

# Plängine: Ein System zur Planung und Ausführung von Workflows

Hilmar Schuschel und Mathias Weske

Hasso-Plattner-Institut für Softwaresystemtechnik an der Universität Potsdam

Prof.-Dr.-Helmert-Straße 2-3, 14482 Potsdam

{Schuschel,Weske}@hpi.uni-potsdam.de

**Abstract:** Flexibilität und eine gute Unterstützung von Geschäftsprozessen sind für die Wettbewerbsfähigkeit von Unternehmen auf heutigen Märkten wichtige Faktoren. Workflow-Management-Systeme unterstützen die Ausführung und Überwachung von Geschäftsprozessen. Dabei bleibt die Modellierung der Prozesse eine manuelle Aufgabe. Aktuelle Forschungsansätze untersuchen die Anwendung von Planungsalgorithmen zur automatischen Planung von Prozessen mit dem Ziel, auch die Modellierungsphase von Geschäftsprozessen zu unterstützen. Ein wichtiger Aspekt von Flexibilität im Kontext von Geschäftsprozessen ist die Fähigkeit, angemessen auf unerwartete Ereignisse zu reagieren, die zur Laufzeit des Prozesses auftreten. Diese Reaktion kann dabei auch eine Neuplanung und Anpassung des Prozesses beinhalten. In dieser Arbeit wird das integrierte Planungs- und Ausführungssystem Plängine vorgestellt, das die automatische Neuplanung und Anpassung von Geschäftsprozessen unterstützt. Es wird beschrieben, wie die Notwendigkeit einer Neuplanung erkannt, wie eine neue Prozessbeschreibung geplant, und wie die Ausführung an die neue Prozessbeschreibung angepasst wird. Eine Besonderheit des vorgestellten Systems ist, dass die Planung einer neuen Prozessbeschreibung während der Laufzeit des Prozesses geschieht. Aus diesem Grund wird es notwendig, bei der Neuplanung die Auswirkungen laufender Aktivitäten zu berücksichtigen. Hierzu werden für diese Aktivitäten Stellvertreter spezifiziert, die sie beim Planungsvorgang repräsentieren. Vorteile, Grenzen und Anwendungsgebiete des vorgestellten Ansatzes werden diskutiert.

## 1 Einleitung

Als Reaktion auf den starken Wettbewerb in den heutigen dynamischen Märkten, schöpfen Unternehmen immer weiter das Potenzial der Informationstechnologie aus, um die Effektivität ihrer Organisation zu verbessern. Ein zentraler Punkt für die Wettbewerbsfähigkeit eines Unternehmens ist hierbei die Leistungsfähigkeit seiner Geschäftsprozesse [HC93, WWK94]. Workflow-Management-Systeme [GHS95, JB96, LR00] unterstützen und automatisieren die Ausführung von Geschäftsprozessen, wobei die Planung und Modellierung der Prozesse eine manuelle Aufgabe bleibt. Als Folge dieser teilweisen Automatisierung ist eine Änderung von Geschäftsprozessen zur Laufzeit organisatorisch und technisch aufwendig [EKR95, HA00, HJ98, RD98]. In dieser Arbeit wird ein System zur integrierten Planung und Ausführung vorgestellt, in dem automatisch individuelle Geschäftsprozesse geplant, ausgeführt, überwacht und falls notwendig zur Laufzeit an unvorhergesehene Situationen angepasst werden.

