration durchgeführt. Bei größeren Prozessen ist es i. d. R. jedoch unvermeidbar, aufgrund der Vielzahl möglicher Serviceketten zur Selektion der optimalen Servicekette auf Heuristiken zurückzugreifen. Geeignete Heuristiken werden bspw. in [4] und [30] diskutiert.

Abgesehen davon ist auch der Fall von Web Service-Ausfällen zur Durchführungszeit zu analysieren, d. h. welche Anforderungen sich hier bei einer Reallokation ergeben. Neben dem Entfernen der ausgefallenen Web Services ist dabei insbesondere wiederum die dann optimale Servicekette zu ermitteln. Diese interessante Problematik wird nachfolgend beispielhaft diskutiert:

Fällt bei der Durchführung des kombinierten Verfahrens nach dem erfolgreichen Aufruf des GeoCoding-Service der Scoring-Web Service  $S_{5,1}$  der CEG Creditreform Consumer AG aus, so hat eine Reallokation durch den Planer zu erfolgen. Grundsätzlich kann in diesem Fall für die Aktion „Scoring einholen“ der Web Service  $S_{5,2}$  der INFORMA GmbH ersatzweise ausgeführt werden. Allerdings ist hier zu prüfen, ob die weitere Durchführung der Aktionenkette des kombinierten Verfahrens mittels Einplanung des Web Service der INFORMA oder aber die Ausführung der alternativen Aktionenkette (SCHUFA-Verfahren) ökonomisch vorteilhaft ist. Hierbei sind etwaige Überschneidungen zwischen den Serviceketten einzubeziehen. Zudem ist zu beachten, dass die nicht-funktionalen Zielgrößen für bereits ausgeführte Web Services, wie z. B. die Kosten für den GeoCoding-Service, nicht mehr entscheidungsrelevant sind. Mittels der prototypischen Implementierung wurde berechnet, dass im Falle des Ausfalls des Scoring-Web Service  $S_{5,1}$  der CEG Creditreform Consumer AG weiterhin die Ausführung des kombinierten Verfahrens mit einem Präferenzfunktionswert von 0,49 (im Vergleich zu 0,60 für das SCHUFA-Verfahren) vorteilhaft ist. Daraus folgt, dass nunmehr der Web Service der INFORMA GmbH sowie die restlichen Web Services der (bisherigen) global optimalen Servicekette auch weiterhin aufzurufen sind. Zugleich wird der Ausfall des Web Service im Dienstverzeichnis erfasst, was zu einer Erhöhung seiner hinterlegten Ausfallwahrscheinlichkeit führt.

### 4.3 Weiterführende Betrachtung

Das obige Vorgehen im Falle eines Web Service-Ausfalls zur Ausführungszeit offenbart zugleich auch nicht ausgeschöpftes Optimierungspotenzial. So werden zwar zum einen bereits Ausfallwahrscheinlichkeiten für einzelne Web Services und ganze Serviceketten berücksichtigt und bei der ex ante Auswahl der optimalen Servicekette einbezogen. Zum anderen wird auch der Fall beleuchtet, wie unter ökonomischen Gesichtspunkten zu verfahren ist, falls zur Ausführungszeit ein Web Service ausfällt und eine Reallokation erforderlich ist. Dagegen werden jedoch im bisherigen Vorgehen die ökonomischen Konsequenzen eines möglichen Serviceausfalls bei der ex ante Selektion der optimalen Servicekette noch nicht vollends berücksichtigt. Konkret ist (bereits ex ante) zu analysieren, auf welche andere Service- oder Aktionenkette bei einem potenziellen Ausfall eines Web Service (zur Ausführungszeit) gewechselt werden muss und ob dies - da bspw. bereits ausgeführte Web Services nicht wiederverwendet werden können (sunk costs) - zu einer starken Verschlechterung des Präferenzfunktionswerts führt. Ein Beispiel verdeutlicht dies: Oben wurde die Servicekette zum kombinierten Verfahren als ex ante global optimale Servicekette bestimmt. Fällt jedoch der in-

