

BACHELORTHESIS

Neira Maria Polzer

***Konzeption und prototypi-
sche Implementierung
eines Visualisierungsansat-
zes für Veränderungen in
Prozessmodellen durch
Concept Drift***

FAKULTÄT TECHNIK UND INFORMATIK

Department Informatik

Faculty of Computer Science and Engineering

Department Computer Science

Neira Maria Polzer

*Konzeption und prototypische Implementierung
eines Visualisierungsansatzes für Veränderungen in
Prozessmodellen durch Concept Drift*

Bachelorarbeit eingereicht im Rahmen der Bachelorprüfung
im Studiengang *Bachelor of Science Wirtschaftsinformatik*
am Department Informatik
der Fakultät Technik und Informatik
der Hochschule für Angewandte Wissenschaften Hamburg

Betreuender Prüfer: Prof. Dr. Martin Schultz
Zweitgutachterin: Prof. Dr. Ulrike Steffens

Eingereicht am: 2. September 2021

Neira Maria Polzer

Thema der Arbeit

Konzeption und prototypische Implementierung eines Visualisierungsansatzes für Veränderungen in Prozessmodellen durch Concept Drift

Stichworte

Concept Drift, Visualisierung, Prozessmodelle, Process Mining

Zusammenfassung

Prozesse können sich durch verschiedene Ursachen verändern. Die Veränderung eines Prozesses während der Ausführung wird als Concept Drift bezeichnet. Das Ziel der Bachelorarbeit ist es, ein Konzept zur Visualisierung der Aktivitätsveränderung in Prozessmodellen durch Concept Drift zu entwickeln. Das Vorgehen der Arbeit richtet sich nach der „Design Science Research“-Methode nach Hevner. Das Konzept umfasst eine Anforderungsanalyse und die Entwicklung des Designs. Das im Konzept entwickelte Artefakt wird prototypisch umgesetzt. Die Visualisierung wird mithilfe einer quantitativen Studie evaluiert. Die Ergebnisse haben gezeigt, dass das Artefakt nur eingeschränkt die auftretenden Aktivitätsveränderungen durch einen Concept Drift in Prozessmodellen darstellen kann. Das Artefakt bietet zwar eine Grundlage für eine mögliche Visualisierungsmethode, es sollte aber noch weiter verbessert werden.

Neira Maria Polzer

Title of Thesis

Conception and prototypical implementation of a visualization approach for changes from concept drift in process models

Keywords

Concept Drift, Process Mining, Visualization, Process model

Abstract

Processes can change due to various causes. The change of a process during execution is called concept drift. The goal of this bachelor thesis is to develop a concept for the visualization of the change of activity through concept drift in process models. The approach of the thesis is based on the "Design Science Research" method according to Hevner. The concept includes a requirements analysis and the development of the design. The artifact developed in the concept is implemented prototypically. The visualization is evaluated with a quantitative study. The results have shown that the artifact can only represent the occurring activity changes due to a concept drift in process models to a limited extent. The results show that the artifact provides a basis, but that more research is needed in this area.

Inhaltsverzeichnis

Abbildungsverzeichnis	vii
Tabellenverzeichnis	ix
Abkürzungsverzeichnis	x
1 Einleitung	1
1.1 Ausgangssituation und Relevanz	1
1.2 Forschungsfrage und Ziel der Arbeit	2
1.3 Methodische Vorgehensweise und Aufbau der Arbeit	2
2 Theoretische Grundlagen	4
2.1 Geschäftsprozessmanagement	4
2.2 Geschäftsprozesse	5
2.3 Prozessmodelle	6
2.3.1 Petri-Netz	6
2.3.2 Directly Follows Graph	7
2.3.3 Business Process Management Notation	7
2.4 Process Mining	8
2.5 Concept Drift	10
3 Konzept	12
3.1 Anforderungsanalyse	12
3.1.1 Festlegung des Anwendungskontextes	12
3.1.2 Bestimmung der Anforderungen an das Artefakt	15
3.1.3 Festlegung der Erfolgskriterien	18
3.2 Design des Prototyps	19
3.2.1 Basiswissen	19
3.2.2 Umsetzungsideen	23

4	Umsetzung des Prototyps	26
4.1	Implementierung	26
4.1.1	Softwarearchitektur	26
4.1.2	Implementationslogik.....	27
4.1.3	Testen	28
4.2	Ergebnisse der implementierten Gestaltungsansätze	28
4.2.1	Aktivität hinzufügen.....	29
4.2.2	Aktivität entfernen.....	29
4.2.3	Aktivität verschieben.....	30
5	Evaluation und Ergebnisdarstellung.....	31
5.1	Evaluierung	31
5.1.1	Wahl des Evaluierungswerkzeugs.....	31
5.1.2	Grundlage des Fragebogens	32
5.2	Auswertung des Fragebogens.....	34
5.2.1	Wahrgenommener Nutzen.....	34
5.2.2	Wahrgenommene Bedienbarkeit	40
6	Diskussion	42
6.1	Bewertung der Erfolgskriterien.....	42
6.2	Reflexion der Vorgehensweise.....	45
6.3	Beantwortung der Forschungsfrage	47
7	Fazit und Ausblick	48
	Literaturverzeichnis.....	51
A	Anhang.....	55
	Erklärung zur selbstständigen Bearbeitung einer Abschlussarbeit	68

Abbildungsverzeichnis

Abbildung 1: Zusammenspiel des Strategischen und Operativem GPM	4
Abbildung 2: Petri Netz – Beispiel	6
Abbildung 3: Directly Follows Graph – Beispiel.....	7
Abbildung 4: BPMN – Beispiel	8
Abbildung 5: Bestandteil eines Event Logs. Jede Zeile entspricht einem Event	9
Abbildung 6: Veränderungspunkte zwischen Modellen	15
Abbildung 7: Darstellungsmöglichkeiten.....	20
Abbildung 8: Framework für Online Prozess Concept Drift Entdeckung	21
Abbildung 9. Grafische Hervorhebung von Aktivitäten	22
Abbildung 10: Umsetzungsidee – Aktivität hinzufügen	23
Abbildung 11: Umsetzungsidee – Aktivität entfernen.....	24
Abbildung 12: Umsetzungsidee – Aktivität verschieben "Kürzelvariante"	25
Abbildung 13: Umsetzungsidee – Aktivität verschieben „Strichlinienvariante“	25
Abbildung 14: Directly Follows Graph – Beispiel.....	26
Abbildung 15: Visualisierungsergebnis – Aktivität hinzufügen	29
Abbildung 16: Visualisierungsergebnis – Aktivität entfernen	29
Abbildung 17: Visualisierungsergebnis – Aktivität verschieben "Strichlinienvariante"	30
Abbildung 18: Visualisierungsergebnis – Aktivität verschieben "Kürzelvariante"	30
Abbildung 19: Ausschnitt eines Fragebogens.....	34
Abbildung 20: Ergebnis - Veränderung Erkennen "Kürzelvariante"	35
Abbildung 21: Ergebnis - Umfangreiches Prozessmodell "Kürzelvariante"	36

Abbildung 22: Ergebnis - Veränderung Erkennen "Strichlinienvariante"	37
Abbildung 23: Ergebnis - Umfangreiches Prozessmodell "Strichlinienvariante"	38
Abbildung 24: Ergebnis - Prozessverlauf "Kürzelvariante"	39
Abbildung 25: Ergebnis - Prozessverlauf "Strichlinienvariante"	39
Abbildung 26: Ergebnis - Visuelle Unterscheidung "Kürzelvariante"	40
Abbildung 27: Ergebnis - Visuelle Unterscheidung "Strichlinienvariante"	41

Tabellenverzeichnis

Tabelle 1: Neun Prinzipien des Frameworks von Moody	17
Tabelle 2: Erfolgskriterien des Artefakts	18
Tabelle 3: Verwendete Bibliotheken bei der Implementierung	27

Abkürzungsverzeichnis

BPMN	Business Process Management Notation
UML	Unified Modeling Language
VA	Verschoben Alt
VN	Verschoben Neu

1 Einleitung

1.1 Ausgangssituation und Relevanz

Abläufe in Organisationen sind nicht statisch. Durch verschiedene Ursachen verändern sich die Prozesse: Neue Gesetze werden eingeführt, neue Software integriert oder es treten saisonale Schwankungen auf. Die Veränderung eines Prozesses während der Ausführung wird als „Concept Drift“ oder „Konzeptverschiebung“ bezeichnet [Bo14, S. 154].

Beim „Process Mining“ wird angenommen, dass ein Prozess zu Beginn der Erfassungsperiode mit dem Prozess am Ende der Erfassungsperiode übereinstimmt. Es ist jedoch unrealistisch, dass ein untersuchter Prozess in der Praxis über einen längeren Zeitraum konstant bleibt. Aus diesem Grund nimmt Concept Drift im Process Mining einen besonderen Stellenwert ein [Bo14, S. 154].

Einen Concept Drift zu erkennen, also ob und wann sich ein Prozess verändert und um welche Veränderung es sich handelt, wurde bereits mit verschiedenen Verfahren gelöst [Ye21, S. 1]. Zum Beispiel hat Maaradji et al. ein Framework vorgestellt, bei dem Concept Drifts mithilfe der Nachverfolgung von Verhaltensweisen mit statistischen Tests entdeckt werden [Ma17]. Daneben sind Animationen zur Darstellung von Concept Drift verfügbar. Diese stellen die Performance des Prozesses mit Metriken wie Durchlaufzeit oder Service-Level dar [Bo14, S. 155]. Neben den bereits vorhandenen Werkzeugen sind weitere Untersuchungen und Werkzeuge notwendig, um den Concept Drift besser analysieren zu können [Me11, S. 13]. Erstrebenswert ist daher eine visuelle Darstellung der veränderten Prozessmodelle für Experten und Laien im Prozessmanagement [Me11, S. 15]. Mithilfe der Visualisierung soll die Veränderung von Aktivitäten in einem Prozessmodell dargestellt werden.

1.2 Forschungsfrage und Ziel der Arbeit

Das Ziel der Bachelorarbeit ist es, ein Konzept zur Visualisierung der Aktivitätsveränderung in Prozessmodellen durch Concept Drift zu entwickeln. Das entwickelte Konzept wird dann prototypisch umgesetzt. Die möglichen Veränderungen in Prozessen können Aktivitäten hinzufügen, Aktivitäten entfernen oder die Verschiebung der Aktivitäten umfassen. Der Visualisierungsansatz wird anschließend mit festgelegten Evaluierungskriterien bewertet.

Die Forschungsfrage lässt sich somit folgendermaßen formulieren:

Ermöglicht das entwickelte Artefakt eine geeignete Darstellung der auftretenden Aktivitätsveränderungen durch einen Concept Drift in Prozessmodellen?

1.3 Methodische Vorgehensweise und Aufbau der Arbeit

Das Vorgehen der Arbeit basiert auf der „Design Science Research“-Methodologie nach Hevner [HC10]. Diese Methode wird für die Entwicklung von Artefakten zur Lösung eines bestimmten Problems verwendet. Das Vorgehen ist in drei Zyklen eingeteilt. In den „Relevance Cycle“, den „Rigor Cycle“ und den „Design Cycle“ [HC10, S. 16ff.].

Im Relevance Cycle werden zuerst die bestehenden Probleme und Möglichkeiten in dem betreffenden Bereich analysiert. Dafür sind die involvierten Personen, organisatorische und technologische Strukturen zu identifizieren. Anhand der Probleme und Möglichkeiten kann der Anwendungskontext für das Artefakt festgelegt werden. Daneben werden Erfolgskriterien definiert, mit denen die Wirkung des Artefakts gemessen wird [HC10, S. 17].

Im Rigor Cycle wird bereits vorhandenes Wissen aus dem Bereich Concept Drift als Grundlage für die Erstellung des Artefakts verwendet. Zudem werden ähnliche Visualisierungsansätze und Prozesse in die Entwicklung einbezogen. Dieser Schritt ist relevant, um die Innovation des Artefakts herauszustellen [HC10, S. 17f.].

Der dritte Zyklus ist der Design Cycle. Dieser wiederholt sich mehrfach. Es wird das Artefakt erstellt, evaluiert und mithilfe des Feedbacks weiterentwickelt. Zur Evaluierung werden die Anforderungen und festgelegten Erfolgskriterien aus dem vorher beschriebenen Relevance Cycle genutzt. Vor der Veröffentlichung des Artefakts wird dieses umfangreich getestet [HC10, S. 18f.].

Das folgende Kapitel befasst sich mit den theoretischen Grundlagen, die als Basis dienen. Im dritten Kapitel folgt das Konzept. Dieses ist in die Anforderungsanalyse und das Design des Prototyps unterteilt. Bei der Anforderungsanalyse werden die involvierten Akteure und die organisatorischen und technischen Strukturen identifiziert. Danach folgt das Erkennen der Probleme und Möglichkeiten. Es werden Anforderungen in den Bereichen Prozessmanagements und der Wahrnehmung des Menschen festgelegt. Mithilfe der Anforderungen werden die Erfolgskriterien definiert. Beim Design des Prototyps wird für das Artefakt relevantes Wissen als Basis beschrieben. Darauf folgen die Visualisierungsansätze des Artefakts. Im vierten Kapitel wird die Implementierung des Artefakts beschrieben und die Visualisierungsergebnisse dargestellt. Im fünften Kapitel werden das Vorgehen der Evaluation und die Ergebnisse des Fragebogens beschrieben. Daraufhin werden im sechsten Kapitel die Ergebnisse diskutiert und das Artefakt mit den Evaluierungskriterien bewertet. Zum Abschluss folgen das Fazit und der Ausblick.

2 Theoretische Grundlagen

2.1 Geschäftsprozessmanagement

Schmelzer und Sesselmann [SS20] beschreiben als Aufgabe des Geschäftsprozessmanagements die Führung, Organisation und das Controlling für die Verbesserung und Steuerung von Geschäftsprozessen. Als Ziel verfolgt es die Erfüllung der Bedürfnisse von Stakeholdern wie zum Beispiel der Kunden. Es unterstützt das Erreichen der operativen und strategischen Unternehmensziele [SS20, S. 12].

Das Geschäftsprozessmanagement lässt sich in einen strategischen und einen operativen Teil unterteilen (siehe Abbildung 1). Das operative Geschäftsprozessmanagement hat als Bestreben die Geschäftsziele der Gegenwart und des kommenden Zeitraums zu erfüllen [SS20, S. 107].

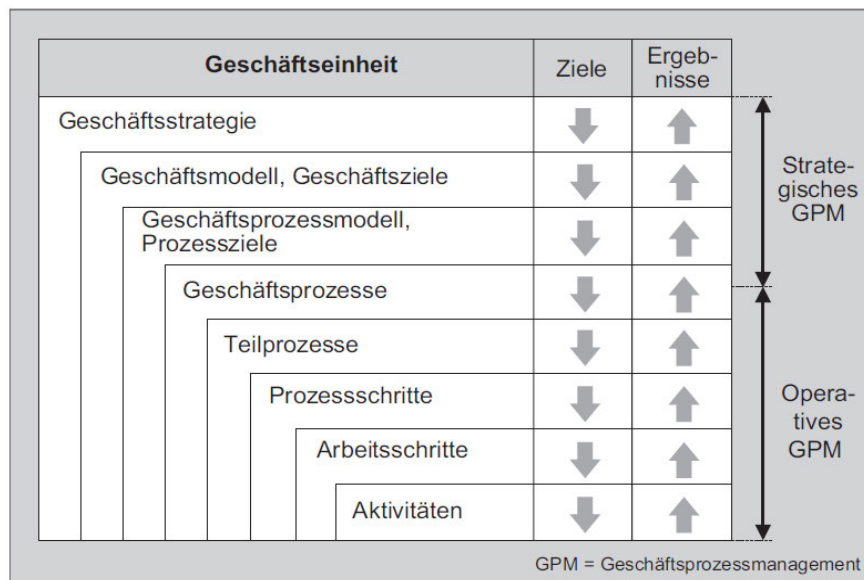


Abbildung 1: Zusammenspiel des Strategischen und Operativem GPM

Quelle: [SS20, S. 108]

Dagegen verfolgt das strategische Geschäftsprozessmanagement langfristige Ziele. Darunter fallen unter anderem die Schaffung von prozessorientierten Erfolgspotenzialen und die Sicherung der Zukunftschancen [SS20, S. 107].

Zur besseren Organisation werden die Geschäftsprozesse des operativen Geschäftsprozessmanagements in mehrere Prozessebenen eingeteilt. Damit sich die verschiedenen Prozessebenen nach den festgelegten Geschäftsstrategien richten, wird der Top-Down Ansatz genutzt [SS20, S. 107f.]. In Abbildung 1 ist die Beziehung zwischen dem operativen und strategischen Geschäftsprozessmanagement dargestellt.

Mit der Festlegung von Inhalten und Ausrichtungen der Geschäftsprozesse von Fachabteilungen wird deren Beziehung untereinander bestimmt. Das Resultat stellt die Grundlage und gibt die Richtung für ein vollständiges und durchgehendes Geschäftsprozessmanagement vor [SS20, S. 213].

2.2 Geschäftsprozesse

Neben Geschäftsprozess werden viele weitere Begriffe wie „Unternehmensprozess“ oder auch „Kernprozess“ verwendet. Das Hauptmerkmal ist die Unterstützung von unternehmensinternen Zielen. Dabei werden Prozesse oft durch Softwaresysteme unterstützt [Ga17, S. 5]. Primäre Geschäftsprozesse dienen der Leistungserzeugung für externe Kunden. Sie sind direkt auf das Erfüllen der gewinnbringenden Kundenwünsche ausgerichtet. Dadurch haben Geschäftsprozesse nennenswerten Einfluss auf den Unternehmenserfolg. Sie bilden die Grundlage der Unternehmensaktivitäten [SS20, S. 83].

Geschäftsprozesse lassen sich durch verschiedene Merkmale unterscheiden. Dazu gehören Komplexität, Konstanz und Determiniertheit. Die Komplexität beschreibt die Menge und die verschiedenen Arten von Prozessbestandteilen. Dazu gehörten Schnittstellen und Prozessinputs. Die Konstanz beschreibt die Ähnlichkeit von Geschäftsfällen. Laufen sie stets gleich ab, handelt es sich um einen konstanten Prozess, ansonsten ist es ein inkonsistenter Prozess. Das Merkmal Determiniertheit beschreibt die Sicherheit des Prozesses, also inwieweit man die Veränderungen des Prozesses vorhersagen kann. Verändern sich zum Beispiel In- oder Output Parameter häufig, ist der Prozess nicht determiniert [SS20, S. 87].

2.3 Prozessmodelle

Prozessmodelle beschreiben Prozesse mithilfe von chronologisch ablaufenden Aktivitäten. Je nach Modellierungssprache können die Prozessmodelle auch die verwendeten Daten oder Bedingungen beschreiben [Aa16, S. 26]. Prozessmodelle dienen als Diskussionsgrundlage für Stakeholder zur Dokumentation und zum Erkennen von Fehlern in vorhandenen Prozessen [Aa16, S. 29].

2.3.1 Petri-Netz

Carl Adam Petri entwickelte die Petri-Netze aus endlichen Automaten. Diese Entdeckung veröffentlichte er 1962 in seiner Dissertation "Kommunikation mit Automaten" [Pe62]. Koschmider und Ried beschreiben ein Petri-Netz als einen gerichteten paaren Graphen (siehe Abbildung 2). Die Knoten und Kanten des Graphs werden als Tripel $N = (S, T, F)$ dargestellt. Dabei steht das S-Element für die Menge der Knoten, T-Element für die Menge der Transitionen und das E-Element für die Menge der Kante [DA05, S. 66].

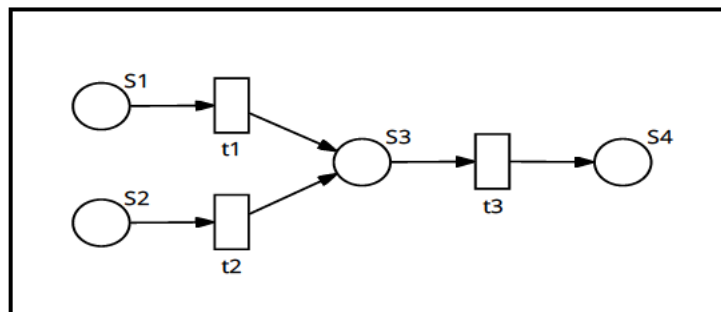


Abbildung 2: Petri Netz – Beispiel
Quelle: Eigene Darstellung

Petri-Netze eignen sich zur visuellen Darstellung von Geschäftsprozessen. Durch die klare Semantik und Syntax des Modells ist es maschinenlesbar, aber auch für Menschen verständlich. Es wird ein einheitliches Vokabular geschaffen, wodurch Geschäftsprozesse unternehmensübergreifend verstanden werden [DA05, S. 66].

2.3.2 Directly Follows Graph

Laut Leemans [LPW19] ist ein Directly Follows Graph ein Graph, bei dem die Knoten entweder eine Aktivität, ein Start- oder Endereignis sind. Ein Event kann jeden Weg beinhalten, der von einem Startereignis über verschiedene Aktivitäten zu einem Endereignis verläuft. In Abbildung 3 ist zum besseren Verständnis der Syntax ein Directly Follows Graph beispielhaft dargestellt. Startereignisse sind optional, jedoch muss jedes Event in einem Endereignis enden [LPW19, S. 27f.].