Ein *Prozess* ist eine partiell geordnete Menge von *Aktivitäten*, die dazu dient, ein Ziel zu erreichen [FH93]. Entsprechend dient ein *Geschäftsprozess* dazu, eine gegebene Situation so zu verändern, dass die Unternehmung ihr *Geschäftsziel* realisiert. Alle relevanten Informationen über diese Situation werden in Kombination mit dem zugeordneten Geschäftsziel als *Geschäftsfall* bezeichnet. Beispiele für Geschäftsfälle sind zum Beispiel eine Buchbestellung oder eine Kreditwürdigkeitsanalyse. Aus organisatorischer Sicht beinhaltet die Bearbeitung eines Geschäftsfalles die Phasen Planung, Modellierung und Ausführung. In der *Planung* wird festgelegt, welche Aktivitäten in welcher Reihenfolge ausgeführt werden müssen, damit das Geschäftsziel erreicht wird. Die *Modellierung* ist die darauf aufbauende Spezifikation einer formalen *Prozessdefinition*. In der anschließenden Phase der *Ausführung*, werden die einzelnen Aktivitäten entsprechend der Prozessdefinition gestartet und der Prozessfortschritt überwacht. Workflow-Management-Systeme unterstützen die Modellierung, indem sie Werkzeuge zur Spezifikation von Prozessdefinitionen anbieten [LR00]. Der Fokus liegt bei diesen Systemen auf der Ausführung und Überwachung von Geschäftsprozessen. Die Planung bleibt eine manuelle Aufgabe. Dieses Papier argumentiert, dass Planung und Ausführung sehr eng miteinander verwoben sind und dass die Konzentration von klassischen Workflow-Management-Systemen auf die automatische Ausführung zu Problemen bezüglich Konsistenz und Flexibilität führt. Insbesondere die Veränderung der Prozessdefinition während der Ausführung eines Prozesses, die als Reaktion auf unerwartete Ereignisse notwendig werden kann, ist technisch und organisatorisch aufwendig [Nut96, RD98]. Mit *Pløngine* wird ein integriertes Planungs- und Ausführungssystem für Workflows vorgestellt, das für jeden Geschäftsfall automatisch eine individuelle Prozessdefinition plant, diese ausführt, die Notwendigkeit einer Neuplanung erkennt, gegebenenfalls eine aktualisierte Prozessdefinition erzeugt und die Ausführung entsprechend angepasst. Hierzu werden Konzepte aus dem Workflow-Management mit Planungsalgorithmen aus dem Bereich der Künstlichen Intelligenz (KI) kombiniert. Eine Besonderheit des vorgestellten Systems ist, dass die Planung einer neuen Prozessbeschreibung während der Laufzeit des Prozesses geschieht. Aus diesem Grund wird es notwendig, bei der Neuplanung die Auswirkungen laufender Aktivitäten zu berücksichtigen. Hierzu werden für diese Aktivitäten Stellvertreter spezifiziert, die sie beim Planungsvorgang repräsentieren.

In Abschnitt 2 werden die wesentlichen Grundlagen aus dem Bereich der KI-Planung und des Workflow-Management erläutert. Das Konzept eines integrierten Planungs- und Ausführungssystems wird in Abschnitt 3 vorgestellt. Abschnitt 4 beschreibt die Neuplanung einer Prozessdefinition und die Anpassung der Ausführung. Schließlich werden in Abschnitt 5 verwandte Arbeiten, sowie Vorteile und Grenzen des vorgestellten Ansatzes diskutiert.

## 2 Grundlagen

In den Gebieten Künstliche Intelligenz und Workflow-Management wurden bereits viele Ergebnisse zur automatisierten Planung bzw. zur Unterstützung der Geschäftsprozessausführung erzielt. Dieser Abschnitt gibt eine Einführung in die für eine Integration von

Planung und Ausführung wesentlichen Konzepte dieser beiden Forschungsgebiete. Im folgenden wird für gemeinsame Konzepte beider Gebiete eine einheitliche Terminologie verwendet, anstatt jeweils forschungsgebiet-spezifische Synonyme zu benutzen.

Ein KI-Planer [GNT04] benötigt zur Erzeugung einer Prozessdefinition folgende Beschreibungen: den momentanen Zustand des relevanten Teils der Welt, das Ziel und eine Menge von Aktivitäten. Das *Ziel* beschreibt die Anforderungen an einen Zielzustand. Das Mittel zur Überführung des momentanen Zustands in einen Zielzustand sind die Aktivitäten. Eine *Aktivität* ist ein logisch zusammengehöriger Arbeitsschritt in einem Prozess. Die Bedingungen, die festlegen, in welchem Zustand eine Aktivität ausgeführt werden kann, werden als *Vorbedingungen* bezeichnet. Demgegenüber bezeichnen *Effekte* die Auswirkungen der Ausführung der Aktivität auf den Zustand. Eine *Planungsaufgabe* ist ein Suchproblem, das darin besteht, eine partiell geordnete Menge von Aktivitäten zu finden, die bei Ausführung den momentanen Zustand in einen Zielzustand überführt. Die Beschreibung dieser Menge und der Ordnungsbeziehungen wird Prozessdefinition genannt und stellt die Ausgabe des Planers dar.

Workflow-Management-Systeme [GHS95, JB96, LR00] unterstützen und automatisieren die Ausführung von Geschäftsprozessen. Zentrale Aufgabe dabei ist es, Aktivitäten der richtigen Person zur rechten Zeit mit der Unterstützung der richtigen Anwendung zuzuordnen. Ein wesentlicher Vorteil beim Einsatz eines Workflow-Management-Systems ist, dass die Prozessabläufe nicht mehr in den Anwendungen programmiert und somit festgelegt sind. Stattdessen kann ein Workflow-Management-System eine beliebige Prozessdefinition als Eingabe nehmen. Einzelne Aktivitäten können von Personen oder automatisch von Anwendungen ausgeführt werden. Die genaue Zuordnung geschieht hierbei zur Laufzeit über eine dynamische Rollenauflösung [LR00]. Entsprechend werden von dem Workflow-Management-System neben der Prozessdefinition noch Informationen über beteiligte Personen, deren Rollen und Anwendungen benötigt.

