

Modellierung und Mining Kollaborativer Learnflows

Robin Bergenthum, Jörg Desel, Andreas Harrer, Sebastian Mauser

Fachgebiet Informatik, Katholische Universität Eichstätt-Ingolstadt
vorname.name@ku-eichstaett.de

Zusammenfassung Basierend auf Ideen aus dem Bereich der Geschäftsprozessmodellierung werden zwei Ansätze zur Modellierung kollaborativer learnflows entwickelt und es wird gezeigt wie sich entsprechende Lernprozessmodelle automatisch aus Protokolldateien von Lernsystemen erzeugen lassen.

1 Einleitung

Während sich die Repräsentation, Verarbeitung und Computerunterstützung von Geschäftsprozessen etabliert hat und methodisch gereift ist, werden hingegen auf dem verwandten Gebiet für Lehr- / Lernprozesse erst in den letzten Jahren verstärkte Anstrengungen unternommen. Aus diesem Anlass diskutierten wir in [1] die Gemeinsamkeiten, Unterscheidungsmerkmale und einen potentiellen Methodentransfer zwischen Geschäftsprozessen und Lernprozessen. An dieser Stelle entwickelten wir auch erste Ansätze zur Modellierung von Gruppenlernprozessen mit Hilfe von Petri-Netzen und der Generierung von Netzmodellen aus Protokollinformationen (logfiles) durch mining-Algorithmen.

Von besonderem Interesse ist dabei, wie kollaborative Arbeit bzw. Lernen geeignet repräsentiert werden können und welche Rollen bzw. Gruppenzusammensetzungen für einzelne Aktivitäten notwendig bzw. erwünscht sind. Dabei sind insbesondere die Spezifika von kollaborativen Lehr- / Lernprozessen gegenüber Geschäftsprozessen zu berücksichtigen, was eine direkte Nutzung existierender Ansätze aus dem Bereich der Geschäftsprozessmodellierung (z.B. [2]) einschränkt bzw. Erweiterungen notwendig macht:

- Für den Geschäftsprozess ist die Durchführung des Prozesses und der damit verbundenen Aktivitäten ein Mittel zur Erreichung eines bestimmten Endprodukts, wobei die Qualität aber weniger die Beteiligung der einzelnen eingebundenen Akteure im Vordergrund steht. Bei Lernprozessen ist hingegen wesentlich, dass die Lernenden einen Lernprozess durchlaufen, bei dem einzelne Aktivitäten Lerngelegenheiten bieten; das Ergebnis des Prozesses ist - abgesehen von formalen Prüfungen - weniger wichtig als das (vollständige) Durchlaufen des Prozesses für die Teilnehmer. Daher sollten die einzelnen Akteure bei der Modellierung von Lernprozessen größere Berücksichtigung finden.
- Das Rollenkonzept im workflow engineering beruht i.A. auf der Verantwortlichkeit bzw. Kompetenz für eine bestimmte Menge von Aktivitäten, die nach anfänglicher Zuweisung von Rollen für konkrete Akteure festbleibt. Dynamische Einschränkungen der Aktivitätsbearbeitung (in etwa: derselbe Akteur, der das Angebot formuliert

soll auch den Vertrag abschließen) und spezielle Regeln zur Allokation von Akteuren zu Aktivitäten (in etwa: der Akteur mit einer geforderten Rolle, der den wenigsten weiteren Rollen zugeordnet ist, soll zugewiesen werden) sind in verschiedenen Ansätzen, z.B. RBAC (Role-Based Access Control), mit Zusatzkonstrukten explizit formulierbar. Im Gegensatz zu diesem starren Rollenkonzept werden in Lernprozessen Rollen häufig eingesetzt, um bestimmte Fertigkeiten einzuüben und im Laufe eines Lernprozesses werden Rollen dynamisch gewechselt bzw. erworben. Eine Erweiterung eines statischen Rollenmodells hin zu einem dynamischen, das in der Lage ist die Lernhistorie für Rollenfestlegungen heranzuziehen, ist folglich für Lernprozesse vorzunehmen.

- Einzelne Aktivitäten, gelegentlich auch der gesamte Lernprozess, können durch Gruppenarbeit, -diskussion usw. realisiert werden, wobei häufig in kollaborativen Ansätzen diese Gruppenphasen von hoher Bedeutung für die Lernerfahrung sind. Die Möglichkeit der Repräsentation von Gruppen, in der Gruppe notwendigen Rollen und gegebenenfalls dynamische Bildung / Umformung von Gruppen ist somit eine weitere Anforderung an Lehr- / Lernprozesse.