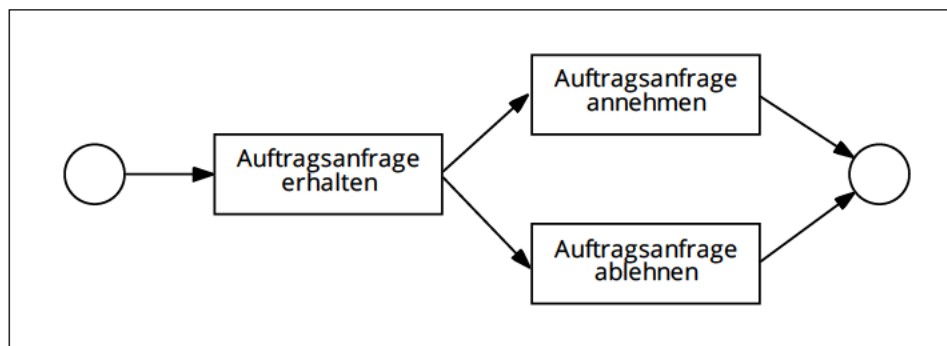


Abbildung 3: Directly Follows Graph – Beispiel
Quelle: Eigene Darstellung

Durch den simplen Aufbau vom Directly Follows Graph eignet sich der Graph gut, um Ereignisdaten auszuwerten. Bei der Anwendung müssen bestimmte Einschränkungen beachtet werden. Unter anderem erlaubt die Modellierungssprache Wege, die in Petri Netzen oder bei der Business Process Management Notation (BPMN) nicht erlaubt sind. Bei Aktivitäten, die gleichzeitig ausgeführt werden, kann es dazu kommen, dass der Prozessteil als Schleife dargestellt wird, obwohl die Aktivität nur einmal ausgeführt wurde. Daneben können Metriken wie Durchlaufzeit verfälscht sein. Denn die Modellierung misst nur die Durchlaufzeit zwischen Aktivitäten, die direkt aufeinanderfolgen [Aa19, S. 323f.].

2.3.3 Business Process Management Notation

Im Gegensatz zu Darstellungsmethoden wie Petri Netz und Directly Follows Graph wurde BPMN explizit für Geschäftsprozesse entwickelt. Freund und Rücker [FR17] beschreiben BPMN als einen Ansatz, um Prozesse zu erfassen. Dadurch können die Prozesse gemessen, verbessert und ausgeführt werden [FR17, S. 1f.].

BPMNs werden mit verschiedenen Symbolen dargestellt. Ein Prozess startet mit einem Startereignis und endet mit einem Endereignis. Dazwischen sind verschiedene Aktivitäten, die mit Bedingungen verbunden sein können. Zum Beispiel muss eine andere Aktivität ebenfalls beendet oder ein bestimmtes Dokument vorhanden sein [FR17, S. 28f.].

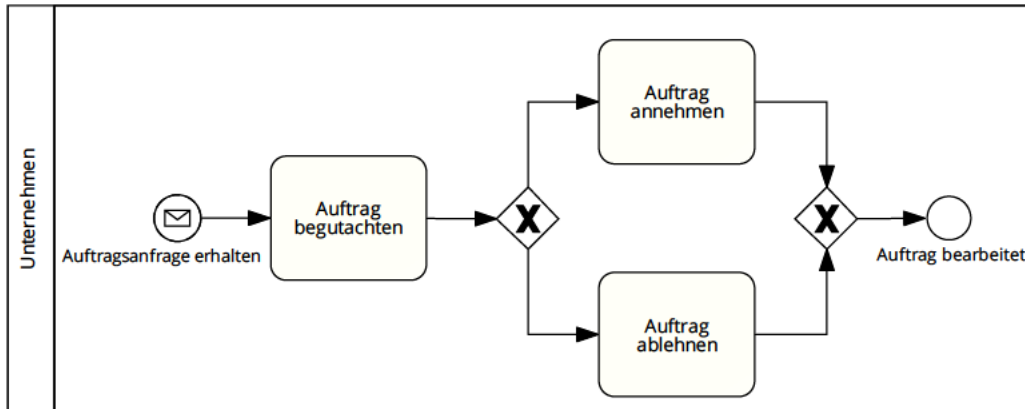


Abbildung 4: BPMN – Beispiel
Quelle: Eigene Darstellung

BPMN ist ein weitverbreitetes Werkzeug (im folgenden Tool genannt). Gesprächspartner aus unterschiedlichen Unternehmen werden mit hoher Wahrscheinlichkeit die Modellierungssprache gleichermaßen beherrschen [FR17, S. 8]. BPMN wurde für das Modellieren von Prozessen entwickelt. Trotzdem sind bestimmte Strukturen für diese Modellierungssprache nicht abbildbar, dazu gehören Daten, IT-Landschaften und Geschäftsregeln. Diese Einschränkung ist gewollt, da BPMN bereits eine komplexe Modellierungssprache ist und diese Strukturen es noch wesentlich unübersichtlicher machen würden [FR17, S. 27f.].

2.4 Process Mining

Process Mining ist ein Forschungsbereich, der maschinelles Lernen und Data Mining umfasst, gleichzeitig aber auch die Prozessmodellierung und dessen Analyse. Zum Process Mining gehört das Identifizieren, Aufnehmen und Verbessern von Ist-Prozessen mithilfe von „Event Logs“ [Aa16, S. 31f.].

Ein Event Log beinhaltet Daten zu einem bestimmten Prozess. Das sind unter anderem einzelne Prozessabläufe (Cases). Die Cases beinhalten die Aktivitäten, die in ihrem Fall durchlaufen worden sind. Ein Event Log beinhaltet verschiedene Attribute wie z.B. Aktivitätsbezeichnung, Timestamp und Event Id (siehe Abbildung 5) [Aa16, S. 129f.]

Case id	Event id	Properties				
		Timestamp	Activity	Resource	Cost	...
1	35654423	30-12-2010:11.02	register request	Pete	50	...
	35654424	31-12-2010:10.06	examine thoroughly	Sue	400	...
	35654425	05-01-2011:15.12	check ticket	Mike	100	...
	35654426	06-01-2011:11.18	decide	Sara	200	...
	35654427	07-01-2011:14.24	reject request	Pete	200	...
2	35654483	30-12-2010:11.32	register request	Mike	50	...
	35654485	30-12-2010:12.12	check ticket	Mike	100	...
	35654487	30-12-2010:14.16	examine casually	Pete	400	...
	35654488	05-01-2011:11.22	decide	Sara	200	...
	35654489	08-01-2011:12.05	pay compensation	Ellen	200	...

Abbildung 5: Bestandteil eines Event Logs. Jede Zeile entspricht einem Event
Quelle: [va16, S. 129]

Scheer [Sc20] beschreibt, dass Instanzen wie zum Beispiel Software, den Soll-Geschäftsprozessmodellen folgen. Damit dieser Zustand möglich ist, muss das Modell die Logik aller Geschäftsinstanzen umfassen und die Software richtig konfiguriert sein. Dieser Zustand setzt voraus, dass in der Realität keine unvorhergesehenen Abweichungen auftreten. Diese Umgebung zu schaffen, ist jedoch nicht möglich. Durch Störungen im Ablauf verändert der Mensch spontan den Ablauf gegenüber dem Soll-Modell [Sc20, S. 85f.].

Die generierten Objekte aus dem Process Mining, darunter das Soll-Modell, die Logdateien und das Ist-Modell, werden zur Entscheidungsfindung verwendet. Die Anpassung des Soll-Modells an die Realität und die Verbesserung der Organisation basiert auf den Informationen aus dem Process Mining. Mithilfe von komplexen Methoden aus dem Machine Learning kann Wissen über die Durchlaufzeit, die Qualität, Kapazitätsengpässe und die Einhaltung der Compliance Regeln generiert werden. Ist das Modell auf Grundlage der Erkenntnisse angepasst, wird das neue Soll-Modell in der Datenbank gespeichert [Sc20, S. 87].

2.5 Concept Drift

Bei Process Mining ist es nicht möglich Prozessvariationen aus Event Logs herauszulesen. Dadurch ergibt sich die Notwendigkeit der „Process Concept Drift Detection“. Concept Drift beschreibt die Veränderung von Prozessen während ihrer Ausführung [LHC18, S. 105].

Bose [Bo14] beschreibt drei Hauptprobleme, die beim Concept Drift betrachtet werden. Die „Change Point Detection“, die „Change localization and Characterization“ und die „Change Process Discovery“ [Bo14, S. 154].

Die erste Herausforderung ist die „Change Point Detection“, also die Identifizierung, ob eine Prozessveränderung stattgefunden hat. Wird eine Veränderung festgestellt, ist der nächste Schritt herauszufinden, in welchen Zeiträumen diese stattgefunden haben. Der Zeitraum wird mithilfe von Event Logs festgestellt. Zum Beispiel kann anhand der Eventlogs eine Veränderung zu Beginn der Saison erkannt werden [Bo14, S. 154].

Die zweite Aufgabe ist die „Change Localization and Characterization“. Wird der Zeitraum der Veränderung identifiziert, folgt in diesem Schritt die Analyse des Ursprungs der Veränderung und an welcher Stelle im Prozess diese stattgefunden hat. Dabei ist die Identifizierung des Ursprungs der Veränderung eine komplexe Aufgabe, da viele Faktoren einen Einfluss darauf haben. Dazu gehören einerseits verwendete Ressourcen und Daten, andererseits schleichende oder plötzliche Veränderungen der Prozesse. Eine saisonale Veränderung könnte die Erhöhung der Menge von gelieferten Materialien sein [Bo14, S. 154].

Als letzte Herausforderung wird das „Change Process Discovery“ beschrieben. Dabei werden auf Grundlage der vorherigen Analysen die Erkenntnisse in Perspektive gesetzt. Dazu können verschiedenen Metriken wie Durchlaufzeit oder Service Level berechnet werden. Daneben ist es möglich saisonalen Veränderungen zu entdecken, wodurch man die Erkenntnis erhält, dass die Veränderung zu Beginn der Saison auftritt [Bo14, S. 154f.].

Das Erfassen von Concept Drift kann mit zwei verschiedenen Ansätzen stattfinden. Entweder durch die Online-Analyse oder die Offline-Analyse. Bei der Offline-Analyse müssen die Veränderungen nicht in Echtzeit erkannt werden. Diese Art des Vorgehens eignet sich vor allem für die nachträgliche Analyse, unter anderem für die Verbesserung von Prozessen für einen

späteren Zeitpunkt. Die Verbesserung könnte zum Beispiel das Überspringen einer bestimmten Aktivität vor sehr beliebten Feiertagen sein [Bo14, S. 155].

Im Gegensatz dazu ist die Online-Analyse für Szenarien, bei denen die Veränderung des Prozesses in Echtzeit erkannt werden soll. Dies kann in Bereichen sein, bei denen man Veränderung im Verhalten der Kunden so schnell wie möglich aufdecken möchte. Durch das schnelle Aufdecken kann man auf diese angemessen reagieren [Bo14, S. 155]. Dies könnte zum Beispiel ein verändertes Verhalten beim Einkauf auf einer Webseite sein.

3 Konzept

3.1 Anforderungsanalyse

Die folgende Anforderungsanalyse basiert auf der Design Science Research Methode von Hevner [HC10]. Dabei wird im Relevance Cycle der Anwendungskontext definiert, die Anforderungen analysiert und daraufhin die Evaluierungskriterien festgelegt.

3.1.1 Festlegung des Anwendungskontextes

Involvierte Akteure

Bevor Anforderungen an das Artefakt festgelegt werden, müssen zuerst die involvierten Personen festgestellt werden. Laut Schmelzer und Sesselmann [SS20] stellen Stakeholder Ansprüche und Anforderungen an die Geschäftsprozesse. Stakeholder können interne oder externe Gruppen oder Personen sein, die Interesse an den Resultaten des betroffenen Bereiches haben [SS20, S. 14].

Für das Artefakt stehen verschiedene Stakeholder im Vordergrund. Der Chief Process Officer trägt die Verantwortung für das Geschäftsprozessmanagement [SS20, S. 16]. Diese Führungsposition erfordert unter anderem die Einbindung von Geschäftsprozessen in die Aufbauorganisation. Veränderungen an einzelnen Prozessen finden häufig ohne die Mitbestimmung des Geschäftsprozessmanagements statt. Dadurch sind diese Anpassungen nicht optimal und haben nur einen begrenzten Wirkungsbereich [SS20, S. 211f.]. Durch Concept Drift Modelle können diese Veränderungen erkannt werden (siehe Kapitel 2.5). Damit der Chief Process Officer diese verwalten kann, muss er die Veränderung der Prozesse verstehen können, wodurch er einen Stakeholder des Artefakts darstellen kann.

Neben dem Chief Process Officer sind Geschäfts- und Teilprozessverantwortliche ebenfalls an der Organisation des Geschäftsprozessmanagements beteiligt. Diese arbeiten näher mit den Geschäfts- und Teilprozessen als der Chief Process Officer [SS20, S. 16]. Da für optimale Entscheidungen das übergreifende Geschäftsprozessmanagement notwendig ist (siehe Kapitel 2.1), können diese Personen ebenfalls eine Stakeholdergruppe für das Artefakt sein.

Darüber hinaus werden auch Kunden oder Partner vom Unternehmen zu den Stakeholdern gezählt. Diese haben ein Interesse an den bestehenden Chancen und Risiken, die sich durch die Veränderung für sie ergeben. Gegebenenfalls stellen Kunden und Partner des Unternehmens Anforderungen, die bei der Umsetzung beachtet werden müssen [SS20, S. 79].

Organisatorische Strukturen

Laut Becker, Kugeler und Rosemann [BKR12] können Unternehmen sich in ihrer organisationalen Struktur sehr unterscheiden. Die Art der Organisation wird von der Größe und der Komplexität des Unternehmens beeinflusst. Damit ein Unternehmen erfolgreich sein kann, sind Maßnahmen zur Steuerung, Kontrolle und Führung als Grundlage essenziell. Mit dieser Voraussetzung kann sinnvoll auf verändernde Bedingungen reagiert werden [BKR12, S. 8f.].

Ein Konzept zur Steuerung, Kontrolle und Führung ist das Geschäftsprozessmanagement (siehe Kapitel 2.1). Bei größeren Organisationen wird das Geschäftsprozessmanagement in mehrere strategische Geschäftseinheiten gegliedert. Dadurch ergibt sich eine Konstruktion, die sich aus mehreren Geschäftsfeldern und Geschäftseinheiten bildet. Zwischen den unterschiedlichen Geschäftseinheiten und ihren Geschäftsprozessen besteht eine wechselseitige Beziehung. Wird die Geschäftsstrategie verändert, so wird zwangsläufig auch der Geschäftsprozess angepasst [SS20, S. 111f.].

Technologische Strukturen

Zur Erkennung von Concept Drift muss eine bestimmte technologische Struktur als Grundlage bereitstehen. Damit ein Concept Drift erkannt werden kann, ist Process Mining notwendig. Da Process Mining in verschiedenen Kontexten verwendet wird, lassen sich wissenschaftliche und kommerzielle Tools unterscheiden. Wissenschaftliche Tools erfordern häufig gute Kenntnisse in der IT und im Process Mining. Sie bieten dementsprechend aber ein mächtigeres und

flexibleres Fundament für das detaillierte Arbeiten in dem Bereich [PN19, S. 41]. Zu den am meisten genutzten wissenschaftlichen Tools gehören unter anderem „Disco“ und „ProM“. Damit diese Tools Prozesse auswerten können, werden Event Logs benötigt. Diese stehen heutzutage durch Informationssysteme zur Verfügung [Da19, S. 1].

Im Vergleich zu den wissenschaftlichen Tools bieten die kommerziellen Tools einen geringeren Aufwand und ein anwenderfreundliches User-Interface. Sie werden für die Auswertung von Daten des Unternehmens und für die Ist-Prozesserkennung genutzt. Durch diese Faktoren werden die kommerziellen Tools im praktischen Geschäftsprozessmanagement genutzt [PN19, S. 41].

Probleme und Möglichkeiten

Die Gründe für Anpassungen der Prozesse in Unternehmen können unterschiedlich sein. Es können neue Gesetze erlassen oder angepasst werden, das Unternehmen selbst möchte seine Effektivität verbessern oder Kosten einsparen und es können saisonale Schwankungen auftreten [Bo14, S. 154]. Die Veränderung der Geschäftsstrategie zwingt Unternehmen dazu, ihre Prozesse zu verändern, da die Geschäftsprozesse die Basis für die Umsetzung der Geschäftsstrategie bilden [SS20, S. 111f.]. Der sich dadurch verändernde Prozess wird aber in der Zeit nicht gestoppt. Die Veränderungen treten während der Laufzeit ein. Process Mining kann das korrekte Prozessmodell nicht erstellen, denn es erkennt die Veränderung nicht. Mithilfe von Concept Drift Modellen kann die Veränderung erkannt und das korrekte Prozessmodell erstellt werden (siehe Kapitel 2.5). Ein Schritt des Concept Drift ist die Change Process Discovery. Dort kann zum Beispiel der Verlauf der Prozessmodelle mithilfe von Visualisierungen deutlich gemacht werden [Bo14, S. 155].

Im Process Mining Manifest werden verschiedene Herausforderungen beschrieben, die beim Process Mining noch behandelt werden müssen. Darunter ist das Problem der unzureichenden Verständlichkeit für Laien [Me11, S. 15]. Auch van der Aalst beschreibt diese fehlende Eigenschaft für Stakeholder. Formale Modelle sind häufig zu detailliert gestaltet, wodurch die Verständlichkeit für diese Personengruppe fehlt [Aa16, S. 30].

Die Prozessmodellierung kommuniziert zwischen Stakeholdern, den Endanwendern und Kunden. Diese Kommunikation kann verschiedene Ziele haben, eines davon ist das Verstehen von Prozessen bzw. Geschäftsprozessen. Der Vorteil an der Prozessmodellierung ist die bessere Verständlichkeit gegenüber der textuellen Beschreibung für Laien. Dieser Nutzen ist aber nur gegeben, wenn die Modellierung für den Menschen sinnvoll gestaltet ist [Jo18, S. 50].

Laut Christ [Ch15] kann das Geschäftsprozessmanagement einen Vorteil nur hervorbringen, wenn die Führungskräfte eines Unternehmens davon überzeugt sind. Die Vergangenheit hat gezeigt, dass fehlende Unterstützung der Leitung des Unternehmens zu keinem erfolgreichen Geschäftsprozessmanagement führt. Selbst wenn die Aufgaben an untergeordnete Ebenen weitergereicht werden, ist die Wahrscheinlichkeit des Scheiterns hoch [Ch15, S. 48]. Prozessmodellierung fördert die Transparenz der betrieblichen Abläufe und kann das Verständnis der Prozesse und die Kommunikation darüber verbessern [SS20, S. 645].

3.1.2 Bestimmung der Anforderungen an das Artefakt

Zur Bestimmung der Anforderungen an das Artefakt ist es notwendig, die Rahmenbedingungen zu bestimmen. Allweyer [Al12] beschreibt verschiedene Sichten auf Prozesse. Die Sichten unterstützen beim Strukturieren von komplexen Prozessmodellen. Für diese Arbeit ist die Funktionssicht relevant, da sie die durchgeführten Aktivitäten umfasst [Al12, S. 140].

Zur Erstellung der Funktionssicht ist eine Grundlage notwendig. Im Paper von Bose et al. [Bo14] wird dazu ein Framework vorgestellt. Dabei wird ein Prozess in verschiedenen Varianten gezeigt. Durch das Framework wird die Veränderung zwischen den Varianten erkannt [Bo14, S. 163f.]. Mithilfe des Change Points ist es möglich, den ursprünglichen Event Log, in mehrere Event Logs M1, M2 usw. zu teilen.

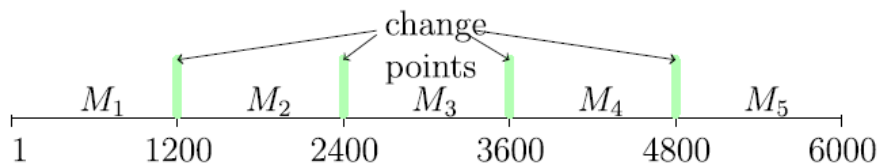


Abbildung 6: Veränderungspunkte zwischen Modellen
Quelle: [Bo14, S. 164]

Mit den Event Logs als Grundlage kann das Artefakt zur Visualisierung der Veränderungen durch einen Concept Drift umgesetzt werden. Der Fokus wird dabei auf die Kanten und Knoten des Graphen gelegt. Detailliertere Informationen wie Gateways und Dokumente werden beim Artefakt nicht betrachtet.

Mit der Beschränkung auf die Funktionssicht kann auch die Einschränkung auf die darzustellenden Veränderungen festgelegt werden. Es wird die Veränderung von Aktivitäten, also das Hinzufügen, Entfernen und Verschieben visualisiert. Daneben werden auch die möglichen Veränderungen von Kanten visuell hervorgehoben.

Anforderungen des Prozessmanagements

Eine Anforderung des Prozessmanagements erschließt sich aus dem vorherigen Kapitel „Probleme und Möglichkeiten“. Das Artefakt muss so gestaltet sein, dass es neben den fachlichen Personen auch von Laien verstanden werden kann. Das Prozessmodell darf durch die Veränderungen nicht zu detailliert gestaltet werden [Aa16, S. 30]. Diese Anforderung ist entscheidend, damit die Ergebnisse des Process Mining, darunter auch Concept Drift, von diesen Personen schnell verstanden werden kann [Me11, S. 15].

Zudem sollen die Symbole und Syntaxregeln der verwendeten Modellierungssprache durch den Visualisierungsansatz nicht verändert werden. Die Einhaltung gewährleistet die gut verständliche Darstellung der Prozessmodelle [SS20, S. 646].