### 3 Integrierte Planung und Ausführung

In diesem Abschnitt wird beschrieben, wie Geschäftsfälle in Plængine bearbeitet werden. Plængine ist ein universitärer Prototyp, der am Hasso-Plattner-Institut für Softwaresystemtechnik an der Universität Potsdam entwickelt wird. Eine Beschreibung des grundlegenden Konzepts der integrierten Planung und Ausführung, auf dem Plængine basiert, findet sich in [SW03]. Wie in Abbildung 1 dargestellt, besteht Plængine aus zwei zentralen Teilsystemen: dem Planer und der Engine. Der Planer generiert für jeden Geschäftsfall eine individuelle Prozessdefinition, die dann von der Engine zur Steuerung der Ausführung verwendet wird. Das Modell der Organisation stellt die Möglichkeiten der Organisation dar, einzelne Geschäftsfälle zu bearbeiten. Es beschreibt Personen, deren Rollen, Anwendungen und Aktivitäten. Die Eingabe für den Planer setzt sich aus den zur Verfügung stehenden Aktivitäten, sowie Zustand und Ziel eines Geschäftsfalls zusammen. Hieraus generiert der Planer eine für diesen Geschäftsfall individuelle Prozessdefinition. Für die Ausführung der Prozessdefinition benötigt die Engine dann Informationen über Personen, deren Rollen und Anwendungen. Die Ausführung der Prozessdefinition verändert den Zustand des

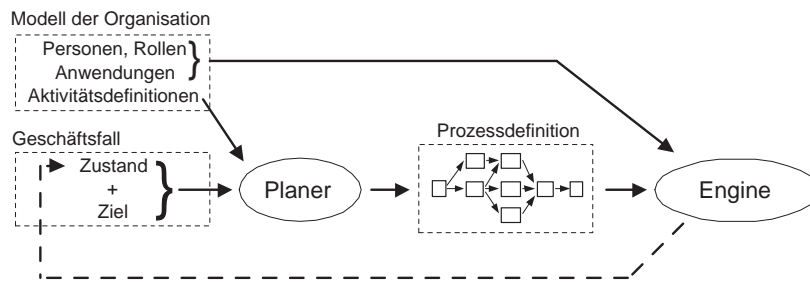


Abbildung 1: Integration von Planung und Ausführung

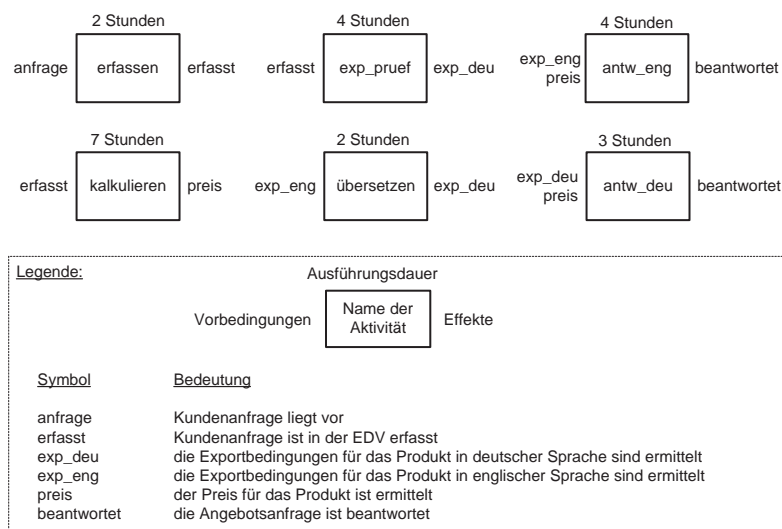


Abbildung 2: Aktivitäten bei der Angebotsanfrage

Geschäftsfalls, bis dieser einem Zielzustand entspricht. Diese Rückwirkung der Ausführung auf den Zustand des Geschäftsfalls wird in Abbildung 1 durch den gestrichelten Pfeil dargestellt.

