



ulm university universität  
**ulm**

**Universität Ulm** | 89069 Ulm | Germany

**Fakultät für  
Ingenieurwissenschaften  
und Informatik**  
Institut für Datenbanken  
und Informationssysteme

# **Vergleich der Anwendbarkeit von deklarativen und imperativen Prozessmodellierungsansätzen im Kontext von Softwareentwicklungsprozessen**

Masterarbeit an der Universität Ulm

## **Vorgelegt von:**

Bianka Hampp

[bianka.hampp@uni-ulm.de](mailto:bianka.hampp@uni-ulm.de)

## **Gutachter:**

Manfred Reichert

Vera Künzle

## **Betreuer:**

Gregor Grambow

2014

Fassung 15. Dezember 2014

© 2014 Bianka Hampp

This work is licensed under the Creative Commons. Attribution-NonCommercial-ShareAlike 3.0 License. To view a copy of this license, visit <http://creativecommons.org/licenses/by-nc-sa/3.0/de/> or send a letter to Creative Commons, 543 Howard Street, 5th Floor, San Francisco, California, 94105, USA.

Satz: PDF-L<sup>A</sup>T<sub>E</sub>X 2<sub>ε</sub>

## **Kurzfassung**

Softwaresysteme sind heutzutage aus dem täglichen Leben nicht mehr weg zu denken. Sie finden sich in jedem elektronischen Gerät und kaum jemand kann in der jetzigen Zeit auf Softwaresysteme verzichten. Da die Herstellung von Softwaresystemen mit einer sehr hohen Komplexität einhergeht, ist es wichtig, bei deren Erstellung einem Softwareentwicklungsprozess zu folgen. Softwareentwicklungsprozesse geben Aktivitäten vor, welche zur Herstellung von Software notwendig sind. Dadurch helfen sie, die Entwicklung von Software zu strukturieren. Drei sehr bekannte Vertreter von Softwareentwicklungsprozessen sind Scrum, Open UP und das V-Modell XT.

An der Entwicklung von Software sind oftmals eine Reihe verschiedener Personen mit unterschiedlichen fachlichen Hintergründen beteiligt. Diese müssen alle den vorgegebenen Softwareentwicklungsprozess verstehen. Da eine rein textuelle Beschreibung der selbigen oftmals sehr umfangreich ist, bieten sich Prozessmodellierungssprachen zur Beschreibung von Softwareentwicklungsprozessen an da diese sowohl eine formale Korrektheit aufweisen aber auch intuitiv verständlich sind.

Es existieren inzwischen eine ganze Reihe verschiedener Prozessmodellierungssprachen. Deren Vor- und Nachteile werden intensiv diskutiert. Hierbei wird auch der Unterschied zwischen deklarativen und imperativen Prozessmodellierungssprachen erörtert.

Aus diesem Grund werden in dieser Arbeit Teile der drei Softwareentwicklungsprozesse Scrum, Open UP und V-Modell XT sowohl in imperativer als auch in deklarativer Prozessmodellierungssprache modelliert und anhand der daraus entstehenden Modelle wird die Anwendbarkeit der imperativen und deklarativen Prozessmodellierungsansätze verglichen.



## **Danksagung**

An dieser Stelle bedanke ich mich bei allen, die mich während meines Studiums und bei der Erstellung meiner Masterarbeit unterstützt haben.

Ich möchte Herrn Prof. Dr. Manfred Reichert danken, der es mir ermöglicht hat, diese Arbeit am Institut für Datenbanken und Informationssysteme zu schreiben.

Ein besonderer Dank gilt meinem Betreuer Herrn Gregor Grambow, der mir während des Verfassens meiner Masterarbeit unterstützend zur Seite stand und mir mit großer Hilfsbereitschaft, Korrekturlesen und Hinweisen bei der Erstellung dieser Arbeit geholfen hat.

Zudem danke ich allen Studenten und Doktoranden, die an meiner Studie teilgenommen haben und sich die Zeit genommen haben, meinen Fragebogen auszufüllen.

Außerdem möchte ich mich bei meinen Betreuern bei den Unternehmen Airbus Group, Nokia und Daimler AG bedanken, welche mir die letzten fünf Jahre durch Werkstudententätigkeiten die Möglichkeit gegeben haben, meine theoretischen Kenntnisse durch praktische Erfahrungen zu vertiefen und zu erweitern. An dieser Stelle danke ich auch meinen Arbeitskollegen in diesen Unternehmen für die gute Zusammenarbeit.

Des Weiteren bedanke ich mich bei Freunden und Kommilitonen der Universität Ulm für ihre moralische Unterstützung während des Studiums und beim Verfassen dieser Arbeit bedanken. Zudem möchte ich meinen Kommilitonen der Universität Ulm für die angenehme Studienzeit danken. Aus Platzgründen können diese hier nicht alle namentlich erwähnt werden.

Weiterhin danke ich meinen Eltern Vera und Rolf Hampp, meiner Schwester Frau Dr. Gabriele Hampp und meiner Patin Frau Ingeborg Grumer, die mich während des Studiums stets unterstützt haben.



# Inhaltsverzeichnis

<b>1. Einleitung</b>	<b>1</b>
1.1. Motivation . . . . .	2
1.2. Zielstellung . . . . .	3
1.3. Aufbau der Arbeit . . . . .	4
<b>2. Prozessmodelle</b>	<b>7</b>
2.1. Software Engineering . . . . .	7
2.2. Softwareentwicklungsprozesse . . . . .	8
2.2.1. Software-Projekttypen . . . . .	10
2.2.2. Schwergewichtige und Leichtgewichtige Prozessmodelle . . . . .	11
<b>3. Modellierung</b>	<b>13</b>
3.1. Prozessmodellierung . . . . .	14
3.1.1. Ziele der Prozessmodellierung . . . . .	14
3.1.2. Grundsätze ordnungsgemäßer Modellierung . . . . .	15
3.2. Prozessmodellierungssprachen . . . . .	18
3.2.1. Imperative Modellierung . . . . .	19
3.2.2. Deklarative Modellierung . . . . .	23
3.3. Modellierungswerzeuge . . . . .	25
3.3.1. Signavio . . . . .	26
3.3.2. Declare . . . . .	27

## *Inhaltsverzeichnis*

<b>4. Anforderungserhebung</b>	<b>31</b>
4.1. Vergleichskriterien . . . . .	31
4.1.1. Richtigkeit . . . . .	33
4.1.2. Systematischer Aufbau . . . . .	34
4.1.3. Relevanz . . . . .	34
4.1.4. Klarheit . . . . .	35
4.1.5. Wirtschaftlichkeit der Prozessmodelle . . . . .	37
4.1.6. Vergleichbarkeit . . . . .	38
<b>5. Modellierung für Softwareentwicklungsprozesse</b>	<b>41</b>
5.1. Scrum . . . . .	42
5.1.1. Analyse Scrum . . . . .	42
5.1.2. Imperative Modellierung Scrum . . . . .	45
5.1.3. Deklarative Modellierung Scrum . . . . .	49
5.1.4. Vergleich . . . . .	51
5.2. Open Unified Process (Open UP) . . . . .	55
5.2.1. Analyse von Open UP . . . . .	56
5.2.2. Imperative Modellierung Open UP . . . . .	61
5.2.3. Deklarative Modellierung Open UP . . . . .	77
5.2.4. Vergleich . . . . .	86
5.3. V-Modell XT . . . . .	94
5.3.1. Analyse V-Modell XT . . . . .	95
5.3.2. Imperative Modellierung V-Modell XT . . . . .	105
5.3.3. Deklarative Modellierung V-Modell XT . . . . .	112
5.3.4. Vergleich . . . . .	119
5.4. Übergreifender Vergleich . . . . .	124
<b>6. Validierung</b>	<b>129</b>
6.1. Forschungsfragen . . . . .	129
6.2. Design der Studie . . . . .	131
6.2.1. Verständnisfragen . . . . .	132
6.2.2. Umfragewerkzeug und Durchführung . . . . .	133

## *Inhaltsverzeichnis*

6.2.3. Auswertung . . . . .	133
6.3. Durchführung der Studie . . . . .	133
6.3.1. Teilnehmer . . . . .	133
6.3.2. Ergebnisse Verständnisfragen . . . . .	135
6.3.3. Ergebnisse Meinungsfragen . . . . .	141
6.4. Fazit der Studie . . . . .	145
6.4.1. Grenzen der Studie . . . . .	148
<b>7. Verwandte Arbeiten</b>	<b>151</b>
7.1. Modellierung von Softwareentwicklungsprozessen . . . . .	151
7.2. Verständlichkeit von Prozessmodellierungssprachen . . . . .	153
7.3. Vergleich von Prozessmodellierungssprachen . . . . .	154
<b>8. Zusammenfassung und Ausblick</b>	<b>157</b>
8.1. Zusammenfassung und Fazit . . . . .	157
8.2. Ausblick . . . . .	159
<b>A. BPMN Notation</b>	<b>163</b>
<b>B. ConDec Notation</b>	<b>167</b>
<b>C. Fragebögen</b>	<b>173</b>
<b>D. Rohdaten</b>	<b>197</b>



# 1

## Einleitung

In der heutigen Zeit sind Softwaresysteme aus dem täglichen Leben nicht mehr weg zu denken [Pun07]. Diese zeigen bei deren Entwicklung oftmals ein hohes Maß an Komplexität und Umfang auf. Sie müssen nicht nur eine hohe Qualität aufweisen, sondern auch in einer vorgegebenen Zeit zu festgelegten Kosten fertig gestellt werden [GBBK10]. Deshalb muss die Entwicklung von Software systematisch durchgeführt werden [GS12]. Aus diesem Grund ist es wichtig, bei der Entwicklung eines Systems einem effizienten Softwareentwicklungsprozess zu folgen, da Softwareentwicklungsprozesse den Entwicklungsprozess strukturieren und dadurch beherrschbar machen, indem sie eine Menge von Aktivitäten vorgeben, welche zur Fertigstellung der Software notwendig sind [RWJ<sup>+</sup>11]. Hierbei werden die grundlegenden Aktivitäten bei der Entwicklung eines Softwaresystems wie Planung, Spezifikation, Design, Implementierung und Test strukturiert [GS12, Han10].

## *1. Einleitung*

Inzwischen existiert eine Reihe verschiedener Softwareentwicklungsprozesse. Diese unterscheiden sich in leichtgewichtige (weniger formal, kaum Dokumentation) und schwergewichtige (sehr formale, dokumentenlastige Vorgehensweise) Prozessmodelle. Scrum ist ein Beispiel für ein leichtgewichtiges Prozessmodell, beim V-Modell XT handelt es sich um ein schwergewichtiges Prozessmodell und der Open Rational Unified Process (Open UP) befindet sich an einer Schnittstelle zwischen schwergewichtigen und leichtgewichtigen Prozessmodellen [Han10].

Um Softwareentwicklungsprozesse richtig anzuwenden, müssen diese auch verstanden werden. Eine rein textuelle Beschreibung der selbigen ist oftmals sehr umfangreich. Daher sollten diese in einer vereinfachten Art dargestellt werden. Hierfür bieten sich Prozessmodellierungssprachen an, da diese einerseits eine gewisse formale Exaktheit aufweisen und andererseits oftmals auch intuitiv verständlich sind [Tho09, Kir06].

### **1.1. Motivation**

Heutzutage existiert eine Vielzahl unterschiedlicher Prozessmodellierungssprachen. Über deren Vor- und Nachteile wird intensiv diskutiert. Hierbei werden auch sehr häufig die Vorzüge und Nachteile von imperativen und deklarativen Prozessmodellierungssprachen beleuchtet [FMR<sup>+</sup>10].

Es gibt bereits Arbeiten und Studien, welche den Vergleich von imperativen und deklarativen Prozessmodellierungssprachen untersuchen. Jedoch gibt es noch kaum Arbeiten, welche sich intensiv mit dem Vergleich der Anwendbarkeit der beiden Prozessmodellierungssprachen bei der Modellierung beschäftigen.

Aus diesem Grund wird die Anwendbarkeit von imperativen und deklarativen Prozessmodellierungsansätzen in dieser Arbeit im Kontext von Softwareentwicklungsprozessen eingehend untersucht werden. Hierfür werden Teile der Softwareentwicklungsprozesse

## *1.2. Zielstellung*

Scrum, Open UP und V-Modell XT sowohl in imperativer als auch in deklarativer Prozessmodellierungssprache modelliert und anschließend wird deren Anwendbarkeit in diesem Kontext analysiert und diskutiert.

### **1.2. Zielstellung**

Die vorliegende Arbeit verfolgt das Ziel, die Anwendbarkeit von deklarativen und imperativen Prozessmodellierungssprachen zu vergleichen. Hierfür soll dem Leser der vorliegenden Arbeit ein grundlegendes Wissen über Software Engineering und Softwareentwicklungsmodelle vermittelt werden. Weiterhin sollen ihm auch grundlegende Kenntnisse in den Bereichen Prozessmodellierung und Prozessmodellierungssprachen, insbesondere imperative und deklarative Prozessmodellierungssprachen beigebracht werden.

Zudem soll eine Einführung des Lesers in die Softwareentwicklungsprozesse Scrum, Open UP und V-Modell XT erfolgen. Das Ziel ist es hier, diese drei Modelle zu analysieren und somit für die nachfolgende Modellierung aufzubereiten.

Ein wichtiges Ziel dieser Arbeit ist es, Teile der Softwareentwicklungsprozesse Scrum, Open UP und V-Modell XT in der imperativen Prozessmodellierungssprache BPMN und in der deklarativen Prozessmodellierungssprache ConDec zu modellieren. Hierdurch wird der Grundstein für den nachfolgenden Vergleich dieser Modelle gelegt.

Das Hauptziel dieser Arbeit ist der Vergleich der Anwendbarkeit der deklarativen und imperativen Prozessmodellierungssprachen. Hierfür werden die zuvor erstellten Modelle genauestens analysiert und die beiden Prozessmodellierungssprachen BPMN und ConDec werden dann bezüglich ihrer Eignung zum Modellieren miteinander verglichen.

## *1. Einleitung*

Ein weiteres Ziel ist die Validierung des Vergleiches. Die Validierung wird mit Hilfe einer Studie durchgeführt, bei welcher mehrere Studierende und Doktoranden der Informatik befragt werden.

## **1.3. Aufbau der Arbeit**

Eine Übersicht über den Aufbau dieser Arbeit gibt Abbildung 1.1. Zunächst werden in Kapitel 2 und 3 grundlegende Begriffe erläutert, welche für das Verständnis der vorliegenden Arbeit notwendig sind.

Kapitel 2 liefert einen Einblick in Prozessmodelle. In Kapitel 2.1 wird der Begriff Software Engineering eingeführt. Anschließend werden in Kapitel 2.2 Softwareprozesse erläutert. Hierfür werden Software-Projekttypen sowie schwergewichtige und leichtgewichtige Prozessmodelle definiert.

In Kapitel 3 erfolgt eine Einführung in die Grundlagen der Modellierung. Zum einen werden in Kapitel 3.1 Prozessmodellierung, die Ziele der Prozessmodellierung sowie die Grundsätze ordnungsgemäßer Modellierung vorgestellt. Zum anderen erfolgt in Kapitel 3.2 eine allgemeine Einführung in Prozessmodellierungssprachen und vor allem werden die in dieser Arbeit verwendete imperative und deklarative Modellierung erklärt. Des Weiteren werden noch in Kapitel 3.3 die in der vorliegenden Arbeit verwendeten Modellierungswerzeuge beschrieben.

Die Anforderungserhebung erfolgt in Kapitel 4. Hier werden in Kapitel 4.1 die Vergleichskriterien für die beiden Prozessmodellierungssprachen erläutert.

Die imperative und deklarative Modellierung für Software Engineering Prozessmodelle erfolgt in Kapitel 5. Es wird das Software Engineering Prozessmodell Scrum in Kapitel

### *1.3. Aufbau der Arbeit*

5.1 zunächst eingeführt, anschließend analysiert, imperativ und deklarativ modelliert und die imperativen und deklarativen Modellierungen werden miteinander verglichen. In Kapitel 5.2 wird dann der Open Unified Process (Open UP) vorgestellt, es folgt eine Analyse des selbigen und es werden imperative und deklarative Modelle des Open UP erstellt und miteinander verglichen. Das V-Modell XT wird in Kapitel 5.3 erläutert, analysiert, imperativ und deklarativ modelliert und die jeweiligen Modelle werden einander gegenüber gestellt. In Kapitel 5.4 erfolgt ein übergreifender Vergleich der imperativen und deklarativen Modelle.

Die Validierung der Ergebnisse aus Kapitel 5 wird in Kapitel 6 durchgeführt. Zunächst werden in Kapitel 6.1 die Forschungsfragen vorgestellt. Anschließend wird in Kapitel 6.2 das Design der Studie erklärt und es wird in Kapitel 6.3 die Durchführung der Studie erläutert. Abschließend erfolgt in Kapitel 6.4 ein Fazit der Studie.

Kapitel 7 widmet sich verwandten Arbeiten zur vorliegenden Arbeit. Zunächst werden in Kapitel 7.1 verwandte Arbeiten zur Modellierung von Software Engineering Prozessmodellen gegenüber der vorliegenden Arbeit abgegrenzt. Weiterhin werden in Kapitel 7.2 Arbeiten über die Verständlichkeit von Prozessmodellierungssprachen und in Kapitel 7.3 Arbeiten über den Vergleich von Prozessmodellierungssprachen dargelegt und der Thematik dieser Arbeit gegenüber gestellt.

Kapitel 8 fasst die gesamte Arbeit nochmals zusammen und gibt einen Ausblick auf zukünftige Forschung in dieser Thematik.

## 1. Einleitung

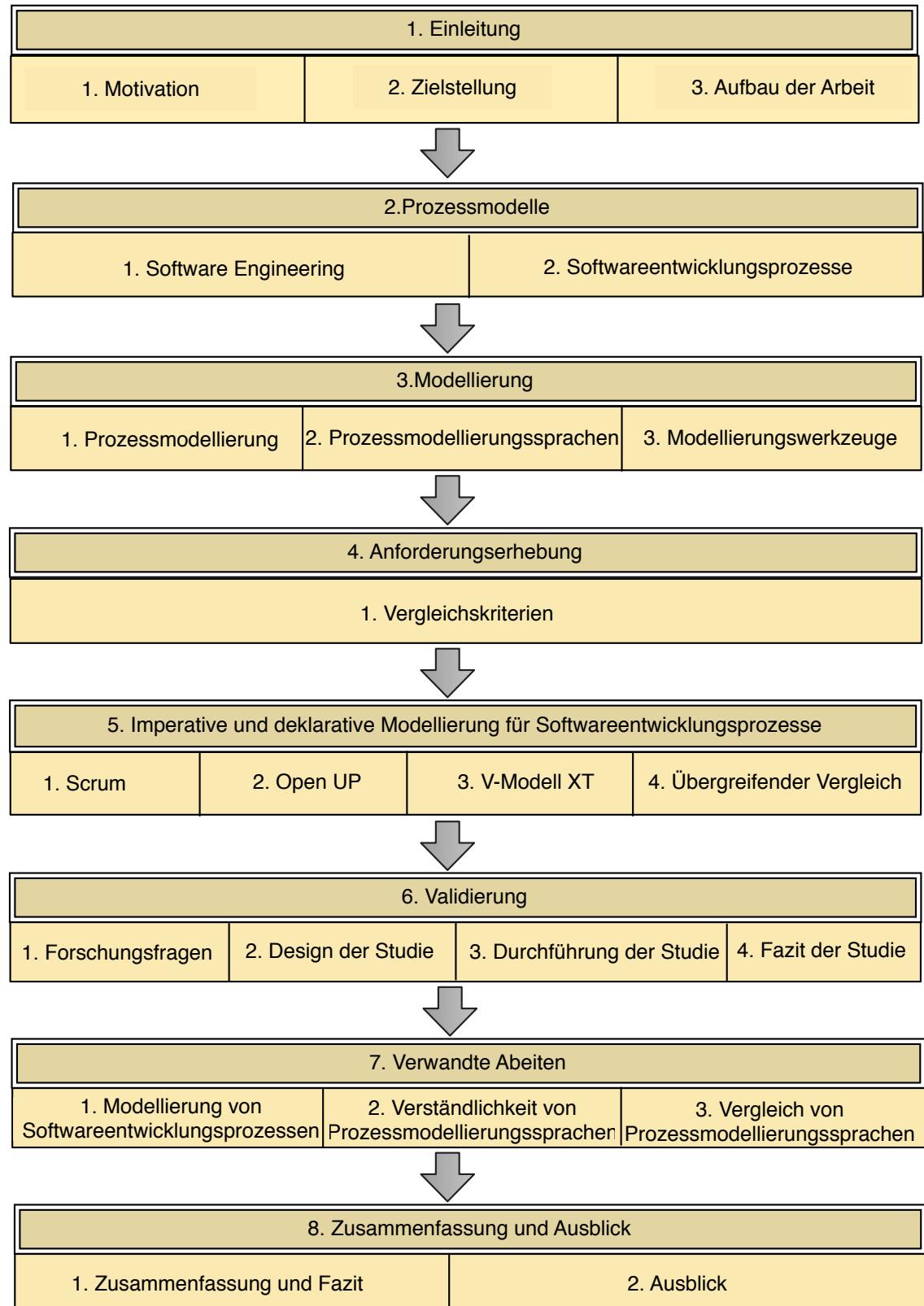


Abbildung 1.1.: Aufbau der Arbeit

# 2

## Prozessmodelle

In Kapitel 2 werden grundlegende Konzepte des Software Engineering vorgestellt, die notwendig sind, um den Inhalt dieser Arbeit zu verstehen. Zunächst wird in Kapitel 2.1 der Begriff Software Engineering definiert. Weiterhin wird in Kapitel 2.2 der Begriff Softwareentwicklungsprozess erklärt. Hierbei werden Softwareprojekttypen sowie schwergewichtige und leichtgewichtige Prozessmodelle beschrieben. Anschließend gibt es eine Einführung in die drei repräsentativen Softwareentwicklungsprozesse Scrum, Open Unified Process und V-Modell-XT.

### 2.1. Software Engineering

Heutzutage werden immer mehr Systeme von Software kontrolliert [Pun07]. Unter Software versteht man laut Duden die "Gesamtheit aller Programme, die auf einem Com-

## *2. Prozessmodelle*

puter eingesetzt werden können". Das Wort Engineering, welches sich laut Duden von dem lateinischen Wort Ingenium [= (schöpferische) Begabung; Erfindungsgabe] ableitet, wird heutzutage mit Ingenieurwesen, bzw. technische Entwicklung übersetzt. Software Engineering umfasst somit die Gesamtheit der Aktivitäten zur Analyse, Konzeption, Entwicklung und Implementierung einer softwaretechnischen Lösung [Spe98]. Software Engineering besteht aus mehreren Schichten (Abbildung 2.1):

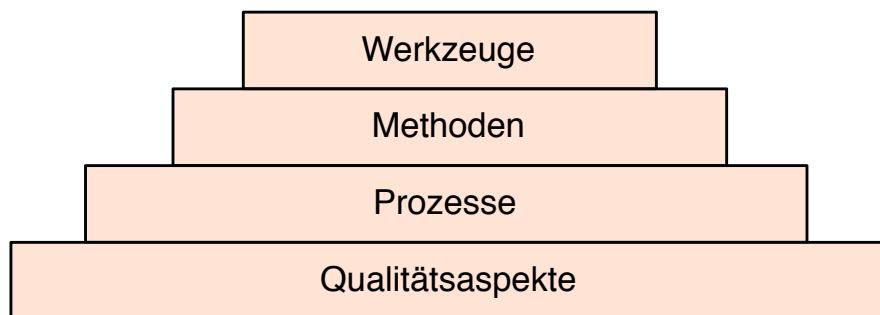


Abbildung 2.1.: Schichten des Software Engineering [Pun07]

Somit ist für Software Engineering in erster Linie in der Schicht Qualitätsaspekte ein diszipliniertes Qualitätsmanagement notwendig. Weiterhin ist eine Prozessschicht vorhanden, um die termingerechte Ablieferung von Software zu gewährleisten. In der Methoden-Schicht wird sodann die Implementierung unter Zuhilfenahme von Anforderungsanalysen, Design und Programmierung durchgeführt. Hierbei werden Werkzeuge zur Automatisierung in Software-Dokumentenprozessen benutzt. Software Engineering stellt somit letztendlich eine Kombination aus Prozessen, Methoden und Tools dar, um eine qualitativ hochwertige Software zu entwickeln [Pun07].

## **2.2. Softwareentwicklungsprozesse**

Für das Verständnis, die Schaffung oder Unternehmung von etwas Großem, fertigen Menschen in der Regel ein vereinfachtes Bild davon an. Hierfür nehmen sie Maß, fertigen eine Skizze oder einen Plan an oder orientieren sich an einem Vorbild bzw. bauen sich eines. Dies geschieht normalerweise mit Papier und Schreibzeug, anderen Materialien

## 2.2. Softwareentwicklungsprozesse

oder einem Computer. Besonders für die Lösung von komplexen wissenschaftlichen Problemen oder bei großen Konstruktionsaufgaben ist dies unumgänglich [HMB].

Hierbei stützten sich die Menschen auf Modelle, welche als Stellvertreter für die Sache, die verstanden, geschaffen, unternommen oder betrieben werden soll, angesehen werden kann [HMB].

Insbesondere die heutzutage von Softwareentwicklern zu erstellenden Softwareprodukte zeichnen sich durch ein hohes Maß an Komplexität und Umfang aus. Neben den Erwartungen von Kunden hinsichtlich Qualität müssen Softwaresysteme ebenfalls termingerecht und innerhalb eines vorgegebenen Budgetrahmens erstellt werden. Effektive und effiziente Softwareentwicklungsprozesse gewinnen somit immer mehr an Bedeutung [GBBK10]. Modell leitet sich von dem lateinischen Begriff „modelus“ ab und kann mit „Regel, Form, Muster, Vorbild“ übersetzt werden [HMB]. Der Begriff Prozess stammt von dem lateinischen Wort "processus" ab und lässt sich mit "Fortgang oder Verlauf" übersetzen [Koc11, Sta06].

Ein Softwareprozess ist eine Abfolge von Schritten, welche zur Herstellung von Software notwendig sind [MM12, Stö05]. Mit Hilfe eines Softwareentwicklungsprozesses lässt sich der organisatorische Rahmen zur Herstellung von Software beschreiben [Kö00]. Ein Softwareentwicklungsprozess stellt somit ein Modell für die Entwicklung eines Softwaresystems dar [Han10]. Die einzelnen Abschnitte eines Softwareprozesses werden hierbei als Phasen bezeichnet [Stö05]. Diese werden unterschieden in "Planung des Prozesses", "Spezifikation der Anforderungen an das Produkt", "Design des Softwareprodukts", "Implementierung" und "Diverse Tests des Softwareprodukts" (siehe Abbildung 2.2).

## 2. Prozessmodelle

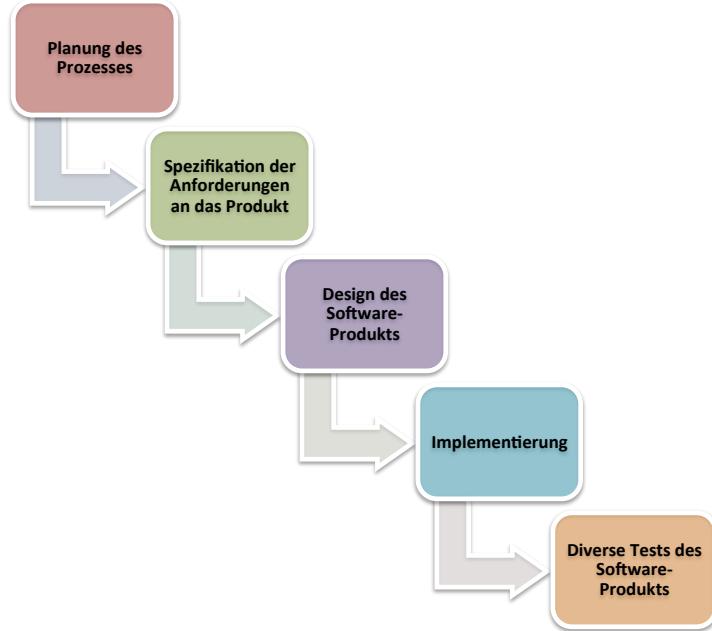


Abbildung 2.2.: Phasen des Softwareprozesses nach [Han10]

In einem Softwareentwicklungsprozess werden nicht nur die durchzuführenden Aktivitäten definiert, sondern auch die Rollen und Qualifikationen der Mitarbeiter, welche die jeweiligen Aktivitäten durchführen sollen, bzw. für diese verantwortlich sind. Des Weiteren werden die während des Entwicklungsprozesses zu erstellenden Dokumente und Unterlagen festgelegt [Han10].

### 2.2.1. Software-Projekttypen

Software-Projekte lassen sich in drei Gruppen einteilen (siehe Abbildung 2.3): Bei den *Einfachen Projekten* sind relativ kleine Teams am Entwicklungsprozess beteiligt und bei den Teammitgliedern besteht räumliche Nähe. Jedes Teammitglied weist eine hohe methodische und fachliche Erfahrenheit auf und kennt sich in dem späteren Einsatzgebiet der Software gut aus. Die Anzahl der Code-Zeilen bei der zu entwickelnden Software ist meist gering [Boe81, Han10].

Bei den *Komplexen Projekten* handelt es sich um Software-Projekte, welche in den

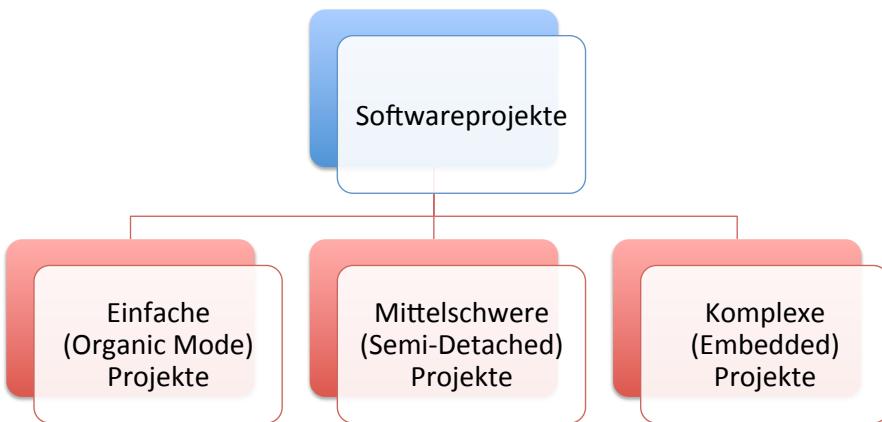


Abbildung 2.3.: Software-Projekttypen nach [Boe81]

meisten Fällen stark durch behördliche Auflagen reguliert sind. Die Software muss einerseits eine hohe Zuverlässigkeit aufweisen und andererseits sind nachträgliche Änderungen fast nicht mehr möglich. Im Gegensatz zu den *Einfachen Projekten* ist das Entwicklungsteam hier groß, besteht sowohl aus erfahrenen, als auch aus unerfahrenen Entwicklern und die Anzahl der Code-Zeilen ist ebenfalls groß [Boe81, Han10]. Eine Schnittstelle zwischen diesen beiden Projekttypen bilden die *Mittelschweren Projekte*. Hier sind die Software-Entwicklungsteams mittelgroß und bestehen aus erfahrenen und unerfahrenen Mitgliedern. Teilweise sind nicht alle Aspekte des Produktes schon im Vornherein bekannt und die Anzahl der Code-Zeilen ist groß [Boe81, Han10].

## 2.2.2. Schwerge wichtige und Leichtgewichtige Prozessmodelle

Aus der eben erfolgten Einteilung von Software-Projekten lässt sich eine Einteilung von Software-Prozessmodellen in *leichtgewichtige* und *schwerge wichtige Prozessmodelle* ableiten [Han10].

*leichtgewichtige Prozessmodelle* eignen sich eher für kleine Teams, bei denen keine detaillierte Anforderungserhebung stattfindet, da die Kommunikation sowohl innerhalb des Teams als auch mit dem Kunden auf Grund der kleinen Teamgröße gut funktioniert. Da viele Informationen hier informell über kurze Kommunikationswege weitergegeben

## *2. Prozessmodelle*

werden, ist eine ausführliche Dokumentation derer nicht notwendig. [Han10].

Eine sehr formale und dokumentenlastige Vorgehensweise kommt bei den *schwerewichtigen Prozessmodellen* zum Einsatz. Es findet eine ausführliche Dokumentation in allen Entwicklungsphasen statt und der Ablauf des Prozesses ist genau vorgegeben. Bei Software-Produkten, welche bei einer möglichen Fehlfunktion Menschenleben in Gefahr bringen, ist beispielsweise eine Vorgehensweise mit einem *schwergewichtigen Prozessmodell* sinnvoll [Han10].

# 3

## Modellierung

Kapitel 3 liefert einen Überblick über die Grundlagen der Modellierung. Zunächst werden in Kapitel 3.1 die Grundlagen der Prozessmodellierung erläutert. Hierbei wird auf die Grundsätze ordnungsgemäßer Modellierung eingegangen. Anschließend werden in Kapitel 3.2 Prozessmodellierungssprachen diskutiert. Einerseits werden imperative Modellierungssprachen erklärt und es wird ein kurzer Einblick in die Prozessmodellierungssprache BPMN gegeben. Andererseits werden deklarative Prozessmodellierungssprachen beschrieben und es erfolgt ein Einblick in die deklarative Prozessmodellierungssprache ConDec. In Kapitel 3.3 werden die in dieser Arbeit für die imperative und deklarative Modellierung verwendeten Modellierungswerkzeuge vorgestellt.