Wahrnehmung des Menschen

Granada und Vara et al. [Gr17] beschreiben in ihrem Paper, das von Moody entwickelte Framework zum Vergleichen, Designen, Evaluieren und Verbessern von visueller Notation. Beim Framework werden neun Prinzipien beschrieben, die bei der Verbesserung von visuellen Sprachen genutzt werden können. Dabei werden Theorien wie die Wahrnehmungspsychologie, kognitive Kommunikationstheorie und die Grafiktheorien beachtet. Unter anderem wurden diese bereits auf Modellierungssprachen wie BPMN und Unified Modeling Language (UML) angewandt [Gr17, S. 201].

Durch diese neun Prinzipien ergeben sich die Anforderungen des Menschen an das Artefakt:

<i>Prinzip</i>	<i>Beschreibung</i>
Semiotische Verständlichkeit	Es soll eine Eins-zu-eins-Beziehung zwischen der Sprache und der grafischen Symbole herrschen.
Wahrnehmbare Unterschiede	Die verschiedenen Symbole sollen klar voneinander unterschieden werden können.
Visuelle Ausdruckskraft	Es soll die volle Kapazität der visuellen Variablen ausgenutzt werden.
Semantische Transparenz	Es sollen Darstellungen genutzt werden, die ihre Bedeutung bereits suggerieren.
Komplexitätsmanagement	Beim Umgang mit Komplexität sollen eindeutige Mechanismen integriert werden.
Doppelte Kodierung	Die verwendeten Grafiken sollen durch Text unterstützt werden.
Kognitive Integration	Es sollen eindeutige Mechanismen zur Unterstützung der Integration von Information aus verschiedenen Prozessen geschaffen werden.
Grafisches Management	Die Menge der verwendeten Symbole sollte für die kognitive Wahrnehmung verwaltbar bleiben.
Kognitive Anpassung	Es können bei Bedarf Zusätze bei unterschiedlichen Aufgaben und Zielgruppen verwendet werden.

Tabelle 1: Neun Prinzipien des Frameworks von Moody
Quelle [Gr17, S. 201]

3.1.3 Festlegung der Erfolgskriterien

Die Erfolgskriterien werden auf Grundlage des Technologieakzeptanzmodells festgelegt. Beim Modell wird davon ausgegangen, dass eine Technologie dann akzeptiert wird, wenn es für den Anwender einen Nutzen bringt und angenehm zu verwenden ist. Die Akzeptanzfaktoren werden in zwei Kategorien unterteilt, den „wahrgenommenen Nutzen“ und in die „wahrgenommene einfache Bedienbarkeit“ [Jo09, S. 238]. Die Erfolgskriterien basieren auf den in Kapitel 3.1.2 identifizierten Anforderungen des Prozessmanagements und der Wahrnehmung des Menschen.

<i>Wahrgenommener Nutzen</i>	<i>Wahrgenommene Bedienbarkeit</i>
Die Veränderung der Aktivitäten ist erkennbar.	Der Visualisierungsansatz der Veränderung ist nach den neun Prinzipien von Moody gestaltet.
Mithilfe des Artefakts kann ein verständlicher Verlauf der Prozessmodellveränderungen erstellt werden.	Der Visualisierungsansatz entspricht der Syntax der gewählten Modellierungssprache.
	Die drei dargestellten Veränderungen durch Concept Drift lassen sich visuell voneinander unterscheiden.

Tabelle 2: Erfolgskriterien des Artefakts

3.2 Design des Prototyps

3.2.1 Basiswissen

Die Entscheidung für eine Darstellungsweise sollte bewusst gewählt werden. Je nach Zielsprache und Visualisierungsansatz kann das Artefakt in seiner Mächtigkeit eingeschränkt werden. Teilweise können Modellierungssprachen Nebenläufigkeit nicht darstellen oder es kann die gleiche Benennung nicht mehrmals verwendet werden [Me11, S. 13].

Bei der Erstellung des Artefakts ist es relevant den Anwendungsbereich festzulegen. Peters und Nauroth [PN19] beschreiben verschiedene Möglichkeiten, in welchen Bereichen Tools eingesetzt werden. Unter anderem kann es sich um ein Werkzeug für das fortlaufende Geschäftsprozessmanagement handeln. Darüber hinaus kann es ein Tool zur Eingliederung von neuem Wissen in die aktive Prozessmodellierungsumgebung sein oder ein sporadisches Werkzeug für die Discovery oder Prozessverbesserung [PN19, S. 42].

Der in dieser Arbeit entwickelte Prototyp lässt sich in den Bereich Change Process Discovery einordnen. Begründet wird diese Aussage mit der Art des Prototyps. Es wird ein Visualisierungsansatz zur Darstellung der Veränderungen durch Concept Drift dargestellt. Laut Bose [Bo14] werden im Bereich Change Process Discovery die entdeckten, lokalisierten und charakterisierten Veränderungen dargestellt. Das kann mithilfe von Animationen oder der Darstellung von Prozessmodellen zu verschiedenen Zeitpunkten stattfinden [Bo14, S. 155].

Da es sich beim Visualisierungsansatz um die Darstellung von Prozessmodellen handelt, wird im Folgenden eine Modellierungssprache ausgewählt. Im Bereich Prozessmanagement hat das BPMN ein Fundament bei der Kommunikation zwischen der IT und der geschäftlichen Seite bewirkt. BPMN 2.0.1. ist „ISO/IEC 19510:2013“ zertifiziert. Durch die leichte Verständlichkeit ist es von Personen aus der IT und der Wirtschaft nachvollziehbar. Es erlaubt dazu Erweiterungen für verschiedene Bereiche. Durch die Erweiterungen ist es neben den anderen Modellierungssprachen wie UML, Petri Netze oder Directly Follows Graph eine komplexe Notation [Ko15, S. 510]. Aufgrund der verstärkten Komplexität von BPMN wird der Prototyp mithilfe von Directly Follows Graph dargestellt, um den Fokus auf die Visualisierung der Veränderungen zu legen.

Damit die Darstellungen sinnvoll vom Menschen wahrgenommen und verstanden werden können, muss der Visualisierungsansatz begründet werden. Granada beschreibt, dass es acht verschiedene visuelle Variablen zur Darstellung gibt (siehe Abbildung 7). Jede Variable kann bestimmte Arten von Informationen darstellen. Dieses Wissen ist notwendig, um die Veränderung für den Menschen effektiv darzustellen [Gr17, S. 201].

PLANAR VARIABLES		RETINAL VARIABLES		
Horizontal position		Shape 	Size 	Colour 
Vertical position		Brightness 	Orientation 	Texture 

Abbildung 7: Darstellungsmöglichkeiten
Quelle: [Gr17, S. 202]

Bei der Einführung von grafischen Highlights wie zum Beispiel der Farbe, Linienstärke oder Form beschreibt Jost [Jo18] mehrere Studien. Diese bestätigen, dass die Farbe am meisten zum Verständnis eines Prozesses beitragen kann. Dies liegt vor allem an den ähnlichen Formen, die innerhalb eines Prozessmodells vorhanden sind. Durch die Farbe kann ein bestimmtes Objekt besser erkannt werden, da es sich von den anderen unterscheidet. Zum Beispiel wurde es bereits in Workflow Netzen verwendet, um gleiche Gateways hervorzuheben. Dabei wurde durch eine Studie festgestellt, dass die Wahrnehmung von Laien durch die farbliche Hervorhebung verbessert wurde. Für die Experten konnte diese Verbesserung nicht festgestellt werden [Jo18, S. 60f.].

Beim Framework von Liu, Huang und Cui [LHC18] wurde bei der Darstellung des Frameworks bereits mit Farben gearbeitet (siehe Abbildung 8). Auf die Gründe für die Wahl der Farbe wurde im Paper nicht genauer eingegangen [LHC18, S. 107].

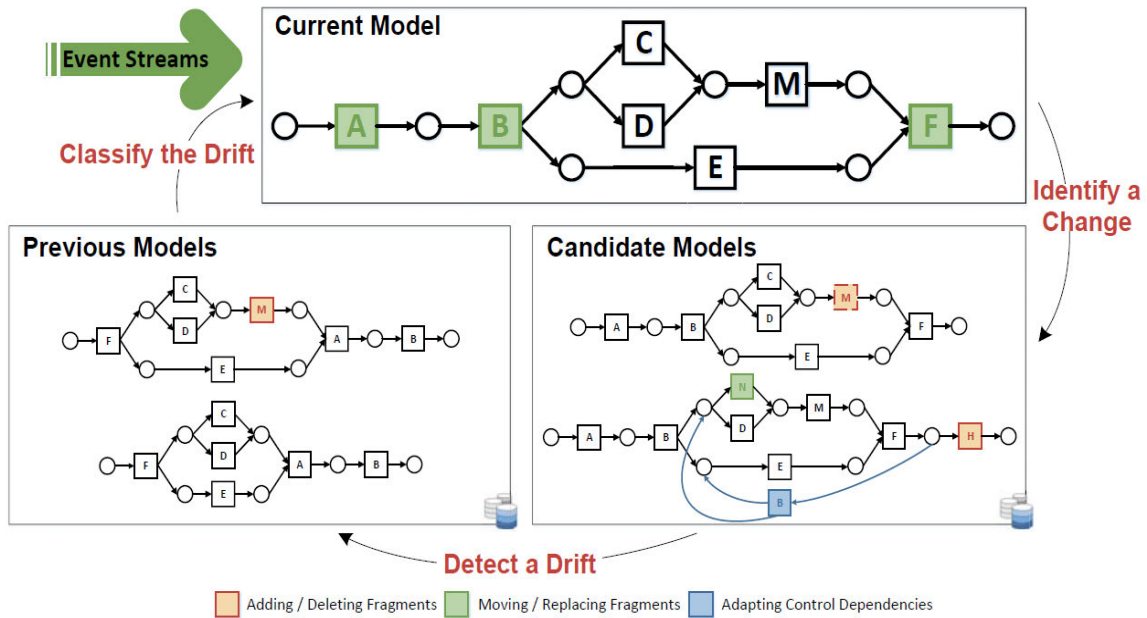


Abbildung 8: Framework für Online Prozess Concept Drift Entdeckung
Quelle: [LHC18, S. 107]

Entscheidet man sich für die Verwendung von Farbe, ist die Sichtweise von Individuen auf die Farbe zu beachten. In verschiedenen Kulturkreisen werden Farben unterschiedlich interpretiert. In westlichen Kulturkreisen wird Rot mit Gefahr oder etwas Negativem, Orange als Warnung und Grün als Sicherheit oder etwas Positivem in Verbindung gebracht. Diese Wahrnehmung kann sich für Personen aus östlichen Kulturkreisen unterscheiden [De04, S. 9].

Neben Farben kann die relevante Information unter anderem mit unterschiedlicher Sättigung der Aktivitäten hervorgehoben werden. Jost [Jo18] verringert die Sättigung von irrelevanten Prozessbestandteilen, wodurch sich die essenziellen Bestandteile des Prozessmodells hervorheben (siehe Abbildung 9). Ein sehr umfangreiches Prozessmodell kann zu unübersichtlich sein. Durch die unterschiedliche Sättigung wird dem Anwender die relevanten Inhalte verdeutlicht. Für die Beantwortung von einigen Fragen ist nicht das vollständige Prozessmodell notwendig, sondern nur bestimmte Bestandteile und diese sollten herausgestellt werden [Jo18, S. 71f.].

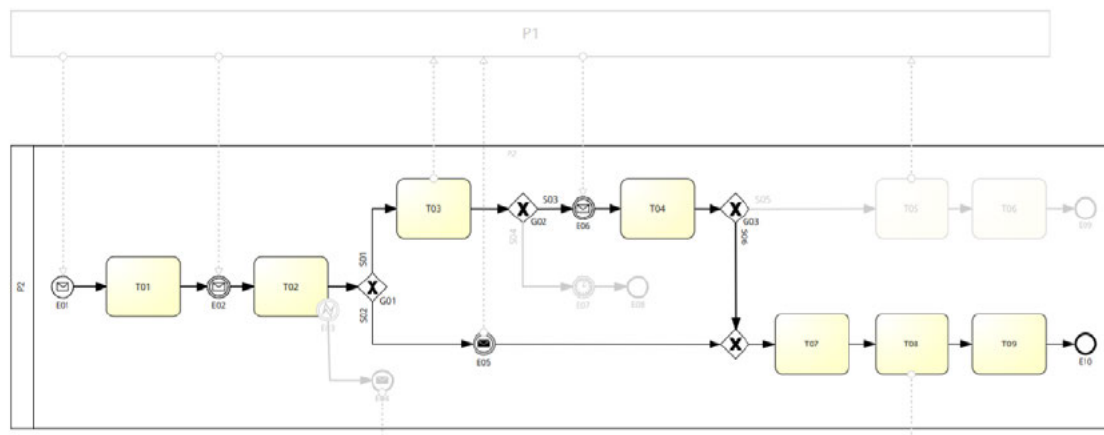


Abbildung 9. Grafische Hervorhebung von Aktivitäten
Quelle: [Jo18, S. 112]

3.2.2 Umsetzungsideen

Auf Grundlage des Basiswissen aus Kapitel 3.2.1 werden im folgenden Kapitel die Entwürfe zur Umsetzung der Veränderungen „Aktivität hinzufügen“, „Aktivität entfernen“ und „Aktivität verschieben“ beschrieben. Die Entwürfe sind mithilfe der Software „diagrams.net“ erstellt [D21].

Umsetzungsidee - Aktivität hinzufügen

Die Aktivitäten in Prozessmodellen werden gewöhnlich in Schwarz dargestellt. Damit bestimmte Teile eines Prozessmodells besser erkannt werden können, wird bei der Veränderung „Aktivität hinzufügen“ der Rahmen und die Kanten der hinzufügenden Aktivität mit einer Farbe hervorgehoben (siehe Abbildung 10).

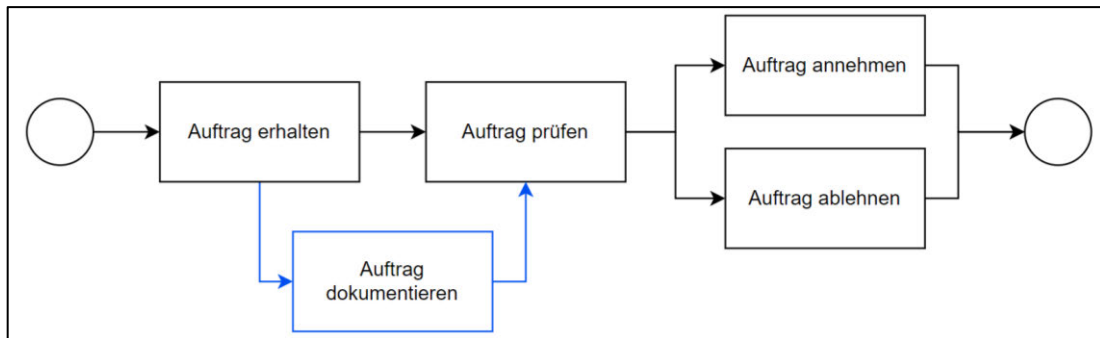


Abbildung 10: Umsetzungsidee – Aktivität hinzufügen
Quelle: Eigene Darstellung

Die Farbe Blau ist bewusst gewählt, da Farben wie Rot oder Orange in einigen Kulturkreisen eine warnende Wirkung haben. Da die Veränderung jedoch nicht zwingend etwas Negatives ist, könnte diese Farbwahl eine falsche Wirkung verursachen [De04, S. 9]. Aus diesem Grund wurde eine Farbe verwendet, die in möglichst vielen Regionen neutral oder positiv konnotiert ist.

Umsetzungsidee - Aktivität entfernen

Anlehnend an die Umsetzung von Jost [Jo18] wird die Sättigung der Kanten und des Rahmens der Aktivität reduziert dargestellt (siehe Abbildung 11). Diese Veränderung soll den Anwendern und Anwenderinnen verdeutlichen, dass die betroffene Aktivität nicht mehr relevant für das Prozessmodell ist. Damit sichtbar ist um welche Aktivität es sich handelt, wird die Schrift trotzdem in Schwarz dargestellt.

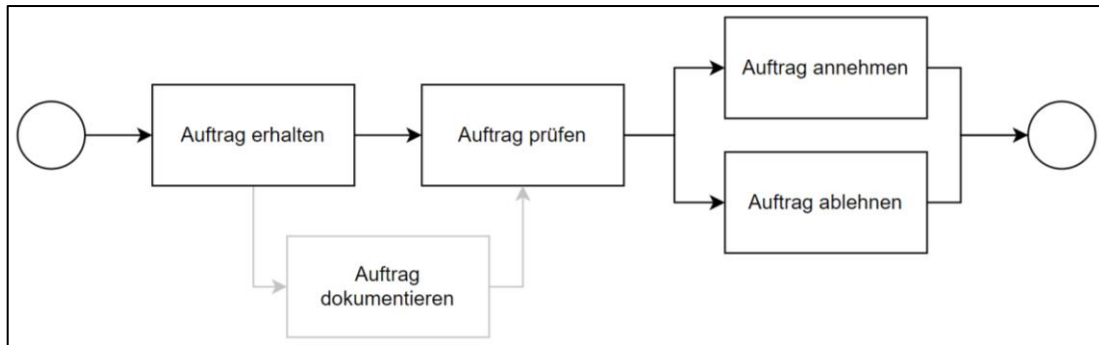


Abbildung 11: Umsetzungsidee – Aktivität entfernen
Quelle: Eigene Darstellung

Umsetzungsidee - Aktivität verschieben

Für die Veränderung „Aktivität verschieben“ werden zwei Varianten der Darstellung beschrieben.

Bei der ersten Variante, die nachfolgend „Kürzelvariante“ genannt wird, ist die Veränderung textuell und mit Farbe hervorgehoben. Die Position, von der die Aktivität verschoben ist, ist wie bei der Entwurfsidee „Aktivität entfernen“ in einer geringeren Sättigung dargestellt. Ebenso ist die Stelle, zu der die Aktivität hin verschoben wird, wie bei der Veränderung „Aktivität hinzufügen“ dargestellt. Laut dem Prinzip „Grafisches Management“ von Moody (siehe Kapitel 3.1.2), soll die Menge der verwendeten Symbole verwaltbar bleiben. Deswegen ist die gleiche Darstellung, für die Veränderung „Aktivität verschieben“ wieder verwendet worden.

Damit die Anwender und Anwenderinnen die Veränderung „Aktivität verschieben“ von den beiden Veränderungen „Aktivität hinzufügen“ und „Aktivität entfernen“ unterscheiden können, ist ein weiterer Faktor notwendig. Bei der Kürzelvariante wird die Veränderung textuell unterstützt, um die grafischen Darstellungen der Prozessmodells möglichst verwaltbar zu

halten. Dabei ist die ehemalige Position der Aktivität mit der Abkürzung „VA“ ergänzt, die für „Verschoben Alt“ steht. Die Position, zu der die Aktivität hin verschoben wird, ist mit der Abkürzung „VN“ ergänzt, die für „Verschoben Neu“ steht (siehe Abbildung 12).

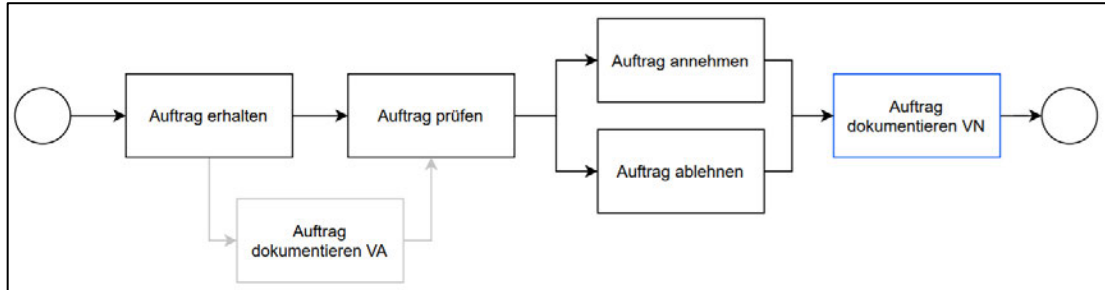


Abbildung 12: Umsetzungsidee – Aktivität verschieben "Kürzelvariante"
Quelle: Eigene Darstellung

Bei der zweiten Variante, die nachfolgend „Strichlinienvariante“ genannt wird, wird die Verschiebung nicht textuell hervorgehoben, sondern mit einer weiteren Kante. Die Kante ist gestrichelt und in grün dargestellt (siehe Abbildung 13). Die gestrichelte Linie ist bewusst gewählt, um zu verdeutlichen, dass es sich nicht um eine Kante im Prozessmodell handelt.

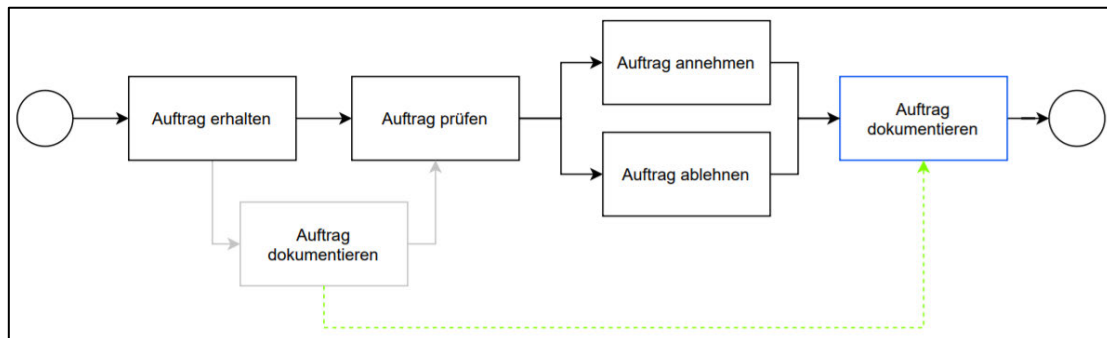


Abbildung 13: Umsetzungsidee – Aktivität verschieben „Strichlinienvariante“
Quelle: Eigene Darstellung

Darüber hinaus ist eine andere Farbe als Blau für die Kante genutzt worden, um das Missverständnis zu vermeiden, dass die Kante zum Prozessmodell hinzugefügt wird. Zudem wird die Kante nicht aus dem Prozessmodell gelöscht, deswegen wird Grau ebenfalls nicht verwendet. Aus diesem Grund wird die neue Farbe Grün genutzt.