terne Web Service zur Aktion „Bonität prüfen“ ( $S_{6,1}$ ) aus, so steht kein alternativer, funktional passender Web Service zur Verfügung. Insofern muss dann auf die Aktionenkette des SCHUFA-Verfahrens gewechselt werden. Da die Aktion „Bonität prüfen“ eine der letzten in der dann abgebrochenen Aktionenkette ist, hat dies hohe sunk costs und Ausführungszeiten für Web Services zur Folge, die letztlich nicht genutzt werden. Derartige Effekte sind aber bereits für die ex ante Ermittlung der global optimalen Servicekette interessant. Nimmt man nämlich bspw. an, dass mindestens ein Web Service ausfällt, so wäre es ökonomisch durchaus fragwürdig (wegen des Risikos hoher sunk costs und Ausführungszeiten), das kombinierte Verfahren zu wählen. Dagegen ist das Verfahren der SCHUFA-Auskunft vergleichsweise robust, da hier jede Aktion durch mindestens zwei Web Services ausgeführt werden kann.

Um derartige Effekte zu analysieren, wurde eine stochastische Simulation mit stetigen Zufallsvariablen durchgeführt. Hier wurde der Ausfall jedes Web Service zunächst als gleichverteilte, unabhängige Zufallsvariable über den Definitionsbereich  $[0,1]$  modelliert. Auf Basis der dokumentierten Ausfallwahrscheinlichkeiten für jeden Web Service wurde zudem dieser Bereich in zwei Intervalle unterteilt, wobei das Intervall  $[0, \text{Ausfallwahrscheinlichkeit}]$  den Ausfall und das Intervall  $[\text{Ausfallwahrscheinlichkeit}, 1]$  die Verfügbarkeit des Web Service repräsentieren. Bei einem Prozessdurchlauf (Simulationslauf) wurde dann für jeden auszuführenden Web Service eine Ausprägung der Zufallsvariable gezogen. Die Zuordnung der Ausprägung zu den oben definierten Intervallen zeigt an, ob der Web Service verfügbar ist bzw. ausfällt. In den Fällen, in denen ein Web Service-Ausfall eintritt, wurde gemäß dem obigen Vorgehen eine Reallokation der Web Services durchgeführt. Für einen ersetzenden Web Service wurde danach wiederum eine Zufallsvariable definiert und sein potenzieller Ausfall untersucht. Ausgangspunkt sind dabei jeweils die lokal optimalen Serviceketten für die einzelnen Aktionenketten. Für jede dieser lokal optimalen Serviceketten wurden unter Berücksichtigung möglicher Web Service-Ausfälle Prozessdurchläufe simuliert sowie die zu erwartenden ex post Ausführungskosten und -zeiten berechnet und dokumentiert. Bei einer großen Anzahl von Simulationsläufen (bspw. 1.000) erhält man anschließend durch Mittelwertbildung erwartungstreue Schätzungen dafür, wie hoch bei der jeweils ex ante gewählten Aktionenkette die zu erwartenden ex post Ausführungskosten und -zeiten sind.

Im Fallbeispiel war bei jeweils 1.000 durchgeführten Simulationsläufen die bisher präferierte Aktionenkette zum kombinierten Verfahren bzw. die zugehörige Servicekette nicht mehr global optimal. So ergaben sich zu erwartende ex post Ausführungskosten von 0,451 und eine zu erwartende ex post Ausführungszeit von 0,217. Dagegen wurden bei der bisher dominierten Servicekette des SCHUFA-Verfahrens (bzgl. des Präferenzfunktionswerts nur Rang 60 bei 120 Serviceketten) zu erwartende ex post Ausführungskosten von 0,337 bzw. eine zu erwartende ex post Ausführungszeit von 0,163 ermittelt. Zusammenfassend ergab sich im Rahmen der Simulationsstudie somit ein Vorteil von mehr als jeweils 30% falls anstatt des kombinierten Verfahrens das SCHUFA-Verfahren gewählt wird. Insofern verdeutlicht das Beispiel, dass sich zwischen einer ex ante Planung und einer ex post Realisierung wesentliche Unterschiede in den Präferenzrangfolge ergeben können. Grund hierfür sind die ökonomischen Effekte möglicher Serviceausfälle und die damit einhergehende, notwendige Reallokation. Diese Effekte hängen wesentlich von den fol-

genden beiden Punkten ab: (1) Wie oft wird eine Aktionenkette abgebrochen, da ein Service ausfällt, für den es keinen adäquaten, funktional passenden Ersatz gibt (Ausfallrobustheit)? (2) Wie groß sind die Unterschiede bzgl. der Ausführungskosten und -zeiten, die bei einem Wechsel der Aktionenkette in Kauf zu nehmen sind (Prozessflexibilität)? Mit den genannten Punkten können somit neben den reinen Präferenzfunktionswerten aus dem obigen Vorgehen weitere Kriterien für die Auswahl optimaler Service- und Aktionenketten angeführt werden.