Im Folgenden werden wir aufbauend auf den Konzepten der Geschäftsprozessmodellierung aus [2] einen Prozessmodellierungsansatz präsentieren, der die Besonderheiten der Lehr- / Lernprozessmodellierung berücksichtigt. Neben der Anwendbarkeit des Ansatzes speziell für Lehr- / Lernprozesse, sehen wir auch eine Nutzbarkeit für Geschäftsprozesse, in denen Gruppenaktivitäten und dynamische Rollen wesentlich sind.

Einen ersten entsprechenden Modellierungsansatz haben wir schon in [1] skizziert. Wir haben vorgeschlagen Lernprozesse wie im Workflowbereich üblich mit Petrinetzen (oder entsprechenden Dialekten von Petrinetzen wie Aktivitätsdiagrammen) zu repräsentieren. Die Akteursallokation haben wir durch Zuweisung von benötigten Rollen zu Aktivitäten durchgeführt, wobei ein globaler Pool mit in Rollen eingeteilten Akteuren angenommen wird. Dabei haben wir bestehende Workflowkonzepte dadurch erweitert, dass sich die Rollen der Akteure bei der Durchführung von Aktivitäten verändern können.

Da die Akteure und insbesondere deren Rollenwechsel bei der Lernprozessmodellierung eine zentrale Rolle spielen, schlagen wir hier vor diesen Ansatz zu verfeinern, indem wir die dynamische Rollenbelegung der Akteure explizit durch ein Zustandsdiagramm modellieren (natürlich lassen sich hier auch hierarchische Rollenbeziehungen darstellen). Ein Akteur kann seine Rolle, i.e. seinen Zustand, ändern, wenn er eine Aktivität durchführt. Rollenwechsel finden also durch Synchronisation der Übergänge der Zustandsdiagramme mit Aktivitäten des Prozessmodells statt.

In einem zweiten Modellierungsvorschlag gehen wir noch einen Schritt weiter, indem wir den globalen Akteurspool auflösen und die Zustandsdiagramme, welche die Akteure repräsentieren, als Marken in den Kontrollfluss des Prozessmodells einbetten. Dadurch lässt sich insbesondere der Fortschritt der Akteure innerhalb des Lernprozesses durch ihre „Aufenthaltsorte“ modellieren. Bei diesem Ansatz haben wir uns von den existierenden Ideen zur Modellierung mit „Netzen in Netzen“ inspirieren lassen. Insbesondere gibt es Arbeiten (z.B. [3]) zur Modellierung von Multiagentensystemen, organisationsübergreifenden workflows und adaptiven workflows mit Objektnetzen.

Die zwei Modellierungsansätze fokussieren auf die Repräsentation dynamischer Rollen und berücksichtigen (Lern-) Gruppen nur implizit durch kollaborative Aktivitäten. Wir geben daher anschließend einen Ausblick auf Erweiterungen der zwei Ansätze zur expliziten Modellierung von Gruppen.

Zusätzlich zu den Modellierungsansätzen diskutieren wir die Möglichkeiten und das Vorgehen für eine automatisierte Synthese von solchen Modellen aus realen Protokollinstanzen als Ansatz zum collaboration flow mining. Hierbei erweitern wir die in [1] als Analogie zum workflow mining [4] vorgestellte Idee des learnflow mining. Während sich dieses aber noch auf das Auffinden von Kontrollflussstrukturen beschränkte, stellt sich in dem hier betrachteten Rahmen die weitere Herausforderung Informationen über dynamische Rollen und entsprechende Kollaborationsregeln aus den Protokollinstanzen zu gewinnen. Ein verwandter Ansatz aus dem Bereich der Geschäftsprozessmodellierung ist das auf starre Rollen und Organisationseinheiten beschränkte organizational mining [5].

In Kapitel 2 stellen wir die neuen Modellierungsansätze an einem Beispiel, welches schon in [1] verwendet wurde, vor. Mit diesem Beispiel erklären wir die zentralen Ideen des collaboration flow mining in Kapitel 3.