Betrachten wir hierzu das Beispiel der Bearbeitung einer Angebotsanfrage. Dabei übermittelt ein Kunde dem Unternehmen eine Angebotsanfrage nach einem bestimmten Produkt und erwartet eine Antwort in Form eines Angebots oder einer Mitteilung, dass das Produkt nicht lieferbar ist. Die Bearbeitung der Angebotsanfrage wird hier zum Zwecke der Übersichtlichkeit stark vereinfacht dargestellt. Abbildung 2 zeigt die Aktivitäten, die zur Bearbeitung einer Angebotsanfrage zur Verfügung stehen. Der Geschäftsfall für unser Beispiel sei eine vorliegende Kundenanfrage, die beantwortet werden soll. D.h. der Initialzustand ist anfrage und das Ziel ist beantwortet. Ist der aktuellen Zustand wie in dem Beispiel kein Zielzustand, so muss der Geschäftsfall bearbeitet werden. Der Planer erzeugt für

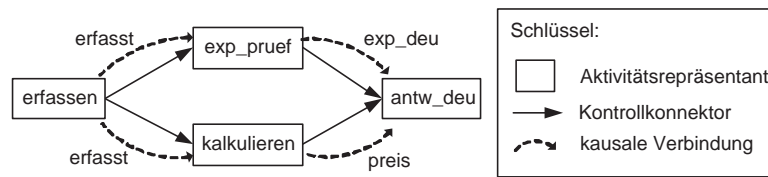


Abbildung 3: Prozessdefinition zur Angebotsanfrage

den Geschäftsfall auf Basis der zur Verfügung stehenden Aktivitäten die in Abbildung 3 dargestellte Prozessdefinition. Die Rechtecke stellen Aktivitäten dar. Die Vorbedingungen der Aktivität erfassen sind bereits im Initialzustand erfüllt. Somit kann erfassen direkt zu Beginn des Prozesses ausgeführt werden. erfassen hat den Effekt erfasst, der eine Vorbedingung der Aktivität kalkulieren ist. Dieses nennt man eine *kausale Verbindung* zwischen erfassen und kalkulieren. Kausale Verbindungen sind in der Abbildung durch gestrichelten Pfeile dargestellt und mit den Effekten annotiert, auf denen die kausale Verbindung basiert. Eine kausale Verbindung impliziert eine Ausführungsreihenfolge, die sich im entsprechenden Kontrollkonnektor widerspiegelt.

Eine Aktivität kann sich im Zustand *aktiviert*, *deaktiviert*, *laufend* oder *beendet* befinden. Vor der Ausführung werden alle Aktivitäten aktiviert. Die Ausführung der Prozesses wird durch die Aktion *START* gestartet. Die Aktion *START* startet alle aktivierten Aktivitäten, die keinen Vorgänger in einem anderen Zustand als *beendet* haben. Die weitere Ausführung der Prozessinstanz erfolgt nun auf Basis von *Ereignis-Bedingungs-Aktions-Regeln* [DBB<sup>+</sup>88]:

#### Regel 1

Ereignis: Beendigung einer Aktivität

Bedingung: Aktivität hat die erwarteten Effekte und die Prozessinstanz ist nicht beendet.

Aktion: *START*

#### Regel 2

Ereignis: Beendigung einer Aktivität

Bedingung: Aktivität hat die erwarteten Effekte und die Prozessinstanz ist beendet.

Aktion: Ausführung der Geschäftsfalls beenden.

Durch Regel 1 werden jeweils bei der Beendigung einer Aktivität, deren Nachfolger gestartet, falls diese *aktiviert* sind und keinen Vorgänger mehr in einem anderen Zustand als *beendet* haben. Sobald alle Aktivitäten ausgeführt sind, beendet Regel 2 die Ausführung des Geschäftsfalls, da davon ausgegangen wird, dass der Zustand des Geschäftsfalls nun ein Zielzustand ist. Beide Regeln haben die Bedingung, dass die Aktivität die erwarteten Effekte hat. Eine dritte Regel, die den Fall abfängt, dass die Aktivität nicht die erwarteten Effekte hat, wird in Abschnitt 4.1 im Zusammenhang mit der Auslösung der Neuplanung vorgestellt. Zur Veranschaulichung der Ausführung betrachten wir das Beispiel der Angebotsanfrage. Grundlage dazu stellt die in Abbildung 3 dargestellte Prozessdefinition dar. Abbildung 4 zeigt den Prozess in der Ausführung. Die Rechtecke stellen die Aktivitäten dar. In Klammern darunter ist der Zustand jeder Aktivität vermerkt. Die horizontale Achse der Abbildung entspricht der Zeit. Der Zeitpunkt unserer Betrachtung der Ausführung