## 5. FAZIT

Die Modellierung, Umsetzung und Ausführung von Prozessen stellt für Unternehmen oft ein zeit- und kostenintensives Unterfangen dar. Um hier zu einer Lösung beizutragen, erscheinen Planungsansätze und semantische Konzepte des Semantischen Prozessmanagements durchaus erfolgversprechend. Deshalb wird im Beitrag ein integriertes Konzept (vgl. Schritte ①-⑤) zur automatisierten Modellierung, Umsetzung und Ausführung von Prozessen vorgeschlagen, das eine Erweiterung der Arbeiten im Rahmen des DFG-Projekts SEMPRO darstellt. In diesem Projekt wurden mit der automatisierten Modellierung von Prozessen bisher die Schritte ①-③ betrachtet. Dabei konnte bereits ein Ansatz entwickelt und prototypisch umgesetzt werden, der für gegebene Problemstellungen eine automatisierte Planung zulässiger Prozessmodelle erlaubt. Die automatisierte Umsetzung und Ausführung eines Prozesses auf Basis der zulässigen Prozessmodelle wurden dagegen im Projekt bisher nicht adressiert. Deshalb wird im Beitrag ein erweitertes Konzept vorgeschlagen, das neben der Planung zulässiger Prozessmodelle auch die Umsetzung und Ausführung von Prozessen beinhaltet. Jedoch ist das Konzept heute noch nicht voll umfänglich umgesetzt.

Dies liegt zum einen daran, dass die Schritte ④ und ⑤ des Konzepts noch nicht vollständig prototypisch realisiert sind. So ist bspw. für Schritt ④ ein Algorithmus zu implementieren, der auf Basis der semantisch annotierten Vor- und Nachbedingungen einer Aktion einen oder mehrere funktional passende Services ermittelt (vgl. die alternativen Verfahren zur Umsetzung der Aktion „Kreditwürdigkeit prüfen“ im Beispiel). Dies erfolgte im Rahmen des Fallbeispiels noch manuell. Den Ausgangspunkt für einen solchen Algorithmus können Planungsansätze aus der künstlichen Intelligenz bilden [27]. Daneben gilt es ebenso, die in Abschnitt 4.3 dargestellte Idee, die ökonomischen Konsequenzen eines möglichen Serviceausfalls bereits bei der ex ante Selektion der optimalen Servicekette zu berücksichtigen, weiter zu untersuchen. Hier sind entsprechende Ansätze zu entwickeln und umzusetzen. Dass hiermit erhebliches Potenzial einhergehen kann, lies sich anhand des Beispiels verdeutlichen. Die beispielhafte Anwendung des Konzepts auf Basis eines realen Prozesses eines Finanzdienstleisters stellt einen ersten Schritt zu dessen Validierung dar. Darüber hinaus ist das Konzept zukünftig noch bei weiteren Prozessen anzuwenden, um dessen Anwendbarkeit im realen Umfeld eines Unternehmens zu prüfen. Diese Punkte gilt es in Zukunft im Rahmen des DFG-Folgeprojekts SEMPRO<sup>2</sup> zu adressieren und die umfassende Evaluierung der Schritte ④ und ⑤ voranzutreiben.