2 Modellierungsansätze

Als Beispiel betrachten wir im Folgenden Gruppen von je drei Schülern, die unterstützt durch das Tool FreeStyler (www.collide.info) lernen, wie sich verschiedene Faktoren (z.B. Lichtverhältnisse, CO₂-Gehalt, ...) auf das Wachstum von Pflanzen auswirken (für Details vgl. [1]). FreeStyler stellt hierfür verschiedene Registerkarten zur Verfügung, auf denen Fragen formuliert, einfache Modelle gezeichnet oder Daten aus einem Simulationsprogramm importiert werden können. Die Menge der Registerkarten ist somit in unserem Beispiel die Menge der unterstützten Aktivitäten (Ei = **E**inführung in die Thematik, Fr = Erarbeitung der wissenschaftlichen **F**ragestellung, Pl = **P**lanung, Mo = **M**odellierung der Beziehungen zwischen den Faktoren, Hy = Aufstellung einer Forschungshypothese, E1 & E2 = **E**xperimente zur Hypothesenprüfung, Da = Studium existierender **D**aten, An = **A**nalyse der Daten mitsamt Überprüfung der Hypothese, Pr = **P**räsentation der Forschungsergebnisse). Einige dieser Lernaktivitäten (Ei, Hy, An jeweils mit allen drei Schülern und Pl, Mo, Pr jeweils mit zwei Schülern) erfordern bestimmte Arten von Kollaboration zwischen den Schülern. Ein Lernprozessmodell soll nun modellieren in welcher Reihenfolge und von wem die Registerkarten bearbeitet werden sollen, wobei Letzteres von den Rollen abhängt, die die Schüler innerhalb der Gruppe einnehmen.

Erstes Modell: Das Lernprozessmodell in Abbildung 1 stellt den Prozessaspekt des Beispiels dar, der durch einen Zustandsautomaten, der ein Rollendiagramm repräsentiert, in Abbildung 2 ergänzt wird. Eine Aktivität im Prozessmodell kann nur dann durchgeführt werden, falls die an der Transition angeschriebene Anzahl von Rollen im globalen Akteurspool vorhanden ist: beispielsweise erfordert die kollaborative Aktivität Planung (Pl) 2 Akteure in der Rolle Schüler. Beim Schalten der Transition werden für die betreffenden Akteure Rollenveränderungen vorgenommen, die im Automatenmodell einem Zustandswechsel mit dem Transitionsnamen als Eingabezeichen entspre-

chen; in unserem Beispiel gehen also durch die Planungsaktivität beide Schüler in die Rolle Modellierer über. Als Konvention zur Vereinfachung des Zustandsautomaten setzen wir voraus, dass bei Aktionen, die im Diagramm nicht explizit einen Rollenwechsel verursachen, die bisherige Rolle erhalten bleibt: Die Aktivität Modellierung (Mo) führt für einen Akteur, der sich in der Rolle Modellierer befindet, keinen Rollenwechsel herbei und kann deshalb im Diagramm entfallen.

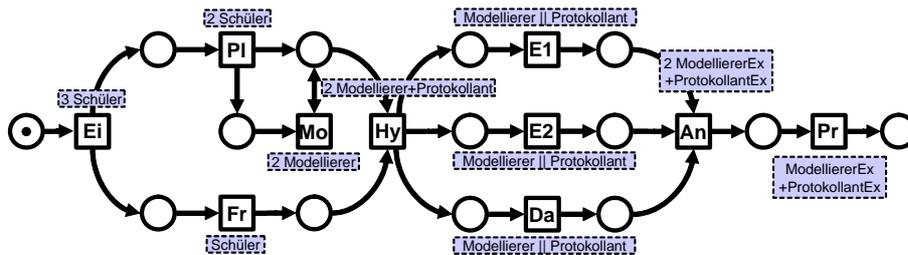


Abbildung 1. Erstes Modell: Prozessfluss repräsentiert als Stellen-Transitions-Petrinetz mit Rollenbeschriftungen

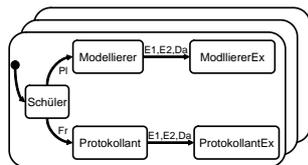


Abbildung 2. Erstes Modell: Rollendiagramm repräsentiert als Zustandsautomat

Der Lernfortschritt und die Lernhistorie einzelner Akteure werden bei diesem Modellierungsansatz in das Rollendiagramm einkodiert: Beispielsweise wird durch Ausführen von Experiment1 (E1) ein Lernfortschritt durch einen Rollenwechsel erreicht, der ein Ausführen von Experiment2 (E2) und Daten (Da) verhindert. Diese Repräsentation fortschrittsabhängiger Aspekte wird im folgenden alternativen Modellierungsansatz eleganter adressiert.