### 3. Modellierung

#### 3.1. Prozessmodellierung

Prozessmodellierung hat den Zweck, Prozesse zu beschreiben [FMR<sup>+</sup>10]. Ein Prozessmodell ist eine vereinfachte Darstellung eines Prozesses und besteht aus einer Abfolge von Tätigkeiten, welche chronologisch-sachlogisch angeordnet sind. Der Umfang und Detaillierungsgrad der Prozessmodelle kann sich je nach Zweck und Zielsetzung unterscheiden [Koc11].

##### 3.1.1. Ziele der Prozessmodellierung

Mit der Modellierung von Prozessen werden verschiedene Ziele verfolgt. Eine erste Übersicht über die Ziele der Prozessmodellierung gibt Abbildung 3.1 [Koc11].



Abbildung 3.1.: Ziele der Prozessmodellierung nach [Koc11]

Bei der *Transparenz* geht es darum, dass alle Beteiligten am Prozess einsehen können, von wem welche Aufgaben durchgeführt werden. Weiterhin verfolgt die Prozessmodellierung das Ziel, durch *Fehlervermeidung* die Qualität, Termintreue und Kundenzu-

### 3.1. Prozessmodellierung

friedenheit zu erhöhen. Durch die Modellierung eines Prozesses kann dieser genau analysiert werden und hierdurch können Einsparungspotenziale von *Kosten* aufgedeckt werden. Indem die Abläufe in einem Unternehmen als Prozesse dargestellt werden, ist es möglich, eine *personenunabhängige Verfügbarkeit des Wissens* zu erreichen, da das Wissen hierdurch allen Personen zugänglich gemacht wird, unabhängig davon, ob sie am Prozess beteiligt sind oder nicht. Die Prozessmodellierung führt zu einer *erleichterten Einarbeitung neuer Mitarbeiter*. Durch die Darstellung der Tätigkeiten der einzelnen Mitarbeiter in Prozessmodellen wird ihnen ihr Beitrag zum Erfolg des Unternehmens vor Augen geführt was eine *erhöhte Mitarbeitermotivation* zur Folge hat. Nach deren Erstellung gibt es verschiedene *Auswertungsmöglichkeiten* für die Prozessmodelle. Durch die Modellierung von Prozessen werden etwaige Schwachstellen, wie z.B. Doppelarbeiten und Prozessverzögerungen offengelegt, wodurch eine *Prozessoptimierung* möglich ist. Mit Hilfe von *Simulationen* der Prozessmodelle lassen sich eventuelle Engpässe rechtzeitig erkennen. Die Voraussetzung für die *Zertifizierung* nach DIN EN ISO 9000:1000 sind Prozessmodelle als Dokumentation. Basis für die Entwicklung von Softwaresystemen bilden Prozessmodelle, weshalb sie als *Basis für die informationstechnische Unterstützung* dienen [Koc11].

#### 3.1.2. Grundsätze ordnungsgemäßer Modellierung

Bei der Gestaltung eines Modelles sollten grundlegende Prinzipien beachtet werden, um die Qualität eines Modelles zu sichern. Hierfür gibt es die Grundsätze ordnungsgemäßer Modellierung, über deren Prinzipien Abbildung 3.2 einen Überblick gibt [Fre07].

Der *Grundsatz der Richtigkeit* besitzt zwei verschiedene Ausprägungen: Eine syntaktische und eine semantische. Die syntaktische *Richtigkeit* eines Modelles wird durch die Einhaltung der Notationsregeln der dem Modell zugrunde liegenden Prozessmodellierungssprache erreicht [BRS, Bec12].

Ein Modell wird als semantisch korrekt, oder auch formal korrekt bezeichnet, wenn es dem ihm zugrunde liegenden Metamodell gegenüber vollständig und konsistent ist, d.h. es gibt den abzubildenden Sachverhalt korrekt wieder. Hierbei muss einerseits auf die

### *3. Modellierung*



Abbildung 3.2.: Grundsatz ordnungsgemäßer Modellierung nach [BRS]

### 3.1. Prozessmodellierung

korrekte Abbildung der Struktur des Metamodelles, als auch des dort beschriebenen Verhaltens geachtet werden [BRS, Bec12].

Modelle werden üblicherweise in getrennten Sichten modelliert, um die Komplexität so gering wie möglich zu halten. Beispielsweise werden Prozesse in einem Prozessmodell, die Daten aber in einem Datenmodell modelliert. Werden bei einer Modellierung mehrere Sichten (z.B. Organisationssicht, Datensicht, Funktionssicht) modelliert, müssen diese auch ineinander integriert werden. Beim *Grundsatz des systematischen Aufbau* geht es darum, bei der Modellierung auch auf die anderen Sichten zu achten, um eine spätere konsistente Integration der verschiedenen Sichten zu gewährleisten. Insbesondere ist zu vermeiden, dass die gleichen Informationsobjekte mehrmals mit jeweils verschiedenen Begriffen verwendet werden. Weiterhin sollten die Eingabedaten eines Prozessmodells einen Verweis auf bestehende Datenmodelle enthalten [BRS, Fre07, Bec12, Koc11].

Der *Grundsatz der Relevanz* besagt, dass alle Elemente und Verknüpfungen eines Modells, ohne die der Nutzen des Modells sinken würde, für die Modellierung relevant sind [BRS, Rei09]. Auf der anderen Seite sollten aber auch nur diejenigen Teile der Realität in das Modell aufgenommen werden, die wirklich notwendig sind. Es sollte somit darauf geachtet werden, nur so viele Informationen ins Modell zu bringen wie minimal benötigt werden [BRS, Fre07, Rei09].

Durch den *Grundsatz der Klarheit* soll sichergestellt werden, dass das Modell für den Adressaten verständlich ist. Es muss also bei der Modellierung auf Strukturiertheit, Verständlichkeit und Anschaulichkeit geachtet werden. Insbesondere sollte das Modell ohne besondere methodische Kenntnisse verständlich sein. Somit sollte die Modellierung entweder von links nach rechts oder von oben nach unten verlaufen, wobei darauf zu achten ist, dass sich Flusslinien und Kanten hierbei so wenig wie möglich überkreuzen. Weiterhin sollte die Anzahl der Elemente auf das Nötigste reduziert werden. Vor allem die Anzahl an Verzweigungen innerhalb eines Prozessmodells wirkt sich negativ auf die Verständlichkeit von Prozessmodellen aus. Ebenso hat eine hohe Anzahl

### 3. Modellierung

von Verbindungen zwischen Aktivitäten einen negativen Einfluss auf das Verständnis [Lei12, BRS, Fre07, Rei09, Bec12, Koc11, MRC, Pes08].

Der *Grundsatz der Wirtschaftlichkeit* sagt aus, dass die Modellierung kosteneffektiv durchzuführen ist [Lei12]. Es gilt also abzuwägen, ob der Aufwand, der für die Modellierung notwendig ist, auch einen entsprechenden Nutzen bringt [Fre07, BRS].

Wird in unterschiedlichen Modellen der gleiche Sachverhalt abgebildet, so sollten letztendlich auch vergleichbare Modelle entstehen, unabhängig von der verwendeten Modellierungssprache. Dies besagt der *Grundsatz der Vergleichbarkeit*. Insbesondere ist auf einen einheitlichen Abstraktionsgrad der Prozessmodelle zu achten [Lei12, BRS, Fre07, Rei09].

## 3.2. Prozessmodellierungssprachen

Die Modellierung eines Prozesses mit natürlicher Sprache bringt einige Nachteile mit sich, wie z.B. fehlende Eindeutigkeit, schwer zu überprüfende Vollständigkeit und teilweise Widersprüche. Mögliche Folgen davon können unterschiedliche Interpretationen, Missverständnisse und falsche Schlussfolgerungen sein. Eine reine Beschreibung der Prozessmodelle mit mathematischen Modellen und Formalismen führt jedoch oftmals zu einer Verminderung der intuitiven Verständlichkeit der Prozessmodelle. Aus diesem Grund ist es sinnvoll den Prozess graphisch als Diagramm mit einer Prozessmodellierungssprache darzustellen, da diese eine Schnittstelle zwischen formaler Exaktheit und intuitiver Verständlichkeit bilden [Tho09, Kir06].

Hierfür existieren eine Reihe verschiedener Prozessmodellierungssprachen, deren Vorteile und Nachteile intensiv diskutiert werden. Ein viel erörterter Unterschied ist der zwischen imperativen und deklarativen Prozessmodellierungssprachen [FMR<sup>+</sup>10].

Die ursprüngliche Unterscheidung zwischen imperativen und deklarativen Sprachen stammt aus der Programmierung. Während imperative Programmierung angibt, "Wie

### 3.2. Prozessmodellierungssprachen

etwas zu tun ist", folgt deklarative Programmierung dem Ansatz "Sag was benötigt wird und lass das System herausfinden, wie es erreicht werden kann" [PWZ<sup>+</sup>12].

#### 3.2.1. Imperative Modellierung

Imperative Programmierung wird als zustandsbehaftete Programmierung bezeichnet, da das Ergebnis einer Komponente nicht nur von ihren Argumenten abhängt, sondern auch von internen Parametern, was auch als ihr "Zustand" bezeichnet wird [FMR<sup>+</sup>10].

Ähnlich wie die imperative Programmierung, folgt auch die imperative Modellierung einem "Inside-Out-Ansatz". Alle Ausführungsalternativen eines Prozesses sind somit in diesem spezifiziert und alle weiteren Ausführungsalternativen müssen explizit hinzugefügt werden. Bei der imperativen Modellierung werden Prozesse mit Operatoren und elementaren Aktivitäten modelliert. Hierbei können Sequenz, Parallelität und Synchronisation beschrieben werden [Kas98]. Bei einer imperativen Modellierungssprache liegt der Fokus auf den ständigen Veränderungen der Prozess-Objekte.

#### BPMN

Die *Business Process Modelling Notation (BPMN)* wurde von der *Business Process Management Initiative* entwickelt und 2004 veröffentlicht. Seit 2005 wird sie von der *Object Management Group* standardisiert und weiterentwickelt [KBL13]. Die BPMN Notationselemente lassen sich anhand der fünf Kategorien *Swimlanes*, *Flussobjekte*, *verbindende Objekte*, *Daten* und *Artefakte* einteilen. Abbildung 3.3 zeigt die Einteilung und die wichtigsten Prozess-Elemente von BPMN, welche nachfolgend genauer erläutert werden [GL12].

In der Kategorie **Swimlanes** befinden sich *Pools* und *Lanes*. *Pools* stellen eine Art Container für den Prozess dar. Ein *Pool* ist ein Prozessteilnehmer. Ein Prozessteilnehmer ist z.B. eine Organisationseinheit oder eine selbstständige Geschäftseinheit. Werden in einem Prozessmodell mehrere *Pools* verwendet, so können hiermit Kollaborationen zwischen verschiedenen Prozessteilnehmern dargestellt werden. Ein *Pool* kann in mehrere

### 3. Modellierung

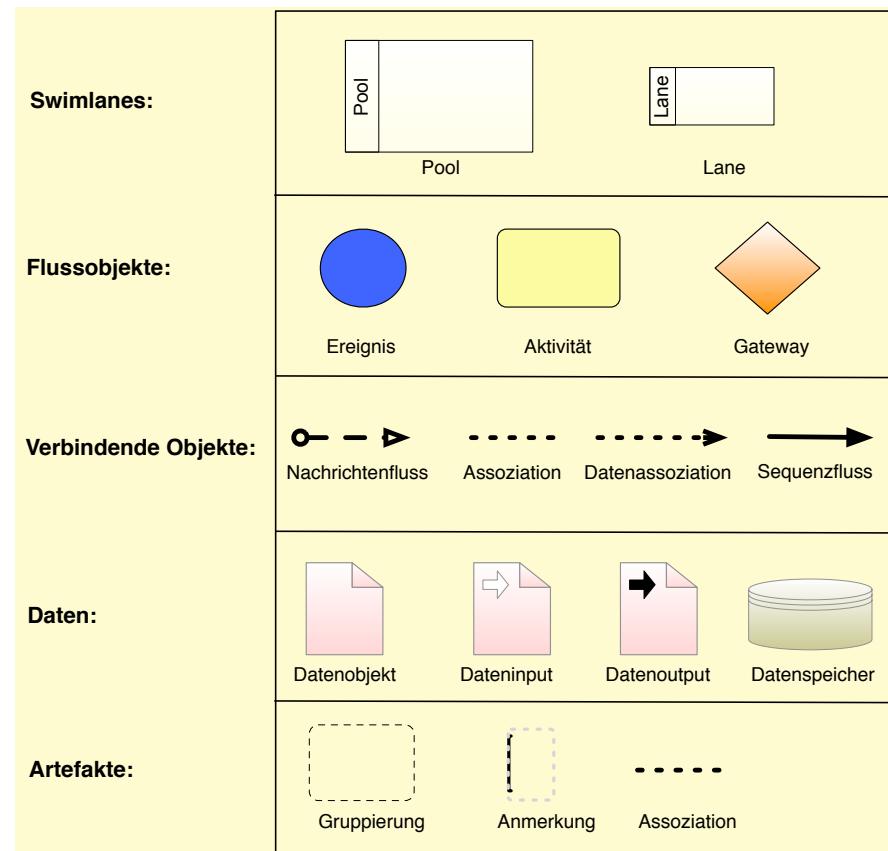


Abbildung 3.3.: BPMN-Elemente Übersicht nach [GL12]

### 3.2. Prozessmodellierungssprachen

*Lanes* unterteilt werden. *Lanes* können untergeordnete Organisationseinheiten, Partnerrollen (z.B. Vertrieb, Projektleitung, Marketing) oder auch verschiedene Bestandteile eines Systems sein [GL12, Pit10, All13].

*Ereignisse*, *Aktivitäten* und *Gateways* befinden sich in der Kategorie **Flussobjekte**. Start und Ende von Prozessen werden in BPMN durch *Ereignisse* beschrieben. Diese werden in *Startereignisse* und *Endereignisse* unterschieden und geben somit den Beginn und das Ende eines Prozesses an. Weiterhin gibt es auch noch *Zwischenereignisse*. Hierdurch können beispielsweise Pausen im Prozess modelliert werden. Der Prozess stoppt in diesem Fall solange, bis ein bestimmtes Ereignis eintritt [All13].

*Aktivitäten* stellen Arbeitseinheiten dar und sind ein Oberbegriff für Aufgaben, Unterprozesse und Aufruf-Aktivitäten. Aufgaben sind Tätigkeiten, welche nicht weiter unterteilt werden können, während ein Unterprozess eine Aufgabe darstellt, welche in weitere Tätigkeiten unterteilt werden kann. Beschriftet werden sie mit einer Objekt-Verb-Verbindung (z.B. Lieferung überprüfen) [GL12].

Mit Hilfe von *Gateways* lässt sich der Prozessablauf kontrollieren und steuern, da durch diese Verzweigungen und Zusammenführungen von Sequenzflüssen dargestellt werden. [GL12, All13]. Hierbei werden *Exklusive Gateways* zur Modellierung alternativer Pfade, *Parallele Gateways* zur Modellierung parallel ablaufender Pfade, *Inklusive Gateways* zur Modellierung der Auswahl eines oder mehrerer Pfade und *Komplexe Gateways* zur Modellierung komplexer Regeln bei Verzweigungen und Zusammenführungen, unterschieden [All13].

### 3. Modellierung

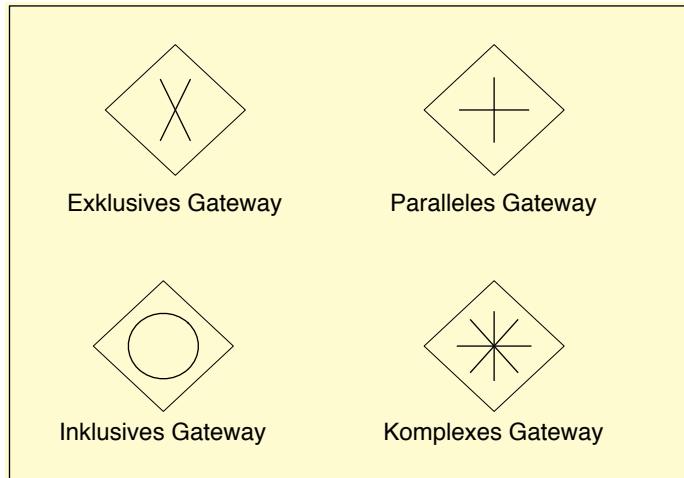


Abbildung 3.4.: BPMN-Gateways

*Nachrichtenfluss, Assoziation, Datenassoziation und Sequenzfluss* bilden zusammen die Kategorie **Verbindende Objekte**. Ein *Nachrichtenfluss* wird dazu verwendet, den Nachrichtenfluss zwischen zwei getrennten Prozessteilnehmern, z.B. aus zwei verschiedenen Unternehmen, darzustellen. Mit Hilfe einer *Assoziation* können Daten, Text und andere Artefakte mit Flussobjekten verknüpft werden. Hiermit werden die Ein- und Ausgabe von Aktivitäten aufgezeigt. Ein *Sequenzfluss* dient dazu, die Reihenfolge der Aktivitäten im Prozess festzulegen [Whi04].

In der Kategorie **Daten** gibt es *Datenobjekte*, *Dateninput*, *Datenoutput* und *Datenspeicher*. *Datenobjekte* geben hierbei an, welche Daten von den Aktivitäten benötigt werden, bzw. von diesen erzeugt werden [Whi04]. Sie stellen somit Informationen dar, welche durch den Prozess fließen. Bei einem *Dateninput* handelt es sich um einen externen Input für den ganzen Prozess, der von einer Aktivität gelesen wird. Ein *Datenoutput* hingegen wird als Ergebnis eines ganzen Prozesses erzeugt. Somit handelt es sich bei *Dateninput*, bzw. *Datenoutput* um Eingangs-, bzw. Ausgangsprozessschnittstellen [Moua]. Ein *Datenspeicher* kann für den indirekten Austausch von Daten zwischen zwei verschiedenen Prozessteilnehmern verwendet werden. Hierfür ist es notwendig, dass beide Prozessteilnehmer Zugriff auf den *Datenspeicher* haben [All13].

Die Kategorie **Artefakte** beinhaltet *Gruppierung*, *Anmerkung* und *Assoziation*. Diese

ergänzen den Prozess um zusätzliche Informationen, haben jedoch keinerlei Einfluss auf diesen [GL12]. Eine *Gruppierung* kann hierbei zur Dokumentation oder für Analysezwecke benutzt werden. Durch *Anmerkungen* können dem Leser zusätzliche Informationen in Textform bereitgestellt werden [Whi04]. Mit Hilfe einer *Assoziation* lassen sich Datenobjekte mit Aktivitäten und Prozessen verknüpfen [Moua].

Eine Übersicht über alle Elemente der BPMN Notation kann Anhang A entnommen werden.

#### 3.2.2. Deklarative Modellierung

Die deklarative Modellierung folgt im Gegensatz zur imperativen Modellierung einem "Outside-In-Ansatz" [Lic12]. Das heißt, deklarative Sprachen legen den Ablauf nicht im Vorhinein fest [PWZ<sup>+</sup>12] und sie sind somit sehr flexibel [RW12]. Zu Beginn befinden sich nur die Aktivitäten im Prozessmodell und erlauben jegliches Ausführungsverhalten. Erst wenn Constraints zum Modell hinzugefügt werden, werden schrittweise Ausführungsalternativen verworfen [PWZ<sup>+</sup>12]. Constraints lassen sich hierbei in die beiden verschiedenen Kategorien **Ausführungsconstraints** und **Terminierungsconstraints** einteilen. Die Ausführungsconstraints geben Einschränkungen für die Ausführung von Aktivitäten an. Hierbei kann es sich z.B. um die Anzahl möglicher Ausführungen für eine Aktivität oder eine Mindestzeitverzögerung zwischen zwei Aktivitäten handeln. Terminierungsconstraints hingegen führen auf, wann eine korrekte Terminierung (Beendigung) des Prozesses möglich ist. Es kann hier z.B. vorgeschrieben werden, dass eine Aktivität mindestens einmal ausgeführt werden muss oder dass der Aktivität A Aktivität B folgen muss. Bevor dies nicht geschehen ist, kann der Prozess nicht korrekt enden [RW12]. Abbildung 3.5 zeigt ein Beispiel für ein deklaratives Prozessmodell. Es besteht aus den drei Aktivitäten A, B und C sowie aus zwei Constraints: Das Constraint zwischen A und B legt fest, dass der Aktivität B die Aktivität A vorausgehen muss und das Constraint bei Aktivität C legt fest, dass diese mindestens einmal ausgeführt werden muss, aber beliebig oft durchgeführt werden kann. Abgesehen von diesen Bedingungen, können die Aktivitäten sowohl beliebig oft als auch in beliebiger Reihenfolge ausgeführt

### 3. Modellierung

werden. Es wäre z.B. [A,B,C,C,A,B,C] eine korrekte Ausführungsreihenfolge. Die Ausführungsreihenfolgen [C,B,C,A] oder [A,B,A,B] wären jedoch inkorrekt, da bei der ersten Ausführungsreihenfolge B vor A ausgeführt wird und somit das Constraint zwischen diesen beiden Aktivitäten verletzt würde. Bei der zweiten Ausführungsreihenfolge wird Aktivität C nicht bearbeitet, wodurch das Constraint bei Aktivität C verletzt wird [PA06].

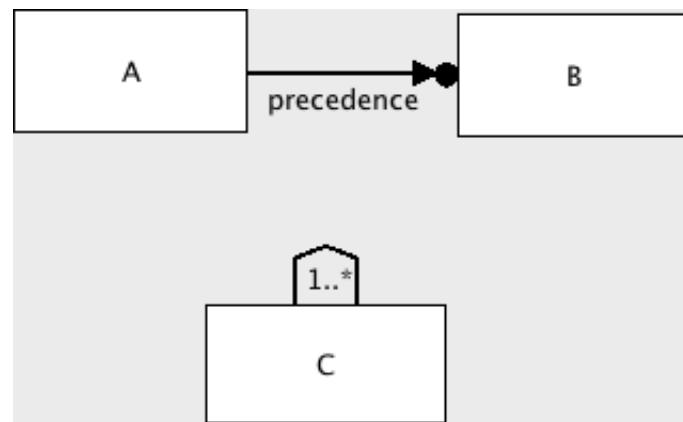


Abbildung 3.5.: Deklarativer Beispiel-Prozess [PA06]

### ConDec

Die deklarative Modellierungssprache ConDec wurde erstmals unter dem Namen DecSerFlow veröffentlicht [FMR<sup>+</sup>10]. Mit ConDec lassen sich einerseits sehr strenge Modelle erstellen, welche den gesamten Prozess im Detail vorgeben und andererseits sehr leichtgewichtige Modelle, welche zwar angeben, welche Arbeit getan werden muss, aber nicht wie sie ausgeführt werden muss [PA06].

In ConDec gibt es die vier verschiedenen Arten von Constraints: *Existenz*, *Choice*, *Relation* und *Negation*. Tabelle 3.1 zeigt die Bedeutung der verschiedenen Constraints.

Eine Übersicht über die genaue Notation von ConDec ist in Anhang B verfügbar.

<b>Constraint</b>	<b>Erläuterung</b>
Existenz Constraints	Ein-stellige Kardinalitäts-Constraints. Sie geben an, wie oft eine Aktivität ausgeführt werden kann bzw. muss.
Choice Constraints	N-stellige Constraints. Sie geben die Notwendigkeit der Ausführung von Aktivitäten an, die zu einer Reihe möglicher Alternativen gehören, unabhängig von anderen Constraints.
Relation Constraints	Zwei-stellige Constraints. Sie geben vor, dass eine gewisse Aktivität ausgeführt werden muss falls eine andere Aktivität ausgeführt wird. Es können auch qualitative zeitliche Constraints zwischen diesen beiden Aktivitäten verlangt werden.
Negation Constraints	Stellt die negative Version der Relation Constraints dar. Sie verbieten explizit die Ausführung einer gewissen Aktivität, wenn eine andere Aktivität ausgeführt wird.

Tabelle 3.1.: Constraints ConDec [PA06]

### 3.3. Modellierungswerkzeuge

Ein Modellierungswerkzeug ist ein Softwaresystem, mit dessen Hilfe sich Prozessmodelle erstellen lassen. Teilweise bietet ein Modellierungswerkzeug noch weitere Funktionen wie z.B. das Ausführen und Monitoring der Prozesse, Simulationen und die Analyse von Prozessmodellen an. Die Ausführung der Prozessschritte kann hierbei durch die jeweilige Person, welche für die Aktivität zuständig ist, ausgeführt werden. Für die Prozessmodellierung in der vorliegenden Arbeit kommt das Modellierungswerkzeug Signavio für die imperative Modellierung mit BPMN und Declare für die deklarative Modellierung mit ConDec zum Einsatz. Diese beiden Modellierungswerkzeuge werden nachfolgend vorgestellt [Gad12].

### 3. Modellierung

#### 3.3.1. Signavio

Bei Signavio handelt es sich um ein webbasiertes Prozessmodellierungstool, welches auch das kollaborative Modellieren von Prozessen mit den Modellierungsstandards BPMN und EPC zulässt. Ein großer Vorteil von Signavio besteht darin, dass es nicht auf dem Rechner installiert werden muss, sondern direkt im Web-Browser ausgeführt werden kann. Die Prozessmodelle werden in einem zentralen Repository gespeichert und sind für die Benutzer entsprechend ihren Zugriffsrechten aufrufbar. Prozessmodelle besitzen alle eine eigene eindeutige URL und können über diese im Web-Browser aufgerufen werden. Hierbei wird auch gleich die Modellierungsumgebung mitgeladen und kann somit im Web-Browser ausgeführt werden [MRW]. Abbildung 3.6 zeigt den *Signavio Process Editor*.

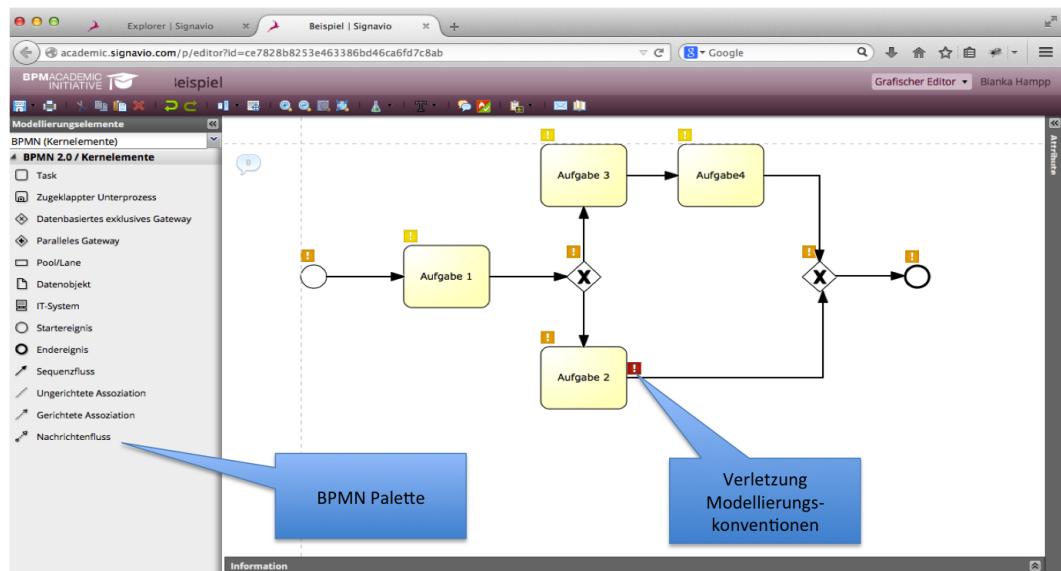


Abbildung 3.6.: Siganvio Process Editor (Screenshot Siganvio)

Links in Abbildung 3.6 ist die BPMN Palette zu sehen. Die einzelnen Elemente können per *Drag and Drop* in das Arbeitsdokument gezogen werden. Signavio verfügt über eine automatische Überprüfung von Modellierungskonventionen. Durch diese ist es möglich, das Modell auf die Einhaltung von Modellierungsrichtlinien, wie z.B. Notationsumfang,

### 3.3. Modellierungswerkzeuge

Benennung, Prozessstruktur und Diagrammlayout zu überprüfen. Die Modelle können alle als PDF exportiert werden.

In Abbildung 3.7 ist die Simulations-Sicht von Signavio zu sehen. Hier kann der Benutzer den Prozessablauf simulieren. Dies kann einerseits mit Benutzerinteraktion Schritt für Schritt erfolgen oder auch im Ganzen durch den Simulator gesteuert werden, wobei XOR-Verzweigungen nach wie vor vom Benutzer ausgewählt werden müssen.

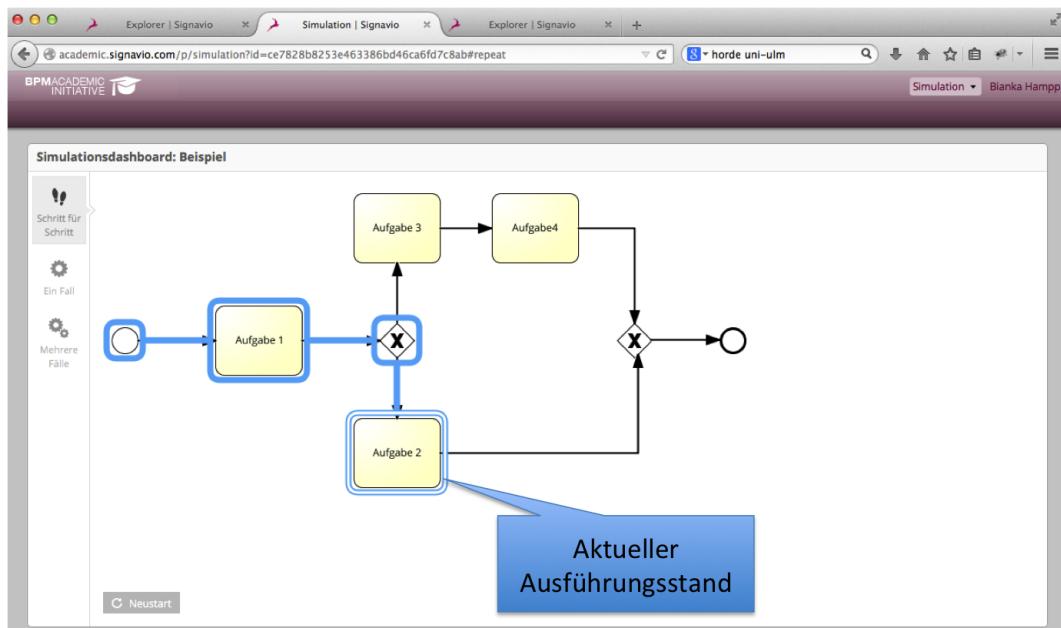


Abbildung 3.7.: Siganvio Simulation (Screenshot Signavio)

#### 3.3.2. Declare

Declare wurde als Constraint-basiertes Workflow-Management-System entwickelt. Es wird für die Entwicklung von Prozessmodellen, welche auf deklarativen Sprachen basieren, benutzt. Declare bietet die folgenden Funktionen an [PSA]:

- Modellentwicklung
- Modellüberprüfung (Suche nach Fehlern in Modellen)
- automatisierte Modellausführung

### 3. Modellierung

- Modelle können zur Laufzeit geändert werden
- Analyse der bereits ausgeführten Prozesse
- Prozess Dekomposition

Abbildung 3.8 zeigt die Systemarchitektur von Declare.

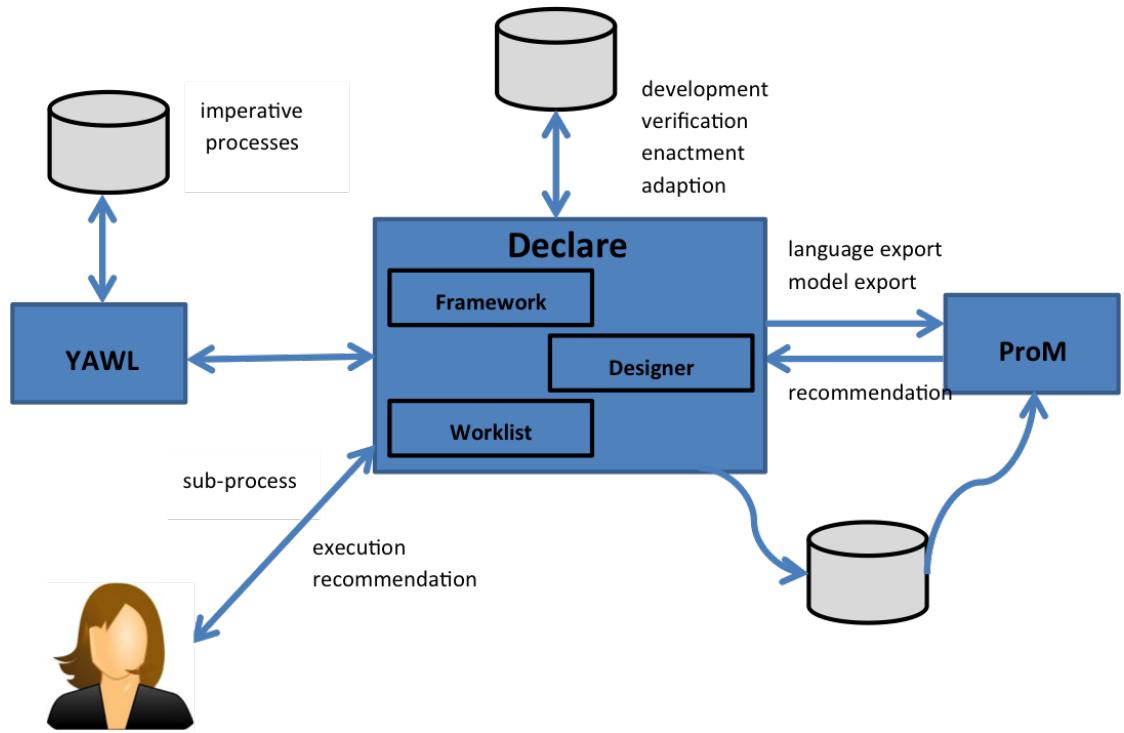


Abbildung 3.8.: Declare Systemarchitektur nach [PSA]

Hieraus wird ersichtlich, dass *Declare* mit den beiden Systemen *YAWL* und *ProM* kooperiert. Bei *YAWL* handelt es sich um ein Workflow-Management System, welches auf strukturierte Workflows spezialisiert ist. Dies wirkt sich auf die Zusammenarbeit mit *Declare* in der Art aus, dass die strukturierten Teile des Prozesses von *YAWL* abgehendt werden, während die unstrukturierten Teile von *Declare* übernommen werden. Bei *ProM* handelt es sich um ein Prozess-Mining-Tool. Hier werden bereits ausgeführte

### 3.3. Modellierungswerkzeuge

Prozesse von *Declare* analysiert und darauf aufbauend werden dem Nutzer während der Prozessausführung Empfehlungen gegeben [PSA].