4 Umsetzung des Prototyps

4.1 Implementierung

Auf Grundlage des zuvor konzipierten Artefakts wird im folgenden Kapitel die Implementierung beschrieben. Dabei wird auf die verwendeten Bibliotheken und Interfaces eingegangen. Darüber hinaus werden die Ergebnisse der Implementierung dargestellt.

4.1.1 Softwarearchitektur

Bevor mit der Implementierung gestartet wird, muss die passende Softwarearchitektur für den Prototypen ausgewählt werden. Diese soll einige Voraussetzungen erfüllen. Eins der Erfolgskriterien, das in Kapitel 3.1.3 beschrieben wird, ist die Einhaltung der Syntax, der gewählten Modellierungssprache. Die Bibliothek muss die Knoten und Kanten vom Directly Follows Graph abbilden können (siehe Abbildung 14).

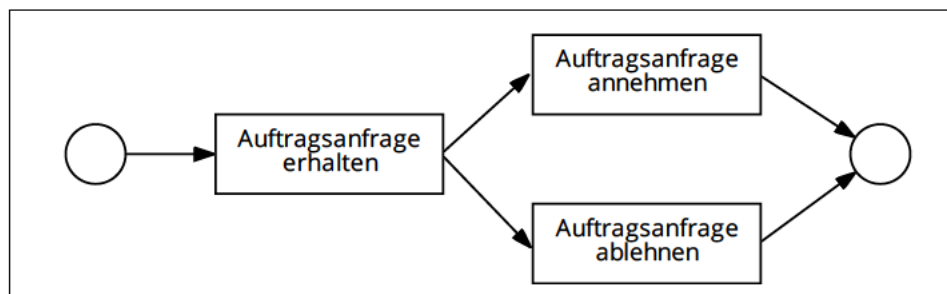


Abbildung 14: Directly Follows Graph – Beispiel
Quelle: Eigene Darstellung

Damit der Prototyp umgesetzt werden kann, müssen die Visualisierungen aus Kapitel 3.2.2 von der Bibliothek umgesetzt werden können. Die gewählte Bibliothek muss dementsprechend die Rahmen von bestimmten Aktivitäten und Kanten einfärben können. Dazu ist es notwendig, dass bestimmte Kanten anpassbar sind.

In der folgenden Tabelle werden die für den Prototypen genutzten Bibliotheken vorgestellt:

Bibliothek	Beschreibung
Pm4py	Pm4py ist eine Python-Bibliothek, die viele Process-Mining Funktionalitäten bietet. Unter anderem das Importieren und Exportieren von Event Logs. Pm4py ist vollständig Open-Source [BZA19].
Graphviz	Graphviz ist eine Open-Source Graph-Visualisierungssoftware, die von AT&T und den Bell Labs entwickelt wurde. Graphviz erzeugt gerichtete und ungerichtete Graphen aus einer DOT Textdatei [El02].
Pygraphviz	PyGraphviz ist ein Python-Interface. Es wurde von A. Hagberg, D. Schult, M. Renieris entwickelt. Mit PyGraphviz können Graphen erstellt, bearbeitet, gelesen, geschrieben und gezeichnet werden indem auf die Graphviz-Graphdatenstruktur und Layout-Algorithmen zugegriffen wird [PG21].

Tabelle 3: Verwendete Bibliotheken bei der Implementierung

4.1.2 Implementationslogik

Der Prototyp ist in der Programmiersprache Python entwickelt. Als Input sind zwei Event Logs vorgesehen. Die Event Logs liegen im XES-Format vor. Diese werden mithilfe von Pm4py in Dot-Dateien umgewandelt. Die Dot-Dateien werden mithilfe von Pygraphviz in Graphen umgewandelt. Anschließend werden die Graphen anhand ihrer Knoten und Kanten verglichen. Es wird ein dritter Graph erstellt, welcher die Visualisierung der Veränderungen darstellt. Ist ein Knoten oder eine Kante im ersten Graph vorhanden, aber nicht im zweiten, wird dieser Knoten und die betroffenen Kanten grau eingefärbt. Ist ein Knoten oder eine Kante im ersten Graph nicht vorhanden, aber im zweiten, wird dieser Knoten und die betroffenen Kanten blau eingefärbt.

Ist in beiden Graphen der gleiche Knoten vorhanden, aber die Identifikationsnummer der Knoten unterscheidet sich, weiß das Programm, dass es sich um eine Verschiebung handelt. Bei der Verschiebung unterscheiden sich die Implementierungen der Kürzelvariante und Strichlinienvariante. Bei der Kürzelvariante werden bei den verschobenen Knoten die Kürzel „VA“ und „VN“ angehängt. Dabei wird „VA“ an den Knoten aus dem alten Graphen angefügt und „VN“ an den Knoten aus dem neuen Graphen. Bei der Strichlinienvariante wird eine grüne Strichlinie zwischen den beiden Knoten eingefügt, die verschoben wurden.

Die beiden ursprünglichen Graphen und der Graph mit der Visualisierung werden dann mithilfe von Pygraphviz zu einer Dot-Datei umgewandelt. Diese ist dann in das Bildformat PNG umgewandelt worden.

4.1.3 Testen

Beim Prototyp handelt es sich um die Darstellung von Prozessmodellen in der Modellierungssprache Directly Follows Graph. Diese Prozessmodelle werden mithilfe von visuellen Effekten angepasst. Es werden die Linien der Kanten und Aktivitäten eingefärbt und die Kanten gestrichelt dargestellt. Da es sich um eine visuelle Darstellung handelt, wurden verschiedene Fälle von Veränderungen von einer Person manuell getestet. Zum einen wurden die Veränderungen Hinzufügen, Entfernen und Verschieben jeweils einzeln getestet. Dabei wurde die Veränderung entweder am Anfang, in der Mitte oder am Ende des Graphen dargestellt. Darüber hinaus wurden die Veränderungen auch in Kombination getestet. Auch die Anzahl der Veränderungen in einem Graphen sind variiert worden. Neben kleinen Graphen sind auch umfangreiche Graphen mit 20 Aktivitäten getestet worden.

4.2 Ergebnisse der implementierten Gestaltungsansätze

In Kapitel 3.2.2 werden die Umsetzungsideen für die drei möglichen Veränderungen durch einen Concept Drift beschrieben. Zu den möglichen Veränderungen zählen: „Aktivität hinzufügen“, „Aktivität entfernen“ und „Aktivität verschieben“. Im folgenden Kapitel werden die Ergebnisse der Implementierung dargestellt und beschrieben. Dabei wird davon ausgegangen, dass zwei Event Logs M1 und M2 vorgegeben sind. In den Abbildungen werden die Veränderungen von M1 zu M2 dargestellt.

4.2.1 Aktivität hinzufügen

Die Veränderung „Aktivität hinzufügen“ ist bei beiden Visualisierungsansätzen gleich. In Abbildung 15 wird dargestellt, wie sich das Prozessmodell durch den Concept Drift von M1 zu M2 verändert. Die Aktivität: „Angebot verschicken“ ist in M2 hinzugekommen.

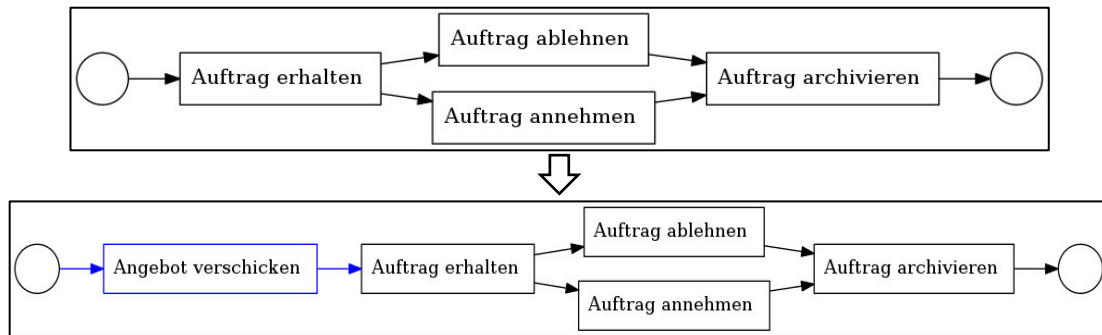


Abbildung 15: Visualisierungsergebnis – Aktivität hinzufügen
Quelle: Eigene Darstellung

4.2.2 Aktivität entfernen

Aktivität entfernen ist bei beiden Visualisierungsvarianten gleich. In Abbildung 16 wird dargestellt, wie sich das Prozessmodell durch den Concept Drift im von M1 zu M2 verändert. Die Aktivität: „Angebot anpassen“ ist in M2 nicht mehr vorhanden.

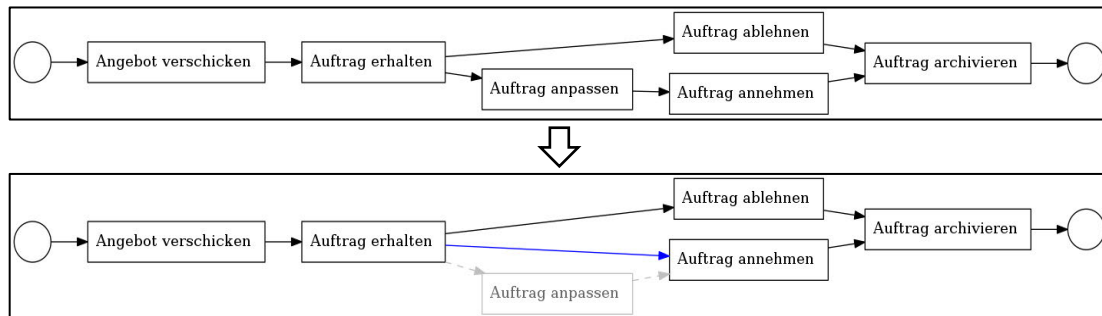


Abbildung 16: Visualisierungsergebnis – Aktivität entfernen
Quelle: Eigene Darstellung

4.2.3 Aktivität verschieben

In Abbildung 18 wird dargestellt, wie sich das Prozessmodell durch den Concept Drift von M1 zu M2 verändert. Die Aktivität: „Angebot verschicken“ ist in M2 an einer anderen Position. Dabei wurden wie im Kapitel 3.2.2 beschrieben, zwei Varianten zur Darstellung vorgeschlagen. Bei der Strichlinienvariante (siehe Abbildung 17) wird die Verschiebung mit dem gestrichelten grünen Strich hervorgehoben.

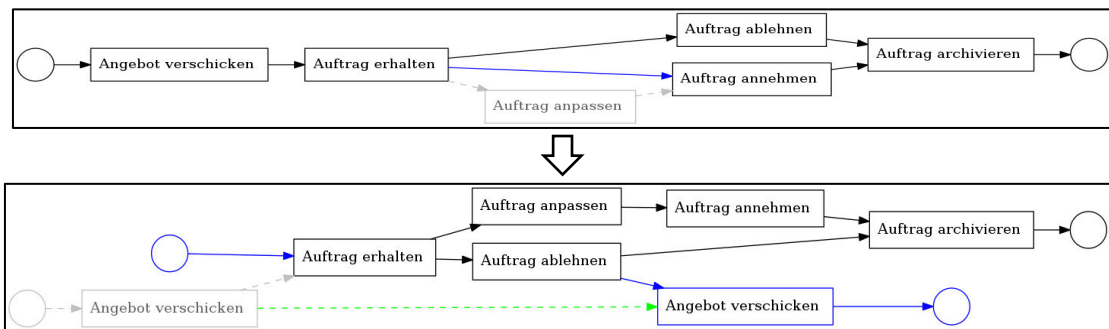


Abbildung 17: Visualisierungsergebnis – Aktivität verschieben "Strichlinienvariante"
Quelle: Eigene Darstellung

Dagegen wird bei der Kürzelvariante (siehe Abbildung 18) die Verschiebung textuell mit den Abkürzungen „Verschoben ALT“ für VA und „Verschoben Neu“ für VN hervorgehoben.

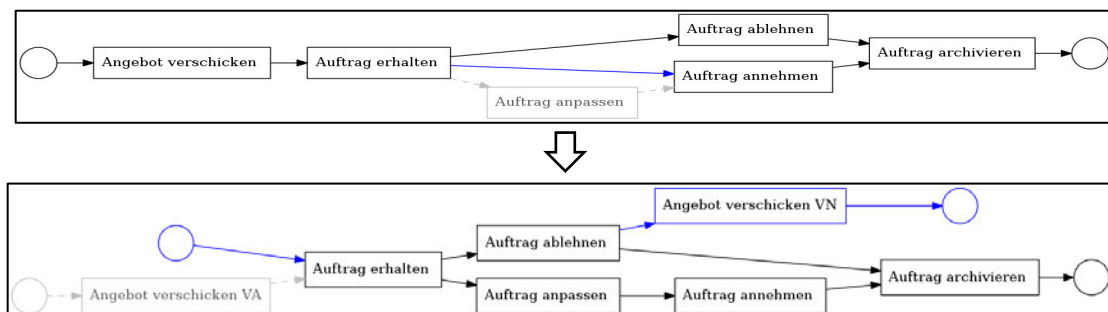


Abbildung 18: Visualisierungsergebnis – Aktivität verschieben "Kürzelvariante"
Quelle: Eigene Darstellung

5 Evaluation und Ergebnisdarstellung

5.1 Evaluierung

Im folgenden Kapitel wird zuerst die Grundlage der Evaluation für den Visualisierungsansatz beschrieben, um den wissenschaftlichen Anspruch der Nachvollziehbarkeit zu entsprechen. Danach werden die Ergebnisse des gewählten Evaluierungsansatz ausgewertet.

5.1.1 Wahl des Evaluierungswerkzeugs

Das Vorgehen der Arbeit richtet sich nach der „Design Science Research“-Methodologie nach Hevner [HC10]. Dabei wiederholt sich der Design-Zyklus mehrfach. Das erstellte Artefakt wird evaluiert und mithilfe der Ergebnisse weiterentwickelt. Während der Durchführung des Design-Zyklus muss der Aufwand der Konzeption und der Evaluation des Artefakts im Gleichgewicht bleiben [HC10, S. 18]. In dieser Arbeit wird der erste Design-Zyklus des zuvor konzipierten Artefakts, durchgeführt. Da es sich um den ersten Zyklus handelt, soll für die Evaluation eine kleine Gruppe von fünf bis zehn Personen befragt werden. Des Weiteren wurde in Kapitel 3.1.2 beschrieben, dass das Artefakt neben Experten auch von Laien verstanden werden soll. Aus diesem Grund ist die Erfahrung der ausgewählten Personen mit Prozessmodellen unterschiedlich. Es reicht von mehrjähriger Erfahrung bis zu ersten Kenntnissen über Prozessmodellen.

Die Evaluierung des Artefakts wird mit einem Fragebogen durchgeführt. Dieser quantitative Ansatz bietet Wiederholbarkeit und Vergleichbarkeit [Wi19]. Diese Eigenschaften sind relevant für die zukünftigen Design-Zyklen des Artefakts. Dadurch ist es möglich, zukünftige Ergebnisse mit den vorherigen Zyklen zu vergleichen. Mithilfe der klassischen Gütekriterien können quantitative Untersuchungen kontrolliert werden. Zu den Gütekriterien zählt Validität, Objektivität und Reliabilität. Validität bedeutet, dass die Forschung das erhebt, was erhoben

werden soll. Objektivität beschreibt die Unabhängigkeit der Untersuchung von der Person und Reliabilität bedeutet die Zuverlässigkeit der Ergebnisse. Also, dass auch bei wiederholter Ausführung der Untersuchung vergleichbare Ergebnisse erhoben werden [Wi19, S. 39].

5.1.2 Grundlage des Fragebogens

Die Fragen des Fragebogens bauen auf den in Kapitel 3.1.3 festgelegten Erfolgskriterien auf. Beim Fragebogen wird zum einen die Likert Skala verwendet. Diese umfasst mehrere Statements, um die Einstellung gegenüber bestimmten Aussagen zu erheben. Die Teilnehmenden werden nach dem Ausmaß der Zustimmung oder Ablehnung von Aussagen befragt [Ku13, S. 244]. Es wird beim Fragebogen eine ungerade Anzahl an Antwortmöglichkeiten vorgegeben. Für die statistische Auswertung der Ergebnisse wird den Antwortmöglichkeiten ein Wert zugeordnet. Diese stellen ein Bewertungsmaß für die Beantwortung einiger Evaluierungskriterien dar.

Der Maßstab ist wie folgt:

Trifft völlig zu = 1

Trifft zu = 2

Teils/teils = 3

Trifft nicht zu = 4

Trifft gar nicht zu = 5

Im Folgenden werden die im Fragebogen eingebrachten Evaluierungskriterien genannt. Es wird beschrieben, wie diese mithilfe des Fragebogens beantwortet werden. Dazu wird für jedes Kriterium die Bedingung festgelegt, die bedient sein muss, damit es als erfüllt gilt.

Das Erfolgskriterium: „Die Veränderung der Aktivitäten ist erkennbar“ wird mithilfe von Multiple Choice Fragen abgefragt. Dabei muss die Person, die den Fragebogen ausfüllt, erkennen, um welche Veränderung es sich im Prozessmodell handelt. Durch das Auswerten dieser Fragen wird sichtbar, ob die Veränderung für alle Beteiligten verständlich ist oder es möglicherweise nicht möglich ist, die Veränderungen der Aktivitäten zu erkennen. Dieses Vorgehen ist an das Prinzip „Semantische Transparenz“ von Moody angelehnt. Laut dem Prinzip sollen Darstellungen genutzt werden, die ihre Bedeutung bereits implizieren [Gr17]. Die dargestellten

Veränderungen zu erkennen, gehört zu der Grundlage des Artefakts. Deshalb ist eine hohe Verständnisrate zur Erfüllung des Kriteriums essenziell. Mindestens 90% der Darstellungen, die der jeweiligen Veränderung zugeordnet sind, müssen richtig beantwortet sein.

Das Erfolgskriterium „Der Visualisierungsansatz der Veränderung ist nach den neun Prinzipien von Moody gestaltet“ wird zum Teil mithilfe des Fragebogens beantwortet. Dazu zählen die Prinzipien: „Wahrnehmbare Unterschiede“, „Semantische Transparenz“ und „Grafisches Management“ (siehe 3.1.2.). Diese Prinzipien werden mit Fragen, die auf der Likert Skala basieren, abgefragt. Dadurch können die beiden Visualisierungsansätze in ihrer Erfüllung der Prinzipien in Vergleich gestellt werden. Darüber hinaus kann die Person, die den Fragebogen ausfüllt, Anmerkungen machen. Durch die Anmerkungen kann gegebenenfalls noch eine detailliertere Auswertung getroffen werden. Das Prinzip „Semantische Transparenz“ ist nah an die Erkennung der Veränderung von Aktivitäten geknüpft. Deshalb gilt für dieses Prinzip ebenfalls, dass mindestens 90% der Darstellungen richtig beantwortet sein müssen. Das Prinzip „Grafisches Management“ ist erfüllt, wenn das Erfolgskriterium, dass die Unterscheidung der Veränderungen betrifft, vollständig erfüllt ist.

Das Erfolgskriterium „Mithilfe des Artefakts kann ein verständlicher Verlauf der Prozessmodellveränderungen erstellt werden“ wird mithilfe von einem Verlauf von Prozessmodellen dargestellt. Es ist für beide Visualisierungsansätze ein Prozessverlauf dargestellt. Zu diesem Prozessverlauf sind Fragen zur Verständlichkeit gestellt. Mithilfe der Auswertung der Likert Skala kann das arithmetische Mittel aus den Antworten errechnet werden. Der Wert kann dabei zwischen 1 und 5 liegen. Diese Werte richten sich an den zuvor beschriebenen Bewertungsmaß. Ist das arithmetische Mittel der Ergebnisse kleiner Zwei gilt das Kriterium als erfüllt. Dieser Wert wurde gewählt, weil somit ein Großteil der Personen den Prozessverlauf als verständlich empfunden hat.

Das Erfolgskriterium „Die drei dargestellten Veränderungen durch Concept Drift lassen sich visuell voneinander unterscheiden“ wird mithilfe von Darstellungen abgefragt. Dazu werden Prozessmodelle mit verschiedenen Veränderungen, also zum Beispiel „Aktivität hinzufügen“ und „Aktivität entfernen“ in einem Prozessmodell dargestellt. Nachdem verschiedene Kombinationen vorgestellt wurden, wird abgefragt, ob sich die Veränderungen voneinander unterscheiden lassen. Das Erfolgskriterium gilt als erfüllt, wenn der Durchschnitt kleiner Zwei ist.

Dieser Wert wurde gewählt, da dann ein Großteil der Personen die Veränderung unterscheiden kann. Damit Gründe für Missverständnisse für eine Verbesserung ausgedrückt werden können, ist es möglich Anmerkungen zu der Visualisierung zu geben.