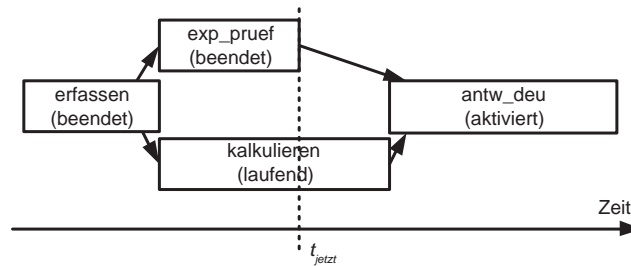


Abbildung 4: Prozessinstanz zur Angebotsanfrage

ist als  $t_{jetzt}$  eingezeichnet. Anfang und Ende der Rechtecke kennzeichnen die Start- bzw. Endzeitpunkte der Aktivitäten. Hierbei ist zu beachten, dass nur die Start- und Endzeitpunkte links von  $t_{jetzt}$  jeweils den tatsächlichen Zeiten entsprechen. Die Start- und Endzeitpunkte rechts von  $t_{jetzt}$  befinden sich in der Zukunft und stellen lediglich erwartete Zeitpunkte entsprechend der erwarteten Ausführungsdauer der Aktivitäten dar. Zusätzlich zu den Start- und Endzeitpunkten der Aktivitäten sind auch die entsprechenden Kontrollkonnectoren der zugehörigen Prozessdefinition eingezeichnet. Im Zeitpunkt  $t_{jetzt}$  endet die Aktivität `exp_pruef` und die Regeln 1 und 2 werden ausgewertet. Da die Aktivität die erwarteten Effekte hat und die Prozessinstanz nicht beendet ist, wird die Aktion `START` angestoßen. Da die Aktivität von `antw_deu` die einzige Aktivität im Zustand `aktiviert` ist und diese noch einen Vorgänger in einem anderen Zustand als `beendet` hat, wird zu diesem Zeitpunkt keine weitere Aktivität gestartet.

## 4 Neuplanung und Anpassung

Bisher wurde das Zusammenspiel von Planer und Engine unter der Annahme betrachtet, dass Aktivitäten genau die spezifizierten Effekte haben. In diesem Abschnitt wird von der realistischeren Annahme ausgegangen, dass bei der Ausführung von Aktivitäten auch unerwartete Effekte auftreten können. Würde dennoch die Ausführung ohne eine Anpassung der Prozessdefinition fortgesetzt, wird unter Umständen kein Zielzustand erreicht. Eine Lösung dieses Problems ist die *Neuplanung* einer Prozessdefinition auf Basis des aktuellen Zustands und die Anpassung der Ausführung an diese neue Prozessdefinition. Hierdurch können die unerwarteten Effekte vom Planer berücksichtigt werden, da sie sich im aktuellen Zustand widerspiegeln. Auf diese Weise können sich Planung und Ausführung abwechseln, bis die Bearbeitung eines Geschäftsfalls abgeschlossen ist. Die Behandlung von unerwarteten Effekten umfasst drei wesentliche Schritte: Der erste Schritt ist die Erkennung der Notwendigkeit und die Auslösung der Neuplanung. Der zweite Schritt ist die Generierung einer neuen Prozessdefinition auf Basis des aktuellen Zustands des Geschäftsfalls. Der dritte Schritt ist die Anpassung der Ausführung an die neue Prozessdefinition. Diese Schritte werden in den folgenden Abschnitten jeweils detailliert erläutert.

## 4.1 Auslösung der Neuplanung

Da Pløngine automatisch auf unerwartete Effekte reagieren soll, kommt zu den oben vorgestellten zwei Ereignis-Bedingungs-Aktions-Regeln eine dritte Regel hinzu, die nötigenfalls eine Neuplanung auslöst:

### Regel 3

Ereignis: Beendigung einer Aktivität

Bedingung: Aktivität hat die erwarteten Effekte.