Weiterhin besteht *Declare* selbst aus drei Komponenten *Framework*, *Designer* und *Worklist*. Beim *Designer* handelt es sich um ein Modellierungstool, welches für Systemeinstellungen und die Prozessmodell-Entwicklung verwendet wird (Abbildung 3.9). Das *Framework* ist für das Prozess-Enactment (Prozessbereitstellung) zuständig. Außerdem übernimmt es die Kommunikation mit *YAWL* und *ProM* und das Ändern der Prozessmodelle zur Laufzeit (Abbildung 3.10). Die Prozessausführung wird von *Worklist* durchgeführt. Hier können die Nutzer ihre zuvor erstellten Prozesse ausführen und können die von *ProM* erstellten Empfehlungen sehen (Abbildung 3.11). Alle Modelle können als Bilddateien exportiert werden [PSA].

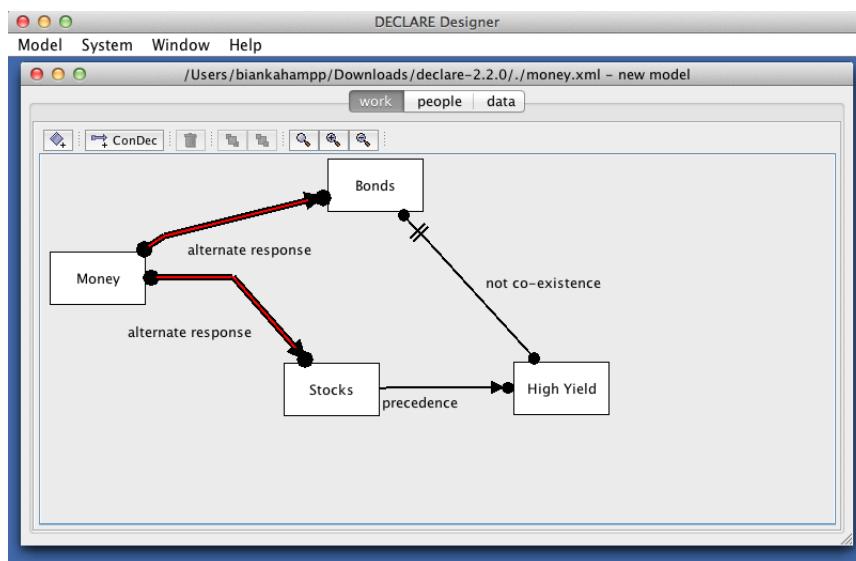


Abbildung 3.9.: Declare Designer (Screenshot aus Declare)

### 3. Modellierung

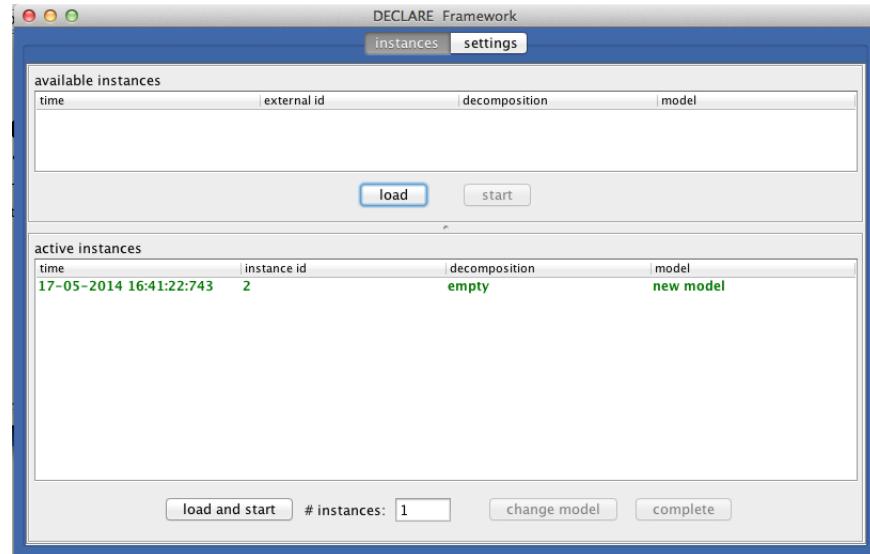


Abbildung 3.10.: Declare Framework (Screenshot aus Declare)

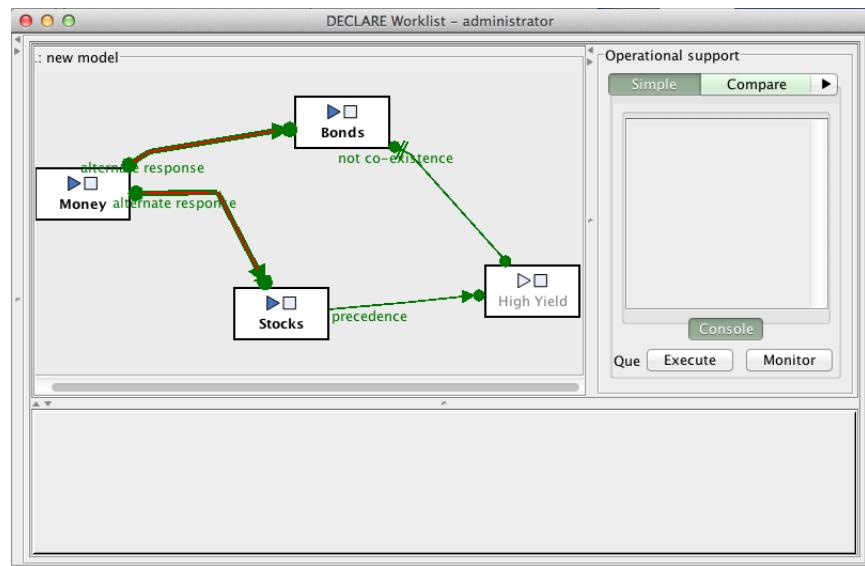


Abbildung 3.11.: Declare Worklist (Screenshot aus Declare)

# 4

## Anforderungserhebung

In diesem Kapitel werden die Anforderungen an den in Kapitel 5 folgenden Vergleich der imperativen und deklarativen Modellierung für Softwareentwicklungsprozesse erhoben. Hierfür werden zunächst in Kapitel 4.1 die Vergleichskriterien vorgestellt und erläutert.

### 4.1. Vergleichskriterien

Bisher gibt es nur wenige Arbeiten, welche sich mit deklarativen Prozessmodellierungssprachen und insbesondere mit dem Vergleich von imperativen und deklarativen Prozessmodellierungssprachen beschäftigen. Aus diesem Grund soll in der vorliegenden Arbeit ein Vergleich der Anwendbarkeit zwischen deklarativen und imperativen Prozessmodellierungssprachen im Kontext von Softwareentwicklungsprozessen durchgeführt werden. Hierbei soll die Eignung der beiden Prozessmodellierungssprachen

#### 4. Anforderungserhebung

für die Modellierung beurteilt werden. Weiterhin sollen die Stärken und Grenzen der beiden Modellierungssprachen aufgezeigt werden und dadurch herausgefunden werden, ob eine der beiden Modellierungssprachen über eine bessere Anwendbarkeit bei der Modellierung verfügt als die andere [LK06].

Hierfür sollen die imperativen und deklarativen Prozessmodelle, welche für die drei Softwareentwicklungsprozesse Scrum, Open UP und V-Modell-XT erstellt werden, im Hinblick auf verschiedene Vergleichskriterien, untersucht werden. Da es sich bei Scrum um ein leichtgewichtiges Softwareentwicklungsprozessmodell, beim V-Modell XT um ein schwergewichtiges Softwareentwicklungsprozessmodell und bei Open UP um ein mittelgewichtiges Softwareentwicklungsprozessmodell handelt eignen sich diese drei besonders gut zum Vergleichen der imperativen und deklarativen Modellierung als unterschiedlich große Metamodelle. Außerdem liegen den in imperativer und deklarativer Modellierungssprache zu erstellenden Prozessmodellen so jeweils die gleichen Metamodelle zugrunde, was eine objektive Bewertung für den Vergleich gewährleistet [LK06].

Es sollen die imperativen und deklarativen Modellierungssprachen in Hinblick auf deren Erfüllung der in Kapitel 3.1.1 vorgestellten *Grundsätze ordnungsgemäßer Modellierung* untersucht werden, da durch deren Einhaltung die Qualität, Klarheit und Konsistenz der Prozessmodelle gesichert wird [Fre07]. Somit lässt sich hierdurch die Eignung der beiden Prozessmodellierungssprachen sehr gut überprüfen. Falls eine von beiden Prozessmodellierungssprachen die Modellierungsgrundsätze wesentlich schlechter einhalten kann als die andere, so ist sie zum Modellieren deutlich weniger geeignet, da die hierdurch entstandenen Prozessmodelle geringere Qualität, Klarheit und Konsistenz aufweisen [Fre07]. Nachfolgend werden die erstellten Prozessmodelle im Hinblick auf *Richtigkeit, systematischen Aufbau, Relevanz, Klarheit, Wirtschaftlichkeit und Vergleichbarkeit* verglichen. Hierfür werden für jeden Modellierungsgrundsatz verschiedene Kriterien festgelegt, mit deren Hilfe die Einhaltung der Modellierungsgrundsätze für die jeweilige Modellierungssprache in Kapitel 5 überprüft wird.

### 4.1.1. Richtigkeit

Für den Vergleich der Richtigkeit der Prozessmodelle wird die syntaktische und semantische Richtigkeit der Prozessmodelle untersucht. Die syntaktische Korrektheit soll dahingehend geprüft werden, ob sich die jeweiligen Modelle unter Einhaltung der Modellierungsregeln der jeweiligen Prozessmodellierungssprache erstellen lassen. Bei der semantischen Korrektheit der Prozessmodelle soll verglichen werden, in wie weit die mit deklarativer bzw. imperativer Prozessmodellierungssprache erstellten Prozessmodelle dem zugrunde liegenden Metamodell gegenüber vollständig und konsistent sind. Falls wesentliche Aspekte des Metamodells nicht darstellbar sind, leidet der Nutzen des Prozessmodells erheblich [BRS, Fre07, Bec12, Koc11].

#### A 1.1

Die Überprüfung der syntaktischen Richtigkeit der Modelle soll mit Hilfe der Modellierungstools Signavio und Declare durchgeführt werden. Beide Programme verfügen über eine automatische Überprüfung der syntaktischen Korrektheit der dort erstellten Modelle. Somit soll nach dem Modellieren der jeweiligen Prozessmodelle in den entsprechenden Modellierungstools eine automatische Überprüfung der syntaktischen Korrektheit durchgeführt werden [BRS, Bec12].

#### A 1.2

Zum Vergleich der semantischen Korrektheit soll überprüft werden, ob eine der beiden Prozessmodellierungssprachen die Struktur des Metamodells und das dort beschriebene Verhalten besser abbildet als die andere. Insbesondere soll hier untersucht werden, ob es Grenzen in der Darstellbarkeit der abzubildenden Aspekte des Metamodells gibt. Um dies zu überprüfen, sollen die imperativen und deklarativen Modelle einander direkt gegenüber gestellt werden [BRS, Bec12].

#### *4. Anforderungserhebung*

##### **4.1.2. Systematischer Aufbau**

Da nicht alle Informationen, wie z.B. Daten und Funktionen in einem Prozessmodell abgebildet werden können, ist die Integration anderer Sichten in das Prozessmodell sehr wichtig, um wirklich alle Informationen aus dem Metamodell abbilden zu können. Hier können Rückschlüsse auf die Eignung zur Modellierung gezogen werden und eventuelle Grenzen der Prozessmodellierungssprache aufgezeigt werden [BRS, Fre07, Bec12, Koc11].

##### **A 2.1**

Um den systematischen Aufbau der imperativen und deklarativen Prozessmodelle zu vergleichen, sollen die Prozessmodelle dahingehend untersucht werden, in wie weit sie die Integration anderer Sichten (d.h. die Darstellung von Artefakten im Prozessmodell) in das Prozessmodell unterstützen und Verweise auf bestehende Datenmodelle zulassen [BRS, Fre07, Rei09]..

##### **4.1.3. Relevanz**

Beim Vergleich der Relevanz der Prozessmodelle sollen die mit BPMN bzw. ConDec modellierten Prozessmodelle dahingehend untersucht werden, in wie weit es möglich ist, die Prozessmodelle mit den minimal relevanten Informationen zu erstellen. Hier kann wiederum die Eignung der beiden Prozessmodellierungssprachen sehr gut verglichen werden. Falls mit einer Prozessmodellierungssprache nicht alle minimal relevanten Informationen des Metamodells abgebildet werden können, ist diese weniger zum Modellieren geeignet [BRS, Fre07, Rei09].

##### **A 3.1**

Hier soll ein direkter Vergleich zwischen den imperativen und deklarativen Prozessmodellen durchgeführt werden. Anhand von diesem soll festgestellt werden, ob in einer von

beiden Prozessmodellierungssprachen mehr der minimal relevanten Informationen zum Metamodell abgebildet werden können als in der anderen [BRS, Fre07, Rei09]..

#### 4.1.4. Klarheit

Die Prozessmodelle, welche jeweils in imperativer und deklarativer Prozessmodellierungssprache erstellt werden, sollen im Hinblick auf ihre Klarheit untersucht werden. Hierbei soll festgestellt werden, ob es wesentliche Unterschiede bei der Verständlichkeit der Prozessmodelle gibt, wenn diese in imperativer, bzw. deklarativer Prozessmodellierungssprache erstellt wurden. Fehlende Verständlichkeit eines Prozessmodells führt dazu, dass das Prozessmodell wenig Nutzen bringt [BRS, Fre07, Rei09].

In der Studie [GLa] wurden Metriken über den geistigen Aufwand entwickelt, welcher für das Verständnis von BPMN-Notationselementen notwendig ist. Den einzelnen Notationselementen werden dort verschiedene geistige Gewichtungen zugewiesen. Ein Sequenzfluss hat auf Grund des geringen geistigen Aufwandes beim Verstehen eine geistige Gewichtung von 1. Das Exklusive Gateway hat eine geistige Gewichtung von 2, falls es nur zwei ausgehende Kanten hat. Bei drei oder mehr ausgehenden Kanten hat es eine geistige Gewichtung von 3. Das Parallele Gateway hat eine geistige Gewichtung von 4. Einem Inklusiven Gateway wird sogar eine geistige Gewichtung von 7 zugeschrieben [GLa].

Leider existieren derzeit noch keine Metriken über den geistigen Aufwand beim Verstehen der einzelnen Constraints bei ConDec. Jedoch gibt es bereits Studien ([Pes08, HBZ<sup>+</sup>, HZS<sup>+</sup>]), welche sich anderweitig mit dem Verstehen von deklarativen Prozessmodellen auseinandergesetzt haben. In Bezug auf diese Studien werden die nachfolgenden Unterkriterien zum Vergleich der *Klarheit* der einzelnen Prozessmodelle erhoben.

##### A 4.1

Es soll die Anzahl an Gateways in BPMN und die Anzahl Constraints in ConDec betrachtet werden. Weil alle Gateways in BPMN und alle Constraints in ConDec eine

#### 4. Anforderungserhebung

unterschiedliche Sematik haben und diese jeweils verstanden werden muss, kann sich eine hohe Anzahl an Gateways, bzw. Constraints negativ auf die Verständlichkeit auswirken [GLa, Pes08, HZS<sup>+</sup>].

Da die Existenz-Constraints relativ einfach zu verstehen sind [Pes08, HZS<sup>+</sup>], sollen sie beim Vergleich in Kapitel 5 mit den Sequenzflusselementen gleichgesetzt werden und haben somit auch in etwa eine geistige Gewichtung von 1 [Pes08, HBZ<sup>+</sup>, GLa, HZS<sup>+</sup>]. Da die Constraints in ConDec genau wie die Gateways in BPMN Patterns darstellen, müssten sie ebenfalls alle Werte für die geistige Gewichtung zwischen 2 und 7 annehmen. Die Constraints können jedoch nicht direkt den Gateways in BPMN zugeordnet werden und somit lassen sich die geistigen Gewichtungen der Gateways nicht auf die Constraints übertragen. Deshalb soll im Vergleich in Kapitel 5 nur die jeweilige Anzahl an Gateways in BPMN mit der Anzahl an Constraints im ConDec-Modell verglichen werden. Es soll somit auch bei den Gateways in BPMN keine Unterscheidung zwischen den Gateways stattfinden [Pes08, HBZ<sup>+</sup>, GLa].

Zudem soll auch die Anzahl an unterschiedlichen Gateways in BPMN und Constraints in ConDec betrachtet werden. Denn sowohl bei BPMN als auch bei ConDec wurde in Studien herausgefunden, dass gerade die Kombination von vielen verschiedenen Gateways/Constraints einen sehr großen negativen Einfluss auf das Verständnis hat [GLa, Pes08, HBZ<sup>+</sup>, HZS<sup>+</sup>].

Somit sollen beim Vergleich in Kapitel 5 die Anzahl an Sequenzfluss/Existenz Constraints, Gateways/Constraints und unterschiedliche Gateways/Constraints bei den deklarativen und imperativen Modellen direkt gegenüber gestellt werden. Hierbei soll das Kriterium höhere Anzahl an Sequenzfluss/Existenz Constraints einfach gewichtet und die Kriterien höhere Anzahl an Gateways/Constraints und unterschiedliche Gateways/Constraints jeweils doppelt gewichtet werden. Das Modell, welches sodann unter beachtung der Gewichtung die höhere Anzahl aufweist, soll als das komplexere Modell eingestuft werden und erfüllt die *Klarheit* dadurch weniger.

## A 4.2

Zudem soll untersucht werden, ob bei dem mit ConDec erstellten Modell ein klarer Einstiegspunkt mit Hilfe des Init-Constraints dargestellt werden kann. Das Init-Constraint kann bei ConDec nur einer einzigen Aktivität im Modell zugewiesen werden. Kommen mehrere Aktivitäten als Einstiegspunkt im Modell in Frage, so lassen sich diese in ConDec nicht klar kennzeichnen. Es existieren Studien darüber [HBZ<sup>+</sup>, HZS<sup>+</sup>], dass sich dies negativ auf das Verständnis von ConDec Modellen auswirkt.

## A 4.3

Weiterhin soll hier festgestellt werden, ob es wesentliche Unterschiede in der Verständlichkeit der imperativen und deklarativen Prozessmodelle gibt in Abhängigkeit der Größe des Prozessmodells. Falls sich Unterschiede in der Verständlichkeit der Prozessmodelle in Abhängigkeit der Größe des Prozessmodells ergeben, lassen sich hierbei Rückschlüsse auf die Eignung der Prozessmodellierungssprache in Bezug auf große/kleine Modelle ziehen.

### 4.1.5. Wirtschaftlichkeit der Prozessmodelle

Hier soll herausgefunden werden, ob sich der Aufwand für die Modellierung bei den beiden Modellierungssprachen erheblich voneinander unterscheidet. Ist die Erstellung eines Prozessmodells mit einem zu hohen Aufwand für die Erstellung verbunden, obwohl der spätere Nutzen des Prozessmodells erheblich geringer ist, ist die Modellierung nicht sinnvoll. Dies soll ähnlich wie bei *Klarheit* in Bezug auf die Komplexität des zu erstellenden Modelles und den damit verbundenen geistigen Aufwand für den Modellierer untersucht werden [Fre07, BRS, Lei12, MRA].

#### *4. Anforderungserhebung*

##### **A 5.1**

Es soll die Anzahl von Gateways in BPMN mit der Anzahl von Constraints in ConDec miteinander verglichen werden und auch die Anzahl unterschiedlicher Gateways/Constraints. Da bei der Verwendung von Gateways/Constraints auf Grund der dadurch steigenden Komplexität des Prozessmodellles für den Modellierer ein höherer geistiger Aufwand notwendig ist und somit auch ein größerer Aufwand für das Modellieren, kann sich dies negativ auf die *Wirtschaftlichkeit* auswirken. Weiterhin sind komplexere Modelle auch fehleranfälliger, d.h. wenn der Modellierer einen höheren geistigen Aufwand beim Modellieren leisten muss, ist es auch wahrscheinlicher, dass ihm Fehler beim Modellieren unterlaufen [Fre07, BRS, Lei12, MRA]. Es sollen die gleichen Kriterien wie bei A 4.1 beschrieben herangezogen werden.

##### **A 5.2**

Weiterhin soll hier festgestellt werden, ob es wesentliche Unterschiede in der *Wirtschaftlichkeit* der imperativen und deklarativen Prozessmodelle in Abhängigkeit der Größe des Prozessmodellles gibt.

##### **4.1.6. Vergleichbarkeit**

Bei der Vergleichbarkeit der Prozessmodelle soll untersucht werden, ob die in imperativer, bzw. deklarativer Prozessmodellierungssprache erstellten Prozessmodelle, welchen die gleichen Metamodelle zugrunde liegen, trotzdem vergleichbare Prozessmodelle darstellen [Fre07, BRS, Lei12]. Hierfür werden die nachfolgenden Unterkriterien definiert.

##### **A 6.1**

Die Vergleichbarkeit soll in Bezug auf das Ausführungsverhalten der imperativen und deklarativen Prozessmodelle durch Ausführung der Modelle in den Modellierungstools Siganvio und Declare nach der Modellierung überprüft werden. Es sollen die Pfade,

#### 4.1. Vergleichskriterien

welche im jeweiligen Modell durchlaufen werden können, miteinander verglichen werden und somit soll sichergestellt werden, dass das Verhalten der Modelle gleich ist, wenn bei beiden Modellen die gleichen Pfade durchlaufen werden können [HBZ<sup>+</sup>].

##### A 6.2

Außerdem soll die Größe der jeweiligen Prozessmodelle als Vergleichskriterium herangezogen werden. Hier soll die Gesamtanzahl der notwendigen Elemente zur Darstellung des Prozessmodells verglichen werden. Es soll festgestellt werden, ob bei Verwendung einer imperativen oder deklarativen Prozessmodellierungssprache wesentlich mehr Elemente zur Darstellung des gleichen Prozesses notwendig sind [Lei12, BRS, Fre07, Rei09].

##### A 6.3

Es soll insbesondere untersucht werden, ob die Abstraktionsgrade der Prozessmodelle sich wesentlich voneinander unterscheiden, d.h. es soll untersucht werden, ob es bei einer der beiden Prozessmodellierungssprachen Grenzen in der Darstellbarkeit gibt. Hierfür sollen die imperativen und deklarativen Modelle einander direkt gegenüber gestellt werden [Lei12, BRS, Fre07, Rei09].

Eine Übersicht über die Modellierungsgrundsätze und die jeweiligen Vergleichskriterien und Unterkriterien mit ihren Abkürzungen bietet Abbildung 4.1.

#### 4. Anforderungserhebung

Modellierungsgrundsatz		Abkürzung	Vergleichskriterien
Richtigkeit	syntaktisch	A 1.1	Einhaltbarkeit der Notationsregeln
	semantisch	A 1.2	Grenzen der Darstellbarkeit
Systematischer Aufbau		A 2.1	Unterstützung der Integration von anderen Sichten
Relevanz		A 3.1	Erstellung mit minimal relevanten Informationen möglich
Klarheit		A 4.1	Anzahl Sequenzfluss/Existenz Constraints, Anzahl Gateways/Constraints, Anzahl unterschiedlicher Gateways/Constraints
		A 4.2	Eindeutiger Startpunkt
		A 4.3	große/kleine Modelle
Wirtschaftlichkeit		A 5.1	Anzahl Sequenzfluss/Existenz Constraints, Anzahl Gateways/Constraints, Anzahl unterschiedlicher Gateways/Constraints
		A 5.2	große/kleine Modelle
Vergleichbarkeit		A 6.1	Ausführungsverhalten (Signavio, Declare)
		A 6.2	Summe Elemente gesamt
		A 6.3	Grenzen Darstellbarkeit

Abbildung 4.1.: Übersicht der Vergleichskriterien

# 5

## Modellierung für Softwareentwicklungsprozesse

In diesem Kapitel wird ein Vergleich der Anwendbarkeit zwischen imperativer und deklarativer Modellierung für Softwareentwicklungsprozesse gezogen. Zunächst wird dieser Vergleich in Kapitel 5.1 für den Softwareentwicklungsprozess Scrum durchgeführt. Hierfür wird in Kapitel 5.1 das der Modellierung zugrunde liegende Modell, der Softwareentwicklungsprozess Scrum, vorgestellt und für die Modellierung analysiert. Danach folgen die imperative Modellierung in der imperativen Prozessmodellierungssprache BPMN und anschließend die deklarative Modellierung in der deklarativen Prozessmodellierungssprache ConDec. Danach erfolgt der Vergleich zwischen den beiden Modellen. Der zweite Softwareentwicklungsprozess, welcher in diesem Kapitel in imperativer und deklarativer Prozessmodellierungssprache verglichen werden soll, ist der Open Unified Process (Open UP). Auch hier erfolgt zunächst eine kurze Einführung in den Open UP

## 5. Modellierung für Softwareentwicklungsprozesse

in Kapitel 5.2, bevor dieser analysiert wird, damit er in imperativer, bzw. deklarativer Prozessmodellierungssprache modelliert werden kann. Im Anschluss erfolgt der Vergleich zwischen den imperativen und deklarativen Prozessmodellen.

Zuletzt werden noch für das V-Modell XT die Prozessmodelle erstellt und verglichen. Eine Einführung in das V-Modell XT erfolgt in Kapitel 5.3. Für dieses wird als Vorbereitung für die Modellierung eine Analyse durchgeführt und es erfolgt die Modellierung in imperativer und deklarativer Prozessmodellierungssprache. Anschließend wird der Vergleich hierzu aufgezeigt.

Kapitel 5.4 widmet sich dem Vergleich zwischen allen Modellen insgesamt. Es werden die Ergebnisse der Vergleiche aus den vorherigen drei Kapiteln zusammengefasst und hierauf aufbauend werden allgemeine Schlüsse gezogen.

### 5.1. Scrum

Der Begriff Scrum stammt aus dem Artikel "The New New Product Development Game", welchen Hirotaka Takeuchi und Ikujiro Nonaka im Harvard Business Review 1986 veröffentlicht haben. Sie beschrieben einen ganzheitlichen Ansatz, bei dem kleine, funktionsübergreifende Teams zusammen an einem gemeinsamen Ziel arbeiten. Dies verglichen sie mit der Scrum-Formation beim Rugby [Pha12, TN86].

Bei Scrum handelt es sich um ein agiles Prozessmodell, welches seit Anfang 1990 für komplexe Entwicklungen verwendet wird. Agile Prozessmodelle werden den leichtgewichtigen Prozessmodellen zugeordnet [Han10, Lac12]. Einen ersten Überblick über das Scrum-Prozessmodell gibt Abbildung 5.1. Der genaue Ablauf im Scrum-Prozessmodell wird nachfolgend analysiert.

#### 5.1.1. Analyse Scrum

Im Scrum-Prozessmodell gibt es nur drei verschiedene Rollen: Den *Product Owner*, das *Team* und den *Scrum Master*. Sämtliche Verantwortlichkeiten innerhalb eines Projektes

## 5.1. Scrum

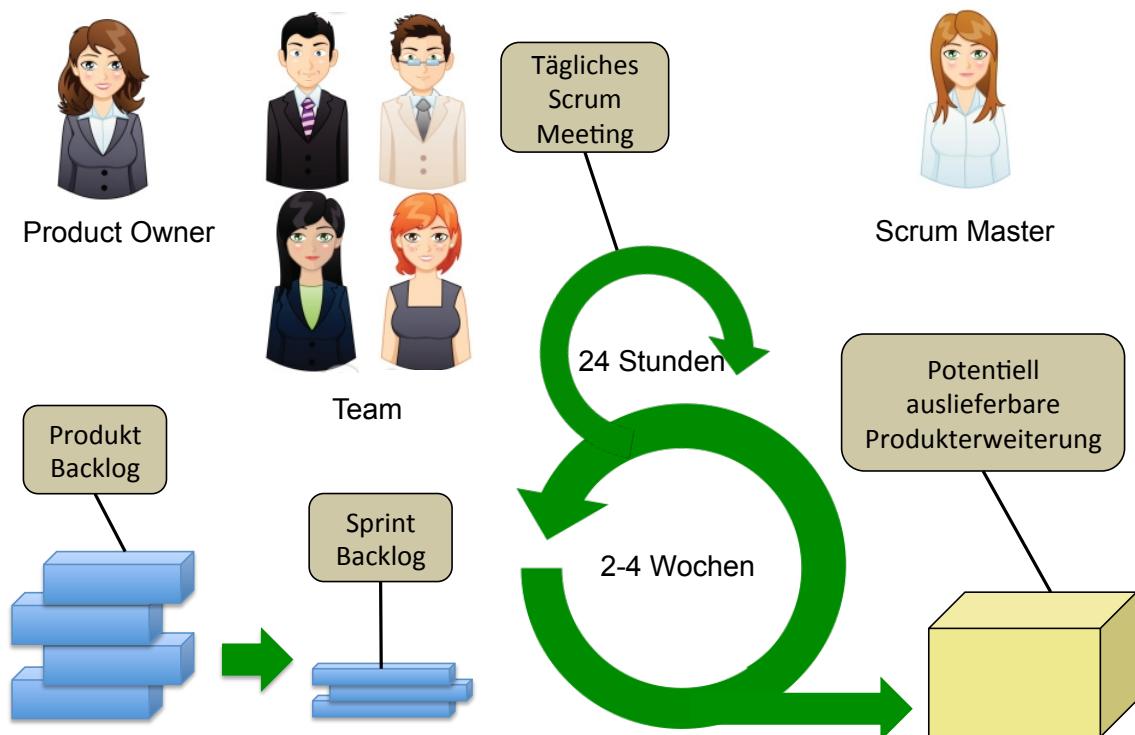


Abbildung 5.1.: Scrum Überblick nach [Moub]

## 5. Modellierung für Softwareentwicklungsprozesse

werden hierbei auf diese drei Rollen aufgeteilt [Sch04].

Der Product Owner ist verantwortlich, die Interessen aller am Projekt beteiligten Personen zu vertreten. Neben der Budgetierung des Projektes erstellt er Releasepläne und fertigt den *Produkt Backlog* an, welcher eine Liste mit funktionalen und nicht-funktionalen Anforderungen darstellt [Sch04, Pic10, Sch07]. Weiterhin priorisiert er die Aufgaben, welche von den Entwicklern im *Sprint* erledigt werden sollen, so dass die aktuell nützlichsten Elemente die höchste Priorität haben. Er erstellt eine Liste dieser Elemente, welche *Sprint Backlog* genannt wird [Wol11a, Sch07, Pic10]. Der Product Owner ist ebenfalls zuständig für das Annehmen bzw. Ablehnen der Arbeitsergebnisse [Ecl].

Die Teams bestehen bei Scrum für gewöhnlich aus fünf bis neun Mitgliedern und verwalten sich selbst. Ihre Tätigkeiten müssen erfolgreich sein, liegen aber in ihrer eigenen Verantwortung [PQ11, Wol11b]. Alle Teammitglieder sind gemeinsam für den Erfolg eines jeden *Sprints* und des gesamten Projektes zuständig [Pic10].

Der Scrum Master ist für den gesamten Scrum-Prozess verantwortlich. Dies schließt die Vermittlung von Scrum-Inhalten, wie beispielsweise Schulungen, und die Implementation von Scrum in die Unternehmenskultur ein [Pic10]. Er überwacht die Sprint-Tasks, um sicher zu gehen, dass der Sprint erfolgreich verläuft.