Zum anderen kann das vorgestellte Konzept z. T. aufgrund des Reifegrads der erforderlichen Technologien und der nur teilweise automatisiert ermittelbaren Inputparameter derzeit noch nicht umfänglich umgesetzt werden. So sind bspw. nicht alle Ausprä-

gungen der relevanten nicht-funktionalen Zielgrößen für funktional passende Web Services automatisiert aus den Dienstverzeichnissen abzurufen. Deshalb müssen diese geschätzt oder manuell aktualisiert werden. Da dies mit Ungenauigkeiten einhergehen kann stellt sich für die Anwendung des Konzepts die Frage, wie stark sich bspw. ungenaue Schätzungen der Ausfallwahrscheinlichkeit auf die optimale Servicekette auswirken können. Deshalb sind für die Anwendung des Konzepts Sensitivitätsanalysen zur Überprüfung der Ergebnisrobustheit (insbesondere bei Ausprägungen geschätzter Zielgrößen) zu empfehlen. Da zukünftig aber immer mehr Web Services mit den zugehörigen Ausprägungen nicht-funktionaler Zielgrößen in öffentlichen Dienstverzeichnissen angeboten werden (vgl. dazu auch Abbildung 5), wird dieses Problem in naher Zukunft weniger bedeutsam.

Gleichzeitig erhöht die steigende Anzahl am Markt angebotener Web Services (vgl. dazu [20]) zukünftig die Relevanz des vorgestellten Konzepts, da dadurch eine manuelle Auswahl der optimalen Servicekette zu zeit- und kostenaufwendig wird.

## 6. LITERATUR

- [1] Becker, J., Holten, R., Knackstedt, R. und Schütte, R. 2000. Referenz-Informationsmodellierung. In *Proceedings of the Verbundtagung Wirtschaftsinformatik 2000* (Aachen, Deutschland, 2000). 86-109.
- [2] Becker, J. und Kahn, D. 2003. The Process in Focus. In *Process Management. A Guide for the Design of Business Processes*, Becker, J., Kugeler, M. und Rosemann, M. (Hrsg.) Springer, Berlin, 1-12.
- [3] Berbner, R., Heckmann, O., Mauthe, A. und Steinmetz, R. 2005. Eine Dienstgüte unterstützende Web-Service-Architektur für flexible Geschäftsprozesse. *WIRTSCHAFTSINF* 47, 4 (2003), 268-277.
- [4] Berbner, M. 2007. *Dienstgüteunterstützung für Serviceorientierte Workflows*. Dissertation. Universität Darmstadt. Books on Demand, Norderstedt.
- [5] Bertoli, P., Cimatti, A., Roveri, M. und Traverso, P. 2006. Strong planning under partial observability. *Artif Intell* 170, 4 (2006), 337-384.
- [6] Betz, S., Klink, S., Koschmider, A. und Oberweis, A. 2006. Automatic user support for business process modeling. In *Proceedings of the 3rd European Semantic Web Conference* (Budva, Montenegro, 2006). 1-12.
- [7] Braunwarth, K. und Heinrich, B. 2008. IT-Service-Management - Ein Modell zur Bestimmung der Folgen von Interoperationalitätsstandards auf die Einbindung externer IT-Dienstleister. *WIRTSCHAFTSINF* 50, 2 (2008), 98-110.
- [8] Bruijn de, J., Fensel, D., Keller, U. und Lara, R. 2005. Using the Web Service Modeling Ontology to Enable Semantic E-Business. *Commun ACM* 48, 12 (2005), 43-47.
- [9] Bruijn de, J., Kerrigan, M., Zaremba, M. und Fensel, D. 2009. Semantic Web Services. In *Handbook on Ontologies*, Staab, S. und Studer, R. (Hrsg.) Springer, Berlin, 617-636.
- [10] Fensel, D., Lausen, H., Polleres, A., Bruijn de, J., Stollberg, M., Roman, D. und Domingue, J. 2007. *Enabling Semantic Web Services: The Web Service Modeling Ontology*. Springer, Berlin.