Zweites Modell: Die Abbildungen 3 und 4 stellen in ähnlicher Form den Prozessaspekt und den Rollenaspekt im alternativen Modellierungsansatz dar. Hierbei wird für die Prozessrepräsentation ein hierarchisches Petrinetz verwendet, bei dem die Marken selbst Rollenautomaten sind, die jeweils einen Akteur repräsentieren, dessen Rolle durch seinen aktuellen Zustand dargestellt wird und dessen Fortschritt im Lernprozess durch die Platzierung im Netz erkennbar ist. In ähnlicher Weise wie im ersten Modellierungsansatz wird eine Aktivität durchgeführt, sofern mindestens so viele Akteure in Rollen, wie an der Transition angeschrieben, vorhanden sind, allerdings müssen diese Akteure nun lokal im Vorbereich der Transition vorhanden sein. Die Kantengewichte geben hierbei an wieviele Akteure aus welcher Stelle benötigt werden und in welche Stellen wieviele Akteure fortschreiten (dabei muss die Anzahl der Akteure für jede Transition erhalten bleiben: „Männchenerhaltungssatz“). Für den Kontrollfluss darf das Modell zusätzlich auch Stellen mit schwarzen Marken enthalten (wie zwischen den Transitionen Planung und Modellierung).

Durch die Lokalisation jedes Akteurs als Marke im Prozessnetz sind fortschrittsabhängige Aspekte bereits explizit im Petrinetz repräsentiert. Deshalb ist nun beispielsweise ein Rollenwechsel beim Ausführen von Experiment1 (E1) nicht mehr nötig, was

3 Collaboration Flow Mining

In diesem Kapitel zeigen wir einen Ansatz zum Auffinden eines Lernprozessmodells der ersten Form aus Protokollinformationen, d.h. es soll ein Lernprozessmodell erzeugt werden, welches entweder das aufgezeichnete (dem Dozenten evtl. unbekannte) Lernverhalten der Schüler oder durch entsprechendes Filtern auch das erwünschte Lernverhalten der Schüler wiedergibt. Wenn ein Akteur unterstützt von einem Informationssystem eine Aktivität ausführt, entstehen Ereignisse und durch Aufzeichnung der Ereignisse Protokollinstanzen. Jede Aufzeichnung eines Ereignisses soll Informationen über den zugehörigen Prozess, die zugehörige Prozessinstanz, den Name der Aktivität, den Zeitpunkt ihrer Ausführung und die ausführenden Akteure (mehrere bei kollaborativen Aktivitäten – u.U. müssen diese noch aus mehreren Ereignissen mit dem selben Zeitstempel zusammengesetzt werden) enthalten. Die Ereignisse werden erst nach Prozess und Prozessinstanz und innerhalb einer Prozessinstanz in der Reihenfolge ihres Ausführungszeitpunktes geordnet. Damit ergibt sich für jede Prozessinstanz eine Folge von Aktivitäten mit zugeordneten Akteuren. Diese Abläufe lassen sich als Ausgangspunkt für verschiedene Mining Algorithmen verwenden, um Prozessmodelle zu erzeugen. Derart erzeugte Prozessmodelle können zur Verifikation, Analyse oder zur Steuerung des operationalen Prozesses durch ein Informationssystem benutzt werden.

Das Tool Freestyler zeichnet die Aktivitäten der Schüler als Ereignisse auf. Abbildung 5 zeigt einen Auszug aus einem Beispielprotokoll von Freestyler für den betrachteten Lernprozess. Darunter zeigt Abbildung 5 einen sich aus dem Beispielprotokoll ergebenden Ablauf von Aktivitäten mit zugeordneten Akteuren. Der Dozent hat die Möglichkeit die Menge der Lernabläufe zu filtern, indem er nach gewissen Kriterien (z.B. nachträglich gemessener Lernerfolg) unerwünschte Lernabläufe entfernt und speziell erwünschte Lernabläufe zusätzlich vorgibt. In diesem Fall wird dann durch mining ein Modell für einen erwünschten Lernprozess erzeugt, während ohne Filterung durch den Dozenten ein Modell für den tatsächlich von den Schülern durchgeführten Lernprozess generiert wird.