Bei Scrum wird die Entwicklung in mehrere kurze Zyklen, also Iterationen eingeteilt. Eine einzelne Iteration wird bei Scrum *Sprint* genannt [Wol11a]. Die Dauer eines Sprints beträgt zwei bis vier Wochen. Am Ende eines jeden Sprints muss das Team ein lauffähiges Produkt abliefern [Wol11b]. Vor jedem Sprint findet ein *Sprint Planning Meeting* statt, welches sich aus zwei Teilen zusammensetzt [Pic10]. Im ersten Teil findet eine Planung des nächsten Sprints statt [Lac12]. Hierfür präsentiert der Product Owner dem Team eine Liste der Product Backlog-Elemente mit der aktuell höchsten Priorität [Sch04, Sch07, Pic10]. Diese Liste wird *Sprint Backlog* genannt [Wol11b]. Das Team hat die Möglichkeit, Fragen bezüglich Inhalt, Zweck, Bedeutung und Absichten der Sprint

Backlog-Elemente zu stellen. Anschließend werden die einzelnen Elemente aus dem Sprint-Backlog in sogenannte *Tasks* aufgeteilt, welche jeweils eine ideale Bearbeitungszeit von zwei bis vier Stunden haben, aber niemals länger als zwei Tage dauern sollten [Wol11b]. Das Team kann sich die Aufgaben eigenverantwortlich aufteilen und muss sich anschließend dem Product Owner verpflichten, die Tasks bis zum Abschluss des Sprints zu erledigen [Wol11b, Kei10, Pic10]. Das Team trifft sich während des Sprints täglich in einem 15-minütigen Meeting, dem *täglichem Scrum Meeting*. Dabei redet das Team über seinen Fortschritt und eventuelle Probleme bei seiner Arbeit [Kei10]. Hier muss jedes Teammitglied die nachfolgenden drei Fragen beantworten [Wol11b]:

1. Was habe ich seit gestern erreicht?
2. Was werde ich heute erreichen?
3. Was blockiert mich?

### 5.1.2. Imperative Modellierung Scrum

Abbildung 5.2 zeigt die imperative Modellierung von Scrum. Im Prozess gibt es die drei verschiedenen Rollen Product Owner, Team und Scrum Master, was im Prozessmodell durch drei verschiedene Swimlanes dargestellt ist. Manche Aktivitäten werden auch von mehreren Rollen ausgeführt. Da dies jedoch in BPMN nicht darstellbar ist, werden die entsprechenden Aktivitäten nachfolgend immer dem Hauptakteur zugewiesen.

Parallel zu allen anderen Aktivitäten des Teams und des Product Owners muss der Scrum Master stets den Scrum-Prozess managen. Dies wird im Prozessmodell durch das Parallelle Gateway angezeigt.

Der Product Owner schätzt als erste Aktivität den Product Backlog ab. Anschließend priorisiert er den Product Backlog und erstellt parallel dazu die Releasepläne.

Wenn alle zwei bis vier Wochen ein neuer Sprint beginnt, was hier durch ein Zeitereignis dargestellt ist, wird zuerst das Sprint Planning Meeting durchgeführt. Dieses ist als Unterprozess in Abbildung 5.3 dargestellt. Zunächst priorisiert der Product Owner die Anforderungen, welche während des Sprints erledigt werden müssen und erstellt danach den Sprint Backlog. Anschließend teilt sich das Team selbstständig die Sprint Backlog-

## *5. Modellierung für Softwareentwicklungsprozesse*

Elemente in Tasks ein.

Im Anschluss findet ein Sprint-Rückblick statt (Abbildung 5.2) und der Product Owner veranstaltet ein Sprint Review Meeting.

Das Team führt während des Sprints täglich ein 15-minütiges Scrum Meeting durch und jedes Teammitglied arbeitet eine Task nach der anderen ab. Dies wird hier als Schleife dargestellt: Solange noch weitere Tasks vorhanden sind, führt das Exklusive Gateway immer wieder zurück zur Aktivität "Tasks abarbeiten". Erst wenn keine weiteren Tasks mehr vorhanden sind, führt der Prozess weiter zum nächsten Entscheidungspunkt.

Sind noch weitere Aufgaben im Product Backlog vorhanden, die noch erledigt werden müssen, so beginnt ein weiterer Sprint, was durch eine Rückschleife sichtbar ist. Falls jedoch schon der komplette Product Backlog abgearbeitet ist, so endet der Prozess hier.

## 5.1. Scrum

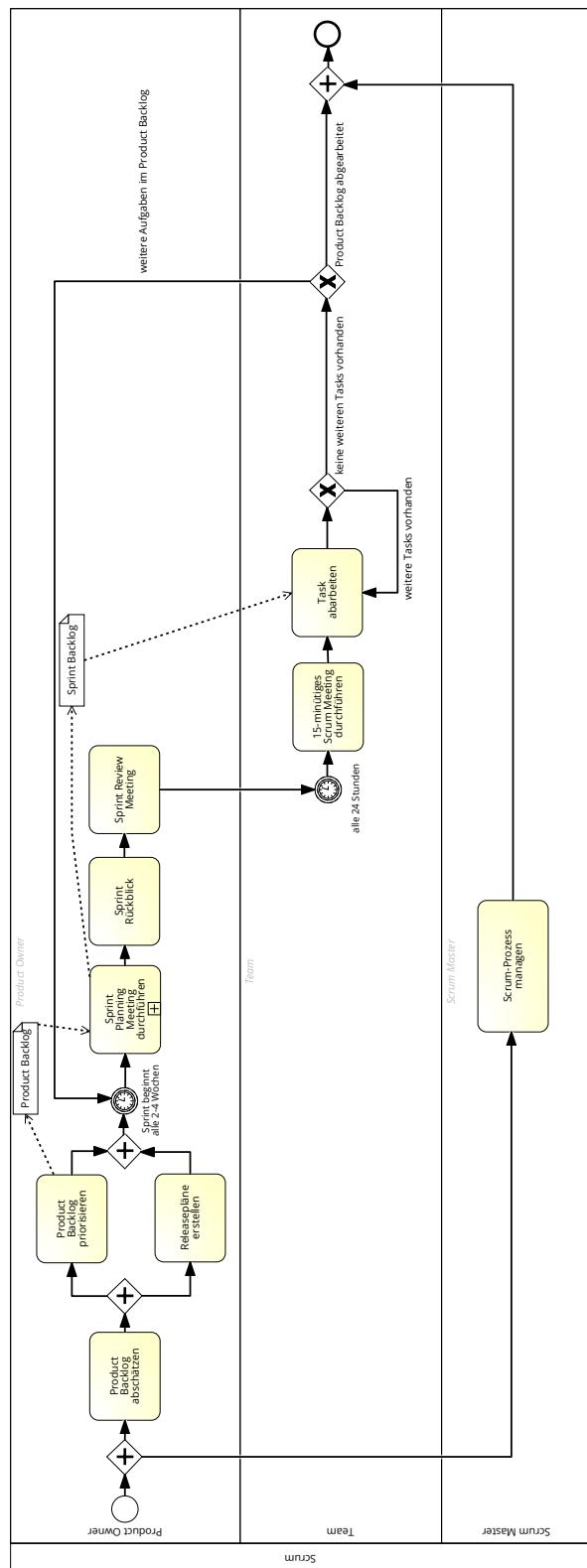


Abbildung 5.2.: Imperative Modellierung Scrum

## 5. Modellierung für Softwareentwicklungsprozesse

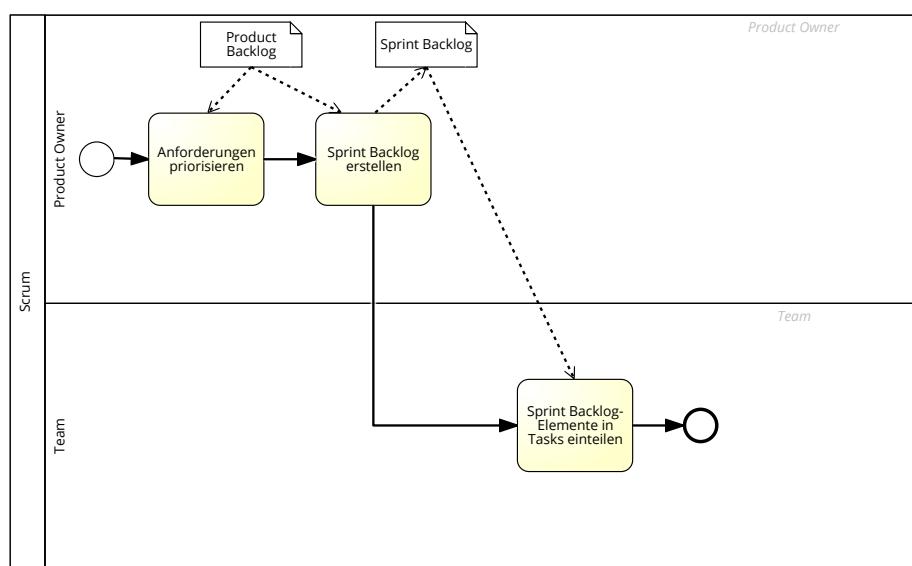


Abbildung 5.3.: Imperative Modellierung Scrum Unterprozess

### 5.1.3. Deklarative Modellierung Scrum

Abbildung 5.4 zeigt die deklarative Modellierung von Scrum. Der Prozess beginnt mit der Aktivität "Product Backlog abschätzen". Dies ist hier durch das Init-Constraint gekennzeichnet. Weiterhin wird diese Aktivität im Prozess genau einmal ausgeführt, was durch das Existenz Constraint dargestellt ist. Das Constraint *succession* gibt an, dass die Aktivität "Product Backlog abschätzen" vor den Aktivitäten "Product Backlog priorisieren" und "Releasepläne erstellen" ausgeführt werden muss und dass die Aktivitäten "Product Backlog priorisieren" und "Releasepläne erstellen" auf jeden Fall nach "Product Backlog abschätzen" durchgeführt werden müssen. "Product Backlog priorisieren" und "Releasepläne erstellen" werden ebenfalls genau einmal ausgeführt, was durch das Existenz Constraint festgelegt wird.

Nach deren Ausführung muss die Aktivität "alle 2-4 Wochen Sprint Planning Meeting durchfuehren" erfolgen. Der zugehörige Unterprozess ist in Abbildung 5.5 zu finden. Hier sind die Aktivitäten "Anforderungen priorisieren", "Sprint Backlog erstellen" und "Sprint Backlog-Elemente in Tasks einteilen" durch das Constraint *precedence* miteinander verbunden, um die Einhaltung deren Reihenfolge nacheinander zu gewährleisten. Außerdem dürfen diese Aktivitäten pro Ausführung des Unterprozesses, also pro Prozessinstanz, nur einmal ausgeführt werden.

Nach der Ausführung der Aktivitäten des Unterprozesses Sprint Planning-Meeting durchführen, muss im Anschluss die Aktivität "Sprint Rückblick" bearbeitet werden. Dies wird durch das Constraint *chain response* sichergestellt. Eine erneute Ausführung von "alle 24 Stunden 15-minütiges Scrum-Meeting durchführen" ist erst nach Durchführung von "Sprint Rückblick" möglich (Constraint *alternate precedence*). Hierdurch wird eine Schleife modelliert, welche den immer wiederkehrenden Sprint simuliert.

Die Aktivitäten "alle 24 Stunden 15-minütiges Scrum-Meeting durchführen" und "Tasks abarbeiten" können während des Sprints so oft wie nötig durchgeführt werden. Die Aktivitäten "alle 24 Stunden 15-minütiges Scrum-Meeting durchführen" und "Tasks abarbeiten" müssen jedoch nebeneinander ausgeführt werden, was durch das Constraint

## 5. Modellierung für Softwareentwicklungsprozesse

*succession* beschrieben ist.

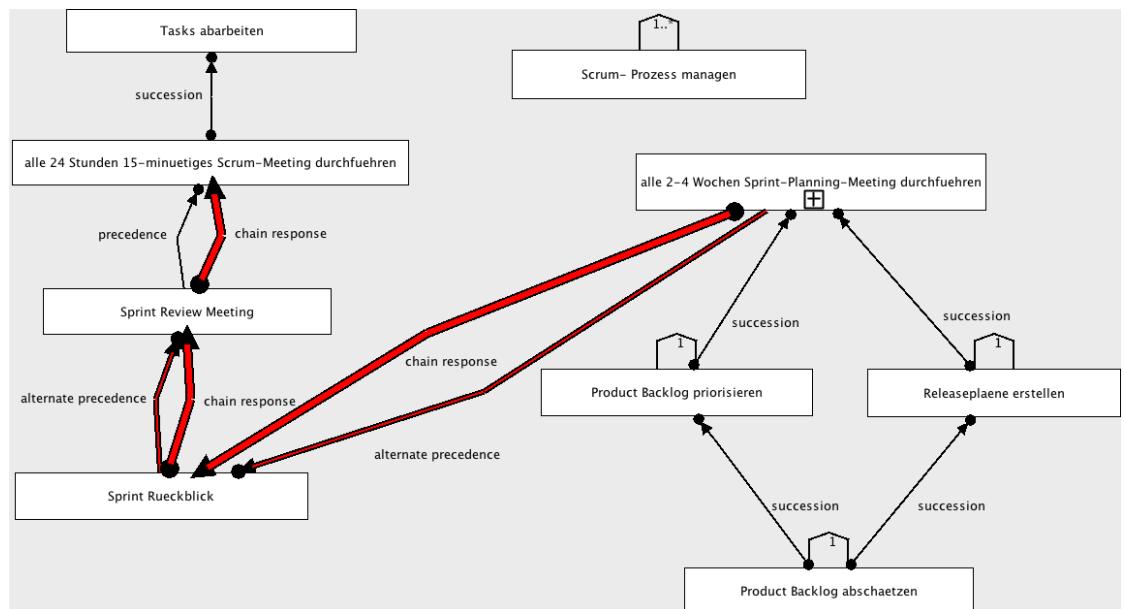


Abbildung 5.4.: Deklarative Modellierung Scrum



Abbildung 5.5.: Deklarative Modellierung Scrum-Unterprozess Sprint-Planning-Meeting durchführen

### 5.1.4. Vergleich

Der Vergleich zwischen den in der deklarativen Prozessmodellierungssprache ConDec und in der imperativen Prozessmodellierungssprache BPMN erstellten Scrum Prozessmodellen wird im Folgenden anhand der in Kapitel 4 definierten Anforderungen ausgeführt. Auf Grund der dort definierten Vergleichskriterien wurden nachfolgend die Anzahl der Constraints/Gateways, Anzahl der Sequenzflusselemente/Existenz, Anzahl unterschiedlicher Gateways/Constraints sowie die Summe der Elemente insgesamt in beiden Modellen gezählt. Weiterhin wurden die Aktivitäten gezählt, um später zwischen großen und kleinen Prozessmodellen vergleichen zu können. Hierdurch können im Folgenden die Modelle anhand der Vergleichskriterien miteinander verglichen werden. Wie Abbildung 5.6 entnommen werden kann, unterscheidet sich die Anzahl der Aktivitäten zwischen den in BPMN und ConDec modellierten Prozessmodellen nicht voneinander. In jedem Prozessmodell gibt es 12 Aktivitäten.

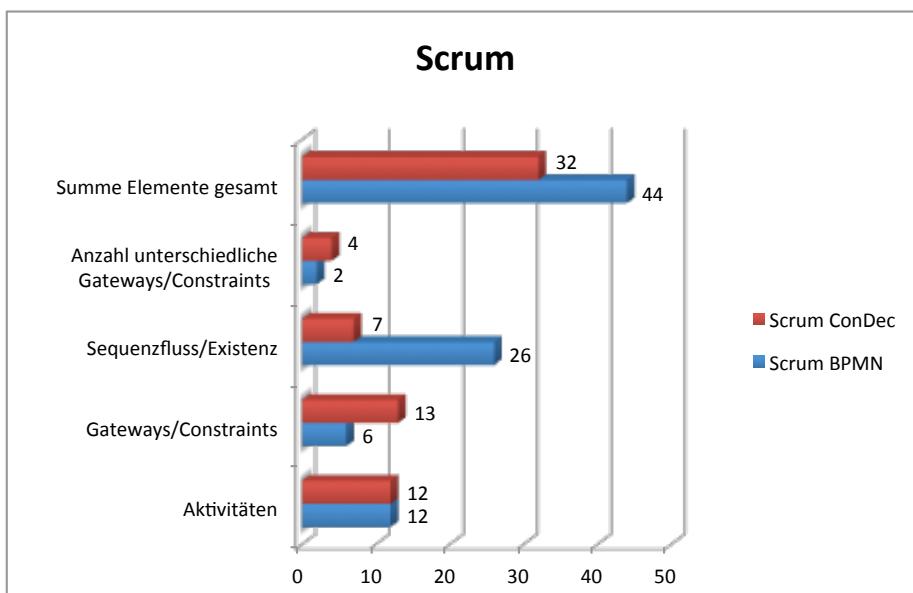


Abbildung 5.6.: Vergleich der Anzahl der Elemente Scrum

Zudem braucht es in BPMN sechs Gateways und 26 Sequenzflusselemente, um den Ablauf des Metamodells darzustellen. Bei Verwendung von ConDec werden 13 Constraints

## 5. Modellierung für Softwareentwicklungsprozesse

(vier unterschiedliche) und sieben Existenz Constraints zur Darstellung der Abfolge der Aktivitäten benötigt. In BPMN werden sechs Gateways (zwei unterschiedliche) verwendet.

Die syntaktische *Richtigkeit* [A 1.1] kann bei beiden Modellierungssprachen eingehalten werden, da bei beiden Prozessmodellierungssprachen die Notationsregeln zur korrekten Darstellung des Prozessablaufes nicht verletzt werden müssen. Dies hat das Testen der beiden Modelle in Signavio bzw. Declare bestätigt.

Die semantische *Richtigkeit* [A 1.2] lässt sich mit BPMN in Bezug auf Rollen und Artefakte besser erfüllen als mit ConDec. Da es bei ConDec keine Möglichkeit gibt, Rollen und Artefakte im Prozessmodell zu visualisieren, fehlen diese Informationen. Die Rollen und Artefakte können zwar in Declare abgebildet werden, jedoch gibt es in ConDec hierfür keine Notationselemente, um Rollen und Artefakte im Prozessmodell selbst sichtbar zu machen. Aus diesem Grund müssen diese Informationen beim Modellieren weggelassen werden, was zur Folge hat, dass das im Metamodell beschriebene Verhalten nicht vollständig abgebildet werden kann. Dadurch leidet auch der Nutzen des Modells.

In Anbetracht der syntaktischen Richtigkeit [A 1.1] sind BPMN und ConDec gleich gut zur Modellierung geeignet. Bei Betrachtung der semantischen Richtigkeit ist BPMN die geeigneter Modellierungssprache [A 1.2]. Somit erfüllt BPMN die *Richtigkeit* besser, da es beiden Unterkriterien gerecht wird.

Nur BPMN bietet die Möglichkeit, Artefakte im Prozessmodell zu visualisieren und lässt somit die Integration anderer Sichten in das Modell zu. Somit kann der Modellierungsgrundsatz des *systematischen Aufbaus* [A 2.1] nur von BPMN eingehalten werden. Da ConDec dies nicht zulässt, können wichtige Informationen aus dem Metamodell nicht abgebildet werden. Somit erfüllt nur BPMN den Grundsatz des *systematischen Aufbaus*.

Lediglich die mit BPMN erstellten Prozessmodelle können mit minimal relevanten Informationen erstellt werden. Der Grund dafür ist wiederum die fehlende Visualisierungsmöglichkeit von Rollen und Artefakten. Somit kann die *Relevanz* [A 3.1] nur von BPMN

erfüllt werden.

Bei Untersuchung der *Klarheit* lässt sich feststellen, dass sich die Anzahl der Sequenzflusselemente bzw. Existenz Constraints zwischen BPMN (26) und ConDec (7) unterscheidet. Ebenfalls gibt es eine Differenz bei der Anzahl der Gateways (6)/Constraints (13) und der Anzahl von unterschiedlichen Gateways (2)/Constraints (4) zwischen BPMN und ConDec.

Wie in Kapitel 4 bereits erwähnt [A 4.1], kann sich eine größere Anzahl an Gateways/Constraints negativ auf die Verständlichkeit auswirken. Hier ist die Anzahl bei ConDec mehr als doppelt so hoch wie bei BPMN. Zudem existiert im ConDec Modell keine eindeutige Start Aktivität [A 4.2], welche durch das Init-Constraint markiert ist. Dies liegt daran, dass mehrere Aktivitäten als Einstiegsaktivität in Frage kommen. Die möglichen Einstiegsaktivitäten sind jedoch nicht auf den ersten Blick ersichtlich. Dies steigert die Komplexität des ConDec Modelles.

Das BPMN-Modell hat nur im Hinblick auf die Anzahl von Sequenzflusselementen im Gegensatz zu Existenz Constraints einen höheren Wert. Wie in Kapitel 4 festgelegt, wird die Anzahl Sequenzfluss/Existenz Constraints [A 4.1] einfach gewichtet und die Anzahl Gateways/Constraints und Anzahl unterschiedlicher Gateways/Constraints doppelt [A 4.1] gewichtet. Somit weist das mit ConDec erstellte Modell in zwei jeweils doppelt gewichteten Punkten eine höhere Komplexität auf und das BPMN Modell nur in einem einfach gewichteten Punkt. Da noch die fehlende Startmarkierung bei ConDec [A 4.2] hinzu kommt, wird das mit ConDec erstellte Modell auf Grund der definierten Anforderungen in Kapitel 4 als komplexer eingestuft.

Somit ist hier BPMN in Bezug auf die *Klarheit* geeigneter zum Modellieren als ConDec, da es die beiden Unterkriterien [A 4.1] und [A 4.2] besser erfüllt.

Die *Wirtschaftlichkeit* unterscheidet sich bei den beiden Modellierungssprachen. Das mit BPMN erstellte Modell weist 26 Sequenzflusselemente auf und das mit ConDec erstellte Modell beinhaltet sieben Existenz Constraints. Bei ConDec hingegen werden mehr Cons-

## 5. Modellierung für Softwareentwicklungsprozesse

traints (insgesamt 13, davon 4 verschiedene) benötigt als Gateways (insgesamt 6, davon 2 verschiedene) bei BPMN. Hier gilt für das Kriterium [5.1] die gleiche Argumentation wie oben bei *Klarheit* [4.1]. Da die Anzahl Sequenzfluss/Existenz Constraints [A 5.1] einfach gewichtet und die Anzahl Gateways/Constraints und Anzahl unterschiedlicher Gateways/Constraints [A 5.1] doppelt gewichtet wird, zeigt das ConDec Modell eine höhere Komplexität auf und der Modellierer hat somit einen höheren Aufwand beim Erstellen des Prozessmodells.

Aus diesem Grund erfüllt BPMN bei diesem Modell die *Wirtschaftlichkeit* besser als ConDec.

Die *Vergleichbarkeit* in Bezug auf das Ausführungsverhalten der beiden Modelle, wurde durch Testausführungen in den Modellierungstools Signavio und Declare gewährleistet [A 6.1].

Bei BPMN enthält das erstellte Modell insgesamt mehr Elemente. Während bei ConDec insgesamt 32 Elemente benötigt werden, müssen zur Darstellung des gleichen Sachverhaltes bei BPMN 44 Elemente verwendet werden [A 6.2].

Bei ConDec müssen Informationen wie Rollen und Artefakte weggelassen werden, während sie in BPMN dargestellt werden können [A 6.3].

Die *Vergleichbarkeit* kann zwar in Bezug auf das Ausführungsverhalten von beiden Sprachen erfüllt werden [A 6.1]. BPMN weist jedoch insgesamt mehr Elemente auf [A 6.2] und ConDec kann die *Vergleichbarkeit* in Bezug auf die Darstellbarkeit von Rollen und Artefakten nicht einhalten [A 6.3]. Somit kann das Kriterium [6.2] von ConDec besser eingehalten werden und das Kriterium [A 6.3] wird von BPMN besser erfüllt. Das Kriterium [6.1] kann von beiden realisiert werden. Somit liegt hier keine der beiden Prozessmodellierungssprachen vorne.

Abbildung 5.7 zeigt die Ergebnisse des Vergleichs von BPMN und ConDec in der Zusammenfassung. BPMN liegt bei den Grundsätzen *Richtigkeit*, *systematischer Aufbau*, *Klarheit* und *Vergleichbarkeit* vorne, bei den Grundsätzen *Wirtschaftlichkeit* und *Relevanz* liegen BPMN und ConDec gleich auf.

## 5.2. Open Unified Process (Open UP)

Modellierungsgrundsatz		Abkürzung	Geeignete Modellierungssprache
Richtigkeit	syntaktisch	A 1.1	BPMN, ConDec
	semantisch	A 1.2	BPMN
Systematischer Aufbau		A 2.1	BPMN
Relevanz		A 3.1	BPMN
Klarheit		A 4.1	BPMN
		A 4.2	BPMN
Wirtschaftlichkeit		A 5.1	BPMN
Vergleichbarkeit		A 6.1	BPMN, ConDec
		A 6.2	ConDec
		A 6.3	BPMN

Abbildung 5.7.: Tabellarischer Vergleich von Scrum

## 5.2. Open Unified Process (Open UP)

Der Open Unified Process, kurz Open UP ist eine frei zugängliche Variante des Rational Unified Process [HMa]. Er ist Teil des Eclipse Process Frameworks. Open UP ist ein iterativer, inkrementeller und minimaler Prozess, aber er ist dennoch vollständig und erweiterbar [Gau, EHS10]. Der Prozess ist minimal gehalten und bezieht somit nur die wesentlichen Inhalte ein. Er ist jedoch erweiterbar, da er mit weiteren Prozessfragmenten aufgestockt und dadurch nach Belieben zugeschnitten werden kann [WPR07]. Das Konzept des Open UP sieht vor, sich bei einer Vergrößerung des Prozesses auf das Minimum zu beschränken, welches für das Projekt benötigt wird. Dies ist besser als zu versuchen, große, überladene Prozesse zu verstehen und diese dann zu verkleinern [AL12]. Der Open UP wird im Folgenden analysiert.

## 5. Modellierung für Softwareentwicklungsprozesse

### 5.2.1. Analyse von Open UP

Open UP ist auf kleine Teams ausgerichtet, bei denen bei der Zusammenarbeit räumliche Nähe besteht. Die Teammitglieder haben hierbei die Freiheit, ihre eigenen Entscheidungen bezüglich ihren aktuellen Aufgaben und Prioritäten zu treffen, um die Anforderungen der Stakeholder zu erfüllen. Das Team trifft sich täglich, um über den aktuellen Status zu diskutieren [COR].

Es werden Rollen, Aufgaben, Artefakte und Ebenen in Open UP definiert. Dies soll ermöglichen, dass verschiedene Sichten, die sich in ihrem Detaillierungsgrad unterscheiden, auf das Projekt möglich sind [Fre]. Einen ersten Überblick über Open UP gibt Abbildung 5.8.

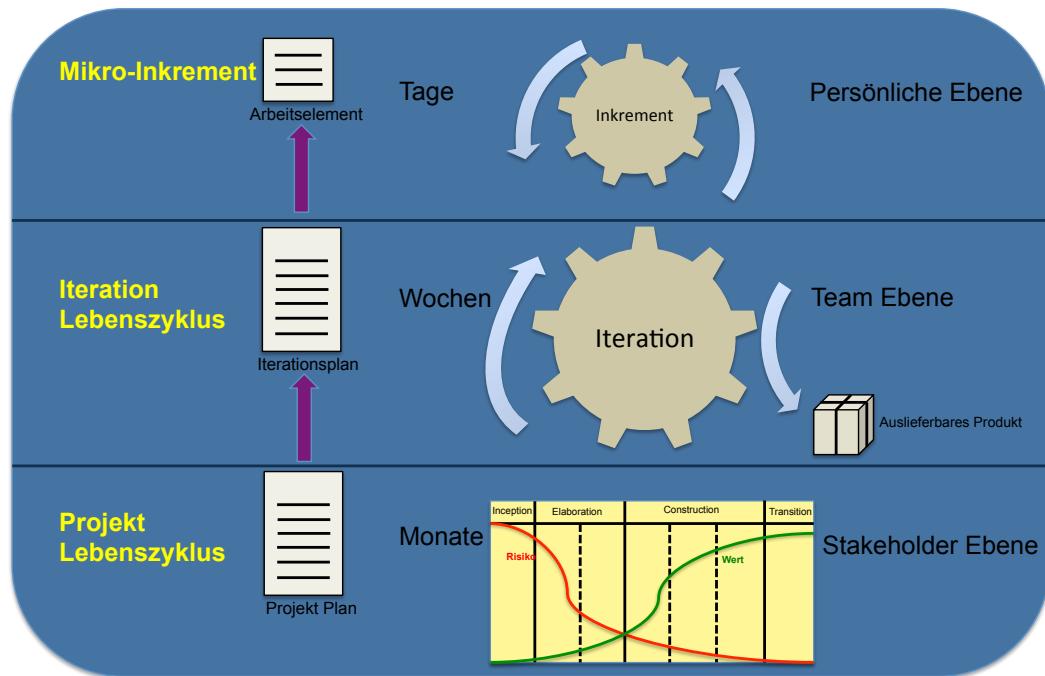


Abbildung 5.8.: Open UP Überblick nach [Bal]

Auf der persönlichen Ebene teilen sich die Teammitglieder ihre Arbeit in *Mikro-Inkemente* ein (Abbildung 5.8). Diese stellen das Ergebnis von Stunden bzw. wenigen Tagen Arbeit dar. Die Arbeit entwickelt sich somit ein Mikro-Inkrement weiter und der Fortschritt kann Tag für Tag nachvollzogen werden. Die Teammitglieder teilen sich ihre Fortschritte täglich

## 5.2. Open Unified Process (Open UP)

einander mit, was die Arbeitstransparenz und das Vertrauen erhöht und die Teamarbeit fördert [Bal].

Auf der Team-Ebene wird das Projekt in Iterationen unterteilt (Abbildung 5.8), welche einen Zeitraum von mehreren Wochen umfassen. Das Ziel ist es, am Ende eines Iterationszyklus ein funktionierendes Softwareinkrement zu haben. Dieses Inkrement stellt eine Version des Softwaresystems dar, welche eine zusätzliche oder verbesserte Funktionalität besitzt als die vorherige Version [EHS10]. In jeder Iteration wird ein Iterationsplan angefertigt, der vorgibt, was in dieser Iteration geliefert werden muss und auf welchen sich das Team verpflichten muss [Fre]. Auf Stakeholder-Ebene wird diesem durch den *Projektlebenszyklus* die Möglichkeit gegeben, die Projektfinanzierung, den Umfang, das Risiko und andere Aspekte des Prozesses zu kontrollieren (Abbildung 5.8). Der Open UP teilt den *Projektlebenszyklus* in die vier Phasen *Inception*, *Elaboration*, *Construction* und *Transition* ein, welche in Abbildung 5.9 skizziert werden [Bal].

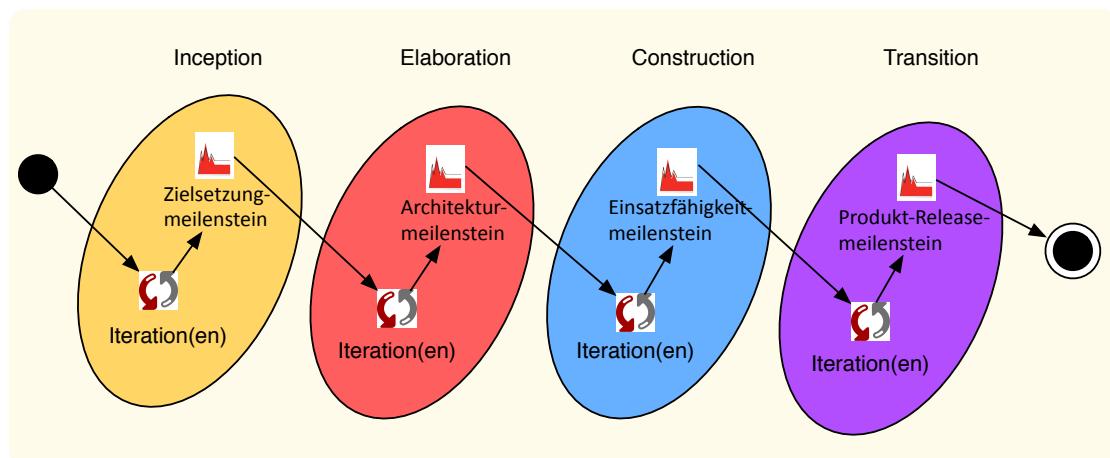


Abbildung 5.9.: Phasen Open UP nach [Bal]

In jeder Phase finden eine oder mehrere Iterationen statt und werden mit einem Meilenstein abgeschlossen [EHS10]. In der Phase Inception ist dies der Zielsetzungmeilenstein, in der Phase Elaboration der Architekturmeilenstein, in der Phase Construction der Einsatzfähigkeitsmeilenstein und in der Phase Transition der Produktreleasemeilenstein.

## 5. Modellierung für Softwareentwicklungsprozesse

Tabelle 5.1 zeigt die Abläufe der Iterationen in den einzelnen Phasen und die zugehörigen Zielstellungen.