5.2 Auswertung des Fragebogens

Im folgenden Kapitel werden die Ergebnisse des Fragebogens ausgewertet und mit Grafiken visualisiert.

5.2.1 Wahrgenommener Nutzen

Die Veränderung der Aktivitäten ist erkennbar

Die Darstellungen der Veränderungen „Aktivität hinzufügen“ und „Aktivität entfernen“ ist bei 38 von 40 Fragen richtig beantwortet worden, also zu 95%. Bei der Abbildung 19 ist die Veränderung nicht richtig erkannt worden. Die richtige Antwort wäre nur „Aktivität hinzufügen“ gewesen. Es ist dazu noch „Aktivität verschieben“ angekreuzt.

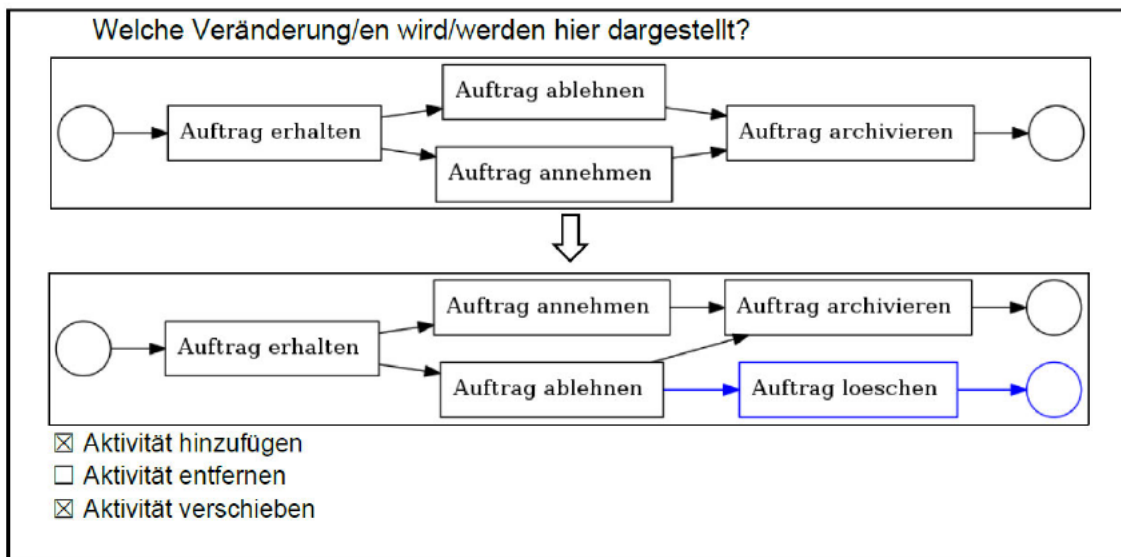


Abbildung 19: Ausschnitt eines Fragebogens
Quelle: Eigene Darstellung

Kürzelvariante

Die Darstellungen der Veränderung „Aktivität verschieben“ wurde bei 20 von 24 Fragen richtig beantwortet. Bei der Frage, ob sich die Veränderungen im Prozessmodell schnell erkennen lassen, sind verschiedene Antworten gegeben worden. Zwei Personen geben „trifft völlig zu“ an, vier Personen „trifft zu“ und eine Person „teils /teils“. Eine Person gibt „trifft gar nicht zu“ an und macht die Anmerkung: „Ohne „VN“ und „VA“ wäre eine Verschiebung auf dem ersten Blick überhaupt nicht zu erkennen.“.

Vier von acht Personen geben bei der Frage, ob die verschobene Aktivität durch die Kürzel „VN“ und „VA“ besser zu erkennen sind, „trifft völlig zu“ an. Drei geben „trifft zu“ an und eine Person „trifft nicht zu“. Das arithmetische Mittel der Antworten zum Erkennen der Veränderungen bei der Kürzelvariante ist 2.

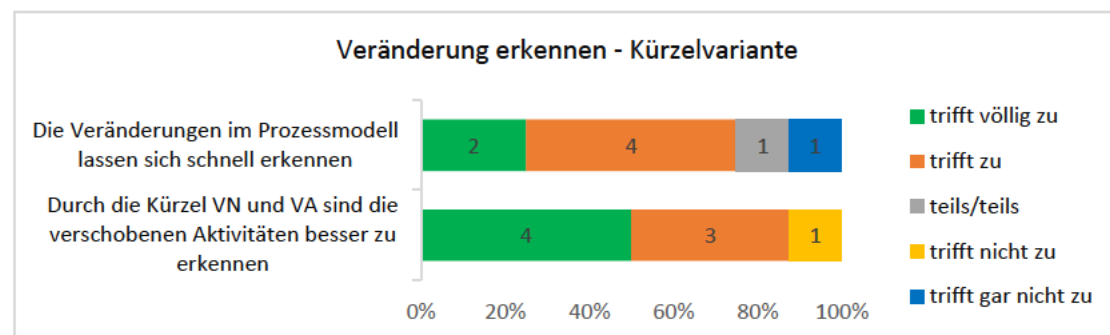


Abbildung 20: Ergebnis - Veränderung Erkennen "Kürzelvariante"

Quelle: Eigene Darstellung

Veränderungen bei einem umfangreichen Prozessmodell

Die Frage, ob die graue Schrift ausreichend lesbar ist, beantworten zwei Personen mit „trifft völlig zu“, drei Personen mit „trifft zu“, eine Person mit „teils/teils“ und zwei Personen mit „trifft nicht zu“. Bei der Frage, ob die blauen Striche ausreichend sichtbar sind, geben vier Personen „trifft völlig zu“, zwei Personen „trifft zu“ und „teils/teils an“. Bei den grauen Strichen hat eine Person „trifft völlig zu“, zwei Personen „trifft zu“, drei Personen „teils/teils“ und zwei Personen „trifft nicht zu“ angekreuzt.

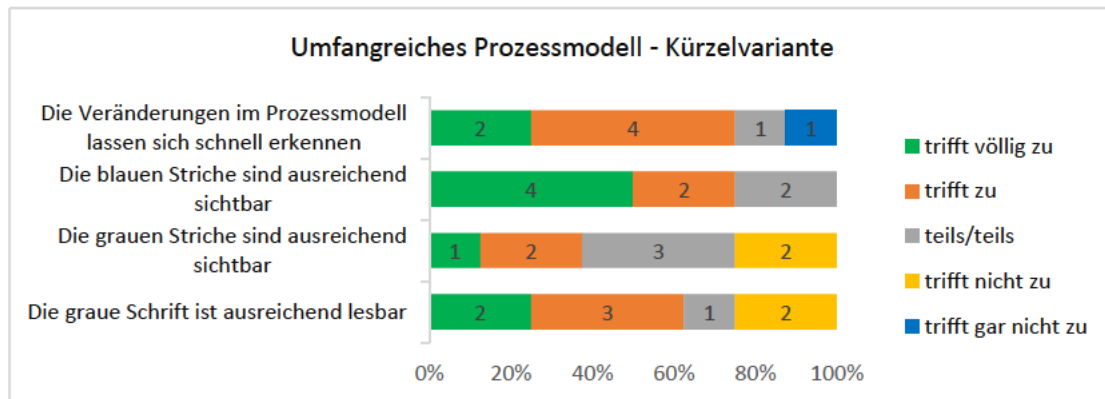


Abbildung 21: Ergebnis - Umfangreiches Prozessmodell "Kürzelvariante"
Quelle: Eigene Darstellung

Die Frage, ob sich die Veränderung im umfangreichen Prozessmodell schnell erkennen lassen, wird von zwei Personen mit „trifft völlig zu“, von vier Personen mit „trifft zu“ und von einer Person mit „trifft gar nicht zu“ zu beantwortet. Die Kürzelvariante bekommt im Durchschnitt eine Bewertung von 2,53.

Eine Person macht die Anmerkung, dass die Veränderungen schneller sichtbar wären, wenn die blauen Striche dicker wären. Eine weitere Person merkt an, dass die Farben ungünstig gewählt sind, um die Veränderungen auf dem ersten Blick zu erkennen.

Strichlinienvariante

Die Darstellungen der Veränderung „Aktivität verschieben“ wurde bei 19 von 24 Fragen richtig beantwortet. Bei der Frage, ob die Veränderung schnell zu erkennen sind, gibt eine Person „trifft völlig zu an“, fünf Personen „trifft zu“ und zwei Personen „trifft nicht zu“ an.

Die Frage, ob durch den grünen Strich die verschobene Aktivität schnell erkannt werden kann, geben vier Personen „trifft völlig zu“ an, eine Person „trifft zu“ und drei Personen „teils/teils“. Bei der Frage, ob der grüne Streifen ausreichend sichtbar ist, geben drei Personen „trifft völlig zu“ an, drei Personen „trifft zu“, eine Person „trifft zu“ und eine Person macht keine Angabe.

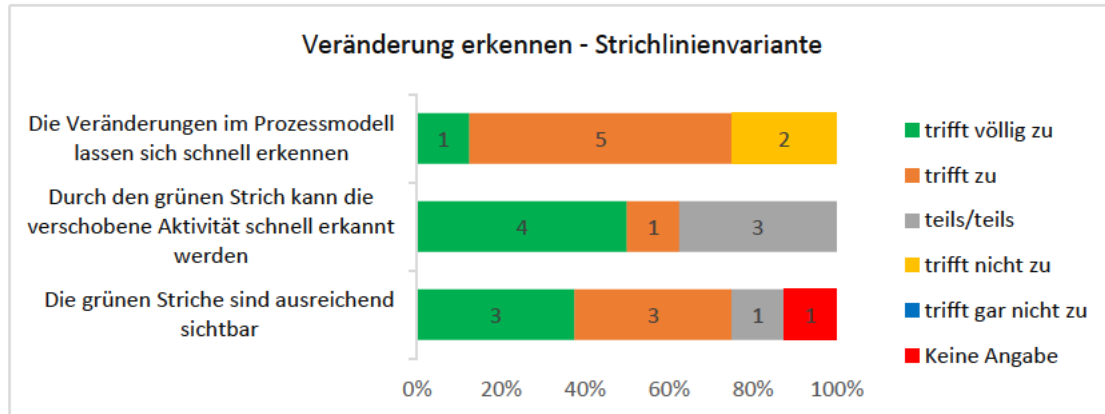


Abbildung 22: Ergebnis - Veränderung Erkennen "Strichlinienvariante"
Quelle: Eigene Darstellung

Eine Person gibt an, dass die Veränderung der Position von Aktivitäten vom ausgehenden Prozessmodell zum Prozessmodell mit Visualisierung das Erkennen der Veränderungen erschwert. Das arithmetische Mittel der Antworten zum Erkennen der Veränderungen bei der Strichlinienvariante ist 1,92.

Veränderungen bei einem umfangreichen Prozessmodell

Die Frage, ob die graue Schrift ausreichend lesbar ist, beantworten drei Personen mit „trifft völlig zu“, drei Personen mit „trifft zu“ und zwei Person mit „teils/teils“. Bei der Frage, ob die blauen Striche ausreichend sichtbar sind, geben vier Personen „trifft völlig zu“, zwei Personen „trifft zu“ und „teils/teils“ an. Bei den grauen Strichen haben drei Personen „trifft völlig zu“, zwei Personen „trifft zu“ und drei Personen „teils/teils“ angekreuzt. Bei den grünen Strichen haben drei Personen „trifft völlig zu“ und „trifft zu“, eine Person „teils/teils“ angekreuzt und eine Person hat keine Angabe gemacht.

Die Frage, ob sich die Veränderung im umfangreichen Prozessmodell schnell erkennen lassen, wird von einer Person mit „trifft völlig zu“, von fünf Personen mit „trifft zu“ und von zwei Personen mit „trifft nicht zu“ beantwortet. Die Strichlinienvariante bekommt im Durchschnitt eine Bewertung von 2,53.

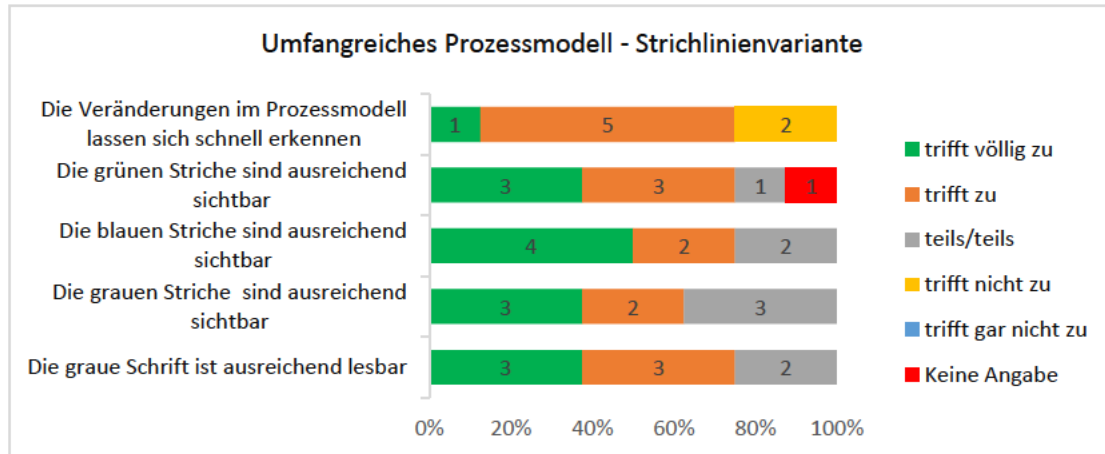


Abbildung 23: Ergebnis - Umfangreiches Prozessmodell "Strichlinienvariante"
Quelle: Eigene Darstellung

Eine Person macht die Anmerkung, dass das grün zu schlecht zu erkennen ist und ein dunklerer Farbton oder eine dickere Strichstärke möglicherweise besser wäre. Eine weitere Person beschreibt, dass im umfangreicheren Prozessmodell die Unterscheidung von „Aktivität hinzufügen“ und „Aktivität verschieben“ gut zu erkennen sind. Die Person merkt außerdem an, dass es für Sie einfacher ist dem grünen Pfeil zu folgen, um die Verschobene Aktivität zu finden, als den Kürzeln „VA“ und „VN“ aus der Kürzervariante. Eine Person beschreibt, dass das Erkennen der Veränderungen mit intensiveren Farben und farblich ausgefüllten Aktivitäten gegebenenfalls besser wäre.

Mithilfe des Artefakts kann ein verständlicher Verlauf der Prozessmodellveränderungen erstellt werden

Kürzelvariante

Der Verlauf der Veränderung der Prozessmodelle ist erkennbar, wird von drei Personen mit „trifft völlig zu“, einer Person mit „trifft zu“, drei Personen mit „teils /teils“ und von einer mit „trifft nicht zu“ beantwortet. Bei der Frage, ob die Visualisierung das Verständnis für den

Verlauf der Veränderung der Prozessmodelle verbessert, zwei Personen „trifft völlig zu“, fünf Personen „trifft zu“ und eine Person „trifft nicht zu“ angegeben. Bei der Kürzelvariante ist das arithmetische Mittel der Antworten zum Verlauf der Prozessmodellveränderungen 2,13.

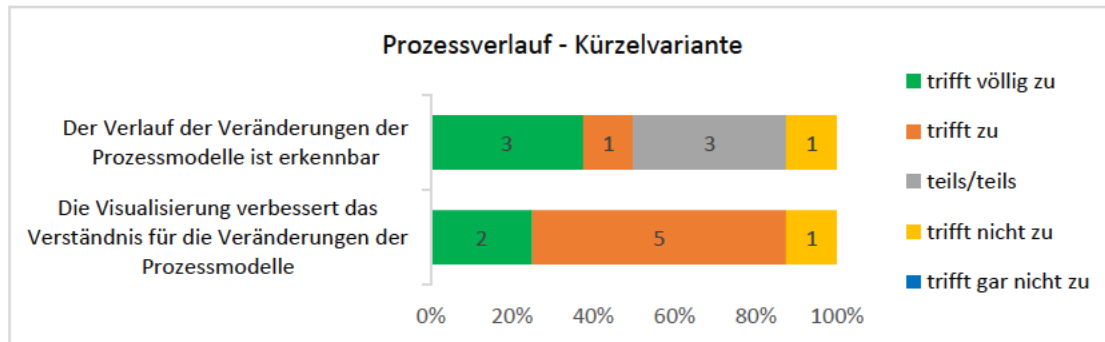


Abbildung 24: Ergebnis - Prozessverlauf "Kürzelvariante"
Quelle: Eigene Darstellung

Strichlinienvariante

Bei der Strichlinienvariante wird die Frage, ob der Verlauf der Veränderung der Prozessmodelle erkennbar ist, wie folgt beantwortet. Vier Personen geben „trifft völlig zu“ an, drei Personen „trifft zu“ und eine Person „teils /teils“. Die Frage, ob die Visualisierung das Verständnis für die Veränderung der Prozessmodelle verbessert, wird von drei Personen mit „trifft völlig zu“, von vier Personen mit „trifft zu“ und von einer Person mit „trifft/teils“ beantwortet. Bei der Strichlinienvariante ist das arithmetische Mittel der Antworten zum Verlauf der Prozessmodellveränderungen 1,69.

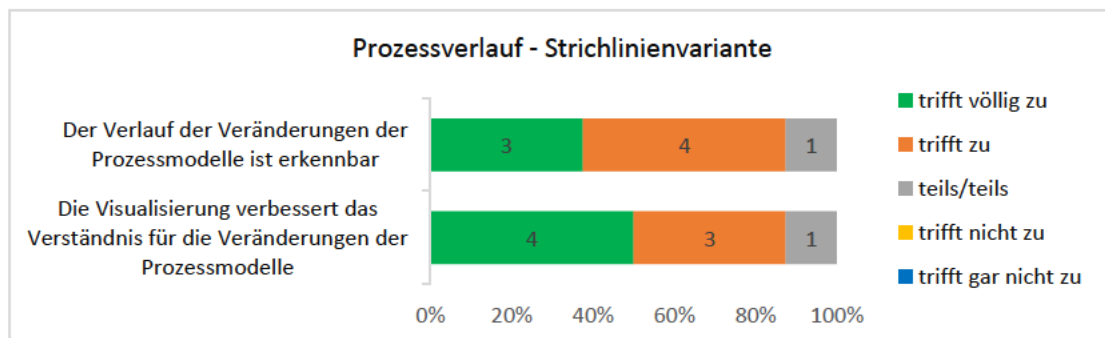


Abbildung 25: Ergebnis - Prozessverlauf "Strichlinienvariante"
Quelle: Eigene Darstellung

5.2.2 Wahrgenommene Bedienbarkeit

Die drei dargestellten Veränderungen durch Concept Drift lassen sich visuell voneinander unterscheiden

Die Frage, ob sich „Aktivität entfernen“ und „Aktivität hinzufügen“ voneinander unterscheiden lässt, wurde von sieben Personen mit „trifft völlig zu“ beantwortet und von einer Person mit „trifft zu“. Eine Person macht die Anmerkung, dass die drei Veränderungen Verschieben, Entfernen und Hinzufügen mit unterschiedlichen Farben besser wäre.

Aktivität verschieben – Kürzelvariante

Die Frage, ob sich „Aktivität entfernen“ von „Aktivität verschieben“ unterscheidet, wurde bei der Kürzelvariante wie folgt beantwortet. Drei Personen haben „trifft völlig zu“, drei Personen „trifft zu“ und zwei Person „teils/teils“ angekreuzt. Ob sich „Aktivität hinzufügen“ von „Aktivität verschieben“ unterscheidet, wurde ebenfalls von drei Personen mit „trifft völlig zu“, von drei Personen mit „trifft zu“ und von zwei Person mit „teils/teils beantwortet“. Bei der Kürzelvariante ist das arithmetische Mittel der Antworten zur Unterscheidbarkeit von „Aktivität verschieben“ zu den anderen Veränderungen bei 1,86.

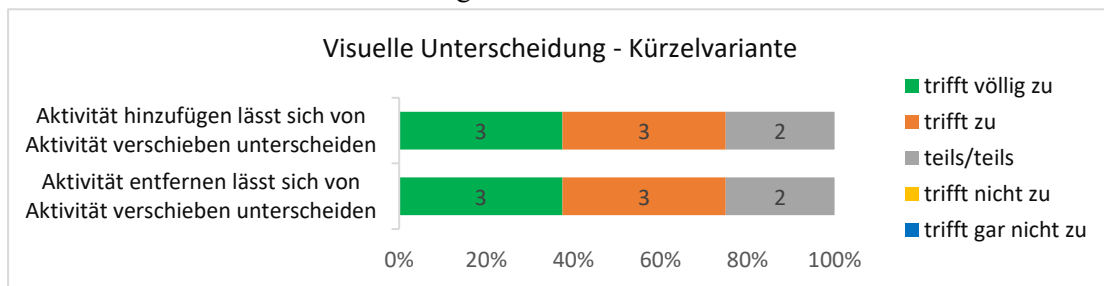


Abbildung 26: Ergebnis - Visuelle Unterscheidung "Kürzelvariante"
Quelle: Eigene Darstellung

Aktivität verschieben - Strichlinienvariante

Bei der Strichlinienvariante wurde die Frage, ob sich die Veränderung „Aktivität entfernen“ von „Aktivität verschieben“ unterscheidet, von drei Personen mit „trifft völlig zu“, von drei Personen mit „trifft zu“ und von zwei Personen mit „teils/teils“ beantwortet. Ob sich „Aktivität hinzufügen“ von „Aktivität verschieben“ unterscheidet, wurde von einer Person mit „trifft völlig zu“ beantwortet, von zwei Personen mit „trifft zu“ und von fünf Personen mit „teils/teils“ beantwortet. Es wurden zwei Anmerkungen zu der Unterscheidung der Veränderungen gemacht. Bei der Strichlinienvariante ist das arithmetische Mittel der Antworten zur Unterscheidbarkeit von „Aktivität verschieben“ zu den anderen Veränderungen bei 2,19.