Protokoll-Datei

| Prozess | Prozessinstanz | Aktion | Schüler | Zeit |
|---------------|----------------|---------------|--------------------|----------|
| Photosynthese | Gruppe A | Einführung | Andi, Basti, Robin | 10:03:12 |
| Photosynthese | Gruppe A | Fragestellung | Robin | 10:06:43 |
| Photosynthese | Gruppe B | Einführung | Bert, Caro, Hans | 10:07:33 |
| ... | ... | ... | ... | ... |

Lernabläufe

Gruppe A (Einführung; Andi,Basti,Robin), (Fragestellung; Robin), (Planung; Andi,Basti), (Modellierung; Andi,Basti), (Hypothese; Andi,Basti,Robin), (Experiment1; Andi), (Experiment2; Robin), (Daten; Basti), (Analyse; Andi,Basti,Robin), (Präsentation; Andi,Robin)

...

Projektion der Lernabläufe auf einzelne Schüler

Einführung, Planung, Modellierung, Hypothese, Experiment1, Analyse, Präsentation

Einführung, Planung, Modellierung, Hypothese, Daten, Analyse

Einführung, Fragestellung, Hypothese, Experiment2, Analyse, Präsentation

...

Lernabläufe für Rollenannotationen

Gruppe A (Einführung; -,-,-), (Fragestellung; Ei), (Planung; Ei,Ei), (Modellierung; EiPl,EiPl),

(Hypothese; EiPIMo,EiPIMo,EiFr), (Experiment1; EiPIMoHy), (Experiment2; EiFrHy), (Daten; EiPIMoHy),

(Analyse; EiPIMoHyE1,EiPIMoHyDa,EiFrHyE2), (Präsentation; EiPIMoHyE1An,EiFrHyE2An)

...

Abbildung 5. Beispielprotokoll.

Wir nehmen im Folgenden ein vollständiges Protokoll für den im letzten Kapitel modellierten Lernprozess an, d.h. wir betrachten die Menge aller bzgl. dieses Lernprozesses möglichen Lernabläufe. Vernachlässigt man in dieser Menge von Lernabläufen die Akteure, so lässt sich aus der resultierenden Menge von Aktivitätsfolgen mit bekannten mining-Verfahren [1, 4] automatisch ein Modell für den Kontrollfluss des Lernprozesses erzeugen. Beispielsweise erzeugt ein in VipTool implementiertes mining-Verfahren das in Abbildung 1 gezeigte Petrinetzmodell noch ohne Rollenannotationen. Um nun zusätzlich Rollenannotationen und ein Zustandsdiagramm für die dynamischen Rollen der Schüler zu generieren schlagen wir im Weiteren ein spezielles mining-Verfahren vor.

Zuerst betrachten wir für jeden Lernablauf und jeden an dem Ablauf beteiligten Schüler die Folge von Aktivitäten, die der Schüler in dem Ablauf durchführt. Abbildung 5 illustriert diese Projektionen der Lernabläufe auf die Lernenden für den betrachteten Ablauf. All diese Folgen von Aktivitäten werden nun in einem deterministischen Zustandsdiagramm in Baumform zusammengefasst. Die Zustände sind dann durch die in der Vergangenheit durchgeführten Aktivitäten eindeutig bestimmt und werden entsprechend benannt. Für unser vollständiges Protokoll ergibt sich das Diagramm in Abbildung 6, welches schon ein erstes Rollenmodell darstellt. Jede Rolle ergibt sich also durch die in einer bestimmten Reihenfolge bisher durchgeführten Aktivitäten. Um diese Rollen konsistent als Beschriftungen im Petrinetz zu verwenden, muss in jedem Lernablauf jeder Akteursname durch die Rolle, die den Aktivitäten entspricht, welche der Akteur in der Vergangenheit der betrachteten Aktivität in dem Ablauf durchgeführt hat, ersetzt werden (siehe Abbildung 5 unten). Die Rollenbeschriftung einer Aktivität im Petrinetz ergibt sich nun aus allen Rollen bzw. bei kollaborativen Aktivitäten Rollenkombinationen, die in irgendeinem Lernablauf zusammen mit der Aktivität vorkommen.