Vorlagenmodell Iterationen	Zielsetzung der Phase
Inception Phase Iteration <ul style="list-style-type: none"> <li>• Iteration starten</li> <li>• Iteration planen und verwalten</li> <li>• Anforderungen festlegen und verfeinern</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Verstehen, was zu bauen ist</li> <li>• Die wichtigsten Systemfunktionen verstehen</li> <li>• Mindestens eine mögliche Lösung bestimmen</li> <li>• Kosten, Zeitplan und Risiken verstehen, welche mit dem Projekt verbunden sind</li> </ul>
Elaboration Phase Iteration <ul style="list-style-type: none"> <li>• Iteration planen und verwalten</li> <li>• Anforderungen erheben und verfeinern</li> <li>• Architektur definieren</li> <li>• Lösung entwickeln</li> <li>• Testlösung</li> <li>• Laufende Aufgaben</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Ein detaillierteres Verständnis der Anforderungen einholen</li> <li>• Architektur designen, implementieren und validieren</li> <li>• Wesentliche Risiken mindern und genauen Zeitplan und Kostenschätzungen erstellen</li> </ul>

## 5.2. Open Unified Process (Open UP)

<p>Construction Phase Iteration</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Iteration planen und verwalten</li> <li>• Anforderungen erheben und verfeinern</li> <li>• Lösung entwickeln</li> <li>• Testlösung</li> <li>• Laufende Aufgaben</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Komplettes Produkt iterativ entwickeln, welches am Ende bereit ist an seine Nutzer ausgeliefert zu werden</li> <li>• Entwicklungskosten minimieren und einen gewissen Grad an Parallelität erzielen</li> </ul>
<p>Transition Phase Iteration</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Iteration planen und verwalten</li> <li>• Lösung entwickeln</li> <li>• Testlösung</li> <li>• Laufende Aufgaben</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Beta-Test, um zu überprüfen, dass die Erwartungen der Benutzer erfüllt sind</li> <li>• Zustimmung der Stakeholder einholen, dass Bereitstellung abgeschlossen ist</li> </ul>

Tabelle 5.1.: Iterationen und Zielstellungen der Phasen in Open UP [Bal]

Abbildung 5.10 gibt einen Überblick über die verschiedenen Rollen in Open UP. Die Rolle *Analyst* stellt den Vertreter des Kunden und Endnutzer auf der Seite des Teams dar. Die Aufgaben des *Analysten* bestehen aus der Informationssammlung von den Stakeholdern, um das Problem, welches es zu lösen gilt, zu verstehen. Weiterhin erstellt er Anforderungen und setzt Prioritäten für diese [COR].

Der *Tester* ist für sämtliche Testaktivitäten verantwortlich. Diese umfassen die Ermittlung, Festlegung, Umsetzung und Durchführung der erforderlichen Tests sowie die Protokollierung und Analyse der Ergebnisse [COR]. Der *Entwickler* entwickelt einen Teil des Systems und muss hierbei sicherstellen, dass dieser in die Gesamtarchitektur

## 5. Modellierung für Softwareentwicklungsprozesse

passt. Er muss eventuell Prototypen des User-Interface anfertigen und anschließend die Komponenten implementieren, testen und integrieren [COR].

Der *Architekt* ist für die Definition der Software-Architektur verantwortlich, d.h. er trifft alle wichtigen technischen Entscheidungen, welche die gesamte Entwicklung und Umsetzung des Systems betreffen [COR].

Der *Projekt Manager* führt die Planung des Projektes durch, koordiniert die Zusammenarbeit zwischen allen Beteiligten und achtet darauf, dass das Projektteam die Erfüllung der Projektziele stets im Auge behält [COR].

Die Rolle des *Stakeholders* schließt alle Interessengruppen ein, deren Ansprüche durch das Projekt erfüllt werden müssen.

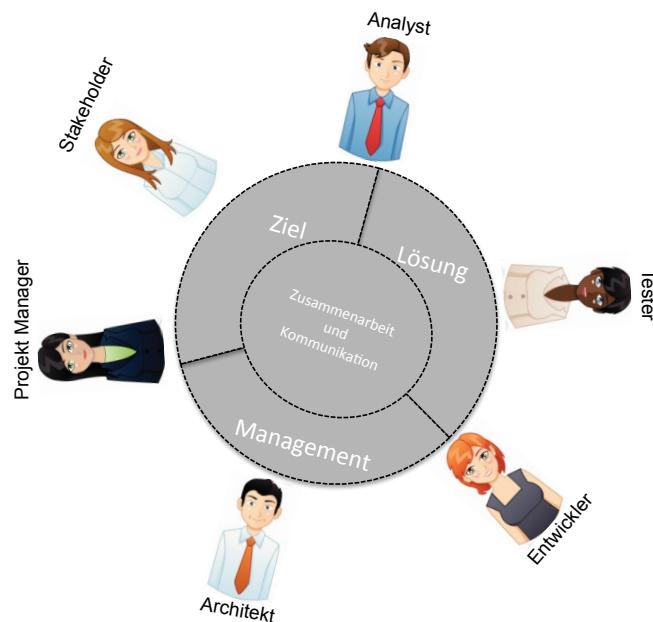


Abbildung 5.10.: Rollen in Open UP nach [Spa]

Eine Task bezeichnet in Open UP die Arbeitseinheit einer Rolle, welche von dieser durchgeführt werden soll. Insgesamt gibt es 18 Tasks, die von den verschiedenen Rollen entweder als Hauptakteur (der Verantwortliche für die Durchführung der Aufgabe) oder als zusätzlicher Akteur (Unterstützung und Bereitstellung von Informationen, die

## 5.2. Open Unified Process (Open UP)

in der Task- Ausführung verwendet werden), durchgeführt werden. Hierdurch wird der kollaborative Charakter von Open UP gefestigt [Bal].

Ein Artefakt ist etwas, das hergestellt, modifiziert oder durch eine Task verwendet wird. Rollen sind für die Erstellung und Aktualisierung von Artefakten verantwortlich. Artefakte stellen eine Versionskontrolle während des gesamten Projektlebenszyklus dar. Die 17 Artefakte in Open UP gelten als die wesentlichen Artefakte, welche ein Projekt verwenden sollte, um produkt- und projektbezogene Informationen zu erfassen. Die Informationen müssen hierbei nicht mit formalen Artefakten festgehalten werden. Dies kann auch informell, z.B. durch White-Boards oder Meeting-Notizen geschehen. Des Weiteren können die Open UP Artefakte oder eigene Artefakte verwendet werden [Bal].

### 5.2.2. Imperative Modellierung Open UP

Nachfolgend werden einzelne Abschnitte des Open UP in der imperativen Prozessmodellierungssprache BPMN modelliert.

#### Phasen Open UP

In Abbildung 5.11 sind die vier Phasen des Open UP modelliert. Da jede Phase in Iterationen mehrmals durchlaufen werden kann, gibt es nach jeder Phase ein Exklusives Gateway, welches im Falle einer weiteren notwendigen Iteration zum Anfang der Phase zurückführt. Diese kann sodann erneut durchlaufen werden.

Abbildung 5.12 zeigt die imperative Modellierung der Iteration “Inception“. Die Aktivität “Projekt planen und managen“ kann parallel zu allen anderen Aktivitäten des Modells bearbeitet werden.

Nach Ausführung der Aktivität “Iteration planen“ werden die Aktivitäten “Anforderungen identifizieren und aufbereiten“ und “auf technisches Vorgehen einigen“ parallel zueinander durchgeführt.

## 5. Modellierung für Softwareentwicklungsprozesse

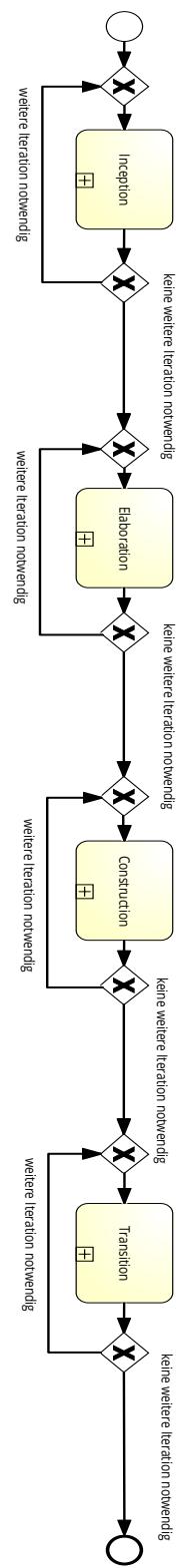


Abbildung 5.11.: Phasen Open UP- imperativ

## 5.2. Open Unified Process (Open UP)

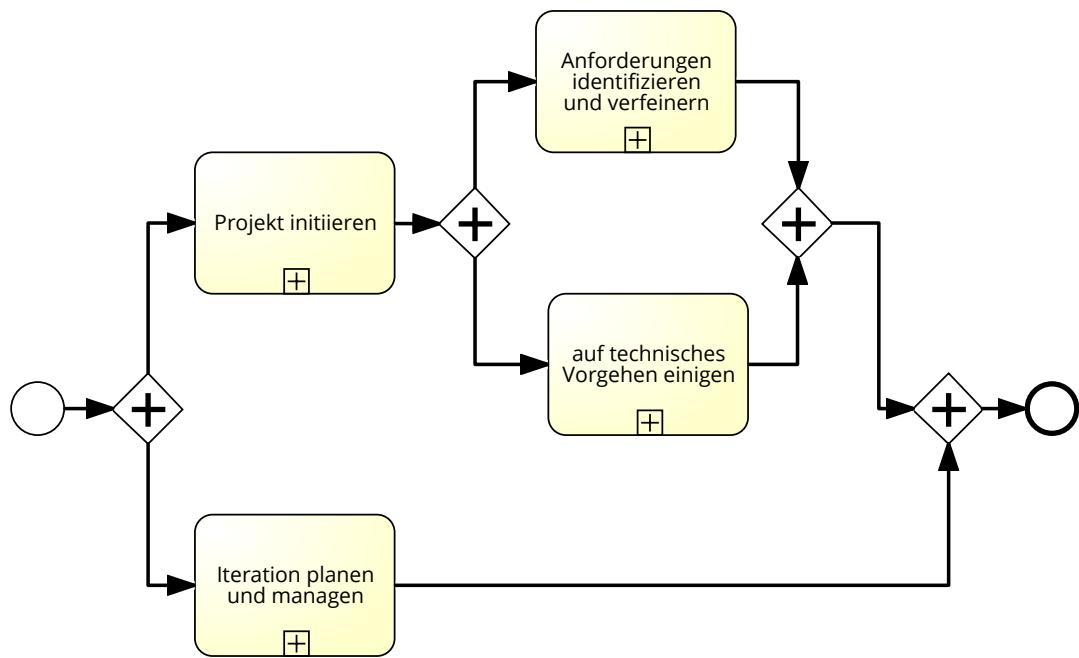


Abbildung 5.12.: Phasen Open UP Unterprozess Inception- imperativ

In Abbildung 5.13 ist die imperative Modellierung der Iteration "Elaboration" abgebildet. Die sechs Aktivitäten "Anforderungen identifizieren und verfeinern", "Architektur entwickeln", "Lösungskrement entwickeln", "Lösung testen", "Iteration planen und managen" sowie "weitere Aufgaben erledigen" werden parallel zueinander abgehandelt.

## 5. Modellierung für Softwareentwicklungsprozesse

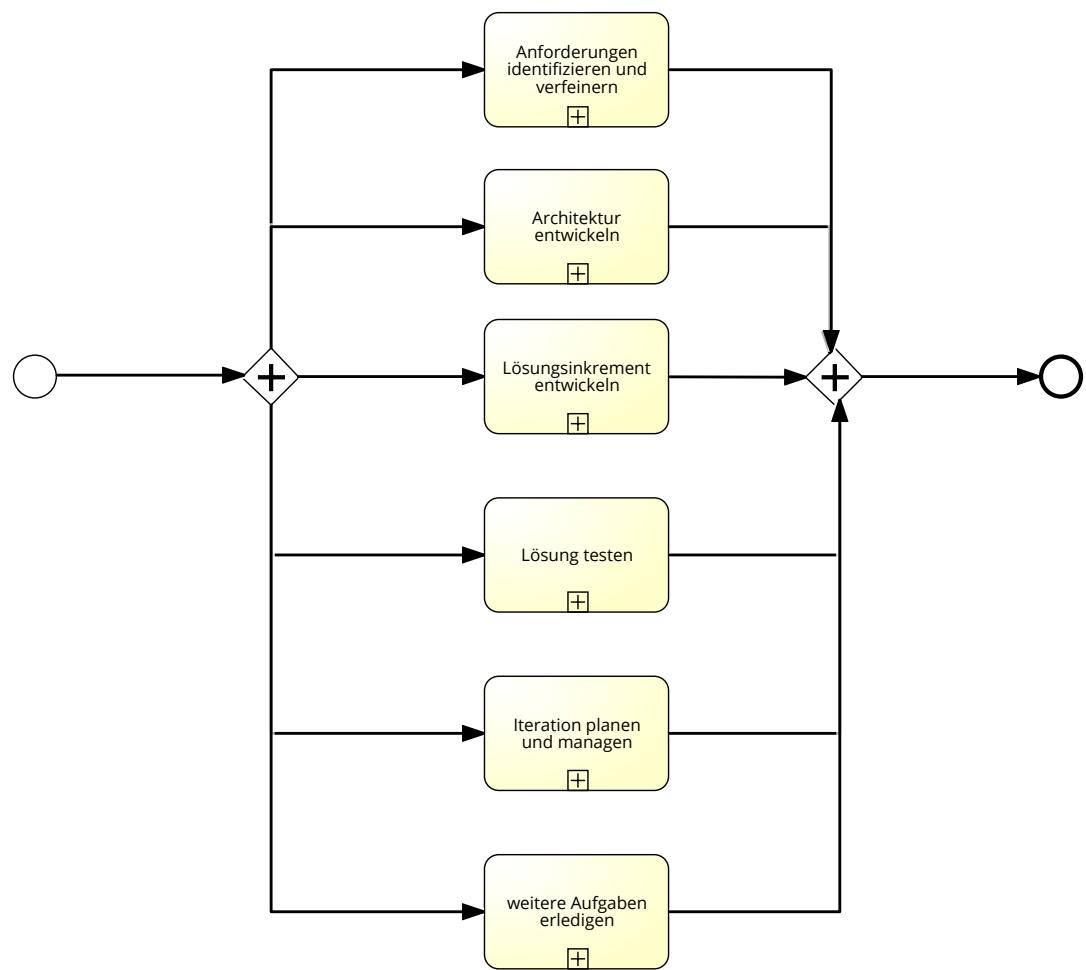


Abbildung 5.13.: Phasen Open UP Unterprozess Elaboration- imperativ

Die imperative Modellierung der Iteration "Construction" kann Abbildung 5.14 entnommen werden. Hier werden die sechs Aktivitäten "Anforderungen identifizieren und verfeinern", "Lösungsincrement entwickeln", "Lösung testen", "Iteration planen und managen", "weitere Aufgaben erledigen" und "Produktdokumentation und Training erstellen" nebeneinander parallel abgearbeitet.

## 5.2. Open Unified Process (Open UP)

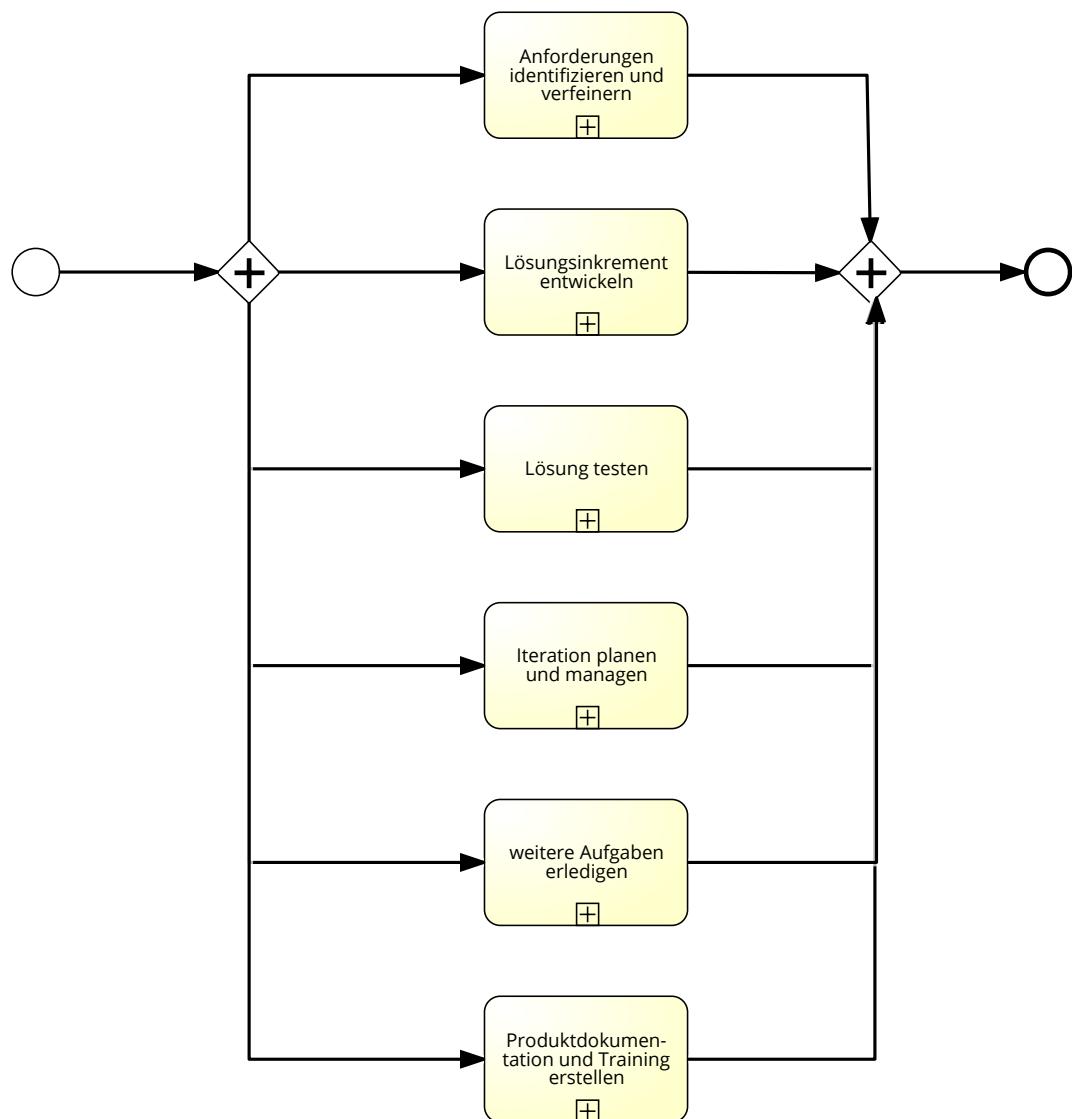


Abbildung 5.15 kann die imperative Modellierung der Iteration “Transition“ entnommen werden. Die Aktivitäten “Release vorbereiten“, “Produkt Training vorbereiten“, “Lösungsincrement entwickeln“, “Lösung testen“, “Iteration planen und managen“ und “weitere Aufgaben erledigen“ werden parallel zueinander durchgeführt. Nach deren Ausführung

## 5. Modellierung für Softwareentwicklungsprozesse

können die Aktivitäten Produktdokumentation und Training durchführen " sowie "Release deployen" parallel zueinander abgehendelt werden.

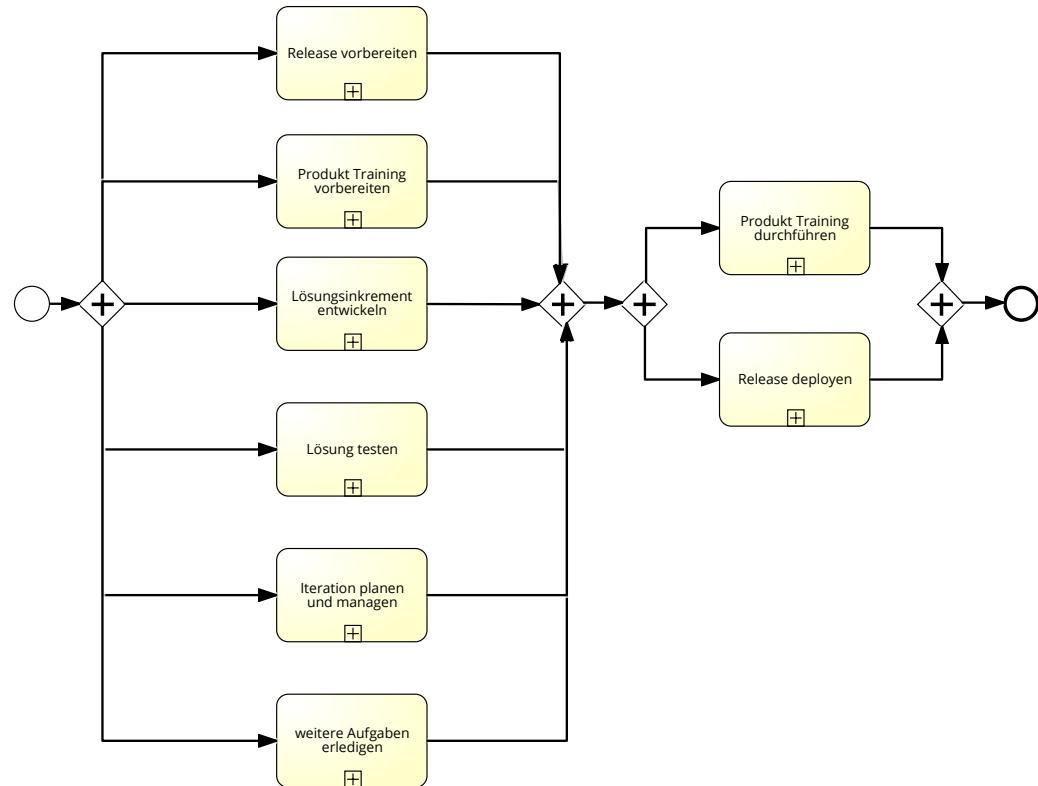


Abbildung 5.15.: Phasen Open UP Unterprozess Transition- imperativ

Im weiteren Verlauf wird aus jeder der vier Iterationen "Inception", "Elaboration", "Construction" und "Transition" des Open UP jeweils ein repräsentativer Unterprozess modelliert, da die Abbildung aller Unterprozesse aus jeder Iteration den Rahmen dieser Arbeit sprengen würde.

Somit wird für die Iteration Inception der Unterprozess "Iteration planen und managen", für die Iteration Elaboration der Unterprozess "Anforderungen identifizieren und verfeinern", für die Iteration Construction der Unterprozess "Release deployen" und für die Iteration Transition der Unterprozess "Produktdokumentation und Training erstellen" mo-

## 5.2. Open Unified Process (Open UP)

delliert. Außerdem wird der in den drei Phasen Elaboration, Construction und Transition wiederkehrende Unterprozess “Lösungssinkrement entwickeln“ modelliert.

### Lösungssinkrement entwickeln

Im Unterprozess “Lösungssinkrement entwickeln“ geht es um das Design, die Implementierung, das Testen und die Integration der Lösung für eine Anforderung in einem bestimmten Kontext. Sie tritt genauso viele Male auf, wie es Arbeitsaufgaben gibt, die in einer Iteration entwickelt werden müssen. Handelt es sich um eine nicht-triviale Veränderung, wird zunächst eine “Lösung designt“ und anschließend ein “Entwickeltest implementiert“. Bei einer trivialen Änderung an der bestehenden Implementierung kann diese auch direkt in der bestehenden Architektur vorgenommen werden.

Sobald die Fragen der technischen Umsetzung geklärt sind, werden “Entwicklertests implementiert“, um die Implementierung zu verifizieren. Anschließend werden diese “Entwicklertests ausgeführt“.

Falls bei der Ausführung der Tests Fehler ersichtlich werden, muss eine Lösung für diesen Fehler implementiert werden und die Entwicklertests müssen erneut durchgeführt werden. Dies wird solange wiederholt, bis alle Tests bestanden sind.

An dieser Stelle kann der Entwurf nochmals überdacht werden. Falls hier beschlossen wird, dass der Code überarbeitet werden soll, muss im Prozess zurückgegangen werden und erneut eine Lösung designt werden. Eine Änderung des Codes könnte die Implementation und die Entwicklertests beeinflussen.

Da es am Besten ist, die Implementierungsteile so klein wie möglich zu halten, sollte zunächst eine kleine Design-Lösung für einen Teil der Arbeitsaufgabe entwickelt werden. Anschließend sollte dies für weitere kleine Teile solange wiederholt werden, bis die gesamte Arbeitsaufgabe implementiert ist.

In Abbildung 5.16 ist die imperative Modellierung von “Lösungssinkrement entwickeln“ abgebildet.

Die Verknüpfung mit dem Exklusiven Gateway am Anfang führt im Falle einer trivialen Änderung zur sofortigen Ausführung der Aktivität “Entwicklertest implementieren“. Falls es sich jedoch um eine nicht-triviale Änderung handelt, muss zuvor die Aktivität “Lösung

## 5. Modellierung für Softwareentwicklungsprozesse

designen“ ausgeführt werden. Im Anschluss an “Entwicklertest implementieren“ muss die Aktivität “Entwicklertest ausführen“ durchgeführt werden.

Hiernach wird im Falle eines fehlgeschlagenen Tests zunächst eine “Lösung implementiert“ und anschließend erneut der “Entwicklertest ausgeführt“.

Wenn der Test bestanden ist, muss am Exklusiven Gateway entschieden werden ob der Code gut designt ist. Falls nicht, muss erneut eine Lösung designt werden. Falls doch, kann der Code integriert werden. Ist die Arbeit vollständig erledigt, so ist der Prozess beendet. Wenn jedoch noch weitere Arbeit vorhanden ist, beginnt der Prozess von vorne.

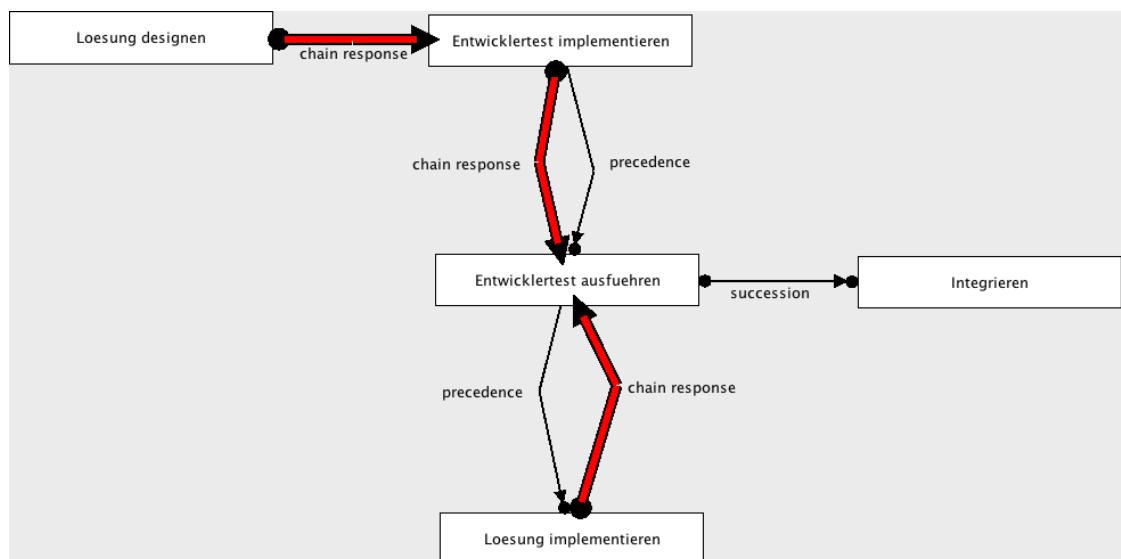


Abbildung 5.16.: Lösungsinkelement entwickeln imperativ

## Iteration planen und managen - Inception

Die Aktivität “Iteration planen und managen“ wird während des gesamten Projektlebenszyklus ausgeführt. Ihr Ziel ist es, Risiken und Probleme früh genug zu identifizieren, damit diese entschärft werden können, um die Ziele für die Iteration festzulegen und das Team dabei zu unterstützen, diese zu erreichen. Die Iteration wird durch den Projektmanager und das Team gestartet. Hier findet die Priorisierung der Arbeit für eine gegebene

## 5.2. Open Unified Process (Open UP)

Iteration statt. Der Projektmanager, die Stakeholder und die Teammitglieder einigen sich darauf, was während der Iteration zu entwickeln ist. Die Teammitglieder melden sich für die Arbeitsaufgaben, die während der Iteration erledigt werden müssen. Anschließend teilt sich jedes Teammitglied seine Arbeitsaufgaben selbstständig in Arbeitseinheiten ein und schätzt den Aufwand hierfür ab.

Während der Iteration trifft sich das Team regelmäßig, um den aktuellen Stand der Arbeit und eventuelle Probleme zu besprechen.

Abbildung 5.17 zeigt die imperative Modellierung von “Iteration planen und managen”. Vom Projektmanager sind hierbei nacheinander die Aktivitäten “Iteration planen”, “Umgebung vorbereiten”, “Iteration managen” und “Ergebnisse festlegen” durchzuführen und das Team muss nacheinander die Aktivitäten “Arbeitsaufgaben aussuchen”, “Arbeitsaufgaben in Entwicklungsaufgaben einteilen” sowie “Aufwand abschätzen” ausführen. Hierbei gehen jeweils die Artefakte “Arbeitseinheiten-Liste, Iterationsplan” und “Risiko-Liste” in verschiedenen Aktivitäten als Input ein und kommen eventuell verändert als Output wieder heraus.

Die Aktivität “Umgebung vorbereiten” ist als Unterprozess in Abbildung 5.18 dargestellt. Hier müssen vom Projektmanager die Aktivitäten “Prozess Maßschneidern” und “Prozess deployen” sequentiell erledigt werden während der Tool Spezialist die Aufgaben “Tools aufsetzen” und “Tool-Konfiguration und Implementation verifizieren” zu erledigen hat.

## 5. Modellierung für Softwareentwicklungsprozesse

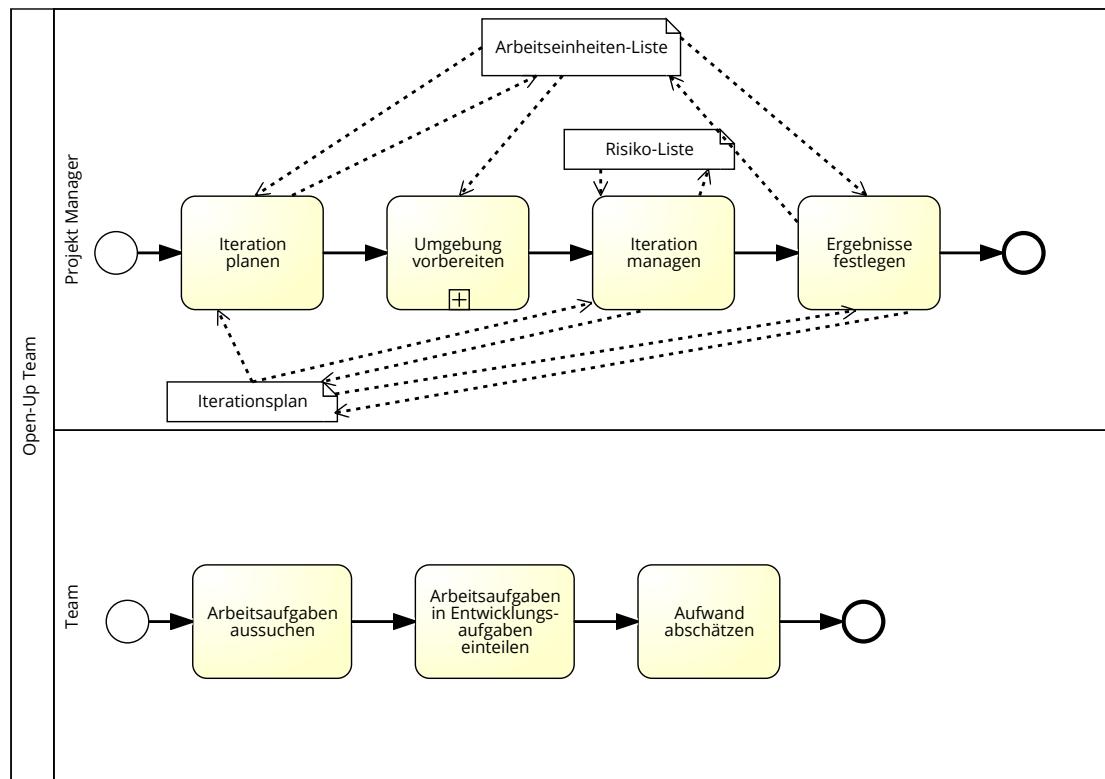


Abbildung 5.17.: Iteration planen und managen imperativ - Inception

## 5.2. Open Unified Process (Open UP)

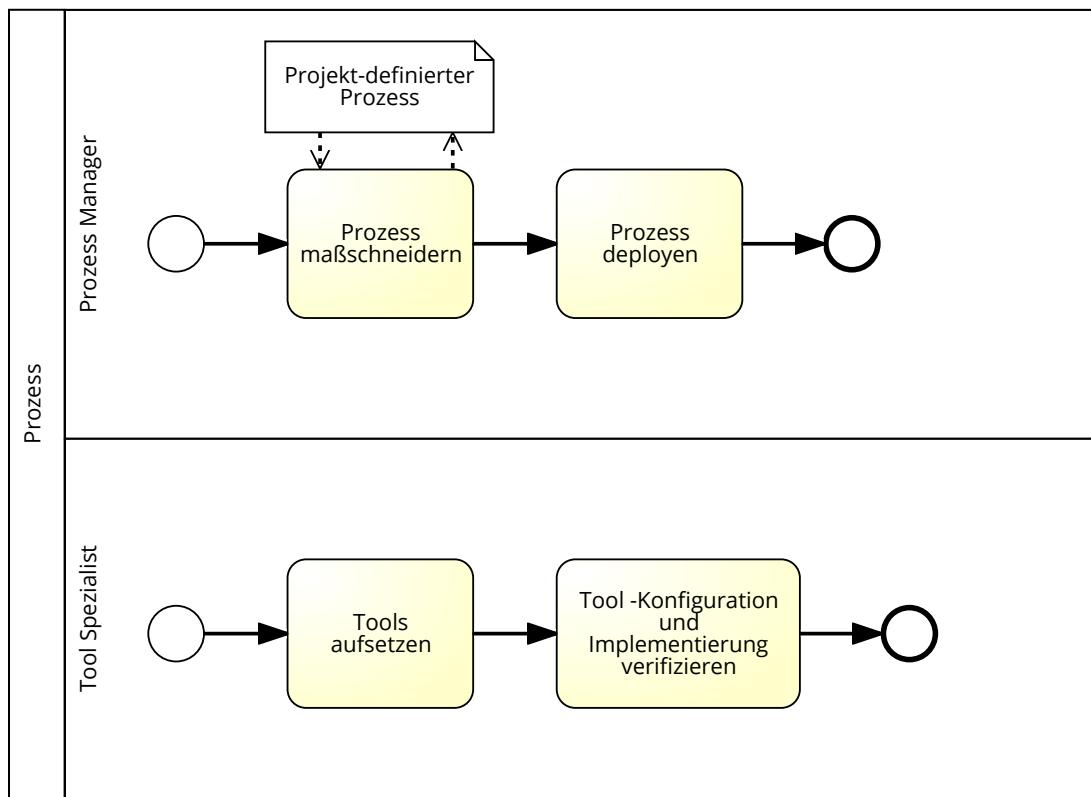


Abbildung 5.18.: Iteration planen und managen imperativ - Inception Unterprozess Umgebung vorbereiten

## *5. Modellierung für Softwareentwicklungsprozesse*

### **Anforderungen identifizieren und verfeinern - Elaboration**

Der Unterprozess “Anforderungen identifizieren und verfeinern“ beschreibt die Aufgaben, welche durchzuführen sind, um die Anforderungen eines Systems zu sammeln, zu analysieren und zu validieren bevor die Implementierung und die Validierung stattfindet. Sie wird in Zusammenarbeit mit Stakeholdern und dem gesamten Entwicklungsteam ausgeführt, um sicher zu gehen, dass klare, konsistente, korrekte und nachprüfbare Anforderungen vorhanden sind.