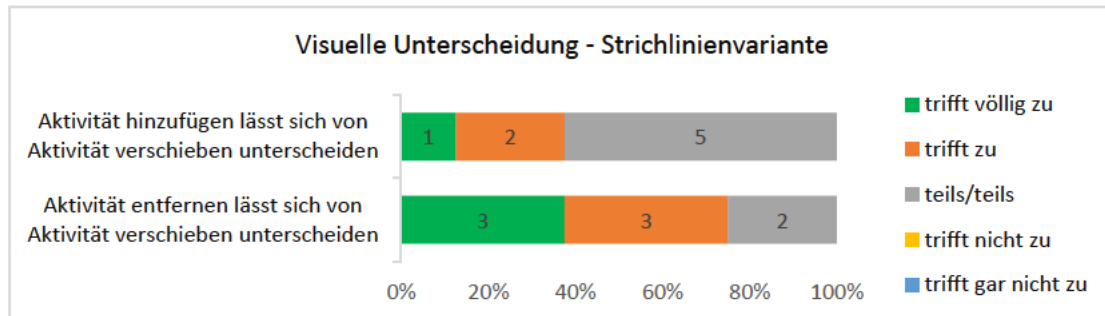


Abbildung 27: Ergebnis - Visuelle Unterscheidung "Strichlinienvariante"
Quelle: Eigene Darstellung

Eine Person beschreibt, dass die Unterscheidung der Veränderungen schwergefallen ist und sie öfter überprüfen musste, ob Sie sich nicht geirrt hat. Daneben hat eine Person angemerkt, dass die grünen Pfeile beim Erkennen der verschobenen Aktivität helfen, es aber durch die gleiche Farbe bei „Aktivität hinzufügen“ und „Aktivität verschieben“ extra Zeit braucht zu unterscheiden, um welche Veränderung es sich handelt.

6 Diskussion

Im Folgenden werden die Erfolgskriterien mithilfe der Resultate aus der Evaluation und dem prototypisch implementierten Artefakt bewertet. Die Ergebnisse werden interpretiert und diskutiert. Danach wird die Forschungsfrage beantwortet.

6.1 Bewertung der Erfolgskriterien

Zu Beginn sind im Konzept verschiedene Erfolgskriterien festgelegt worden. Diese basieren auf den identifizierten Anforderungen des Prozessmanagements und der Anforderungen durch die Wahrnehmung des Menschen, die durch die neun Prinzipien von Moody abgebildet sind.

Die Veränderung der Aktivitäten ist erkennbar

Die Antworten des Fragebogens zeigen, dass die Veränderungen „Aktivität hinzufügen“ und „Aktivität entfernen“ gut erkannt werden können. Es wurden 95% der Darstellungen dazu korrekt beantwortet. Die Veränderung „Aktivität verschieben“ ist bei der Kürzelvariante zu 83,33% und bei der Strichlinienvariante zu 79,17% richtig beantwortet worden. Die Veränderung Verschieben ist bei beiden Visualisierungsvarianten ähnlich gut erkennbar. Auch bei den umfangreichen Prozessmodellen ähneln sich beide Visualisierungen. Jeweils sechs von acht Personen geben „trifft zu“ oder besser an. Die Darstellung der Veränderungen suggerieren also bereits ihre Bedeutung, so wie bei einem der Prinzipien von Moody, der „Semantischen Transparenz“ beschrieben. Jedoch liegen die Ergebnisse beider Visualisierungsvarianten bei der Verschiebung unter 90% und erfüllen das Erfolgskriterium somit nur teilweise.

Die drei dargestellten Veränderungen durch Concept Drift lassen sich visuell voneinander unterscheiden

Neben der Erkennung der Veränderung ist es wichtig, dass sich die Darstellungen voneinander unterscheiden lassen. Die Veränderung „Aktivität hinzufügen“ und „Aktivität entfernen“ lassen sich leicht voneinander unterscheiden. Die meisten Teilnehmenden haben bei beiden Visualisierungsvarianten mit „Trifft völlig zu“ auf diese Frage geantwortet. Das Prinzip „Grafisches Management“ von Moody [Ga17] besagt, dass die Menge der verwendeten Symbole verwaltbar bleiben sollen. Die Farben von den Veränderungen Hinzufügen und Entfernen wurden aufgrund der ähnlichen Bedeutung bei der Verschiebung wiederverwendet. Bei der Kürzelvariante liegt der Durchschnitt bei 1,13 und bei der Strichlinienvariante bei 1,63. Obwohl die Visualisierung der Veränderung Hinzufügen und Entfernen bei beiden Varianten die gleiche ist, unterscheiden sich die Antworten auf die Frage. Dies liegt wahrscheinlich an der zusätzlichen Darstellung der Veränderung „Verschieben“, die die Wahrnehmung beeinflusst. Für Veränderungen „Aktivität hinzufügen“ und „Aktivität entfernen“ ist das Erfolgskriterium für beide Varianten also erfüllt.

Bei der Unterscheidung von der Verschiebung zu den anderen beiden Veränderungen schneidet die Kürzelvariante besser ab. Sie hat einen Durchschnitt von 1,86, dagegen hat die Strichlinienvariante nur 2,19. Bei beiden Visualisierungsansätzen lässt sich die Veränderung „Aktivität entfernen“ gut von „Aktivität verschieben“ unterscheiden. Jeweils sechs Teilnehmende geben „trifft zu“ oder besser an. Dies ist bei der Kürzelvariante auch bei „Aktivität hinzufügen“ der Fall. Bei der Strichlinienvariante ist jedoch die Unterscheidung von „Aktivität hinzufügen“ zu „Aktivität verschieben“ schlechter. Bei der Frage, ob sich die Veränderung Verschieben von Hinzufügen unterscheiden lässt, geben dort nur drei Personen „trifft zu“ oder besser an. Das Erfolgskriterium, ob die dargestellten Veränderungen unterschieden werden können, lässt sich für die Kürzelvariante mit ja beantworten, da der Durchschnitt mit 1,86 kleiner 2 ist. Die Strichlinienvariante erfüllt das Erfolgskriterium nicht, da mehr als die Hälfte der Teilnehmer die Veränderung nicht unterscheiden konnten und dessen Durchschnitt dadurch mit 2,19 größer 2 ist. Dementsprechend sollte die ursprüngliche Überlegung mit dem Prinzip „Grafisches Management“ im nächsten Design-Zyklus für die Strichlinienvariante überdacht werden. Zwar soll die Menge an Grafischen Symbolen verwaltbar bleiben, jedoch könnte eine weitere Farbe

in diesem Fall die Veränderungen besser unterscheidbar machen. Da die Veränderungen nicht klar voneinander zu unterscheiden sind, ist das Prinzip „Wahrnehmbare Unterschiede“ eingeschränkt erfüllt. Bei beiden Visualisierungsvarianten ist von Teilnehmenden die ähnliche Farbe negativ angemerkt worden.

Mithilfe des Artefakts kann ein verständlicher Verlauf der Prozessmodellveränderungen erstellt werden

Beim Prozessverlauf zeigt sich zwischen den Visualisierungsvarianten ein deutlicher Unterschied. Die Strichlinienvariante schneidet besser ab als die Kürzelvariante. Eine Person kann den Verlauf der Veränderung bei der Kürzelvariante gar nicht erkennen und drei stehen dem neutral gegenüber. Dagegen geben bei der Strichlinienvariante zu der Frage, ob der Prozessverlauf erkennbar ist, drei Personen „trifft völlig zu“ und vier Personen „trifft zu“ an. Die Hälfte der Personen haben bei der Kürzelvariante den Verlauf der Veränderung entweder mittelmäßig oder gar nicht erkannt. Der Durchschnitt liegt bei 2,13 und somit größer 2. Daher ist das Erfolgskriterium für den Prozessverlauf für diese Visualisierungsvariante nicht erfüllt. Dagegen ist bei der Strichlinienvariante der Verlauf für die Teilnehmenden erkennbar. Der Durchschnitt liegt bei 1,69 und somit ist das Erfolgskriterium erfüllt.

Der Visualisierungsansatz entspricht der Syntax der gewählten Modellierungssprache

Die Prozessmodelle entsprechen der Syntax von Directy Follows Graph (DFG). Die gerichteten Graphen bestehen aus einer Menge von Knoten und Kanten. DFG gibt vor, dass in den Startknoten keine Kanten hineinführen und aus dem Endknoten keine Kanten herausführen dürfen. Diese Syntax ist in beiden Visualisierungsvarianten erfüllt. Dementsprechend entspricht der Visualisierungsansatz der Syntax von DFG und das Erfolgskriterium ist somit erfüllt.

Der Visualisierungsansatz der Veränderung ist nach den neun Prinzipien von Moody gestaltet

Die Visualisierungsansätze sollen nach den neun Prinzipien von Moody gestaltet sein. Die Prinzipien „Grafisches Management“ und „Wahrnehmbare Unterschiede“ sind, wie zuvor beschrieben, bei der Kürzelvariante erfüllt, bei der Strichlinienvariante jedoch nicht vollständig.

Das Prinzip „Semantische Transparenz“ ist dagegen für das Hinzufügen und Entfernen erfüllt, denn 95% der Darstellungen sind, ohne vorherige Erklärung der Visualisierung, richtig erkannt worden. Beim Prinzip „Doppelte Kodierung“ erfüllt nur die Kürzelvariante das Prinzip, da die Veränderungen bei der Strichlinienvariante nicht durch Text unterstützt werden.

Das Prinzip „Visuelle Ausdruckskraft“ ist zum Teil erfüllt. Es wurden bestimmte Prozessbestandteile farblich hervorgehoben, damit bestimmte Objekte besser erkannt werden können [Jo18]. Aufgrund der Verwendung von Farbe ist ein gewisser Grad an optischen Variablen ausgenutzt worden. Es wurde nicht mehr Kapazität der visuellen Variablen genutzt, da zum Beispiel die Verwendung von Farbe als Hintergrund einer Aktivität für das Drucken problematisch sein könnte. Wird das Artefakt nur im digitalen Kontext verwendet, könnte die Verwendung dieser visuellen Unterstützung in zukünftigen Design Zyklen in Betracht gezogen werden.

Die Anzahl der verwendeten Symbole der Modellierungssprache DFG sind im Gegensatz zu Modellierungssprachen wie BPMN und UML geringer. Sie sind in einem für den Menschen verständlichen Rahmen [Gr17, S. 212]. Das Artefakt erfüllt dadurch das Prinzip „Grafisches Management“ und „Komplexitätsmanagement“. Das Prinzip „Semiotische Verständlichkeit“ ist ebenfalls erfüllt, da die Eins-zu-eins-Beziehung durch die gewählte Modellierungssprache gegeben ist. Die Prinzipien „Kognitive Integration“ und „Kognitive Anpassung“ können mit dem Artefakt nicht beantwortet werden, da es nicht die Mächtigkeit für diese Prinzipien erfüllt. Das Erfolgskriterium ist für beide Visualisierungsvarianten überwiegend erfüllt.

6.2 Reflexion der Vorgehensweise

Im Folgenden wird sich kritisch mit dem Vorgehen dieser Arbeit auseinandergesetzt und dieses reflektiert.

Um eine geeignete Darstellung der auftretenden Aktivitätsveränderungen durch einen Concept Drift in Prozessmodellen zu erstellen, wurde auf der Grundlage eines Konzepts ein Artefakt prototypisch implementiert. Dieses wurde mithilfe einer quantitativen Forschung evaluiert. Dafür sind zuvor Erfolgskriterien festgelegt worden.

Durch den standardisierten Fragebogen mit Antwortmöglichkeiten, die auf Multiple Choice und der Likert Skala basieren, ist die Reliabilität der Untersuchung größtenteils gegeben. Durch die Möglichkeit der Anmerkungen können bei erneuter Umfrage möglicherweise andere Hinweise gegeben werden. Dieser Faktor könnte zu anderen Ergebnissen bei den Erfolgskriterien führen, weswegen die Reliabilität etwas eingeschränkt wird.

Der Fragebogen ist anonym ausgefüllt und verschickt worden, um ungewollte Einflüsse zu vermeiden. Dadurch ist die Objektivität erfüllt. Durch das Bestimmen und Abgleichen der Erfolgskriterien mit dem Artefakt, ist die Validität zum Teil gegeben. Die Validität wird aber durch die Größe der befragten Personengruppe eingeschränkt sein. Der Fragebogen wurde an acht Personen ausgegeben und soll repräsentativ für Personen in Unternehmen sein, die sich zu unterschiedlichen Graden mit Prozessmodellen auskennen. Die geringe Anzahl führt zu einer beschränkten Aussagekraft der Ergebnisse. Würde man den Fragebogen erneut an acht Personen ausgeben, könnten die Ergebnisse möglicherweise abweichen.

Des Weiteren sind bei der methodischen Vorgehensweise „Design Science Research“ nach Hevner mehrere Design Zyklen geplant. Durch den begrenzten Zeitraum ist in dieser Arbeit nur ein Design-Zyklus durchgeführt worden. Durch den theoretischen Aufbau der Arbeit fehlt der Praxisbezug, wodurch die Anforderungen an das Artefakt möglicherweise nicht vollständig mit den Qualitätsanforderungen aus der Praxis übereinstimmen.

Bei der Implementierung ist, durch den begrenzten Zeitraum, eine Einschränkung bei der Erkennung der Verschiebung zwischen zwei Log Dateien aufgetreten. Es wird die Verschiebung anhand der Identifikationsnummern der Aktivitäten erkannt. Diese sind bei den Log Dateien größtenteils gleich gewesen, auch wenn sich die Aktivität an einer anderen Position befunden hat. Die Erkennung der Verschiebung hätte also nicht über die Keys der Aktivitäten laufen sollen.

Mit dem Titel „Konzeption und prototypische Implementierung eines Visualisierungsansatzes für Veränderungen in Prozessmodellen durch Concept Drift“ wurde ein langfristiges Themengebiet offengelegt. Durch die Beschäftigung mit dem Thema ist wurde schnell bewusst, dass der Zeitrahmen einer Bachelorarbeit für das Themengebiet nicht vollständig ausreichen wird. Weitere Design Zyklen hätten zu einem besseren Artefakt führen können.

Des Weiteren wird durch den Titel das Thema Concept Drift mit einbezogen. Die Arbeit beschäftigt sich jedoch lediglich zu einem sehr geringen Teil mit dem Thema. Es werden nur die durch den Change Point aufgeteilten Teile eines Event Logs aus dem Concept Drift verwendet. Die Visualisierung hätte dementsprechend aber auch auf andere Event Logs angewendet werden können und man hätte sich nicht unbedingt auf dieses Themengebiet festlegen müssen.

6.3 Beantwortung der Forschungsfrage

Die Forschungsfrage, ob das Artefakt eine geeignete Darstellung der auftretenden Aktivitätsveränderungen durch einen Concept Drift in Prozessmodellen darstellen kann, lässt sich wie folgt beantworten: Das Artefakt bietet eine Grundlage, die zu einem gewissen Grad die im Konzept festgelegten Erfolgskriterien erfüllt. Dazu gehören die Kriterien: „Die Veränderung der Aktivitäten ist erkennbar“ und „Der Visualisierungsansatz entspricht der Syntax der gewählten Modellierungssprache“. Beide Visualisierungsvarianten erfüllen jedoch nicht alle Erfolgskriterien. Die Kürzelvariante kann einen Prozessverlauf nicht verständlich genug darstellen. Bei der Strichlinienvariante kann die Veränderung der Verschiebung nicht ausreichend von dem Hinzufügen unterschieden werden. Dementsprechend bietet das Artefakt zum jetzigen Zeitpunkt nur eine beschränkte Darstellung der auftretenden Aktivitätsveränderungen.

7 Fazit und Ausblick

Die vorliegende Arbeit ging der Frage „Ermöglicht das entwickelte Artefakt eine geeignete Darstellung der auftretenden Aktivitätsveränderungen durch einen Concept Drift in Prozessmodellen?“ nach. Zur Beantwortung der Frage ist ein Konzept erstellt worden und das darin entwickelte Artefakt prototypisch umgesetzt.

Zu Beginn sind zentrale Begriffe wie Prozessmodelle, Process Mining und Concept Drift, die für die Entwicklung des Artefakts relevant sind, beschrieben worden. Zur Entwicklung des Konzepts wurde eine theoretische Anforderungsanalyse erstellt. Diese umfasst die Festlegung des Anforderungskontexts. Dabei wurden involvierte Akteure und die organisatorischen und technologischen Strukturen definiert. Für den Anwendungsbereich sind dann Probleme und Möglichkeiten bestimmt worden. Dieser Schritt war die Grundlage für die Bestimmung der Anforderungen an das Artefakt. Zum einen sind diese durch den Anforderungskontext bestimmt worden. Daneben wurde die Wahrnehmung des Menschen für die Entwicklung des Konzepts mit einbezogen. Auf Grundlage der Anforderungen wurden die fünf Erfolgskriterien definiert.

Darauf folgt das Design des Prototyps. Zuerst ist Wissen zu möglichen Visualisierungsmöglichkeiten gesammelt worden, damit der Prototyp die im Konzept beschriebenen Erfolgskriterien umsetzen kann. Das Wissen wurde dann bei der Erstellung der Umsetzungsideen genutzt. Bevor mit der Implementierung gestartet wurde, ist die Softwarearchitektur festgelegt worden. Die Gestaltungsansätze wurden dann manuell getestet.

Zur Evaluierung ist ein Fragebogen gewählt worden, der an acht Personen geschickt wurde. Diese kennen sich zu unterschiedlichen Graden mit Prozessmodellen aus. Es wurde die Likert Skala zur Bewertung verschiedener Aussagen genutzt. Daneben sind Multiple Choice Fragen verwendet worden.

Die Ergebnisse haben gezeigt, dass die Darstellung der Veränderungen Aktivität hinzufügen, entfernen und verschieben gut erkennbar sind. Die Farben haben die Bedeutung der Veränderungen suggeriert. Die visuelle Unterscheidung ist bei den Visualisierungsvarianten unterschiedlich ausgefallen. Die Unterscheidung der Veränderung bei Hinzufügen und Entfernen ist bei beiden Varianten gut zu unterscheiden. Bei der Kürzelvariante sind die Unterschiede auch bei der Veränderung Verschieben erkennbar. Diese hat dementsprechend das Erfolgskriterium erfüllt. Die Unterschiede bei der Strichlinienvariante sind dagegen für die Verschiebung nicht ausreichend verständlich. Die Strichlinienvariante hat das Erfolgskriterium deswegen nicht erfüllt.

Beim Verlauf der Prozessmodellveränderungen ist das Ergebnis anders ausgefallen. Bei der Kürzelvariante ist der Prozessverlauf für die Teilnehmenden nicht ausreichend erkennbar gewesen. Diese hat das Erfolgskriterium deswegen nicht erfüllt. Dagegen ist der Prozessverlauf bei der Strichlinienvariante für die Teilnehmenden erkennbar gewesen, wodurch es das Erfolgskriterium erfüllt hat.

Beide Visualisierungsvarianten erfüllen die vorgegebene Syntax der Modellierungssprache Directly Follows Graph. Das Erfolgskriterium ist von beiden Visualisierungen erfüllt. Bei der Einhaltung der neun Prinzipien von Moody unterscheiden sich die Visualisierungsvarianten. Beide erfüllen einen Teil der Prinzipien. Die Kürzelvariante erfüllt fünf von neun Prinzipien. Die Strichlinienvariante dagegen vier von neun Prinzipien. Das Ergebnis unterscheidet sich bei dem Prinzip „Doppelte Kodierung“. Die Kürzelvariante stellt die Veränderung neben farblicher Hervorhebung noch mit einer textuellen Unterstützung dar.

Die Erfolgskriterien sind wie beschrieben nicht vollständig erfüllt. Die Forschungsfrage: „Ermöglicht das entwickelte Artefakt eine geeignete Darstellung der auftretenden Aktivitätsveränderungen durch einen Concept Drift in Prozessmodellen?“ ist dementsprechend beantwortet worden. Das Artefakt kann nur eingeschränkt die auftretenden Aktivitätsveränderungen durch einen Concept Drift in Prozessmodellen darstellen.

Die beschriebenen Ergebnisse zeigen, dass in dieser Richtung noch mehr Forschungsbedarf vorhanden ist. Der nächste Schritt wäre ein erneutes Durchlaufen des Design-Zyklus. Die ermittelten Erkenntnisse dieser Arbeit könnten bei der Überarbeitung des Artefakts verwendet werden. Darüber hinaus wäre eine umfangreichere Evaluierung im nächsten Zyklus sinnvoll, um validere Ergebnisse zur Bewertung und weiteren Verbesserung des Artefakts zu generieren.

Weiterhin wäre es sinnvoll, einen Praxisbezug zu schaffen, um den Nutzen des Artefakts besser zu gewährleisten. Zusätzlich wäre es hilfreich, das Artefakt ebenfalls auf weitere Modellierungssprachen wie BPMN anzuwenden. Dadurch kann erforscht werden, ob die Visualisierung auch bei anderen Modellierungssprachen einen ähnlichen Nutzen erbringt.