- [11] Heinrich, B., Bolsinger M. und Bewernik, M. 2009. Automated Planning of Process Models: The Construction of Exclusive Choices. In *Proceedings of the 30th International Conference on Information Systems* (Phoenix, USA, 2009).
- [12] Heinrich, B., Bewernik, M., Henneberger, M., Krammer, A., und Lautenbacher, F. 2008. SEMPA - A Semantic Business Process Management Approach for the Planning of Process Models. *WIRTSCHAFTSINF* 50, 6 (2008), 445-460.
- [13] Heinrich, B., Klier, M. und Zimmermann, S. 2010. Automated Planning of Process Models – Towards a Semantic-based Approach. Erscheint in *Semantic Technologies for Business and Information Systems Engineering: Concepts and Applications*, Smolnik, S., Teuteberg, F. und Thomas, O. (Hrsg.) IGI Global, USA.
- [14] Henneberger, M., Heinrich, B., Bauer, B. und Lautenbacher, F. 2008. Semantic-Based Planning of Process Models. In *Tagungsband der Multikonferenz Wirtschaftsinformatik* (München, Deutschland, 2008), 1677-1689.
- [15] Hepp, M. und Dumitri, R. 2007. An ontology framework for semantic business process management. In *Tagungsband der 8. Internationalen Tagung Wirtschaftsinformatik* (Karlsruhe, Deutschland, 2007). 423-440.
- [16] Hornung, T., Koschmider, A. und Oberweis, A. 2007. Rule-based Autocompletion of Business Process Models. In *CAI-SE Forum 2007* (Trondheim, Norwegen, 2007). 49-52.
- [17] Kalfoglou, Y. und Schorlemmer, M. 2003. Ontology Mapping: The State of the Art. *The Knowledge Engineering Review Journal* 18, 1 (2003), 1-31.
- [18] Kona, S., Bansal, A., Gupta, G. und Hite, D. 2007. Automatic composition of semantic web services. In *Proceedings of the 5th International Conference on Web Services* (Salt Lake City, USA, 2007). 150-158.
- [19] McIlraith, S. A., Cao Son, T. und Zeng, H. 2001. Semantic Web Services. *IEEE Intell Syst* 16, 2 (2001), 46-53.
- [20] Nüttgens, M. und Dirik, I. 2008. Geschäftsmodelle für dienstebasierte Informationssysteme – Ein strategischer Ansatz zur Vermarktung von Webservices. *WIRTSCHAFTSINF* 50, 1 (2008), 31–38.
- [21] Ran, S. 2003. A Model for Web Services Discovery With QoS. *ACM SIGecom Exchanges* 4, 1 (2003), 1-10.
- [22] Sycara, K. P., Paolucci, M., Ankolekar, A. und Srinivasan, N. 2003. Automated discovery, interaction and composition of Semantic Web services. *J Web Semant* 1, 1 (2003), 27-46.
- [23] Teuteberg, F., Kluth, M., Smolnik, S. und Ahlemann, F. 2009. Semantic Benchmarking of Process Models - An Ontology-based Approach. In *Proceedings of the 30th International Conference on Information Systems* (Phoenix, USA, 2009).
- [24] Tian, M., Gramm, A., Ritter, H. und Schiller, J. 2004. Efficient Selection and Monitoring of QoS-Aware Web Services with the WS-QoS Framework. In *Proceedings of the ACM/IEEE/WIC International Conference on Web Intelligence* (Peking, China, 2004). 152-158.
- [25] Thomas, O. und Fellmann, M. 2007. Semantic business process management: ontology-based process modeling using event-driven process chains. *International Journal of Interoperability in Business Information Systems* 2, 1 (2007), 29-43.
- [26] Wahrenburg, M., König, W., Hackethal, A., Weitzel, T., Beimborn, D., Franke, J., Gellrich, T., Holzhäuser, M. und Schwarze, F. 2005. *Kreditprozess-Management - Status Quo und Zukunft des Kreditprozesses bei Deutschlands 500 größten Kreditinstituten*. Books on Demand, Norderstedt.
- [27] Weber, I. 2007. Requirements for the Implementation of Business Process Models through Composition of Semantic Web Services. In *Proceedings of the International Conference on Interoperability for Enterprise Software and Applications* (Funchal, Portugal 2007).
- [28] Wetzstein, B., Ma, Z., Filipowska, A., Kaczmarek, M., Bhiri, S., Losada, S., Lopez-Cobo, J. und Cicurel, L. 2007. Semantic Business Process Management: A Lifecycle Based Requirements Analysis. In *Proceedings of the Workshop on Semantic Business Process and Product Lifecycle Management* (Innsbruck, Österreich, 2007).
- [29] Yu, T. und Lin, K.-J. 2009. Optimizing the QoS Performance of Fast Rerouting. In *Proceedings of the International Conference on Hybrid Intelligent Systems* (Shenyang, China, 2009). 313-318.
- [30] Yu, T., Zhang, Y. und Lin, K.-J. 2007. Efficient Algorithms for Web Services Selection with End-to-End QoS Constraints. *ACM Trans Web* 1, 1 (2007), Article 6.