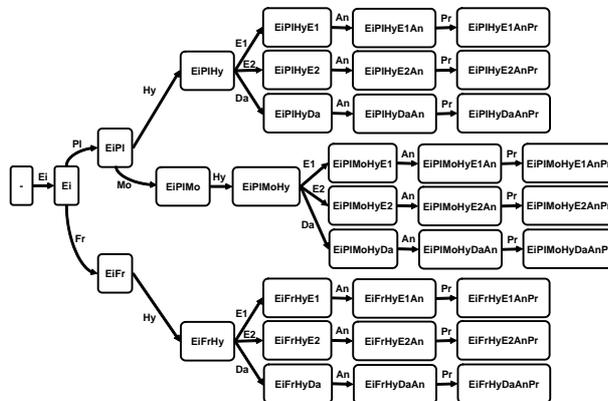


Abbildung 6. Rollendiagramm mit feinsten Granularität.

Für den betrachteten Modellierungsansatz lässt sich zeigen, dass aus einer vollständigen Ablaufmenge eines Modells mit diesem mining-Verfahren immer ein verhaltensäquivalentes Modell erzeugt wird. Insbesondere ist das aus dem Beispiel generierte Modell äquivalent zu dem Lernprozessmodell aus Abbildung 1. Allerdings entsteht hier

eine sehr feine Rollenaufteilung, die auf der vollständigen Aktivitätshistorie eines Akteurs basiert.

Im Weiteren ist nun das Ziel das Rollenmodell zu vereinfachen, indem bestimmte Rollen zusammengefasst werden. Hierzu haben wir die folgenden Vereinfachungsregeln für Rollendiagramme entwickelt. Die Petrinetzbeschriftungen müssen jeweils konsistent abgeändert werden.

- Rollenübergänge, durch Aktionen an denen alle in einer Prozessinstanz vorkommenden Akteure beteiligt sind, können weggelassen werden.
- Rollen, die dieselben Folgerollen (bzw. keine Folgerollen) mit denselben Übergangsaktivitäten haben (ersichtlich aus Abbildung 6), können zusammengefasst werden, falls sie für jede ausgehende Aktivität in der Gesamtheit der Lernabläufe genau mit denselben Rollen zusammen vorkommen (ersichtlich aus Abbildung 5 unten). Dabei dürfen Übergänge zwischen den zu verschmelzenden Rollen vernachlässigt werden.
- Als letzte Reduktion können einmalig Rollen ohne Ausgänge entfernt werden.

Aus Platzgründen können wir diese Regeln hier nicht näher erläutern und illustrieren. Es lässt sich zeigen, dass diese Regeln unter der Vollständigkeitsannahme des Protokolls wieder zu einem äquivalenten Modell führen. In unserem Beispiel ergibt sich ein Rollendiagramm, welches isomorph zu dem in Abbildung 2 ist. Damit lässt sich bis auf die Rollennamen, welche in einem Protokoll aber auch nicht auftauchen, das ursprüngliche Lernprozessmodell aus einem vollständigen Protokoll reproduzieren. Die Rollennamen müssten daher nachträglich vom Dozenten vergeben werden.

Typischerweise muss davon ausgegangen werden, dass nicht alle möglichen Abläufe eines Prozesses aufgezeichnet werden und damit Protokolle unvollständig sind. Für solche Protokolle sind Anpassungen der mining-Verfahren nötig. Hier sind Heuristiken interessant um auf im Protokoll „fehlende“ Abläufe zu schließen und diese in das Prozessmodell zu integrieren. Für die Kontrollflussperspektive wurden hierzu im Bereich des process mining etliche Verfahren vorgeschlagen. Die Rollendiagramme betreffend sehen wir Möglichkeiten zur Anwendung von Verfahren der strukturellen Äquivalenz und der verallgemeinerten Blockmodellierung.

Literatur

1. Bergenthum, R., Desel, J., Harrer, A., Mauser, S.: Learnflow mining. In: DeLFI, LNI 132, GI (2008) 269–280
2. Aalst, W., Hee, K.: Workflow Management: Models, Methods, and Systems. MIT Press (2002)
3. Aalst, W., Moldt, D., Wienberg, F., Valk, R.: Enacting interorganizational workflows using nets in nets. In: Workflow Management Conference. (1999) 117–136
4. Aalst, W.: Finding Structure in Unstructured Processes: The Case for Process Mining. In: ACSD 2007, IEEE (2007) 3–12
5. Song, M., Aalst, W.: Towards comprehensive support for organizational mining. Decision Support Systems **46**(1) (2008) 300–317