Literaturverzeichnis

- Aa16 van der Aalst, W.: Process mining. Data science in action. Springer, Heidelberg, 2016.
- Aa19 van der Aalst, W. M.: A practitioner's guide to process mining: Limitations of the directly-follows graph. *Procedia Computer Science* 164, S. 321–328, 2019.
- Al12 Allweyer, T.: Geschäftsprozessmanagement. Strategie, Entwurf, Implementierung, Controlling. W3L-Verl., Herdecke, Bochum, 2012.
- BKR12 Becker, J.; Kugeler, M.; Rosemann, M. Hrsg.: Prozessmanagement. Ein Leitfa-
den zur prozessorientierten Organisationsgestaltung. Springer Gabler, Berlin,
Heidelberg, 2012.
- Bo14 Bose, R. P. J. C.; van der Aalst, W. M. P.; Zliobaite, I.; Pechenizkiy, M.: Deal-
ing with concept drifts in process mining. *IEEE transactions on neural networks
and learning systems* 1/25, S. 154–171, 2014.
- BZA19 Berti, A.; van Zelst, S. J.; van der Aalst, W. M. P.: Process Mining for Python
(PM4Py) Bridging the Gap Between Process- and Data Science: 2019 Interna-
tional Conference on Process Mining (ICPM). IEEE, S. 13–16, 2019.
- Ch15 Christ, J. P.: Intelligentes Prozessmanagement. Marktanteile ausbauen, Qualität
steigern, Kosten reduzieren. Springer Gabler, Wiesbaden, 2015.
- D21 D: Flowchart Maker and Online Diagram Software. <https://app.diagrams.net/>,
Stand: 02.09.2021.

- DA05 Daniel Ried; Agnes Koschmider: Semantische Annotation von Petri-Netzen: Proceedings des 12. Workshops Algorithmen und Werkzeuge für Petri-netze, Humboldt-Universität zu Berlin, S. 66–71, 2005.
- Da19 Dakic, D.; Sladojevic, S.; Lolic, T.; Stefanovic, D.: Process Mining Possibilities and Challenges: A Case Study: 2019 IEEE 17th International Symposium on Intelligent Systems and Informatics (SISY), S. 161–166, 2019.
- De04 Derefeldt, G.; Swartling, T.; Berggrund, U.; Bodrogi, P.: Cognitive color. Color Research & Application 1/29, S. 7–19, 2004.
- El02 Ellson, J.; Gansner, E.; Koutsofios, L.; North, S. C.; Woodhull, G.: Graphviz—Open Source Graph Drawing Tools. In (Mutzel, P. Hrsg.): Graph drawing. 9th international symposium ; revised papers. Springer, Berlin, S. 483–484, 2002.
- FR17 Freund, J.; Rücker, B.: Praxishandbuch BPMN. Mit Einführung in CMMN und DMN. Hanser, München, 2017.
- Ga17 Gadatsch, A.: Grundkurs Geschäftsprozess-Management. Analyse, Modellierung, Optimierung und Controlling von Prozessen. Springer Vieweg, Wiesbaden, 2017.
- Gr17 Granada, D.; Vara, J. M.; Brambilla, M.; Bollati, V.; Marcos, E.: Analysing the cognitive effectiveness of the WebML visual notation. Software & Systems Modeling 1/16, S. 195–227, 2017.
- HC10 Hevner, A.; Chatterjee, S.: Design Research in Information Systems. Theory and Practice. Springer Science; Business Media LLC, Boston, MA, 2010.
- Jo09 Jockisch, M.: Das Technologieakzeptanzmodell: Bandow, Holzmüller (Hg.) 2009 – Das ist gar kein Modell! Gabler, Wiesbaden, S. 233–254.
- Jo18 Jost, G.: Improving Comprehension of Process Diagrams with Graphical Highlights: BPM, 2018.

- Ko15 Kocbek, M.; Jost, G.; Hericko, M.; Polancic, G.: Business process model and notation: The current state of affairs. *Computer Science and Information Systems* 2/12, S. 509–539, 2015.
- Ku13 Kuckartz, U.; Rädiker, S.; Ebert, T.; Schehl, J.: Statistik. Eine verständliche Einführung. Springer VS, Wiesbaden, 2013.
- LHC18 Liu, N.; Huang, J.; Cui, L.: A Framework for Online Process Concept Drift Detection from Event Streams: 2018 IEEE International Conference on Services Computing (SCC). IEEE, S. 105–112, 2018.
- LPW19 Leemans, S. J.; Poppe, E.; Wynn, M. T.: Directly Follows-Based Process Mining: Exploration & a Case Study: 2019 International Conference on Process Mining (ICPM). IEEE, S. 25–32, 2019.
- Ma17 Maaradji, A.; Dumas, M.; La Rosa, M.; Ostovar, A.: Detecting Sudden and Gradual Drifts in Business Processes from Execution Traces. *IEEE Transactions on Knowledge and Data Engineering* 10/29, S. 2140–2154, 2017.
- Me11 Mendling J, Weidlich M, Fahland D, Baier T (o. J.): Process-Mining Manifest, Deutsche Übersetzung. Business process management workshops, 2011.
- Pe62 Petri, C. A.: Kommunikation mit Automaten, 1962.
- PG21 PG: PyGraphviz — PyGraphviz documentation. <https://pygraphviz.github.io/>, Stand: 02.09.2021.
- PN19 Peters, R.; Nauroth, M.: Process-Mining. Geschäftsprozesse: smart, schnell und einfach. Springer Gabler, Wiesbaden, Germany, 2019.
- Sc20 Scheer, A.-W.: Unternehmung 4.0. Vom disruptiven Geschäftsmodell zur Automatisierung der Geschäftsprozesse. Springer Fachmedien Wiesbaden; Imprint: Springer Vieweg, Wiesbaden, 2020.
- SS20 Schmelzer, H. J.; Sesselmann, W.: Geschäftsprozessmanagement in der Praxis. Kunden zufriedenstellen, Produktivität steigern, Wert erhöhen. Hanser, München, 2020.

- Wi19 Wichmann, A.: Quantitative und Qualitative Forschung im Vergleich. Springer Berlin Heidelberg, Berlin, Heidelberg, 2019.
- Ye21 Yeshchenko, A.; Di Ciccio, C.; Mendling, J.; Polyvyanyy, A.: Visual Drift Detection for Sequence Data Analysis of Business Processes. IEEE Transactions on Visualization and Computer Graphics, S. 1–18, 2021.

A Anhang

Fragebogen zu *Visualisierungsansätzen für Veränderungen in Prozessmodellen durch Concept Drift*

Liebe/r Teilnehmer/in,

mein Name ist Neira Polzer, ich studiere Wirtschaftsinformatik an der Hochschule für angewandte Wissenschaften Hamburg und verfasse derzeit meine Bachelorarbeit. Aufgrund meines Themas zu möglichen Visualisierungsansätzen für Veränderungen in Prozessmodellen durch Concept Drift, habe ich einen Fragebogen verfasst. Das Ziel des Fragebogens ist es zwei Visualisierungsansätze zu bewerten und Verbesserungsmöglichkeiten herauszustellen.

Der vorliegende Fragebogen umfasst 43 Fragen. Bitte markieren Sie die Antwort bzw. mehrere Antworten, die Ihrer Meinung nach zutreffen. Die Bearbeitungsdauer dieser Umfrage beträgt etwa 20 Minuten. Für die Erhebung der Studie ist es wichtig, dass Sie den Fragebogen vollständig ausfüllen und keine der Fragen auslassen. Die Teilnahme an dieser Umfrage ist freiwillig und ohne die Nennung Ihres Namens möglich. Alle Daten werden anonym behandelt. Die Veröffentlichung der Ergebnisse wird in anonymisierter Form erfolgen, d.h. ohne dass Daten einzelnen Personen zugeordnet werden können.

Vielen Dank für Ihre Teilnahme.

Visualisierungen

Es werden Ihnen verschiedene Prozessmodelle und deren Veränderungen dargestellt. Betrachten Sie diese und kreuzen Sie die intuitiv passende/n Antwort/en an. Je nach Darstellung kann eine oder mehrere Antworten zutreffend sein.

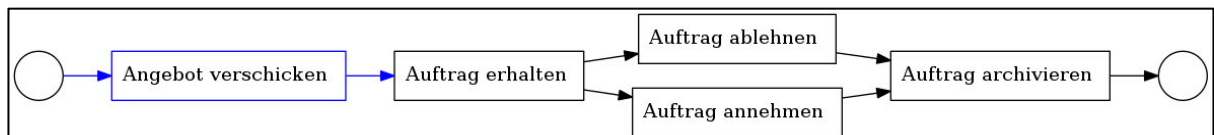
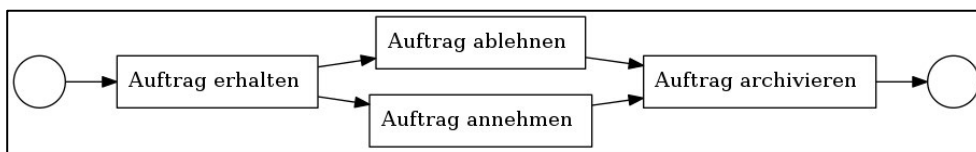
Mögliche Veränderungen:

Aktivität hinzufügen – es wird eine Aktivität im Prozessmodell hinzugefügt, welche zuvor noch nicht vorhanden war.

Aktivität löschen – es wird eine Aktivität aus dem Prozessmodell gelöscht, die zuvor im Prozessmodell vorhanden war.

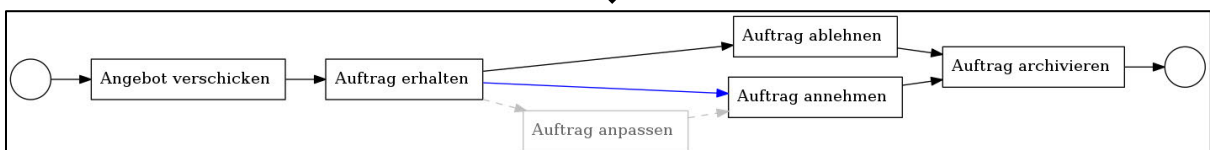
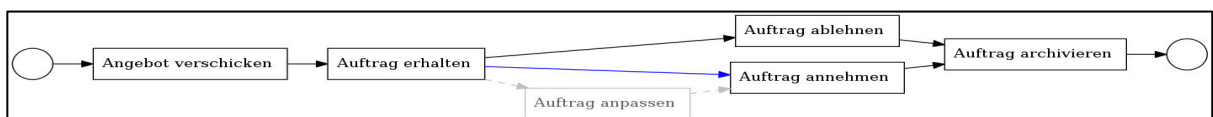
Aktivität verschieben – eine Aktivität, die im Prozessmodell vorhanden war, wird an eine andere Position im Prozessmodell verschoben.

1. Welche Veränderung/en wird/werden hier dargestellt?



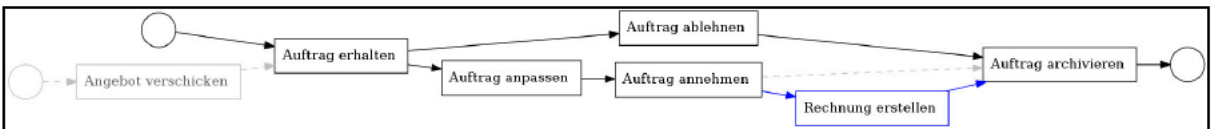
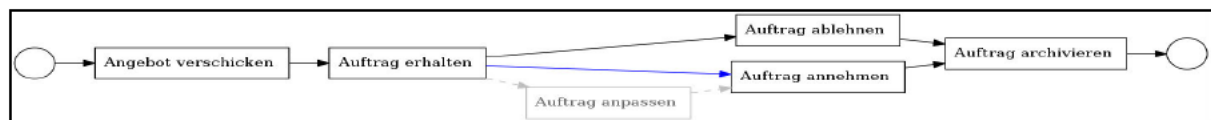
- ☐ Aktivität hinzufügen
☐ Aktivität entfernen
☐ Aktivität verschieben

2. Welche Veränderung/en wird/werden hier dargestellt?



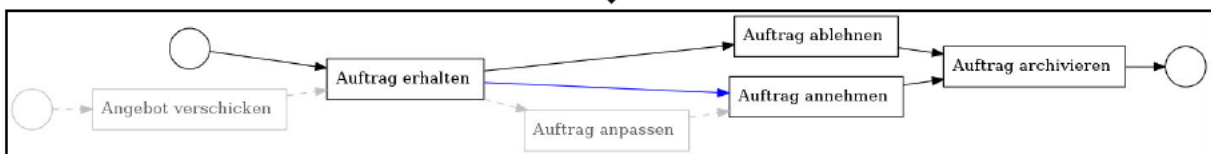
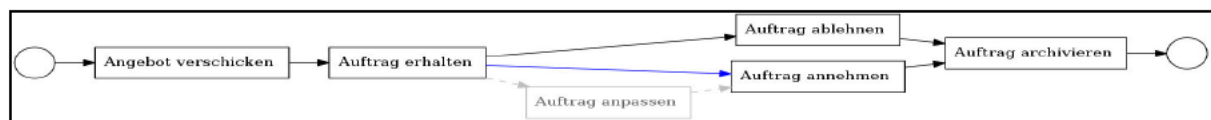
- ☐ Aktivität hinzufügen
☐ Aktivität entfernen
☐ Aktivität verschieben

3. Welche Veränderung/en wird/werden hier dargestellt?



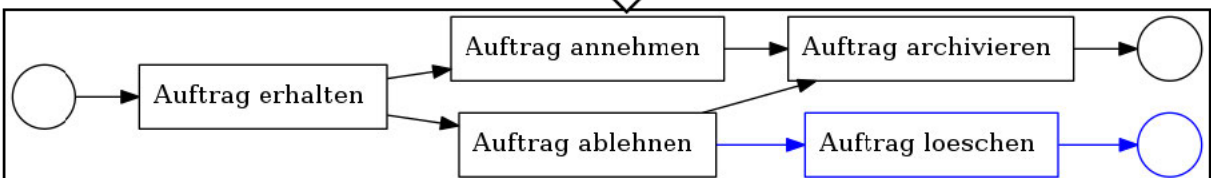
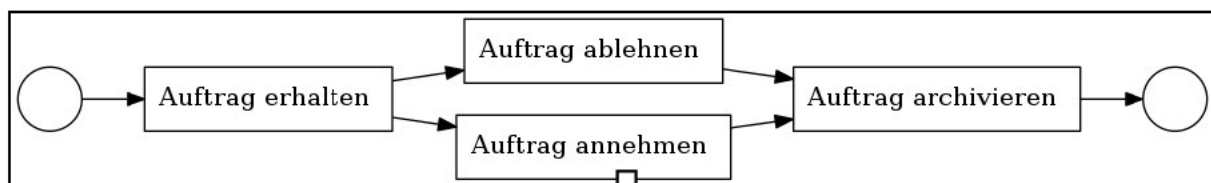
- ☐ Aktivität hinzufügen
- ☐ Aktivität entfernen
- ☐ Aktivität verschieben

4. Welche Veränderung/en wird/werden hier dargestellt?



- ☐ Aktivität hinzufügen
- ☐ Aktivität entfernen
- ☐ Aktivität verschieben

Welche Veränderung/en wird/werden hier dargestellt?



- ☐ Aktivität hinzufügen
- ☐ Aktivität entfernen
- ☐ Aktivität verschieben

Visualisierungsansätze

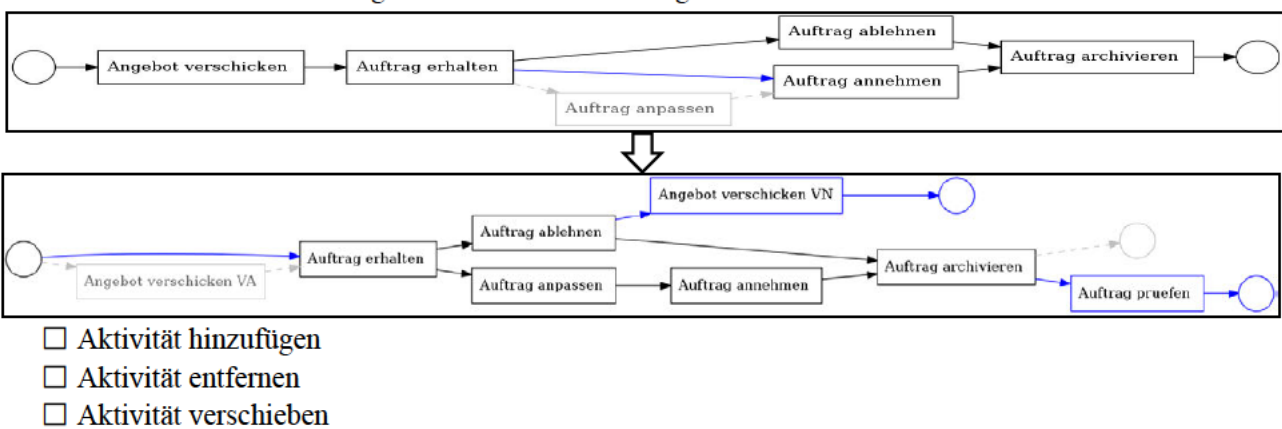
Im Folgenden werden zwei Varianten zur Visualisierung der Verschiebung von Aktivitäten durch Concept Drift dargestellt. Dabei werden wie zuvor Prozessbeispiele gezeigt. Anschließend werden Fragen zum Bewerten des jeweiligen Visualisierungsansatzes gestellt.

Visualisierung - Variante 1

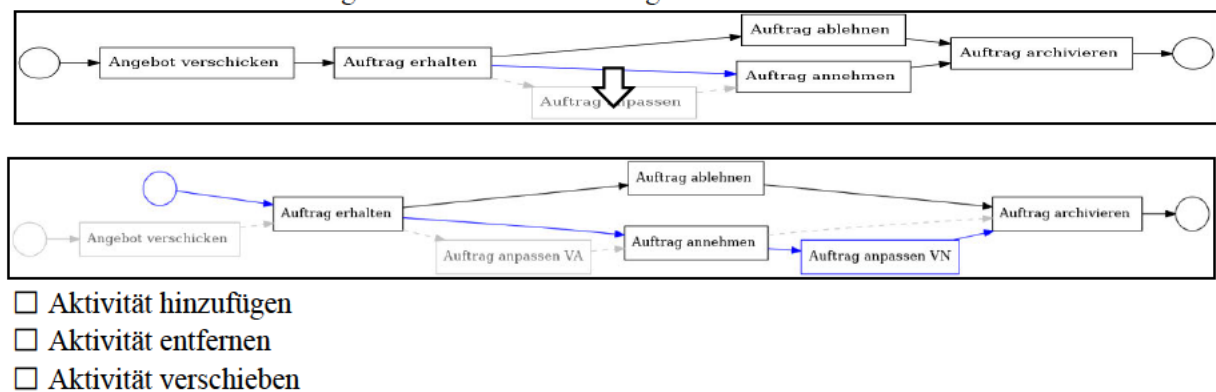
Glossar: VA = Verschoben Alt

VN = Verschoben Neu

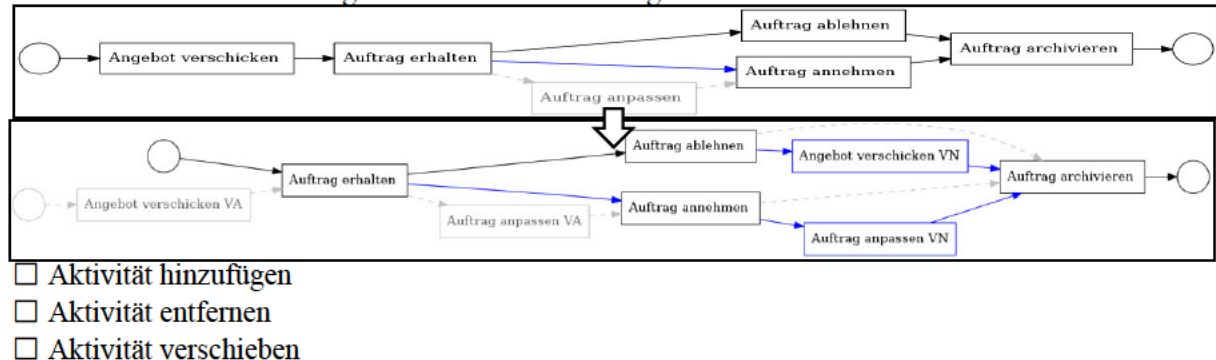
1. Welche Veränderung/en wird/werden hier dargestellt?