In der Iteration Elaboration liegt der Fokus auf der Definition der Lösung. Hierfür müssen diejenigen Anforderungen gefunden werden, welche für die Stakeholder am wichtigsten sind, welche besonders herausfordernd oder sogar riskant sind oder welche eine große Bedeutung für die Architektur haben.

Dafür ist es notwendig, zunächst die funktionalen und nicht-funktionalen Anforderungen an das System zu erheben. Genau diese Anforderungen stellen dann die Basis für die Kommunikation und die Übereinstimmung zwischen den Stakeholdern und dem Entwicklungsteam dar, in Bezug auf die Fähigkeit des Systems, um die Wünsche der Stakeholder zu erfüllen.

Weiterhin müssen die Use-Case-Szenarien und die systemweiten Anforderungen ausführlich genug beschrieben werden, um sicher zu gehen, dass die Anforderungen richtig verstanden wurden und dass diese mit den Erwartungen der Stakeholder übereinstimmen.

Zudem müssen Testfälle und Testdaten für die Anforderungen entwickelt werden, um ein gemeinsames Verständnis für die spezifischen Bedingungen, welche die Lösung erfüllen muss, zu erreichen. In Abbildung 5.19 ist die imperative Modellierung von “Anforderungen identifizieren und verfeinern“ abgebildet.

Zunächst muss der Analyst die “Anforderungen identifizieren und abgrenzen“, bevor er anschließend die “Use-Case-Szenarien detaillieren“ kann. Daraufhin muss er die “Systemweiten Anforderungen detaillieren“, damit der Tester anschließend die “Testfälle erstellen“ kann.

Hier gehen bei den verschiedenen Aktivitäten die Artefakte “Arbeitseinheitenliste“, “Use

## 5.2. Open Unified Process (Open UP)

Case“, „Glossar“, „Systemweite Anforderungen“, „Use case Modell“, „Technische Spezifikation“ und „Testfall“ als Input hinein bzw. als Output heraus.

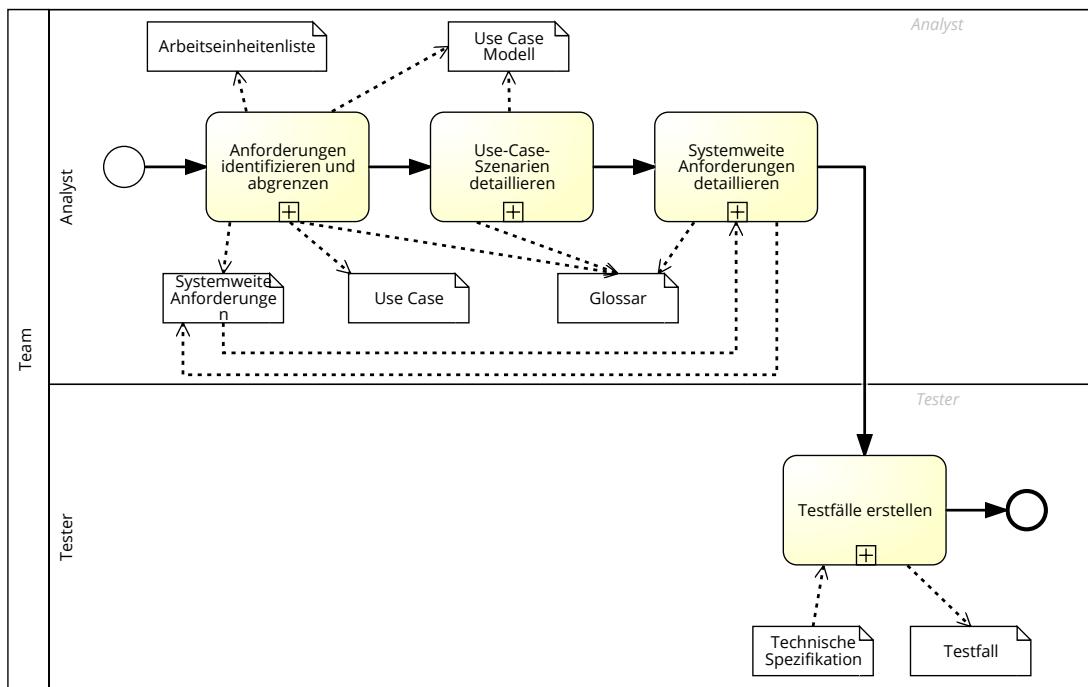


Abbildung 5.19.: Anforderungen identifizieren und verfeinern-Elaboration

## Produktdokumentation und Training erstellen - Construction

Das Ziel des Unterprozesses „Produktdokumentation und Training erstellen“ ist es, die Produktdokumentation und Trainingsmaterial vorzubereiten. Da die Produktdokumentation oftmals erst nach Abschluss der Entwicklungstätigkeiten erstellt wird, muss sichergestellt werden, dass die Funktionen, die während einer Release entwickelt werden, klar dokumentiert werden solange die Funktionalität noch frisch in den Köpfen der Teammitglieder vorhanden ist.

Hierfür ist es notwendig, dass genug Informationen über die Funktionen, die in einer bestimmten Release entwickelt wurden, dokumentiert werden, um dem Kunden während der gesamten Lebenszeit des Produkts nützlich zu sein.

Weiterhin müssen den Endnutzern hilfreiche Informationen bereit gestellt werden in

## 5. Modellierung für Softwareentwicklungsprozesse

Form von Benutzerhandbüchern, Tutorials, häufig gestellte Fragen (FAQs), Online-Hilfedateien, Installationsanweisungen und Betriebsabläufen. Zudem muss sichergestellt werden, dass diejenigen, die mit der Unterstützung des Systems beauftragt sind, genug Informationen über das Produkt haben, um ihre Arbeit effektiv durchzuführen, nachdem das Produkt in die Produktivumgebung übergegangen ist. Außerdem muss die Einführung des Produkts ermöglicht werden und dessen ordnungsgemäße Verwendung gewährleistet werden.

Die imperative Modellierung von "Produktdokumentation und Training erstellen" kann Abbildung 5.20 entnommen werden. Hier sind vom technischen Schreiber nacheinander die Aktivitäten "Produktdokumentation erstellen", "Benutzerdokumentation erstellen", "Unterstützungsdokumentation erstellen" und "Trainingsmaterial erstellen" auszuführen. Aus den jeweiligen Aktivitäten entstehen sodann die Artefakte "Produktdokumentation", "Benutzerdokumentation", "Unterstützungsdokumentation" und "Trainingsmaterial".

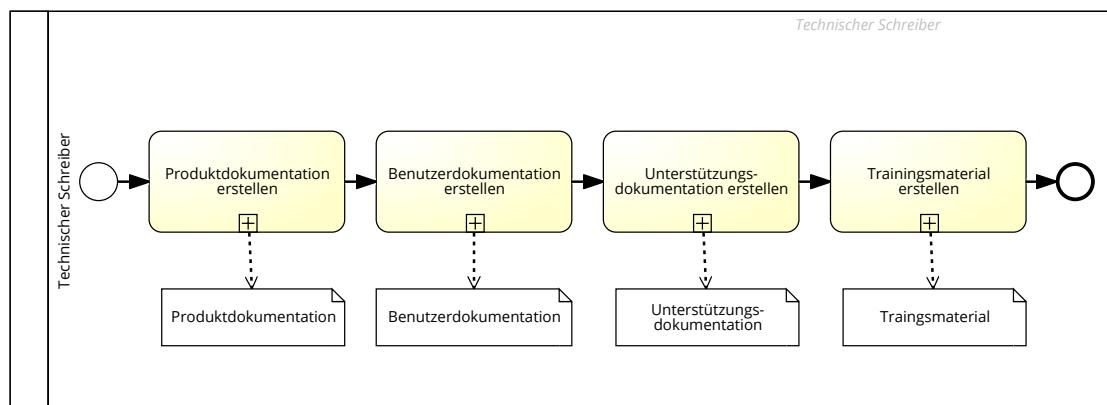


Abbildung 5.20.: Produktdokumentation und Training erstellen - Construction

### Release deployen-Transition

Das Ergebnis dieses Unterprozesses ist die Release eines Sets von integrierten Komponenten in der Integrationsumgebung. Hierfür ist es notwendig, ein komplettes, bereitstellungsfähiges Paket zu erstellen, welches vom Deployment Engineer in die Bereitstel-

## *5.2. Open Unified Process (Open UP)*

lungsumgebung releast werden kann. Außerdem muss sichergestellt werden, dass der Roll-Out aus klaren, geprüften und wiederholbaren Anweisungen besteht und das Risiko eines Bereitstellungsfehlers muss minimiert werden. Zudem muss sichergestellt werden, dass eine Release zu keinen ungewollten Unterbrechungen im Ablauf in der Produktionsumgebung führt. Falls eine Release Probleme verursacht oder sie von den Stakeholdern als untauglich empfunden wird, muss diese Release von der Produktionsumgebung so schnell wie möglich entfernt werden. Zusätzlich muss dafür gesorgt werden, dass Informationen über eine anstehende Release weitest möglich verteilt werden.

Abbildung 5.21 zeigt die imperative Modellierung von “Release deployen”. Somit muss der Entwickler zunächst auf Basis von “release-Einschränkungen“ die “Release zusammenstellen“. Hierdurch entsteht das Artefakt “Release“. Danach muss der Deployment Engineer nacheinander die Aktivitäten “Deploymentplan ausführen“ und ein “erfolgreiches Deployment sicherstellen“. Falls das Deployment erfolgreich ist, wird anschließend die Aktivität “Releasemitteilungen übermitteln“ durchgeführt. Ist das Deployment nicht erfolgreich, muss zunächst die Aktivität “Backoutplan ausführen“ erledigt werden und danach die Aktivität “Releasemitteilungen übermitteln“ ausgeführt werden.

## 5. Modellierung für Softwareentwicklungsprozesse

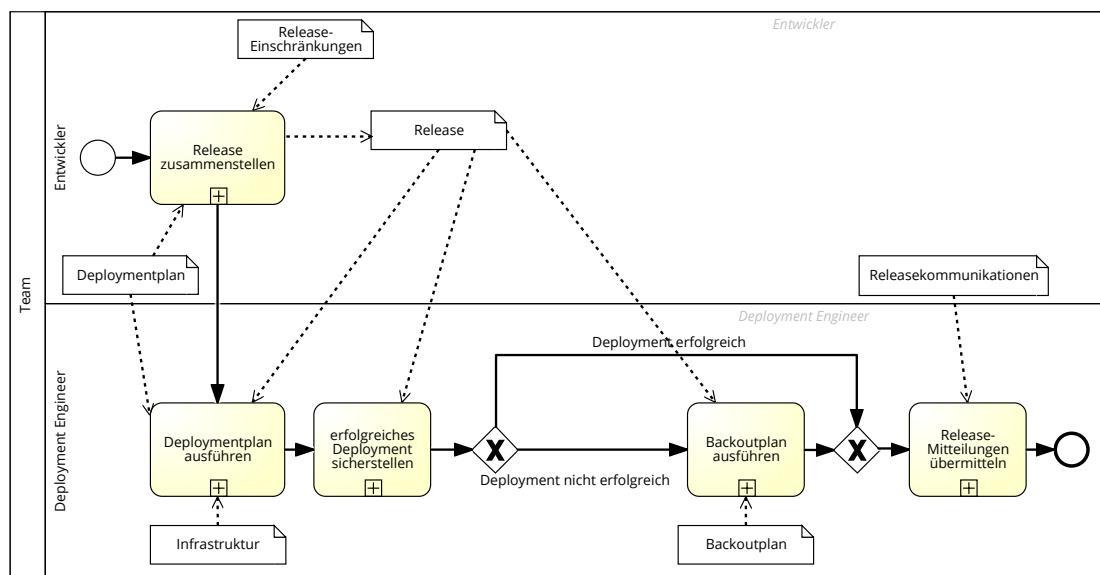


Abbildung 5.21.: Release deployen-Transition

### 5.2.3. Deklarative Modellierung Open UP

Im Folgenden wird die entsprechende deklarative Modellierung der Prozesse durchgeführt.

#### Phasen des Open UP

In Abbildung 5.22 sind die vier Phasen des Open UP deklarativ modelliert. Jede Phase kann in Iterationen mehrmals durchlaufen werden. Aus diesem Grund sind die vier Phasen durch das Constraint *succesion* miteinander verbunden. Hierdurch wird gewährleistet, dass jede Phase so oft ausgeführt werden kann wie nötig, aber dass ebenfalls die Reihenfolge eingehalten wird. So kann z.B. die Phase Elaboration erst durchlaufen werden, nachdem die Phase Inception durchlaufen wurde.

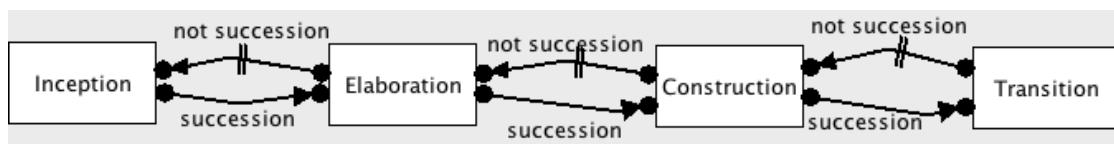


Abbildung 5.22.: Phasen Open UP- deklarativ

Abbildung 5.23 zeigt die deklarative Modellierung der Iteration "Inception". Die Aktivität "Projekt planen und managen" kann parallel zu allen anderen Aktivitäten des Modells ausgeführt werden.

Nach Ausführung der Aktivität "Iteration planen" werden die Aktivitäten "Anforderungen identifizieren und verfeinern" und "auf technisches Vorgehen einigen" parallel zueinander bearbeitet. Aus diesem Grund sind die Aktivitäten "Anforderungen identifizieren und verfeinern" und "auf technisches Vorgehen einigen" mit der Aktivität "Projekt planen und managen" durch das Constraint *succession* verbunden, da sie erst nach deren Ausführung durchgeführt werden dürfen und auch ausgeführt werden müssen.

In Abbildung 5.24 ist die deklarative Modellierung der Iteration "Elaboration" abgebildet. Die sechs Aktivitäten "Anforderungen identifizieren und verfeinern", "Architektur entwi-

## 5. Modellierung für Softwareentwicklungsprozesse

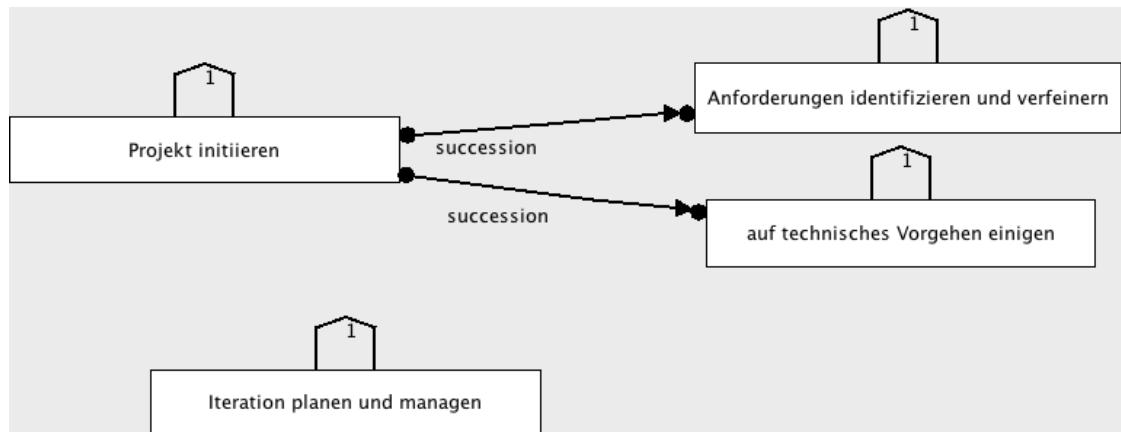


Abbildung 5.23.: Phasen Open UP Unterprozess Inception- deklarativ

ckeln“, „Lösungssinkrement entwickeln“, „Lösung testen“, „Iteration planen und managen“ sowie „weitere Aufgaben erledigen“ werden parallel zueinander ausgeführt. Aus diesem Grund befindet sich lediglich das Existenz Constraint *Ecactly 1* an jeder Aktivität, da sie innerhalb einer Prozessinstanz nur einmal ausgeführt werden dürfen, dies aber in beliebiger Reihenfolge. Im Falle einer weiteren Iteration der Phase Elaboration wird eine neue Prozessinstanz aufgerufen.

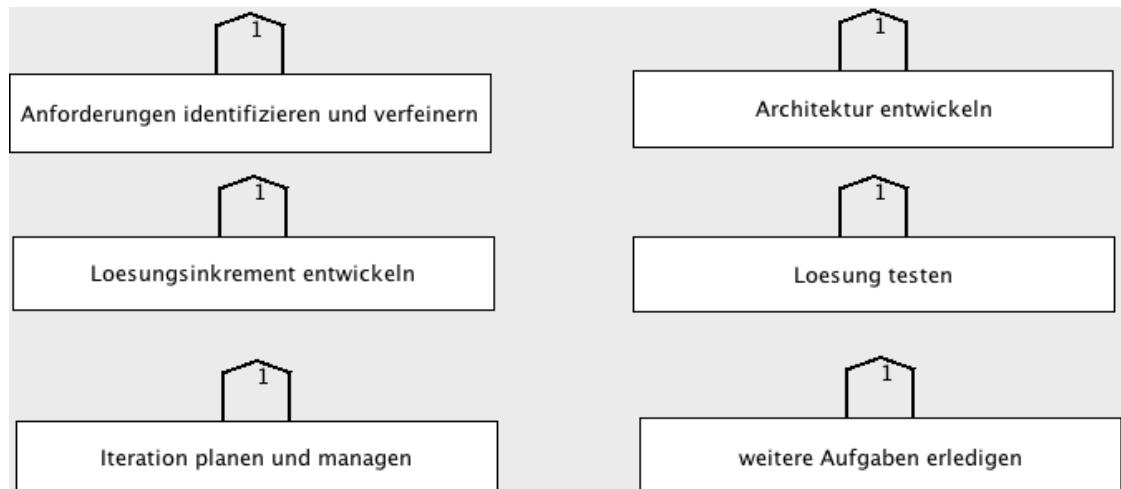


Abbildung 5.24.: Phasen Open UP Unterprozess Elaboration- deklarativ

## 5.2. Open Unified Process (Open UP)

Die deklarative Modellierung der Iteration "Construction" kann Abbildung 5.25 entnommen werden. Hier werden die sechs Aktivitäten "Anforderungen identifizieren und verfeinern", "Lösungssinkrement entwickeln", "Lösung testen", "Iteration planen und managen", "weitere Aufgaben erledigen" und "Produktdokumentation und Training erstellen" nebeneinander parallel ausgeführt.



Abbildung 5.25.: Phasen Open UP Unterprozess Construction- deklarativ

In 5.26 ist die deklarative Modellierung der Iteration "Transition" abgebildet.

Die Aktivitäten "Release vorbereiten", "Produkt Training vorbereiten", "Lösungssinkrement entwickeln", "Lösung testen", "Iteration planen und managen", "weitere Aufgaben erledigen" werden parallel zueinander bearbeitet. "Produktschulung durchfuehren" sowie "Release für die Produktion freigeben" können anschließen parallel zueinander ausgeführt werden. Daher befindet sich zwischen diesen beiden Aktivitäten und allen anderen Aktivitäten das Constraint *precedence*.

Im weiteren Verlauf wird aus jeder der vier Iterationen "Inception", "Elaboration", "Construction" und "Transition" des Open UP jeweils ein Unterprozess modelliert, da die Abbildung aller Unterprozesse aus jeder Phase den Rahmen der Arbeit sprengen würde. Somit wird für die Iteration Inception der Unterprozess "Iteration planen und managen", für die Iteration Elaboration der Unterprozess "Anforderungen identifizieren und ver-

## 5. Modellierung für Softwareentwicklungsprozesse

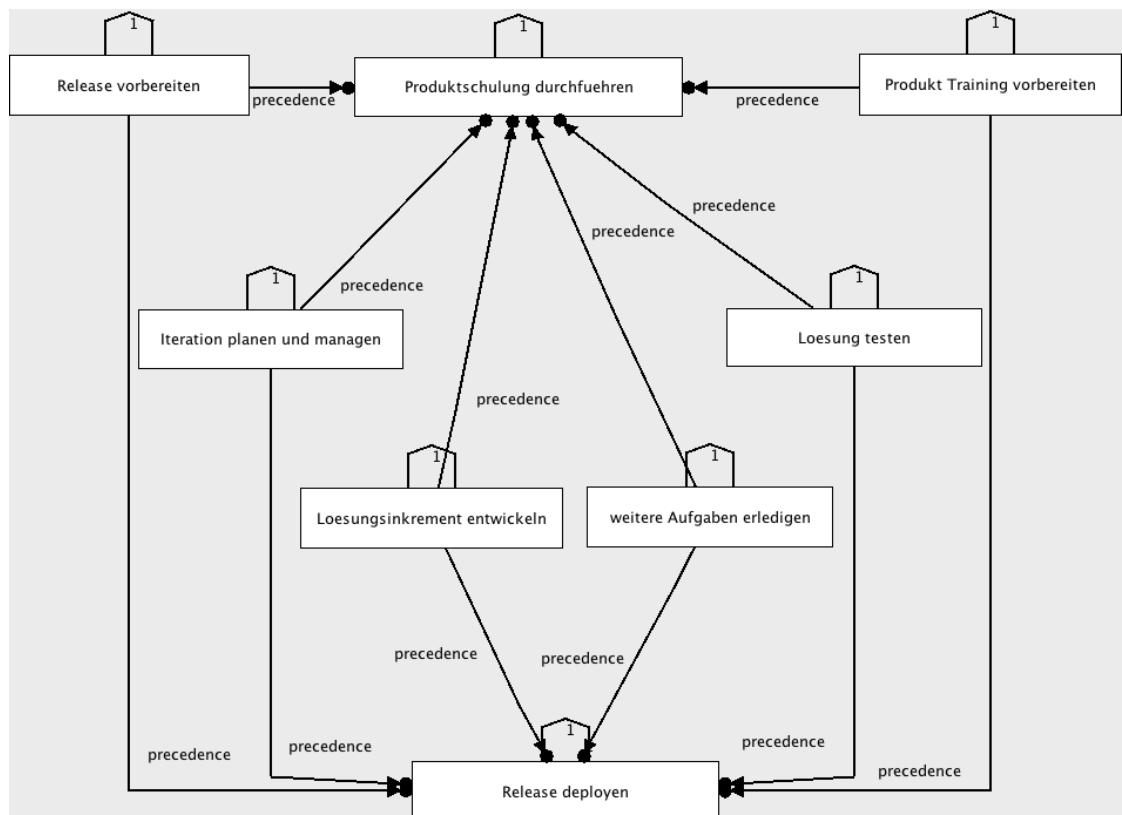


Abbildung 5.26.: Phasen Open UP Unterprozess Transition- deklarativ

## 5.2. Open Unified Process (Open UP)

feinern“, für die Iteration Construction der Unterprozess “Release deployen“ und für die Iteration Transition der Unterprozess “Produktdokumentation und Training erstellen“ modelliert. Außerdem wird der in den drei Iterationen Elaboration, Construction und Transition wiederkehrende Unterprozess “Lösungssinkrement entwickeln“ modelliert.

### Lösungssinkrement entwickeln

Die deklarative Modellierung von Lösungssinkrement entwickeln kann Abbildung 5.27 entnommen werden. Falls eine “Lösung designt“ wird, muss danach der “Entwicklertest implementiert“ werden. Dies ist durch das Constraint *chain response* zwischen diesen beiden Aktivitäten verlangt. Wenn der “Entwicklertest implementiert“ wird, muss er danach auch durchgeführt werden und kann jedoch nur ausgeführt werden, falls er vorher implementiert wurde (Constraints *chain response* und *precedence*). Bevor die “Lösung implementiert“ werden kann, muss vorher der “Entwicklertest ausgeführt“ werden (Constraint *precedence*). Nach der Implementierung der Lösung muss nochmals der “Entwicklertest durchgeführt“ werden (Constraint *chain response*).

Vor dem “Integrieren“ muss der Entwicklertest ausgeführt worden sein, was durch das Constraint *precedence* vorgegeben wird.

### Iteration planen und managen - Inception

Die deklarative Modellierung von Iteration planen und managen findet sich in den Abbildungen 5.28 und 5.29. Gestartet werden kann mit den Aktivitäten “Iteration planen“ oder “Arbeitsaufgaben aussuchen“, da diese unabhängig voneinander und von zwei verschiedenen Personen bearbeitet werden können.

Danach können entweder die Aktivitäten “Umgebung vorbereiten“ oder “Arbeitsaufgaben in Entwicklungsaufgaben einteilen“ abgearbeitet werden. Diese sind jeweils mit ihrer Vorgängeraktivität durch das Constraint *succession* verbunden und müssen deshalb auf die Ausführung ihres Vorgängers warten und nach dessen Ausführung bearbeitet werden.

Das gleiche Ausführungsverhalten gilt auch für die anderen Aktivitäten im Prozess.

## 5. Modellierung für Softwareentwicklungsprozesse

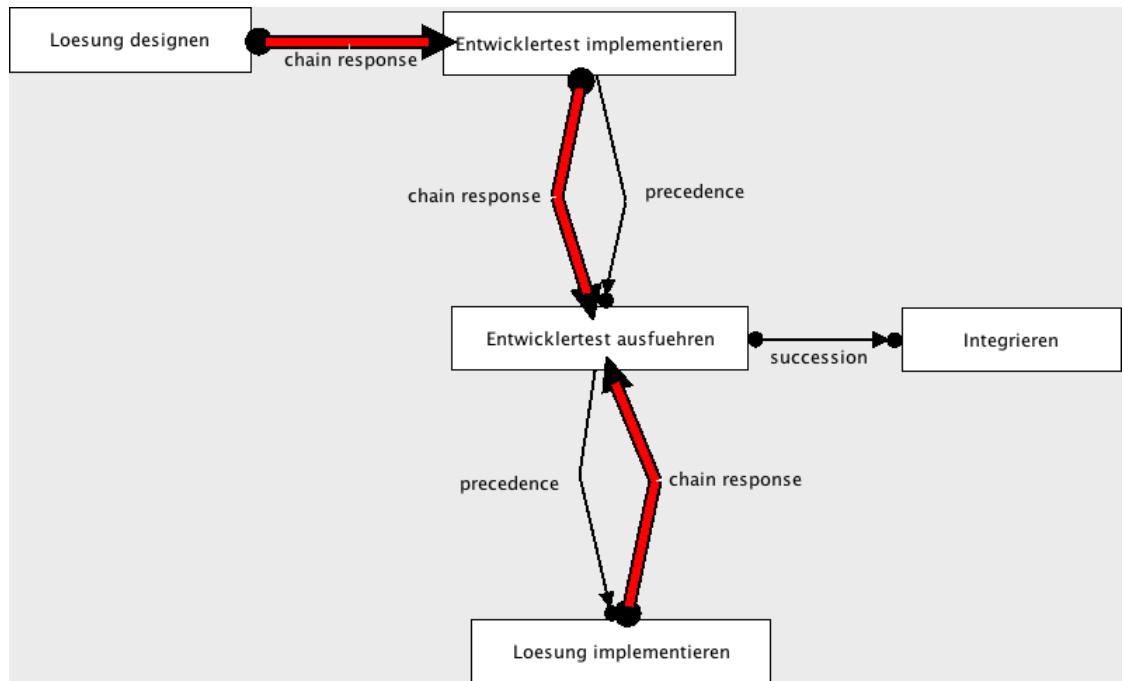


Abbildung 5.27.: Lösungsincrement entwickeln- deklarativ

### Anforderungen identifizieren und verfeinern - Elaboration

In Abbildung 5.30 ist die deklarative Modellierung von Anforderungen identifizieren und verfeinern dargestellt. Zu Beginn muss die Aktivität "Anforderungen identifizieren und abgrenzen" bearbeitet werden, was durch das Init-Label dargestellt ist. Im Anschluss muss die Aktivität "Use-Case-Szenarien detaillieren" ausgeführt werden. Dies ist durch das Constraint *chain response* festgelegt. Das Constraint *precedence* legt hingegen fest, dass bevor "Use-Case-Szenarien detaillieren" durchgeführt werden kann, zunächst "Anforderungen identifizieren und abgrenzen" bearbeitet werden müssen. Die gleichen Constraints gelten zwischen "Use-Case-Szenarien detaillieren" und "Systemweite Anforderungen detaillieren" sowie zwischen "Systemweite Anforderungen detaillieren" und "Testfaelle erstellen". Alle Aktivitäten werden genau einmal ausgeführt, was jeweils durch das 1-Label dargestellt ist.