Aktion: *Neuplanung*

Falls die Aktivität nicht die erwarteten Effekte hat, ist eine Neuplanung notwendig, da die Ausführbarkeit für die nachfolgenden Aktivitäten unter Umständen nicht mehr gegeben ist. Daher kann auch nicht mehr gewährleistet werden, dass eine weitere Ausführung auf Basis der derzeitigen Prozessdefinition den Zustand der Geschäftsfalls in einen Zielzustand überführt. Die Regel 3 ist eine Zusammenfassung und Vereinfachung der Ereignis-Bedingungs-Aktions-Regeln zur Auslösung der Neuplanung die in [SW04] vorgestellt wurden. Das hier vorgestellte Konzept zur Neuplanung ist jedoch auf das detailliertere Regelsystem erweiterbar, das zum Beispiel Regeln für Ereignisse wie die Veränderung des Ziels oder der Aktivitäten, das Überschreiten eines Zeitlimits, oder Effekte von Außen auf den Zustand des Geschäftsfalls abdeckt. Zur Illustration der von Regel 3 abgedeckten unerwarteten Effekte betrachten wir das Beispiel einer in Ausführung befindlichen Prozessinstanz einer Angebotsanfrage, die in Abbildung 4 dargestellt ist. Bisher wurde angenommen, dass die Aktivität *exp\_pruef* den Effekt *exp\_deu* hat. Angenommen der Effekt ist stattdessen *exp\_eng*. Das heißt, die Bestimmung der Exportbestimmungen hat statt einem deutsch- ein englisch-sprachiges Dokument ergeben. Somit kann die momentane Prozessinstanz nicht weiter ausgeführt werden, da *antw\_deu* ein deutsch-sprachiges Dokument als Vorbedingung hat.

## 4.2 Neuplanung

In diesem Abschnitt wird beschrieben, wie eine neue Prozessdefinition auf Basis des aktuellen Zustands des Geschäftsfalls geplant wird. Ein wichtiger Aspekt hierbei ist, dass sich der aktuelle Zustand während der Neuplanung durch die Beendigung laufender Aktivitäten verändern kann. Dies führt zu dem Problem, dass die neue Prozessdefinition nicht ohne weiteres angewendet werden kann, da sie für den Zustand zu Beginn der Neuplanung konzipiert wurde. Eine einfache Instanziierung und Start der neuen Prozessdefinition ist daher nicht möglich. Eine Lösung für dieses Problem, wäre alle Aktivitäten, die sich noch im Zustand *aktiviert* befinden, zu deaktivieren und zu warten, bis alle laufenden Aktivitäten beendet sind. Dann kann der Zustand während der Neuplanung durch keinen Effekt einer laufenden Aktivität verändert werden. In dem Beispiel der Angebotsanfrage würde dies bedeuten, dass die Aktivität von *antw\_deu* deaktiviert wird, und dann gewartet wird, bis die Aktivität *kalkulieren* beendet ist. In Pløngine wurde ein anderer Ansatz gewählt, der ein größeres Maß an Nebenläufigkeit zulässt: Wie oben beschrieben, werden

alle Aktivitäten, die sich noch im Zustand *aktiviert* befinden, deaktiviert. Allerdings wird mit der Neuplanung nicht gewartet, bis alle Aktivitäten beendet sind. Stattdessen werden die noch laufenden Aktivitäten in Form von stellvertretenden Aktivitäten bei der Neuplanung berücksichtigt. Eine stellvertretende Aktivität hat die gleichen Vorbedingungen und Effekte wie die ursprüngliche Aktivität, weil die Vorbedingungen für die gesamte Dauer der Aktivität gelten müssen und alle Effekte am Endzeitpunkt der Aktivität erwartet werden. Hingegen muss die erwartete Ausführungsdauer neu berechnet werden, da bereits ein Teil verstrichen ist. Diese erwartete Rest-Ausführungsdauer ist wichtig, damit der Planer eine für die Situation optimale Prozessdefinition finden kann. In dem Beispiel der Angebotsanfrage in Abbildung 4 wird ein Stellvertreter für die noch nicht beendete Aktivität *kalkulieren* definiert. Der Zeitpunkt  $t_{jetzt}$  entspricht dem Zeitpunkt der Auslösung der Neuplanung. Angenommen *kalkulieren* wurde zum Zeitpunkt 2 gestartet,  $t_{jetzt} = 5$  und die Dauer der Neuplanung sei eine Zeiteinheit. Dann entspricht die erwartete Rest-Ausführungsdauer des Stellvertreters 3 Zeiteinheiten. Der Planer versucht nun unter Berücksichtigung der stellvertretenden Aktivitäten eine neue Prozessdefinition zu finden. Gelingt dies nicht, ist das System nicht mehr in der Lage selbständig den Geschäftsfall in einen Zielzustand zu überführen und ein menschlicher Eingriff ist notwendig. Dies kann eine Änderung des Ziels, die Spezifikation neuer Aktivitäten oder eine Entscheidung zum Prozessabbruch sein. Wird dagegen eine neue Prozessdefinition gefunden, folgt der nächste Schritt: die Anpassung der Ausführung. In dem Beispiel der Angebotsanfrage gibt es zwei mögliche neue Prozessdefinitionen: Entweder wird die Aktivität *übersetzen* parallel zur laufenden Aktivität *kalkulieren* ausgeführt, um die Exportbedingungen nach deutsch zu übersetzen, oder nach Beendigung von *kalkulieren* wird statt *antw\_deu* die Aktivität *antw\_eng* ausgeführt. Der Planer wählt die erste Variante, da die zweite den Nachteil hätte, dass sich die zu erwartende, restliche Ausführungsdauer des Prozesses verlängert.