2. Welche Veränderung/en wird/werden hier dargestellt?



3. Welche Veränderung/en wird/werden hier dargestellt?



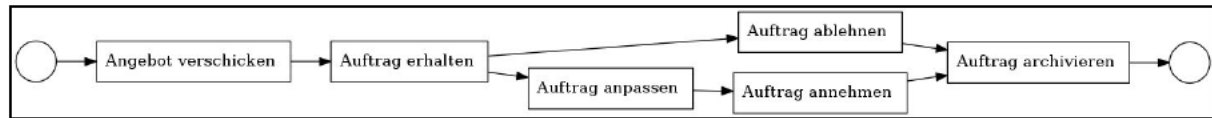
Bitte bewerten Sie die folgenden Aussagen im Bezug zu den vorherigen Darstellungen zu Variante 1:					
	trifft völlig zu	trifft zu	teils/teils	trifft nicht zu	trifft gar nicht zu
Aktivität <i>entfernen</i> lässt sich von Aktivität <i>verschieben</i> unterscheiden	☐	☐	☐	☐	☐
Aktivität <i>hinzufügen</i> lässt sich von Aktivität <i>verschieben</i> unterscheiden	☐	☐	☐	☐	☐
Aktivität <i>hinzufügen</i> lässt sich von Aktivität <i>entfernen</i> unterscheiden	☐	☐	☐	☐	☐
Die graue Schrift ist ausreichend lesbar	☐	☐	☐	☐	☐
Die grauen Striche sind ausreichend sichtbar	☐	☐	☐	☐	☐
Die blauen Striche sind ausreichend sichtbar	☐	☐	☐	☐	☐
Die Farben unterstützen bei der Erkennung der Veränderung	☐	☐	☐	☐	☐
Durch die Kürzel VN und VA sind die verschobenen Aktivitäten besser zu erkennen	☐	☒	☐	☐	☐
Die Veränderungen im Prozessmodell lassen sich schnell erkennen	☐	☐	☐	☐	☐

Anmerkungen:

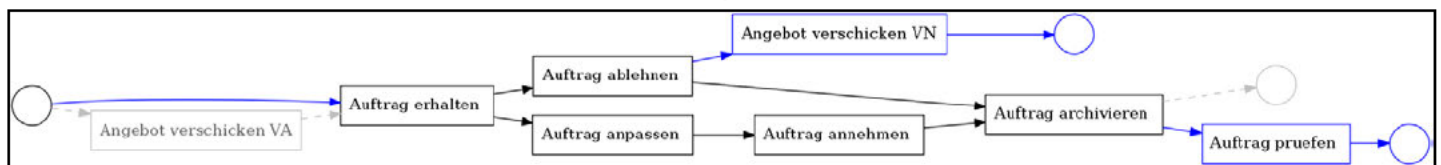
Klicken oder tippen Sie hier, um Text einzugeben.

Prozessverlauf - Variante 1

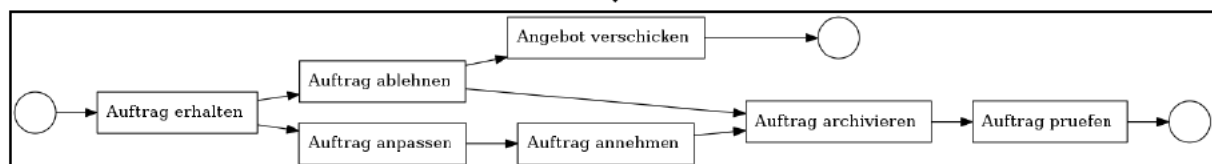
Im Folgenden wird der Verlauf der Veränderung eines Prozesses dargestellt. Die Visualisierung stellt die Veränderungen der Event Logs zueinander als Prozessmodelle dar. Versuchen Sie die Veränderungen nachzuvollziehen. Am Ende der Seite werden dazu Fragen gestellt.



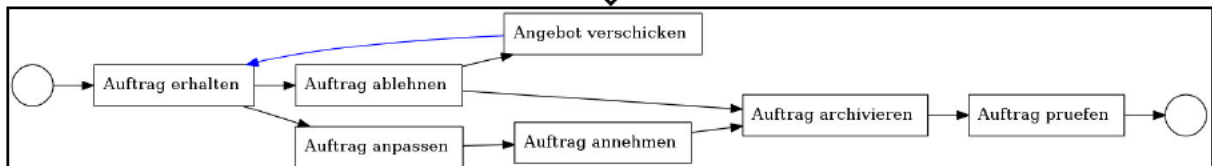
Visualisierung des 1. Event Logs



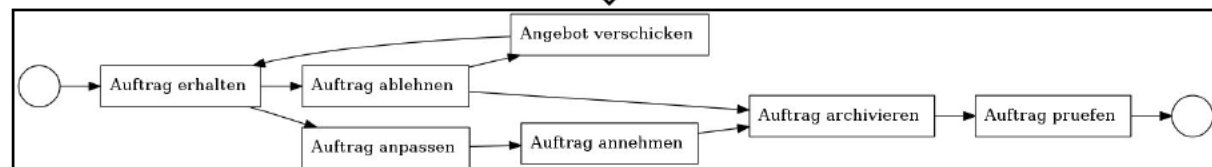
Visualisierung der Veränderungen vom 1. Event Log zum 2. Event Log



Visualisierung des 2. Event Logs



Visualisierung der Veränderungen vom 2. Event Log zum 3. Event Log

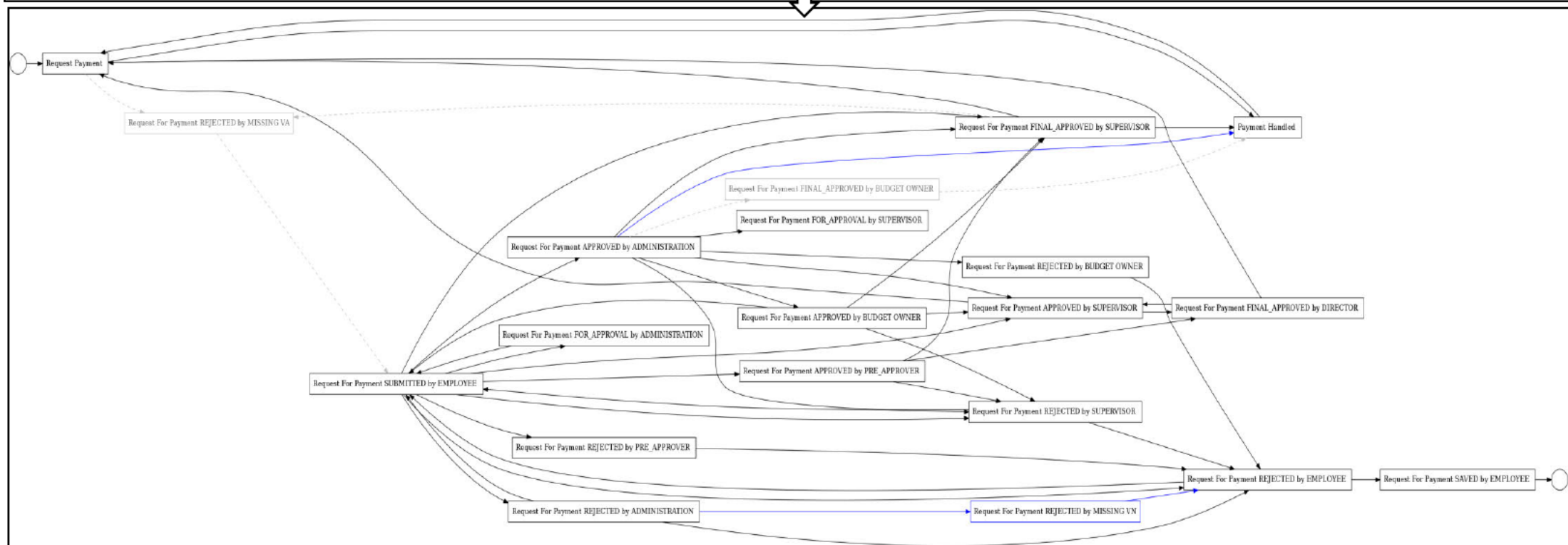
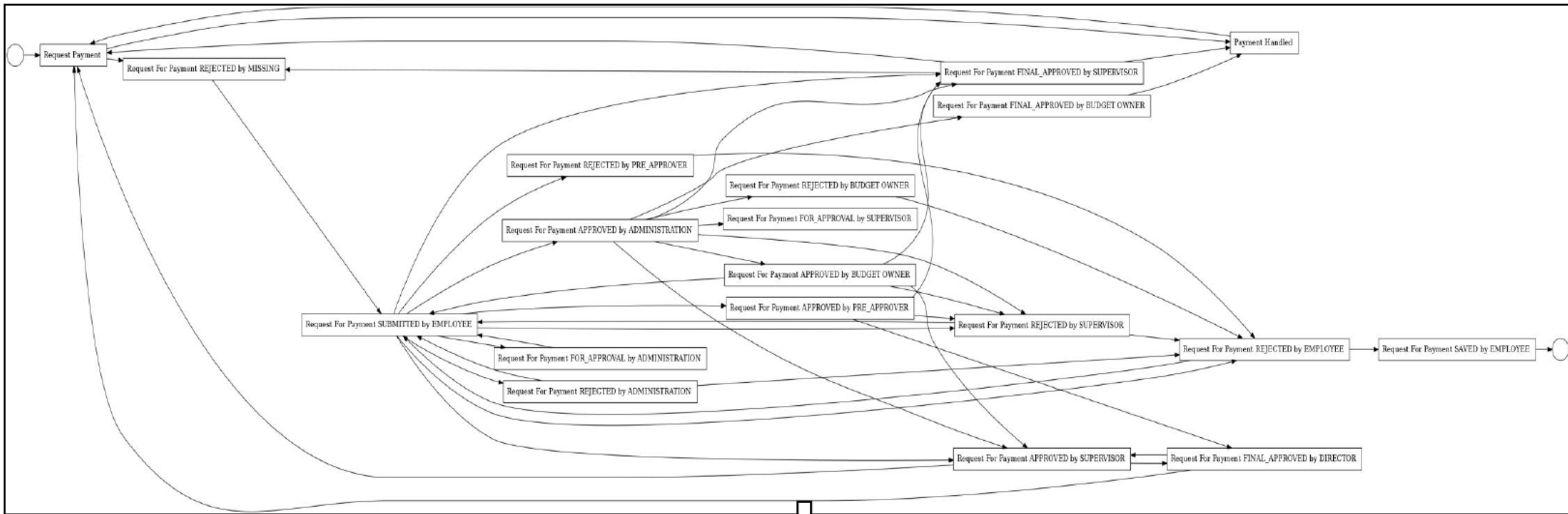


Visualisierung des 3. Event Logs

Bitte bewerten Sie die folgenden Aussagen im Bezug zum dargestellten Prozessverlauf.

	trifft völlig zu	trifft zu	teils/teils	trifft nicht zu	trifft gar nicht zu
Die Visualisierung verbessert das Verständnis für die Veränderungen der Prozessmodelle	☐	☐	☐	☐	☐
Der Verlauf der Veränderungen der Prozessmodelle ist erkennbar	☐	☐	☐	☐	☐

Betrachten Sie die Veränderung des Prozessmodells und beantworten Sie die Fragen auf der nächsten Seite.



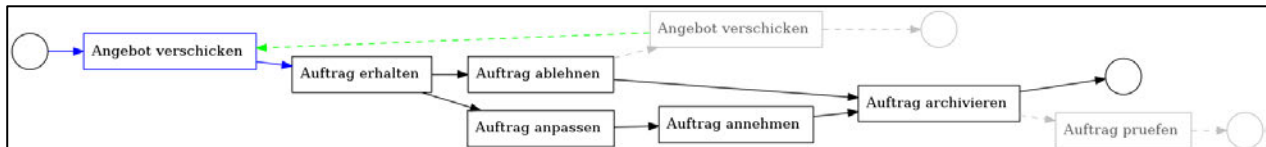
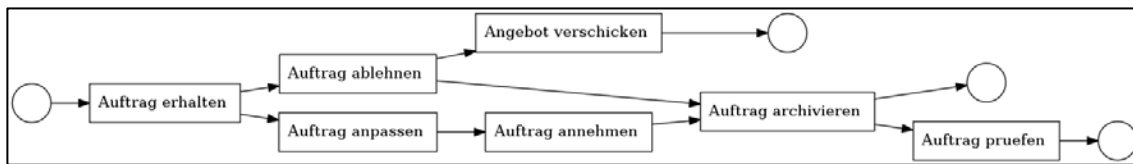
Bitte bewerten Sie die folgenden Aussagen für das vorherige Prozessmodell:					
	trifft völlig zu	trifft zu	teils /teils	trifft nicht zu	trifft gar nicht zu
Die graue Schrift ist ausreichend lesbar	☐	☐	☐	☐	☐
Die grauen Striche sind ausreichend sichtbar	☐	☐	☐	☐	☐
Die blauen Striche sind ausreichend sichtbar	☐	☐	☐	☐	☐
Die Veränderungen im Prozessmodell lassen sich schnell erkennen	☐	☐	☐	☐	☐

Anmerkungen:

Klicken oder tippen Sie hier, um Text einzugeben.

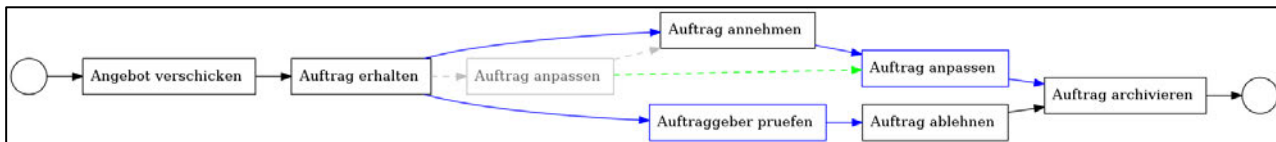
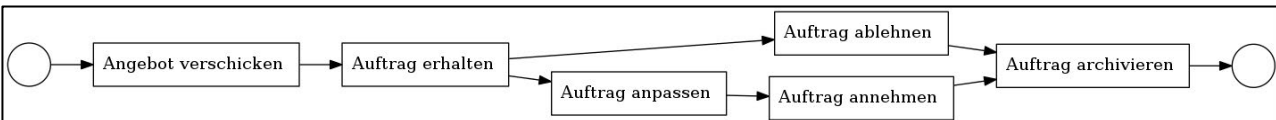
Visualisierung - Variante 2

1. Welche Veränderung/en wird/werden hier dargestellt?



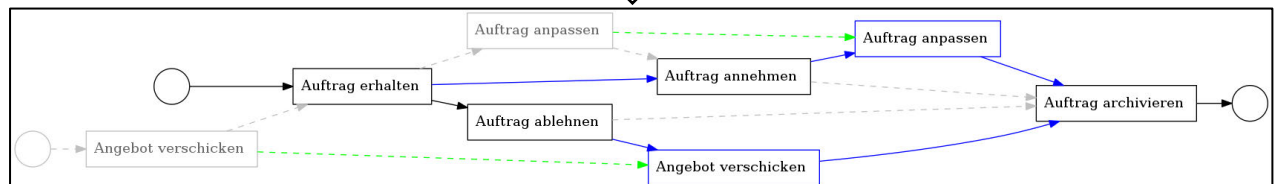
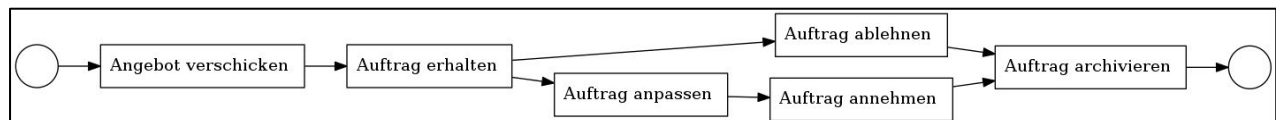
- ☐ Aktivität hinzufügen
- ☐ Aktivität entfernen
- ☐ Aktivität verschieben

2. Welche Veränderung wird/werden hier dargestellt?



- ☐ Aktivität hinzufügen
- ☐ Aktivität entfernen
- ☐ Aktivität verschieben

3. Welche Veränderung wird/werden dargestellt?



- ☐ Aktivität hinzufügen
- ☐ Aktivität entfernen
- ☐ Aktivität verschieben

Bitte bewerten Sie die folgenden Aussagen im Bezug zu den vorherigen Darstellungen zu Variante 2:					
	trifft völlig zu	trifft zu	teils /teils	trifft nicht zu	trifft gar nicht zu
Aktivität <i>entfernen</i> lässt sich von Aktivität <i>verschieben</i> unterscheiden	☐	☒	☐	☐	☐
Aktivität <i>hinzufügen</i> lässt sich von Aktivität <i>verschieben</i> unterscheiden	☐	☐	☐	☐	☐
Aktivität <i>hinzufügen</i> lässt sich von Aktivität <i>entfernen</i> unterscheiden	☐	☐	☐	☐	☐
Die graue Schrift ist ausreichend lesbar	☐	☐	☐	☐	☐
Die grauen Striche sind ausreichend sichtbar	☐	☐	☐	☐	☐
Die blauen Striche sind ausreichend sichtbar	☐	☐	☐	☐	☐
Der grüne Strich ist ausreichend sichtbar	☐	☐	☐	☐	☐
Die Farben unterstützen bei der Erkennung der Veränderung	☐	☐	☐	☐	☐
Durch den grünen Strich kann die verschobene Aktivität schnell erkannt werden	☐	☐	☐	☐	☐
Die Veränderungen im Prozessmodell lassen sich schnell erkennen	☐	☐	☐	☐	☐

Anmerkungen:

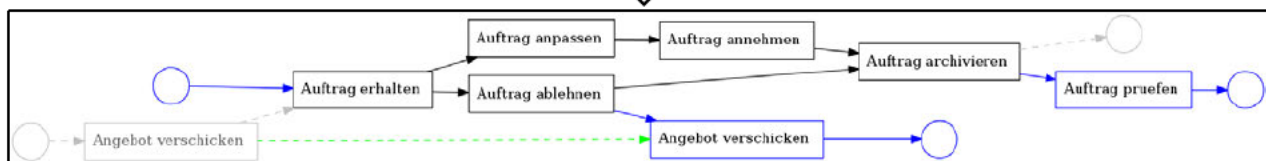
Klicken oder tippen Sie hier, um Text einzugeben.

Prozessverlauf - Variante 2

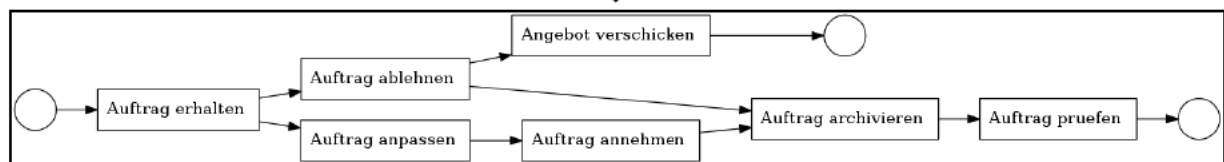
Im Folgenden wird der Verlauf der Veränderung eines Prozesses dargestellt. Die Visualisierung stellt die Veränderungen der Event Logs zueinander als Prozessmodelle dar. Versuchen Sie die Veränderungen nachzuvollziehen. Am Ende der Seite werden dazu Fragen gestellt.



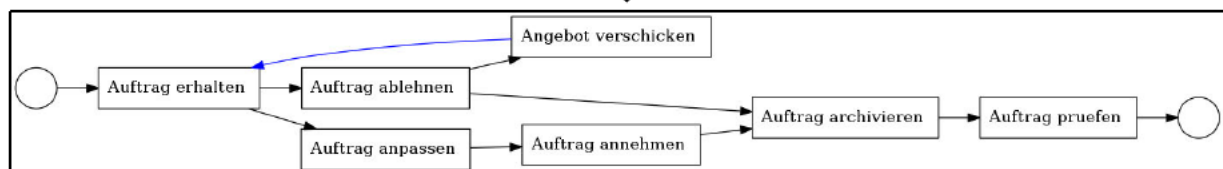
Visualisierung des 1. Event Logs



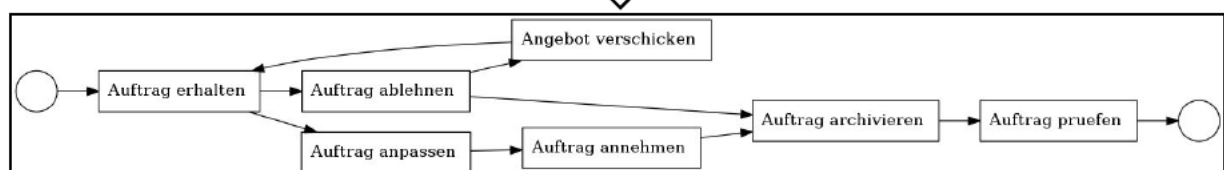
Visualisierung der Veränderungen vom 1. Event Log zum 2. Event Log



Visualisierung des 2. Event Logs



Visualisierung der Veränderungen vom 2. Event Log zum 3. Event Log



Bitte bewerten Sie die folgenden Aussagen im Bezug zum dargestellten Prozessverlauf.

	trifft völlig zu	trifft zu	teils/teils	trifft nicht zu	trifft gar nicht zu
Die Visualisierung verbessert das Verständnis für die Veränderungen der Prozessmodelle	☐	☐	☐	☐	☐
Der Verlauf der Veränderungen der Prozessmodelle ist erkennbar	☐	☐	☐	☐	☐



Bitte bewerten Sie die folgenden Aussagen für das vorherige Prozessmodell:					
	trifft völlig zu	trifft zu	teils/teils	trifft nicht zu	trifft gar nicht zu
Die graue Schrift ist ausreichend lesbar	☐	☐	☐	☐	☐
Die grauen Striche sind ausreichend sichtbar	☐	☐	☐	☐	☐
Die blauen Striche sind ausreichend sichtbar	☐	☐	☐	☐	☐
Der grüne Strich ist ausreichend sichtbar	☐	☐	☐	☐	☐
Die Veränderungen im Prozessmodell lassen sich schnell erkennen	☐	☐	☐	☐	☐

Anmerkungen:

Klicken oder tippen Sie hier, um Text einzugeben.

Erklärung zur selbstständigen Bearbeitung einer Abschlussarbeit

Hiermit versichere ich, dass ich die vorliegende Arbeit ohne fremde Hilfe selbständig verfasst und nur die angegebenen Hilfsmittel benutzt habe. Wörtlich oder dem Sinn nach aus anderen Werken entnommene Stellen sind unter Angabe der Quellen kenntlich gemacht.

_____	_____	
Ort	Datum	Unterschrift im Original