## 5.2. Open Unified Process (Open UP)

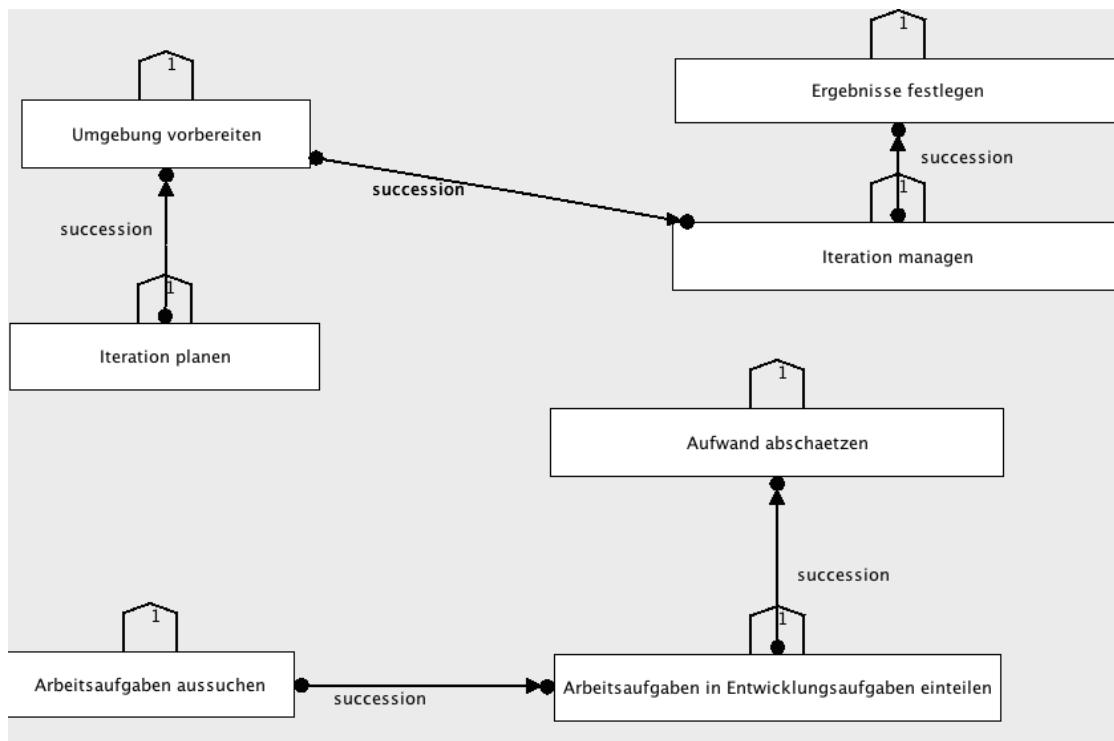


Abbildung 5.28.: Iteration planen und managen-Inception deklarativ

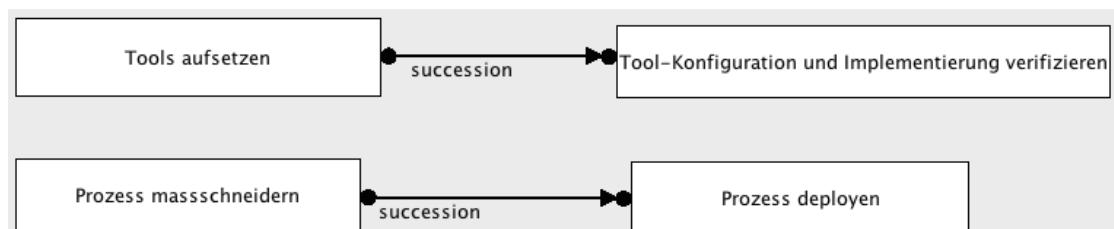


Abbildung 5.29.: Iteration planen und managen - Inception Unterprozess Umgebung vorbereiten- deklarativ

## 5. Modellierung für Softwareentwicklungsprozesse

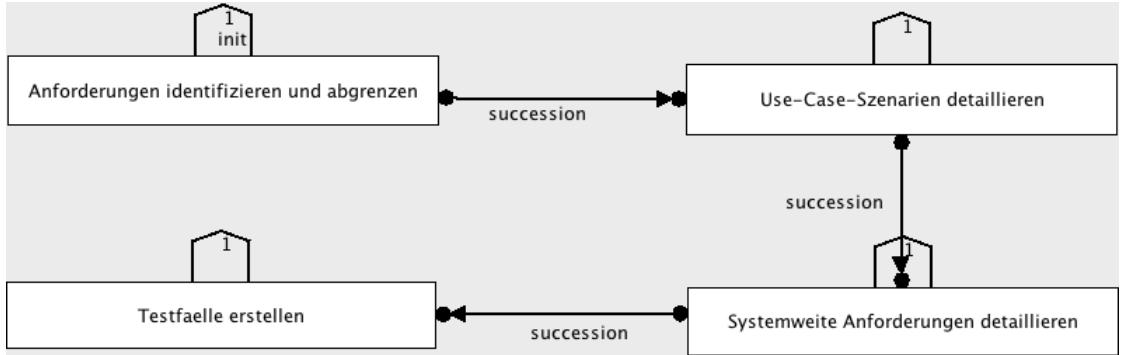


Abbildung 5.30.: Anforderungen identifizieren und verfeinern - Elaboration

## Produktdokumentation und Training erstellen - Construction

Abbildung 5.31 zeigt die deklarative Modellierung von “Produktdokumentation und Training erstellen”. Zu Beginn muss die Aktivität “Produktdokumentation entwickeln“ abgearbeitet werden, was durch das Init-Label dargestellt ist. Im Anschluss muss die Aktivität “Benutzerdokumentation entwickeln“ bearbeitet werden. Dies ist durch das Constraint *chain response* festgelegt. Das Constraint *precedence* legt hingegen fest, dass bevor “Benutzerdokumentation entwickeln“ durchgeführt werden kann, zunächst “Produktdokumentation entwickeln“ bearbeitet werden muss. Die gleichen Constraints gelten zwischen “Benutzerdokumentation entwickeln“ und “Unterstützungsdokumentation entwickeln“ sowie zwischen “Unterstützungsdokumentation entwickeln“ und “Trainingsmaterial entwickeln“. Alle Aktivitäten werden genau einmal bearbeitet, was jeweils durch das 1-Label beschrieben ist.

## Release deployen - Transition

Abbildung 5.32 zeigt die deklarative Modellierung von “Release deployen“. Zu Beginn muss die Aktivität “Release zusammenstellen“ bearbeitet werden, was durch das Init-Constraint vorgegeben ist. Danach muss die Aktivität “Deploymentplan ausfuehren“ abgearbeitet werden (Constraint response), aber erst nachdem “Release zusammenstellen“ verrichtet wurde (Constraint precedence).

## 5.2. Open Unified Process (Open UP)

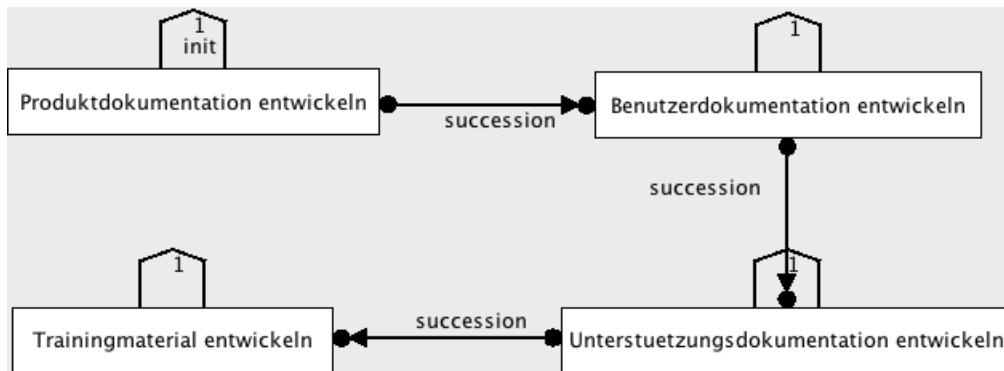


Abbildung 5.31.: Produktdokumentation und Training erstellen - Construction

Die gleichen Constraints gelten zwischen den Aktivitäten “Deploymentplan ausfuehren” und “erfolgreiches Deployment sicherstellen”.

Nach Abschluss der Aktivität “erfolgreiches Deployment sicherstellen” kann entweder die Aktivität “Backoutplan ausfuehren” ausgeführt werden, welche optional ist (0..1 Constraint) oder die Aktivität “Release-Mitteilungen uebermitteln”, welche auf jeden Fall ausgeführt werden muss.

Nach Ausführung von “Release-Mitteilungen uebermitteln” darf “Backoutplan ausfuehren” nicht mehr durchgeführt werden. Dies stellt das Constraint *not succession* sicher.

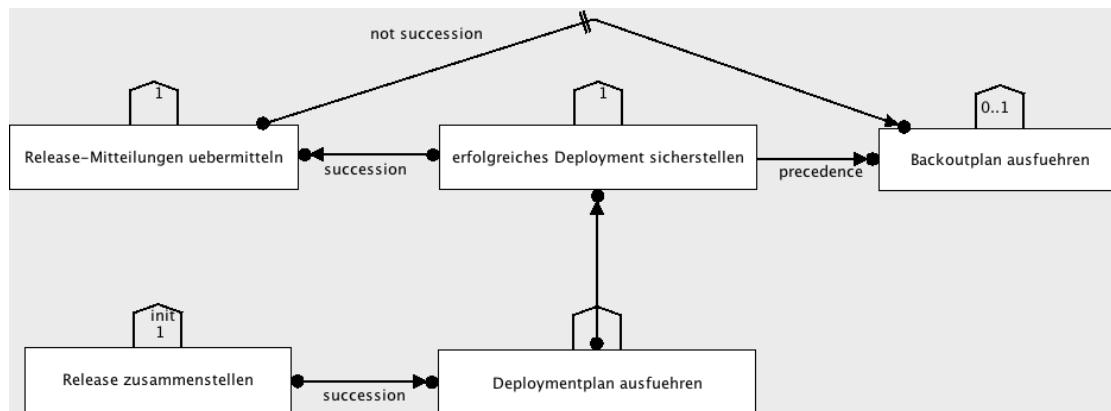


Abbildung 5.32.: Release deployen-Transition

## 5. Modellierung für Softwareentwicklungsprozesse

### 5.2.4. Vergleich

Nachfolgend wird der Vergleich der erstellten Modelle für den Open UP anhand der in Kapitel 4 definierten Anforderungen durchgeführt.

#### Phasen Open UP

Abbildung 5.33 zeigt die Auswertung der Elemente im Modell “Phasen des Open UP“. Während bei BPMN vier Aktivitäten, acht Gateways (keine unterschiedlichen) und 17 Sequenzflusselemente, also insgesamt 29 Elemente für das Modell benötigt werden, werden in ConDec nur vier Aktivitäten und sechs Constraints (zwei verschiedene), also insgesamt zehn Elemente verwendet.

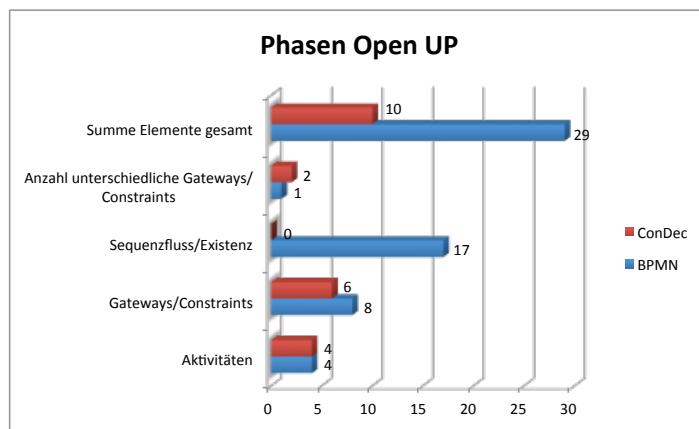


Abbildung 5.33.: Phasen Open UP

#### Iterationen Open UP-Inception

Die Anzahl der Elemente zur Darstellung der Iterationen “Inception“, “Elaboration“, “Construction“ und “Transition“ in ConDec und BPMN können Abbildung 5.34 entnommen werden. BPMN benötigt somit insgesamt 19 Elemente zur Darstellung der Iteration Inception (vier Aktivitäten, vier Gateways und 15 Verbindungselemente), ConDec nur zehn (vier Aktivitäten, sechs Constraints). Bei BPMN wird nur eine Sorte an Gateways

## 5.2. Open Unified Process (Open UP)

verwendet und bei ConDec werden zwei unterschiedliche Constraints benötigt.

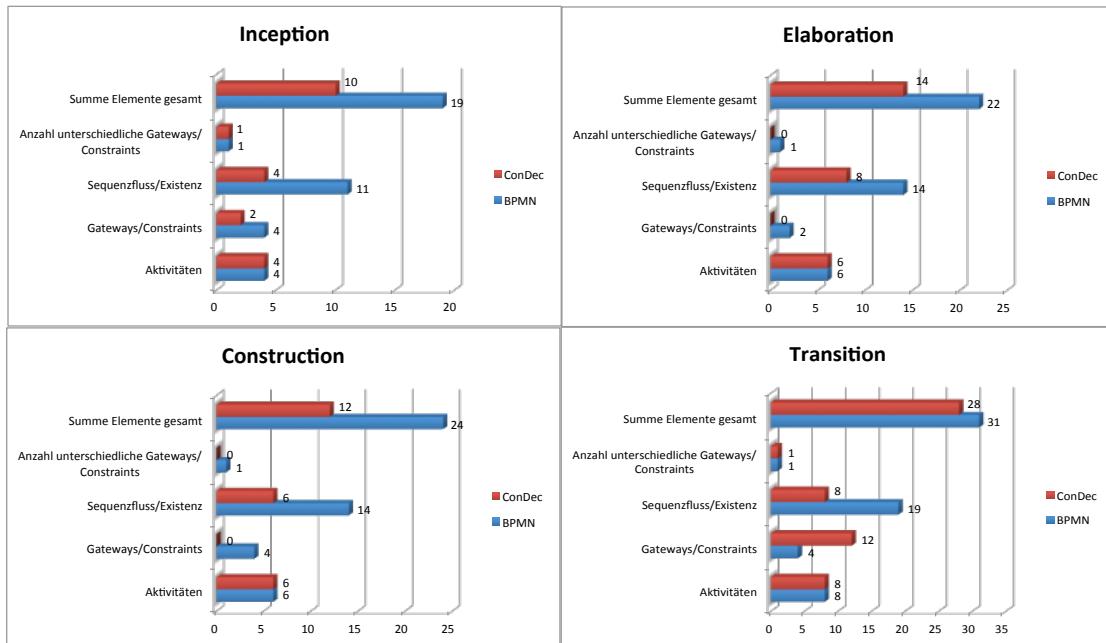


Abbildung 5.34.: Open UP-Inception

Zur Darstellung der Iteration "Elaboration" bedarf es in BPMN insgesamt 22 Elementen und in ConDec 14 Elementen wie in Abbildung 5.34 eingesehen werden kann. Weiterhin werden jeweils sechs Aktivitäten in beiden Prozessmodellierungssprachen verwendet. In BPMN sind zwei Gateways (keine unterschiedlichen) und 14 Sequenzflusselemente, also insgesamt 16 Verbindungselemente notwendig. ConDec hingegen braucht acht Existenz-Constraints.

Abbildung 5.34 kann die Anzahl der Elemente zur Darstellung der Iteration "Construction" entnommen werden. Demnach benötigt es in BPMN 24 Elemente und in ConDec 12 Elemente zur Darstellung des Prozesses. Sowohl in BPMN als auch in ConDec werden jeweils sechs Aktivitäten benötigt. In BPMN sind vier Gateways (keine unterschiedlichen) und 14 Sequenzflusselemente erforderlich. In ConDec werden sechs

## 5. Modellierung für Softwareentwicklungsprozesse

Existenz-Constraints zur Darstellung des Ablaufes verwendet.

Die Anzahl der notwendigen Elemente zur Darstellung der Iteration "Transition" kann in Abbildung 5.34 eingesehen werden. Somit bedarf es jeweils acht Aktivitäten. BPMN benötigt vier Gateways (keine unterschiedlichen) und 19 Sequenzflusselemente zur korrekten Modellierung. In ConDec braucht es insgesamt acht Existenz-Constraints und 12 Constraints zur Darstellung des Ablaufes.

In Abbildung 5.35 ist die Anzahl der Elemente zur Darstellung des Prozesses "Lösungsincrement entwickeln" abgebildet. Es werden sowohl in BPMN, als auch in ConDec jeweils fünf Aktivitäten verwendet. Weiterhin werden in BPMN 15 Sequenzflusselemente und fünf Gateways gebraucht. Dabei handelt es sich ausschließlich um Exklusive Gateways. Das mit ConDec erstellte Modell benötigt insgesamt sechs Constraints. Hierbei werden insgesamt drei unterschiedliche Constraints benutzt. Insgesamt werden in BPMN 25 Elemente zum Modellieren eingesetzt und in ConDec 11 Elemente.

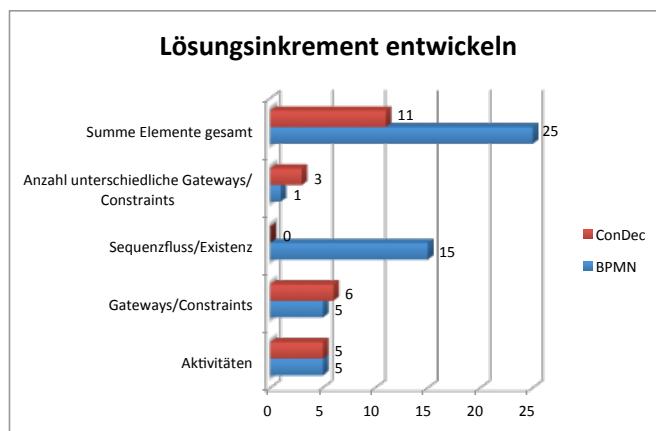


Abbildung 5.35.: Lösungsincrement entwickeln

Abbildung 5.36 kann die Anzahl der Elemente, welche jeweils zur Darstellung des Unterprozesses "Iteration planen und managen" notwendig sind, entnommen werden. Sowohl in BPMN als auch in ConDec werden somit jeweils 11 Aktivitäten benötigt. In BPMN

## 5.2. Open Unified Process (Open UP)

werden keine Gateways und 15 Sequenzflüsse verwendet. In ConDec sind zur korrekten Darstellung 21 Constraints notwendig. Somit werden in BPMN insgesamt 26 Elemente und in ConDec 32 Elemente gebraucht.

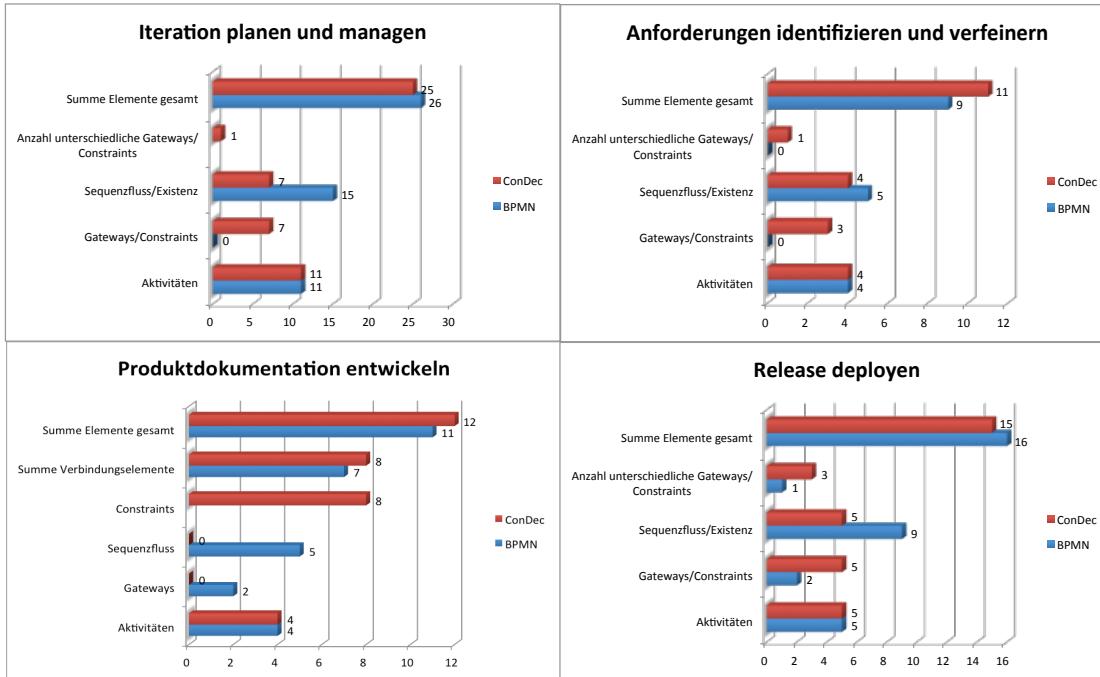


Abbildung 5.36.: Open UP-Iteration planen

In Abbildung 5.36 sind die Anzahl der Elemente zur Darstellung von "Anforderungen identifizieren und verfeinern" abgebildet. Demnach werden sowohl in BPMN, als auch in ConDec jeweils vier Aktivitäten benötigt. Weiterhin sind keine Gateways und 5 Sequenzflusselemente in BPMN zur Darstellung nötig. In ConDec werden drei Constraints verwendet, aber keine unterschiedlichen. Insgesamt werden zur korrekten Abbildung des Metamodells in BPMN neun Elemente und in ConDec 11 Elemente eingesetzt.

Die Anzahl der Elemente zur Darstellung des Prozesses "Produktdokumentation entwickeln" kann Abbildung 5.36 entnommen werden. Es werden somit jeweils vier Aktivitäten zur Darstellung genutzt. Weiterhin werden in BPMN keine Gateways und sieben Se-

## 5. Modellierung für Softwareentwicklungsprozesse

quenzflusselemente gebraucht. In ConDec sind zur Darstellung sieben Constraints notwendig allerdings keine unterschiedlichen Constraints. Insgesamt werden in BPMN neun Elemente und in ConDec 11 Elemente verwendet.

Wie viele Elemente zur Modellierung des Prozesses "Release deployen" benötigt werden ist in Abbildung 5.36 aufgeführt. Jeweils fünf Aktivitäten werden in BPMN und ConDec eingesetzt. In BPMN sind zwei Gateways (keine verschiedenen) und neun Sequenzflusselemente zur Darstellung des Ablaufes notwendig. In ConDec werden hierfür fünf Constraints (drei unterschiedliche) und fünf Existenz-Constraints benötigt. Somit sind insgesamt 16 Elemente in BPMN und 15 Elemente in ConDec zur Darstellung notwendig.

Der Grundsatz der syntaktischen *Richtigkeit* kann von beiden Prozessmodellierungssprachen eingehalten werden, denn alle imperativen und deklarativen Modelle lassen sich unter Einhaltung der Notationsregeln der jeweiligen Modellierungssprachen erstellen [A 1.1].

Bei dem Grundsatz der semantischen *Richtigkeit* [A 1.2] tritt bei ConDec wiederum das Problem auf, dass Rollen und Artefakte nicht darstellbar sind. Zwar ist dies bei den Phasen des Open UP kein Problem, da hier noch keine Rollen und Artefakte zugeordnet werden, jedoch bei den anderen Prozessen des Open UP (Iteration planen und managen, Anforderungen identifizieren und verfeinern, Produktdokumentation entwickeln und Release deployen). Da hier keine Rollen visualisierbar sind, kann das jeweils im Metamodell enthaltene Verhalten in den ConDec-Modellen nicht vollständig wiedergegeben werden. Hierdurch leidet der Nutzen des Metamodells.

Somit ist BPMN in Bezug auf die *Richtigkeit* die geeigneter Modellierungssprache, da sie beide Anforderungen ([A 1.1] und [A 1.2]) erfüllt und ConDec nur [A 1.1] erfüllt.

Der Grundsatz des *systematischen Aufbaus* [A 2.1] kann wiederum nur von BPMN eingehalten werden, da ConDec keine Möglichkeit bietet, Artefakte im Prozessmodell selbst zu visualisieren.

## 5.2. Open Unified Process (Open UP)

Auch hier weist BPMN eine bessere Eignung zur Modellierung auf.

Die *Relevanz* [A 3.1] lässt sich nur bei BPMN einhalten, da es bei den in ConDec erstellten Modellen nicht möglich ist, Rollen und Artefakte zu visualisieren und somit können nicht alle minimal relevanten Informationen im ConDec Modell abgebildet werden.

In Bezug auf die *Klarheit* fällt gerade bei Betrachtung der Modelle der Iterationen “Inception”, “Elaboration” und “Construction” auf, dass bei Modellen, bei denen mehrere Aktivitäten einfach parallel zueinander ablaufen, in BPMN deutlich mehr Sequenzflusselemente zur Darstellung des gleichen Sachverhaltes notwendig sind als Existenz Constraints in ConDec. Zudem werden bei BPMN auch noch jeweils zwei Gateways benötigt. Somit weist BPMN sowohl bei dem einfach gewichteten Punkt Sequenzfluss/Existenz Constraints, als auch bei den doppelt gewichteten Punkten Gateways/Constraints und unterschiedliche Gateways/Constraints eine höhere Anzahl auf als ConDec und bringt somit bei diesen drei Modellen komplexere Modelle hervor [A 4.1].

Bei der Iteration “Transition“ hingegen zeigt BPMN nur bei dem einfach gewichteten Punkt Sequenzfluss/Existenz einen höheren Wert auf. Beim doppelt gewichteten Punkt Gateways/Constraints weist das ConDec Modell eine deutlich höhere Anzahl auf. Somit wird hier insgesamt das mit ConDec erstellte Modell leicht komplexer eingestuft als das BPMN-Modell [A 4.1].

Zur Darstellung der “Phasen des Open UP“ wird für den Prozess in BPMN beim einfach gewichteten Punkt Sequenzfluss/Existenz eine höhere Anzahl an Sequenzflusselementen benötigt als Existenz Constraints bei ConDec. Ebenso werden bei dem doppelt gewichteten Punkt Gateways/Constraints bei BPMN mehr Elemente verwendet. Beim ebenfalls doppelt gewichteten Punkt unterschiedliche Gateways/Constraints werden bei ConDec mehr Elemente eingesetzt. Somit ist insgesamt das mit BPMN erstellte Modell das leicht komplexere [A 4.1].

Beim Prozess “Lösungssinkrement entwickeln“ werden fünf Gateways in BPMN verwendet und bei ConDec werden sechs Constraints benötigt. Bei ConDec werden drei verschiedene Constraints verwendet, bei BPMN jedoch keine verschiedenen Gateways, sondern immer nur das Exklusive Gateway. Somit weist BPMN beim einfach gewichteten

## 5. Modellierung für Softwareentwicklungsprozesse

Punkt Sequenzfluss/Existenz eine höhere Anzahl auf. Bei den doppelt gewichteten Punkten Gateways/Constraints und unterschiedliche Gateways/Constraints hat ConDec eine höhere Anzahl. Dadurch ist in Anbetracht von [A 4.1] das ConDec Modell das komplexere.

Im BPMN Modell ist der Startpunkt durch das Startzeichen gekennzeichnet. Beim Con-Dec Modell kann kein eindeutiger Start im Modell angegeben werden da mehrere Aktivitäten als Start infrage kommen [A 4.2]. Dies erhöht die Komplexität des ConDec Modells ebenfalls, da die Aktivitäten, mit welchen gestartet werden kann, nicht auf einen Blick erkennbar sind.

Daher kann zusammenfassend gesagt werden, dass die Komplexität des ConDec Modells leicht höher ist, da dies sowohl bei [A 4.1] als auch bei [A 4.2] der Fall ist.

Im Prozess “Iteration planen und managen“ gibt es keine Verzweigungen. In ConDec werden sieben Constraints zur Darstellung verwendet. Beim einfach gewichteten Punkt Sequenzfluss/Existenz hat BPMN eine höhere Anzahl. Bei den doppelt gewichteten Punkten Gateways/Constraints und unterschiedliche Gateways/Constraints weist Con-Dec eine höhere Anzahl auf.

Bei den Prozessen “Anforderungen identifizieren und verfeinern“ und “Produktdokumentation entwickeln“ weisen die ConDec-Modelle jeweils drei Constraints auf und die BPMN-Modelle keine Gateways. Damit weist BPMN wiederum beim einfach gewichteten Punkt Sequenzfluss/Existenz einen höheren Wert auf und ConDec zeigt dies bei den doppelt gewichteten Punkten Gateways/Constraints und unterschiedliche Gateways/-Constraints auf. Somit ist nach [A 4.1] das BPMN-Modell das weniger komplexe.

Beim Prozess “Release deployen“ werden in ConDec insgesamt fünf Constraints (drei verschiedene) zur Darstellung des Sachverhaltes benötigt, in BPMN nur zwei Gateways. Somit liegt hier das BPMN-Modell in Bezug auf die Komplexität unter dem ConDec-Modell und ist somit das verständlichere, da es bei den doppelt gewichteten Punkten Gateways/Constraints und unterschiedliche Gateways/Constraints eine geringere Anzahl aufzeigt [A 4.1].

Somit liegt ConDec bei der Darstellung der Phasen, in denen viele parallele Abläufe dargestellt werden bei der *Klarheit* vorne, während bei den anderen Modellen, bei denen

## 5.2. Open Unified Process (Open UP)

es Schleifen oder Abläufe ohne Verzweigungen zum Darstellen gibt, BPMN vorne liegt.

Die *Wirtschaftlichkeit* lässt sich auch beim Open UP bei den Prozessmodellen “Inception“, “Elaboration“, “Construction“ sowie bei den “Phasen des Open UP“ mit ConDec besser einhalten als mit BPMN.

Bei den anderen Modellen des Open UP jedoch gibt es bei den mit ConDec erstellten Modellen deutlich mehr Constraints und auch unterschiedliche Constraints als Gateways bei BPMN. Aus diesem Grund sind hier genau gegensätzlich die ConDec- Modelle komplexer und benötigen somit einen höheren geistigen Aufwand zum Erstellen.

Hierfür gelten die gleichen Argumente wie soeben bei *Klarheit*, [A 4.1] beschrieben [A 5.1]. Somit können einerseits mit ConDec bei der Darstellung der “Phasen des Open UP“ und andererseits bei den anderen Modellen des Open UP die BPMN-Modelle die *Wirtschaftlichkeit* besser erfüllen. Deshalb kann hier keine der beiden Sprachen als grundsätzlich geeigneter angesehen werden.

Die Abläufe der Diagramme wurden in Signavio und Declare getestet, wodurch ihre *Vergleichbarkeit* garantiert ist [A 6.1].

Bei der Darstellung der “Phasen des Open UP“ werden doppelt so viele Elemente in ConDec wie in BPMN verwendet. Deshalb ist die *Vergleichbarkeit* nicht ganz gewährleistet. Bei den anderen Modellen des Open UP unterscheidet sich die Anzahl der Elemente kaum voneinander, wodurch die Vergleichbarkeit hier sichergestellt ist [A 6.2].

Bei ConDec muss wieder auf die Darstellung von Artefakten und Rollen verzichtet werden, wodurch die *Vergleichbarkeit* der Modelle von ConDec behindert wird. Somit weisen hier beide Prozessmodellierungssprachen Stärken und Schwächen auf [A 6.3].

Eine Zusammenfassung, welche Modellierungssprache bei welchem Grundsatz eher überzeugt hat, kann Abbildung 5.37 entnommen werden.

## 5. Modellierung für Softwareentwicklungsprozesse

Modellierungsgrundsatz		Abkürzung	Geeignete Modellierungssprache
Richtigkeit	syntaktisch	A 1.1	BPMN, ConDec
	semantisch	A 1.2	BPMN
Systematischer Aufbau		A 2.1	BPMN
Relevanz		A 3.1	BPMN
Klarheit		A 4.1	BPMN (Schleifen und Verzweigungen, gerade Abläufe), ConDec (Parallele Abläufe)
		A 4.2	BPMN
Wirtschaftlichkeit		A 5.1	BPMN (Schleifen und Verzweigungen, gerade Abläufe), ConDec (Parallele Abläufe)
Vergleichbarkeit		A 6.1	BPMN, ConDec
		A 6.2	ConDec
		A 6.3	BPMN

Abbildung 5.37.: Übersicht Vergleich Open UP

### 5.3. V-Modell XT

Das V-Modell XT zählt zu den schwergewichtigen Prozessmodellen [Han10]. Es wird als Entwicklungsstandard für die Durchführung von IT-Vorhaben in der öffentlichen Verwaltung in Deutschland herangezogen [KLS11]. Beschrieben werden im V-Modell XT die Abläufe im Verlauf eines Entwicklungsprojektes über Produkte, Rollen und Aktivitäten [FHK08]. Es wird somit ganz genau geregelt, *Wer*, *Wann*, *Was* in einem Projekt zu tun hat [Bun]. Vorgehensbausteine ermöglichen neben einer Modularisierung der Abläufe auch eine flexible Zusammenstellung, wodurch das V-Modell XT auf die jeweils eigene Situation angepasst werden kann. [FHK08, Zö12].

### 5.3.1. Analyse V-Modell XT

Abbildung 5.38 zeigt die Grundstruktur des V-Modell XT. Somit werden beim V-Modell XT verschiedene *Projekttypen* unterschieden, welche wiederum eine passende *Projekttypvariante* haben. Das konkrete Vorgehen wird im V-Modell XT durch *Vorgehensbausteine* beschrieben. Welche Vorgehensbausteine in welchem Projekttyp und in welcher Projekttypvariante dann jeweils einzusetzen sind, wird durch den *V-Modell XT Kern und die Vorgehensbausteinlandkarte* festgelegt. Da die Vorgehensbausteine keine Reihenfolge für das Vorgehen angeben, wird dies durch die *Projektdurchführungsstrategie* festgelegt. Zudem werden dort Projektfortschrittsstufen definiert, welche dann bei Erreichen durch *Entscheidungspunkte* markiert werden. Die einzelnen Punkte des V-Modell XT werden nachfolgend detailliert vorgestellt [Bun].

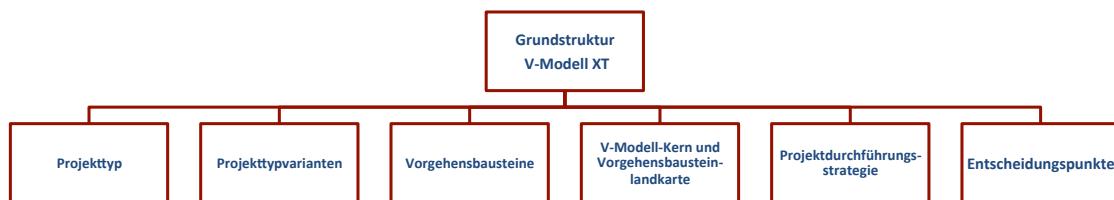


Abbildung 5.38.: Grundstruktur V-Modell XT nach [Bun]

### Projekttypen

Nicht alle V-Modell-Projekttypen laufen nach exakt demselben Schema ab. Auf Grund ihrer charakteristischen Eigenschaften lassen sie sich demnach in unterschiedliche Projekttypen einteilen. Abbildung 5.39 gibt einen ersten Überblick über die verschiedenen Projekttypen im V-Modell XT [Bun].

Es existieren somit vier verschiedene Projekttypen: "Systementwicklungsprojekt eines Auftraggebers", "Systementwicklungsprojekt eines Auftragnehmers", "Systementwicklungsprojekt eines Auftraggebers/Auftragnehmers" und "Einführung und Pflege eines organisationsspezifischen Vorgehensmodells" [HRB<sup>+08</sup>].