### 4.3 Anpassung

In diesem Abschnitt wird beschrieben, wie die Ausführung an die neue Prozessdefinition angepasst wird. Die Situation ist die folgende: Alle aktivierten Aktivitäten wurden vor der Neuplanung deaktiviert. Für die laufenden Aktivitäten wurde eine Menge von stellvertretenden Aktivitäten spezifiziert und vom Planer in die neue Prozessdefinition eingefügt. Die Anpassung der Ausführung ist im Wesentlichen eine besondere Form der Instanziierung: die Engine erzeugt für jede Aktivität, die nicht einer stellvertretenden Aktivität zugeordnet ist, eine Instanz im Zustand *aktiviert*. Für jede Aktivität, die einer stellvertretenden Aktivität zugeordnet ist, wird die entsprechende laufende oder schon beendete Aktivitätsinstanz der alten Prozessinstanz übernommen. Anschließend wird die Ausführung der neuen Prozessinstanz, wie bei einer normalen Ausführung, durch die Aktion *START* gestartet und entsprechend der drei Ereignis-Bedingungs-Aktions-Regeln fortgesetzt. Im Beispiel der Angebotsanfrage ergibt sich damit die in Abbildung 5 dargestellte Prozessinstanz.

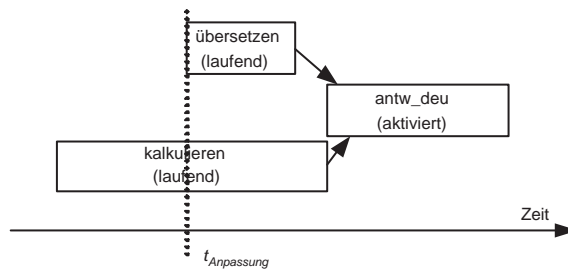


Abbildung 5: Angepasste Prozessinstanz zur Angebotsanfrage

## 5 Diskussion

In diesem Papier wurde ein System zur integrierten Planung und Ausführung namens Plængine vorgestellt. Es wurde beschrieben, wie die Notwendigkeit einer Neuplanung erkannt, wie eine neue Prozessdefinition geplant und wie die Ausführung an die neue Prozessdefinition angepasst wird. Die Neuplanung findet zeitgleich mit noch laufenden Aktivitäten statt, um die Parallelität der Ausführung zu erhöhen. Die laufenden Aktivitäten werden dabei durch stellvertretende Aktivitäten berücksichtigt. Plængine bietet wenig Vorteile gegenüber traditionellen Workflow-Management-Systemen, falls die Geschäftsfälle sehr einheitlich strukturiert sind und Ausführungen immer planmäßig verlaufen. Treten jedoch bei Aktivitäten häufig unerwartete Effekte auf, bietet eine integrierte Planung und Ausführung mehr Flexibilität. Insbesondere in Fällen, bei denen eine Reaktion sehr schnell oder ohne manuelle Eingriffe erfolgen muss, kann eine automatisierte Neuplanung notwendig werden. Somit hat der vorgestellte Ansatz das Potential neue Einsatzgebiete für Workflow-Management-Systeme zu erschließen. Verwandte Arbeiten zur automatischen Generierung von Prozessdefinitionen umfassen: Mit der Komposition von Web Services beschäftigt sich der in [NM02] vorgestellte Ansatz. Hierbei wird die Semantik einer Teilmenge von DAML-S [The02] in Form einer prädikatenlogischen Sprache beschrieben, um eine automatisierte Planung zu ermöglichen. In [BDG03] werden KI-Planungstechniken zur Generierung von Workflows eingesetzt, die der auf einem Grid verteilten Berechnung von wissenschaftlichen Aufgaben dienen. Die Notwendigkeit von Neuplanung wird angesprochen und motiviert, aber keine Lösung vorgestellt. Eine Architektur basierend auf alternierenden Planungs- und Ausführungsphasen wird in [LAP03] beschrieben. Anfragen in der XML-Service-Request-Language werden mit einem Musterprozess zu einem Ausführungsplan in Form eines deterministischen Zustandsautomaten verknüpft. Bezüglich der Realisierung von Plængine ist momentan der zweite Prototyp implementiert. Im Gegensatz zum ersten Prototypen kommt dabei ein selbstentwickelter KI-Planer zum Einsatz, um eine engere Integration mit der Engine zu ermöglichen. Die nächsten Arbeiten an Plængine umfassen eine Verbesserung der Benutzerinteraktion und eine stärkere Integration von Web-services.

Die Autoren danken Jens Hündling für seine hilfreichen Verbesserungsvorschläge zu diesem Papier.

## Literatur

- [BDG03] Jim Blythe, Eva Deelman und Yolanda Gil. Planning for Workflow Construction and Maintenance on the Grid. In *ICAPS'03 Workshop on Planning for Web Services*, 2003.
- [DBB<sup>+</sup>88] Umeshwar Dayal, Barbara T. Blaustein, Alejandro P. Buchmann, Upen S. Chakravarthy, M. Hsu, R. Ledin, Dennis R. McCarthy, Arnon Rosenthal, Sunil K. Sarin, Michael J. Carey, Miron Livny und Rajiv Jauhari. The HiPAC Project: Combining Active Databases and Timing Constraints. *SIGMOD Record*, 17(1):51–70, 1988.
- [EKR95] Clarence Ellis, Karim Keddara und Grzegorz Rozenberg. Dynamic change within workflow systems. In *Proceedings of conference on Organizational computing systems*, Seiten 10–21. ACM Press, 1995.
- [FH93] Peter H. Feiler und Watts S. Humphrey. Software Process Development and Enactment: Concepts and Definitions. In *Proceedings of the Second International Conference on Software Process*, Seiten 28–40. IEEE CS Press, 1993.
- [GHS95] Dimitrios Georgakopoulos, Mark F. Hornick und Amit P. Sheth. An Overview of Workflow Management: From Process Modeling to Workflow Automation Infrastructure. *Distributed and Parallel Databases*, 3(2):119–153, 1995.
- [GNT04] Malik Ghallab, Dana Nau und Paolo Traverso. *Automated Planning: Theory and Practice*. Morgan Kaufmann, 2004.
- [HA00] Claus Hagen und Gustavo Alonso. Exception Handling in Workflow Management Systems. *IEEE Trans. Softw. Eng.*, 26(10):943–958, 2000.
- [HC93] Michael Hammer und James Champy. *Reengineering the corporation*. Harper Collins Publishing, New York, 1993.
- [HJ98] Stefan Horn und Stefan Jablonski. An Approach to Dynamic Instance Adaption in Workflow Management Applications. In *Conference on Computer Supported Cooperative Work (CSCW)*, 1998.
- [JB96] S. Jablonski und C. Bussler. *Workflow Management: Modeling Concepts, Architecture, and Implementation*. International Thomson Computer Press, 1996.
- [LAP03] Alexander Lazovik, Marco Aiello und Mike Papazoglou. Planning and Monitoring the Execution of Web Service Requests. In *1st international conference on service-oriented computing (ICSOC'03)*, Trento, 2003.
- [LR00] Frank Leymann und Dieter Roller. *Production workflow: concepts and techniques*. Prentice Hall, 2000.
- [NM02] Srinu Narayanan und Sheila McIlraith. Simulation, Verification and Automated Composition of Web Services. In *11th International World Wide Web Conference*, 2002.
- [Nut96] Gary J. Nutt. The evolution towards flexible workflow systems. *Distributed Systems Engineering*, 3:276–294, Dec 1996.
- [RD98] Manfred Reichert und Peter Dadam. ADEPT flex -Supporting Dynamic Changes of Workflows Without Losing Control. *Journal of Intelligent Information Systems*, 10(2):93–129, 1998.
- [SW03] Hilmar Schuschel und Mathias Weske. Integrated Workflow Planning and Coordination. In *14th International Conference on Database and Expert Systems Applications*, Jgg. 2736 of LNCS, Seiten 771–781. Springer, 2003.
- [SW04] Hilmar Schuschel und Mathias Weske. Triggering Replanning in an Integrated Workflow Planning and Enactment System. In *8th East-European Conference on Advances in Databases and Information Systems*, Jgg. 3255 of LNCS. Springer, 2004.
- [The02] The DAML Services Coalition. DAML-S: Web Service Description for the Semantic Web. In *The First International Semantic Web Conference (ISWC)*, 2002.
- [WWK94] D. Wastell, P. White und P. Kawalek. A methodology for business process re-design: experiences and issues. *Journal of Strategic Information Systems*, 3(1):23–40, 1994.