## 5. Modellierung für Softwareentwicklungsprozesse

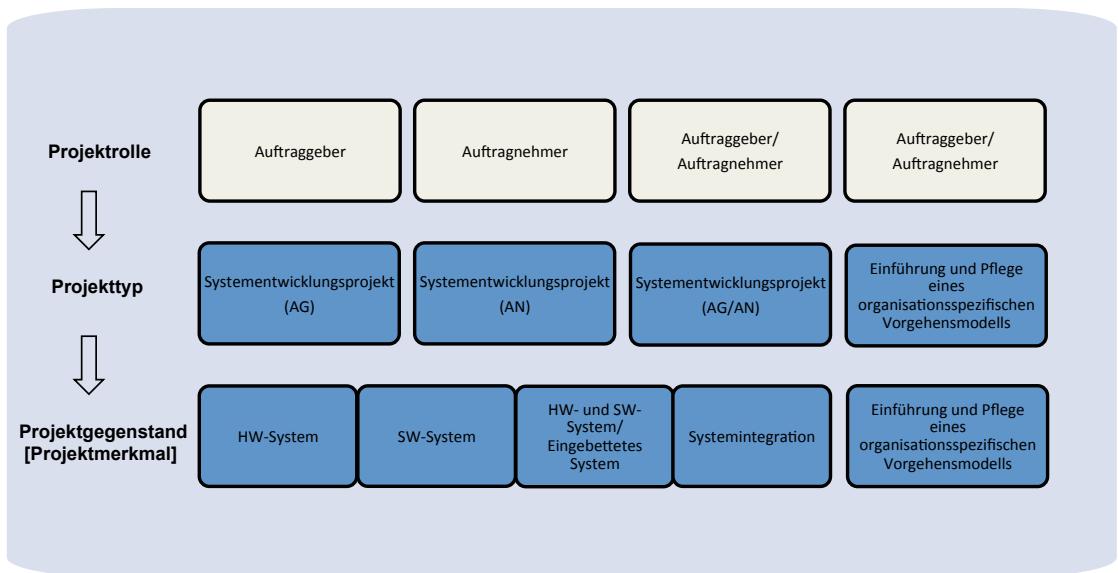


Abbildung 5.39.: Projekttypen V-Modell XT nach [Bun]

Drei verschiedene Projektrollen werden unterschieden, welche dem jeweiligen Projekttyp entsprechen: In der Rolle *Auftragnehmer* wird ein vom *Auftraggeber* spezifiziertes System entwickelt. Die Systementwicklung wird an einen oder mehrere *Arbeitnehmer* weitergegeben, wenn man sich in der Rolle *Arbeitgeber* befindet. Das System wird selbst entwickelt in der Rolle “Auftraggeber/Auftragnehmer“ [Bra10, Bun].

Beim “Systementwicklungsprojekt eines Auftraggebers“ wird die Entwicklung des Projektgegenstandes im Projektverlauf ausgeschrieben und der Auftragnehmer trifft eine Auswahl anhand der eingehenden Angebote. Der Auftragnehmer, welcher für die Entwicklung des Projektgegenstandes ausgewählt wurde, entwickelt den Projektgegenstand, welcher dann vom Auftragnehmer abgenommen wird [HRB<sup>+</sup>08, Bun].

Umgekehrt wird beim “Systementwicklungsprojekt eines Auftragnehmers“ im Laufe des Projektes ein Angebot erstellt und bei Auswahl durch den Auftraggeber ein Projektgegenstand entwickelt, welcher abschließend an den Auftraggeber ausgeliefert und von diesem abgenommen wird [HRB<sup>+</sup>08, Bun].

Bei “Einführung und Pflege eines organisationsspezifischen Vorgehensmodells“ geht es um Projekte, welche Prozessmodelle wie z.B. das V-Modell einführen und verbes-

sern wollen. Für diesen Zweck ist eine Analyse des vorherigen Prozessmodells notwendig und etwaige Verbesserungsmöglichkeiten sind zu erfassen und durchzuführen [HRB<sup>+</sup>08, Bun].

Wie aus Abbildung 5.39 ersichtlich ist, kann es sich im V-Modell XT beim Projektgegenstand um ein Hardware (HW)-System, ein Software (SW)-System, ein eingebettetes System oder eine Systemintegration handeln [Bra10, Bun].

## Projekttypvarianten

Für jeden der Projekttypen gibt es im V-Modell XT mindestens eine passende Projekttypvariante. Diese bestimmt die Rahmenbedingungen für mögliche Abläufe eines Projektes. In Abbildung 5.40 sind die verschiedenen Projekttypvarianten des V-Modell XT aufgelistet. Des Weiteren wird gezeigt, mit welchen Merkmalen die zugehörigen Projekttypvarianten ausgewählt werden können [Bun].

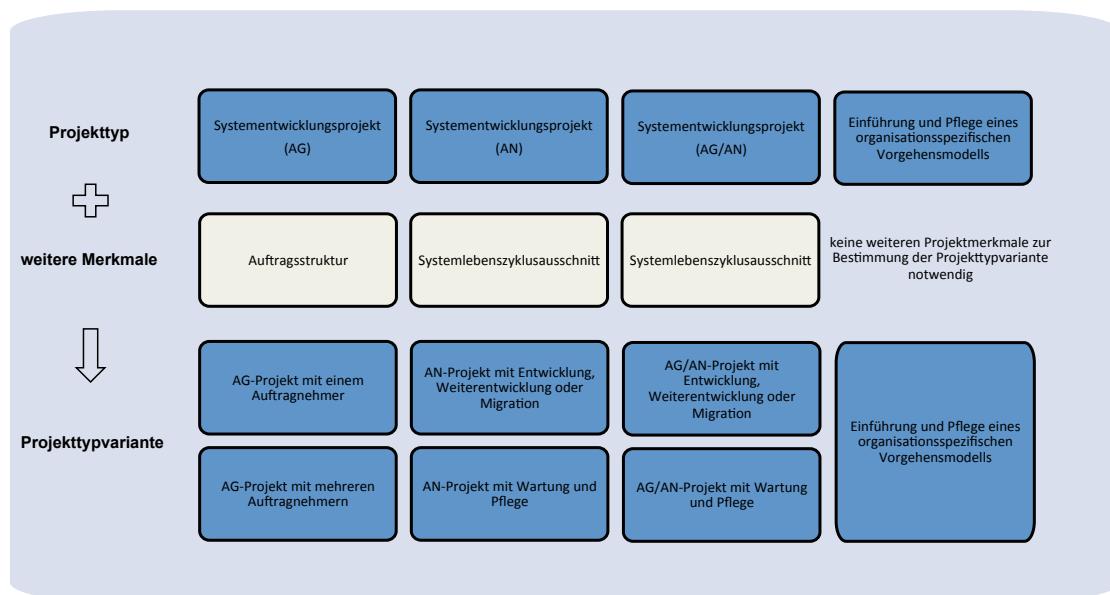


Abbildung 5.40.: Zuordnung der Projekttypvarianten zu den Projekttypen des V-Modell XT [Bun]

## *5. Modellierung für Softwareentwicklungsprozesse*

Für den Projekttyp “Systementwicklungsprojekt (AG)“ existieren zwei verschiedene Projekttypvarianten, welche je nach “Auftragsstruktur“ ausgewählt werden. Falls der Auftraggeber mit nur einem Auftragnehmer zusammenarbeitet, ergibt sich die Projekttypvariante “Systementwicklungsprojekt (AG)- Projekt mit einem Auftragnehmer“. Arbeitet der Auftraggeber mit mehreren Auftragnehmern zusammen, ergibt sich die Projekttypvariante “Systementwicklungsprojekt (AG)- Projekt mit mehreren Auftragnehmern“ [Bun]. Bei den Projekttypen “Systementwicklungsprojekt (AN)“ und “Systementwicklungsprojekt (AG/AN)“ wird die Unterscheidung anhand des Systemlebenszyklusausschnittes des Projektes durchgeführt. Somit wird in den Systemlebenszyklusausschnitten Entwicklung, Weiterentwicklung und Migration eine andere Projekttypvariante gewählt als in Wartung und Pflege [Bun].

Für den Projekttyp “Einführung und Pflege eines organisationsspezifischen Vorgehensmodells“ existiert nur eine einzige Projekttypvariante, weshalb hier keine weiteren Merkmale zur Bestimmung der Projekttypvariante notwendig sind [Bun].

### **Vorgehensbausteine**

Modulare, aufeinander aufbauende Vorgehensbausteine, bilden den Kern des V-Modells XT. Vorgehensbausteine sind selbständig entwickelbare und änderbare Einheiten und bestehen aus Aktivitäten, Produkten und Rollen. Sie geben einerseits vor, “Was“ in einem Projekt zu tun ist, also welche Produkte zu erstellen sind und andererseits “Wer“, also welche konkrete Rolle für das jeweilige Produkt verantwortlich ist. Abbildung 5.41 gibt einen Überblick über diese [RF08, Bun].

Ergebnisse und Zwischenergebnisse werden Produkte genannt. Komplexe Produkte können in ein oder mehrere Themen gegliedert werden und inhaltlich zusammengehörende Produkte können zu einer Disziplin zusammengefasst werden. Produkte können hierbei auch voneinander abhängig sein, sowohl innerhalb eines Vorgehensbausteins, als auch zwischen verschiedenen Vorgehensbausteinen [Bun].

Jedes Produkt wird von genau einer Aktivität fertig gestellt. Aktivitäten legen auch fest,

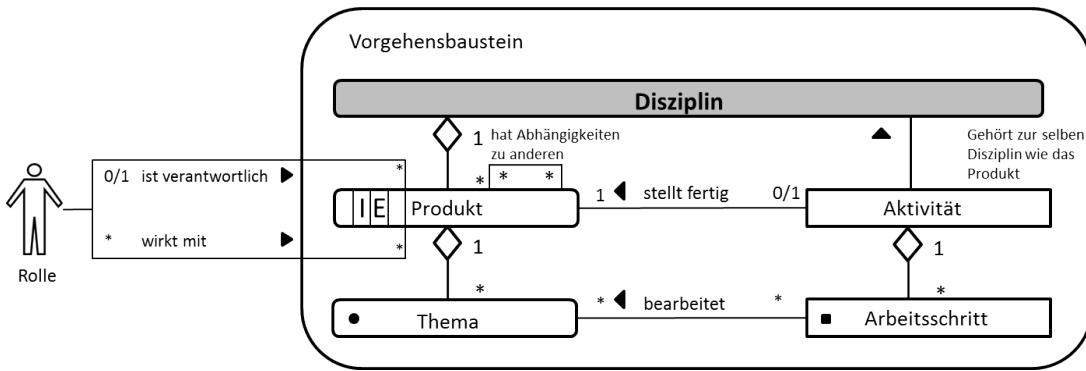


Abbildung 5.41.: Vorgehensbausteine V-Modell XT nach [Bun]

wie die einzelnen Produkte zu bearbeiten sind. Sie bestehen aus einer oder mehreren Teilaktivitäten, sogenannten Arbeitsschritten. Diese stellen eine Art Arbeitsanleitung dar und bearbeiten eine oder mehrere Themen [Bun].

Durch Rollen werden eine Menge von Aufgaben und Verantwortlichkeiten gekapselt, wodurch das V-Modell XT unabhängig von organisatorischen Rahmenbedingungen bleibt. Eine Zuordnung von Personen bzw. Organisationseinheiten zu einer Rolle erfolgt erst zu Beginn eines Projektes. Es wird jedem Produkt genau eine Rolle als Verantwortlicher zugewiesen. Weitere Rollen können am Produkt als Mitwirkende mitarbeiten [Bun].

### V-Modell XT-Kern und Vorgehensbausteinlandkarte

Um ein spezifisches Projekt an ein V-Modell XT-Projekt anzupassen, ist für jeden Projekttyp und jede Projekttypvariante genau vorgegeben, welche Vorgehensbausteine jeweils anzuwenden sind [Bun]. Hierdurch kann also ein individuelles V-Modell XT für ein Projekt erstellt werden [Hei07]. Hierfür ist es notwendig, die Vorgehensbausteine für ein V-Modell XT-Projekt nach den Vorgaben des Projekttyps auszuwählen und festzulegen [Bun].

Wie Abbildung 5.42 zeigt, können die Vorgehensbausteine in die vier Bereiche "Alle V-Modell XT-Projekte", "Organisationsspezifisches Vorgehensmodell", "AG/AN-Schnittstelle"

## 5. Modellierung für Softwareentwicklungsprozesse

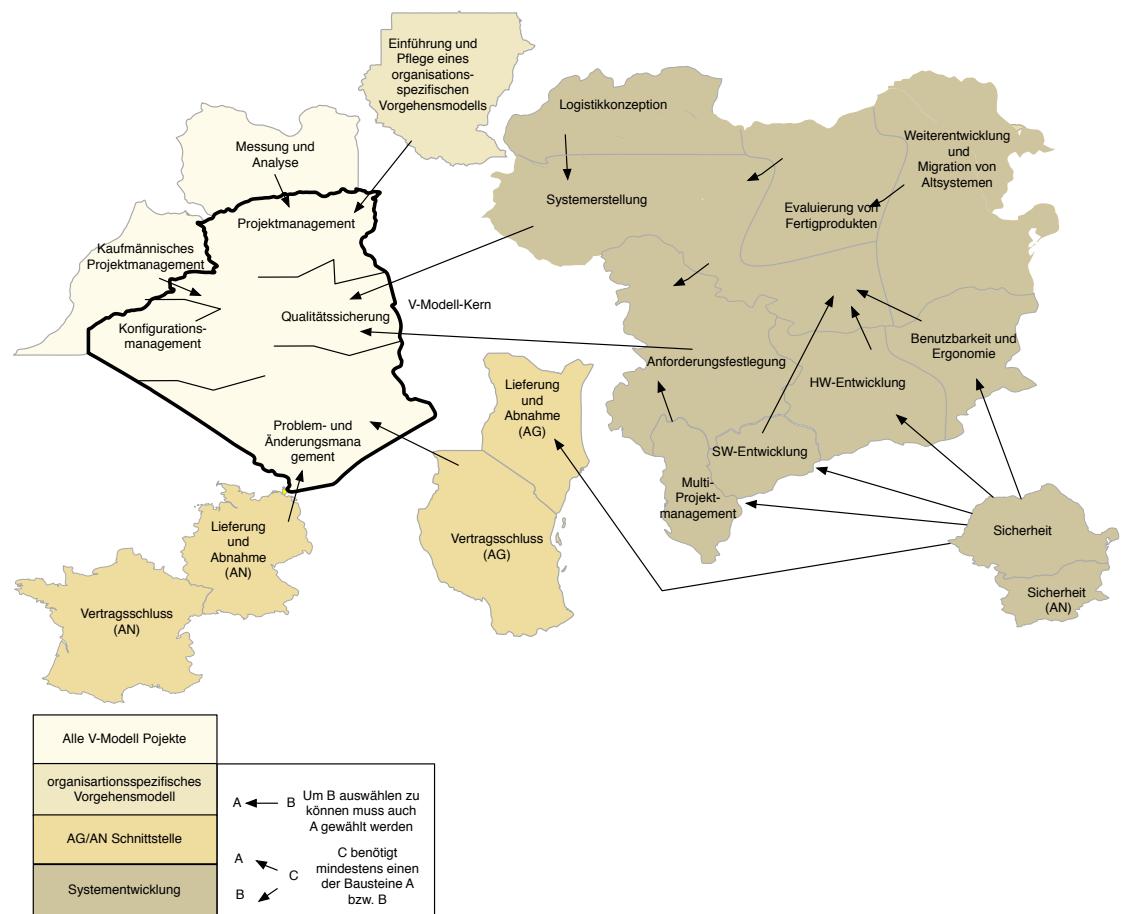


Abbildung 5.42.: V-Modell XT-Kern und Vorgehensbausteinkarte nach [Bun]

und "Systementwicklung" eingeteilt werden [Bun].

Im Bereich "Alle V-Modell XT-Projekte" finden sich diejenigen Vorgehensbausteine, welche in jedem V-Modell XT-Projekt herangezogen werden können. Zudem gibt es den V-Modell XT-Kern, in welchem sich die Vorgehensmodelle finden, die in jedem V-Modell XT-Projekt unerlässlich sind: "Projektmanagement", "Konfigurationsmanagement", "Problem- und Änderungsmanagement" und "Qualitätssicherung". Zusätzlich zu diesen verpflichtenden Vorgehensbausteinen können in jedem Projekt noch "Kaufmännisches Projektmanagement", welches bei der Integration des Projektmanagements in das kaufmännische Management hilft und "Messung und Analyse", welches Verfahren für die organisationsweite und projektübergreifende Erfassung und Auswertung von Kennzahlen bereitstellt, verwendet werden [Bun].

Ist der Zweck eines Projektes die Entwicklung eines "Organisationsspezifischen Vorgehensmodells", so muss der Vorgehensbaustein "Einführung und Pflege eines organisationsspezifischen Vorgehensmodells" hinzugenommen werden. In diesem finden sich Verfahren und Richtlinien für die Einführung eines Vorgehensmodells innerhalb einer Organisation sowie die damit einhergehende Etablierung eines stetigen Verbesserungsprozesses [Bun].

Wenn ein Projekt die Entwicklung eines Systems zum Ziel hat, so wird der Bereich "Systementwicklung" herangezogen. In diesem befinden sich die Vorgehensbausteine "Anforderungsfestlegung", "Systemerstellung", "HW-Entwicklung", "SW-Entwicklung", "Logistikkonzeption", "Weiterentwicklung und Migration von Altsystemen", "Evaluierung von Fertigprodukten", "Benutzbarkeit und Ergonomie", "Sicherheit" sowie "Sicherheit (AN)" und "Multi-Projektmanagement" [Bun].

Im Bereich "AG/AN-Schnittstelle" befinden sich die Vorgehensbausteine für die Kommunikation zwischen Arbeitgeber und Arbeitnehmer: "Lieferung und Abnahme (AG)", "Lieferung und Abnahme (AN)", "Vertragsschluss (AG)" und "Vertragsschluss (AN)". Hier finden sich Regelungen über den Vertrag zwischen Arbeitgeber und Arbeitnehmer sowie über Lieferung und Abnahme des Entwicklungsgegenstandes [Bun].

## *5. Modellierung für Softwareentwicklungsprozesse*

### **Projektdurchführungsstrategie**

Die Vorgehensbausteine im V-Modell XT geben zwar an, welche Produkte jeweils zu erstellen und welche Aktivitäten durchzuführen sind, sie geben jedoch hierbei nicht vor, in welcher Reihenfolge dies geschehen soll. Damit das Projekt trotzdem geplant und gesteuert werden kann, gibt es im V-Modell XT eine Projektdurchführungsstrategie welche auf den jeweiligen Projekttyp und die Projekttypvariante abgestimmt ist. Hier wird somit die Reihenfolge der Produkte und Aktivitäten festgelegt, also das "Wann" festgelegt. Außerdem werden hier zu erreichende Projektfortschrittsstufen vorgegeben [Bun].

### **Entscheidungspunkte**

Abbildung 5.43 zeigt, dass die in der Projektdurchführungsstrategie vorgegebenen Projektfortschrittsstufen bei Erreichen durch Entscheidungspunkte markiert werden. Diese stellen einen Meilenstein im Projektlauf dar. Um den Entscheidungspunkt zu erreichen, muss eine vorgegebene Menge an Produkten fertig gestellt werden. Hier entscheidet das Projektmanagement über das Erreichen der Projektfortschrittsstufe und das Freigeben des nächsten Projektabschnitts. Die Entscheidungspunkte, welche im V-Modell XT erreicht werden müssen, können Abbildung 5.44 entnommen werden. Diese werden wie im V-Modell XT-Kern in die vier Bereiche "Alle V-Modell XT-Projekte", "Organisationsspezifisches Vorgehensmodell", "AG/AN-Schnittstelle" und "Systementwicklung" unterschieden [Bun].

Demnach gelten die Entscheidungspunkte "Projekt genehmigt", "Projekt definiert", "Iteration geplant" und "Projekt abgeschlossen" für alle Projekttypen und Projektdurchführungsstrategien [Bun].

Bei der Systementwicklung werden die Entscheidungspunkte "Anforderungen festgelegt", "System spezifiziert", "System entworfen", "Feinentwurf abgeschlossen", "Systemelemente realisiert" und "System integriert" verwendet. Falls das Projekt vor der Anforderungserhebung in mehrere Teilmodelle aufgeteilt werden soll, werden zusätzlich die Entscheidungspunkte "Gesamtprojekt aufgeteilt" und "Gesamtprojektfortschritt überprüft"

hinzugenommen [Bun].

Die Entscheidungspunkte für die Arbeitgeber/Arbeitnehmer Schnittstelle setzen sich aus "Projekt ausgeschrieben", "Angebot abgegeben", "Projekt beauftragt", "Lieferung durchgeführt", "Abnahme erfolgt" und "Projektfortschritt überprüft" zusammen [Bun].

Bei der Entwicklung eines organisationsspezifischen Vorgehensmodells kommen die Entscheidungspunkte "Vorgehensmodell analysiert", "Verbesserung Vorgehensmodell konzipiert" und "Verbesserung Vorgehensmodell realisiert" zum Einsatz [Bun].

Die Entscheidungspunkte legen das "Wann" und "Was" fest, d.h. wann welche Produkte fertiggestellt sein müssen.

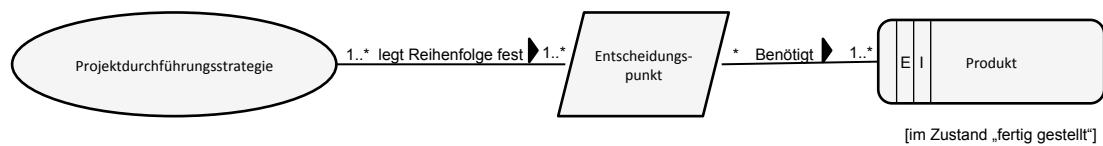


Abbildung 5.43.: Entscheidungspunkte V-Modell XT nach [Bun]

## 5. Modellierung für Softwareentwicklungsprozesse

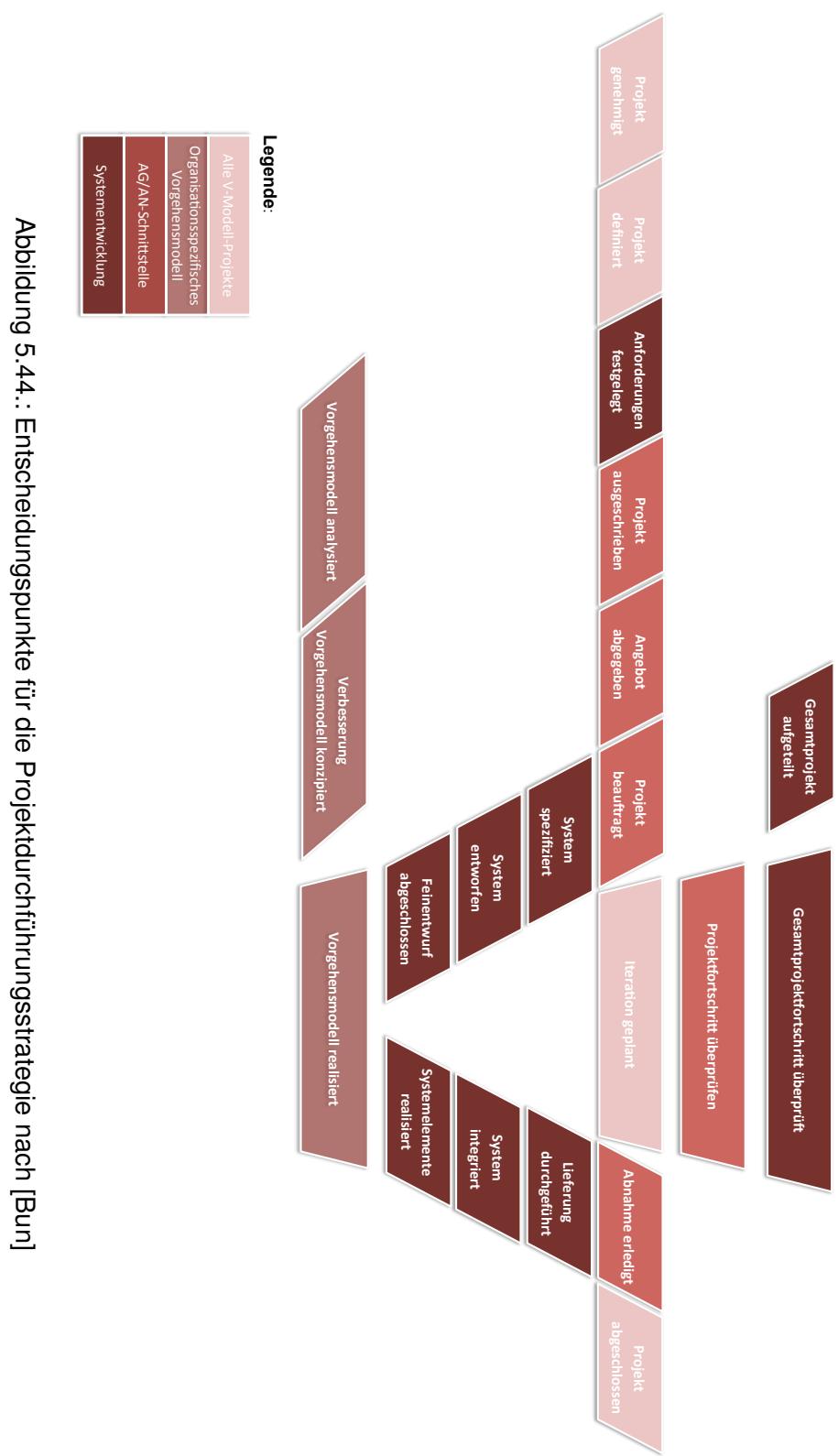


Abbildung 5.44.: Entscheidungspunkte für die Projektdurchführungsstrategie nach [Bun]

### 5.3.2. Imperative Modellierung V-Modell XT

Im Folgenden werden Teile des V-Modells XT modelliert da das ganze V-Modell XT den Rahmen dieser Arbeit sprengen würde. Aus diesem Grund wird zum einen das “Systementwicklungsprojekt AG/AN“ ausgewählt. Weiterhin wird ein hierzu gehöriger Unterprozess “Inkrementelle Entwicklung“ und die hierzu gehörenden Unterprozesse “System entwerfen“ und “System spezifizieren“ modelliert.

#### Systementwicklungsprojekt AG/AN

Die imperative Modellierung des Prozesses “Systementwicklungsprojekt AG/AN“ zeigt Abbildung 5.45.

Zunächst muss ein Projekt genehmigt und definiert werden. Dies ist durch die einander folgenden Aktivitäten “Projekt genehmigen“ und “Projekt definieren“ dargestellt.

In der nachfolgenden Aktivität müssen sodann die “Anforderungen festgelegt werden“, bevor die “Iteration geplant“ werden kann.

Hiernach muss entschieden werden, ob eine “Prototypische Entwicklung durchgeführt“, eine “Komponentenbasierte Entwicklung durchgeführt“ oder eine “Inkrementelle Entwicklung durchgeführt“ werden soll. Dies wird durch das Exklusive Gateway beschrieben, welches nur eine Alternative zulässt.

Anschließend wird das “System abgenommen“. An dieser Stelle wird entschieden, ob erneut zu “Anforderungen festlegen“ zurückgekehrt wird, der Prozess ab dieser Aktivität erneut startet oder ob zu “Projekt ausschreiben“ zurückgekehrt wird und der Prozess ab hier erneut startet. Ansonsten endet der Prozess mit der Aktivität “Projekt abschließen“.

#### Inkrementelle Entwicklung durchführen

In Abbildung 5.46 ist die imperative Modellierung des Unterprozesses “Inkrementelle Entwicklung durchführen“ abgebildet.

Zu Beginn muss das “System spezifiziert“ werden. Anschließend wird das “System entworfen“.

## 5. Modellierung für Softwareentwicklungsprozesse

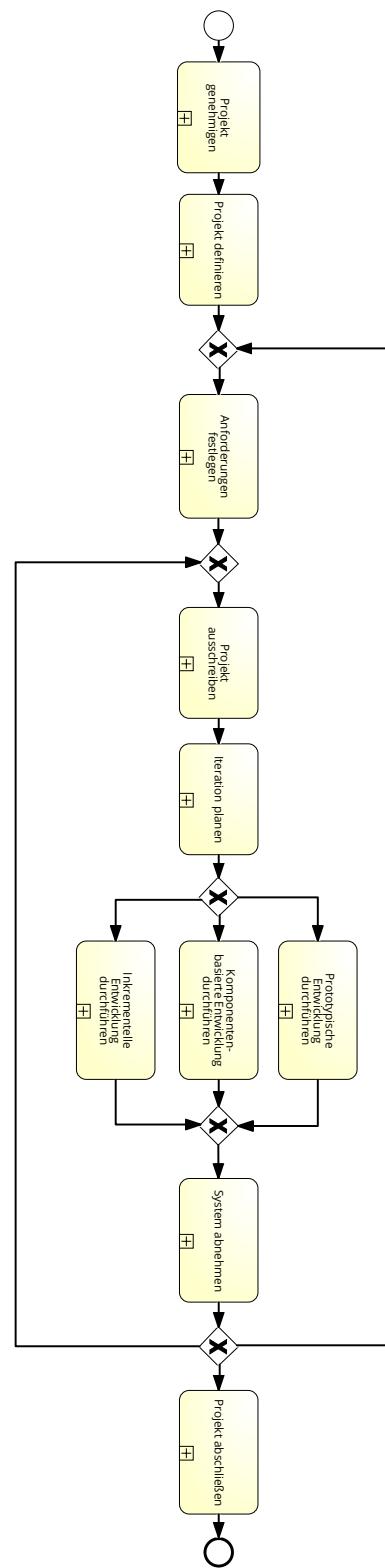


Abbildung 5.45.: Systementwicklungsprojekt AG/AN V-Modell XT - imperativ

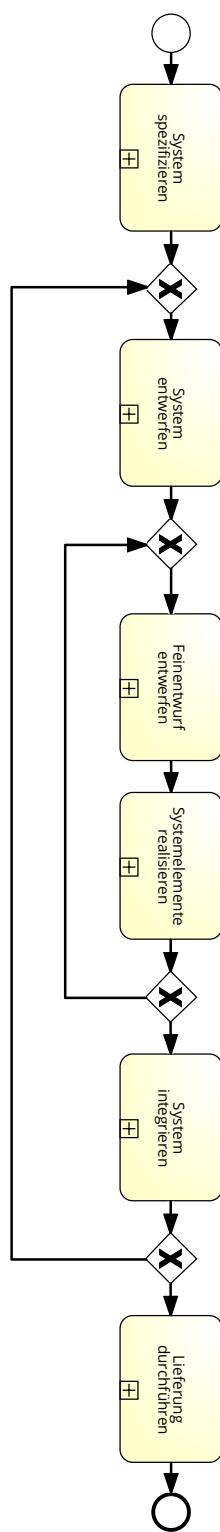
Hiernach wird der “Feinentwurf entworfen“ und es werden die “Systemelemente realisiert“. Diese beiden Aktivitäten können so oft wie nötig durchgeführt werden, was durch das Exklusive Gateway beschrieben ist.

Im nächsten Schritt wird das “System integriert“ und es beginnt eine neue Iteration bei der Aktivität “System entwerfen“.

Falls keine weitere Iteration mehr notwendig ist, wird die “Lieferung durchgeführt“ und der Unterprozess endet hier.

## 5. Modellierung für Softwareentwicklungsprozesse

Abbildung 5.46.: Unterprozess Inkrementelle Entwicklung durchführen V-Modell XT - imperativ



## System entwerfen

Abbildung 5.47 zeigt die imperative Modellierung des Unterprozesses “System entwerfen“.

Die Aktivitäten “Systemarchitektur erstellen“, “Unterstützungssystemarchitektur erstellen“, “Styleguide für die Mensch-Maschine-Schnittstelle erstellen“, “HW-Architektur erstellen“, “SW-Architektur erstellen“, “Datenbankentwurf erstellen“, “Implementierungs-, Integrations- und Prüfkonzept System erstellen“, “Implementierungs-, Integrations- und Prüfkonzept Unterstützungssystem erstellen“, “Integrations- und Prüfkonzept Hardware (HW) erstellen“, “Integrations- und Prüfkonzept Software (SW) erstellen“ und “Migrationskonzept erstellen“ werden hier nacheinander ausgeführt.

## System spezifizieren

Zu Beginn des Unterprozesses “System spezifizieren“ (Abbildung 5.48) muss die Aktivität “Besprechung durchführen“ erfolgen. Hieraus entsteht das Artefakt “Besprechungsdokument“.

Parallel zu allen anderen Aktivitäten ist bei Bedarf bei jeder Änderung die Aktivität “Projekttagbuch führen“ zu bearbeiten. Dies wird durch das Parallel-Gateway sichergestellt und das Exklusive Gateway garantiert, dass die Aktivität so oft durchgeführt wird, wie Anpassungen notwendig sind.

Im nächsten Schritt muss “Messdaten erfassen“ bearbeitet werden, wodurch das Artefakt “Messdaten“ entsteht. In der nachfolgenden Aktivität wird die “Metrik berechnet und ausgewertet“, woraus das Artefakt “Metrikauswertung“ gebildet wird. Anschließend erfolgt die Durchführung der Aktivität “Kaufmännischen Projektstatusbericht erstellen“, wobei das Artefakt “Kaufmännischer Projektstatusbericht“ als Artefakt herauskommt.

Bei der nächsten Aktivität wird der “Projektstatusbericht erstellt“, wobei das Artefakt “Projektstatusbericht“ erstellt wird. Danach wird der “Gesamtprojektfortschritt ermittelt“. Die Aktivität “QS-Bericht erstellen“ bringt dann das Artefakt “QS-Bericht hervor“ und die nachfolgende Aktivität “Projekt abschließen“ den “Projektabchlussbericht“.

## 5. Modellierung für Softwareentwicklungsprozesse

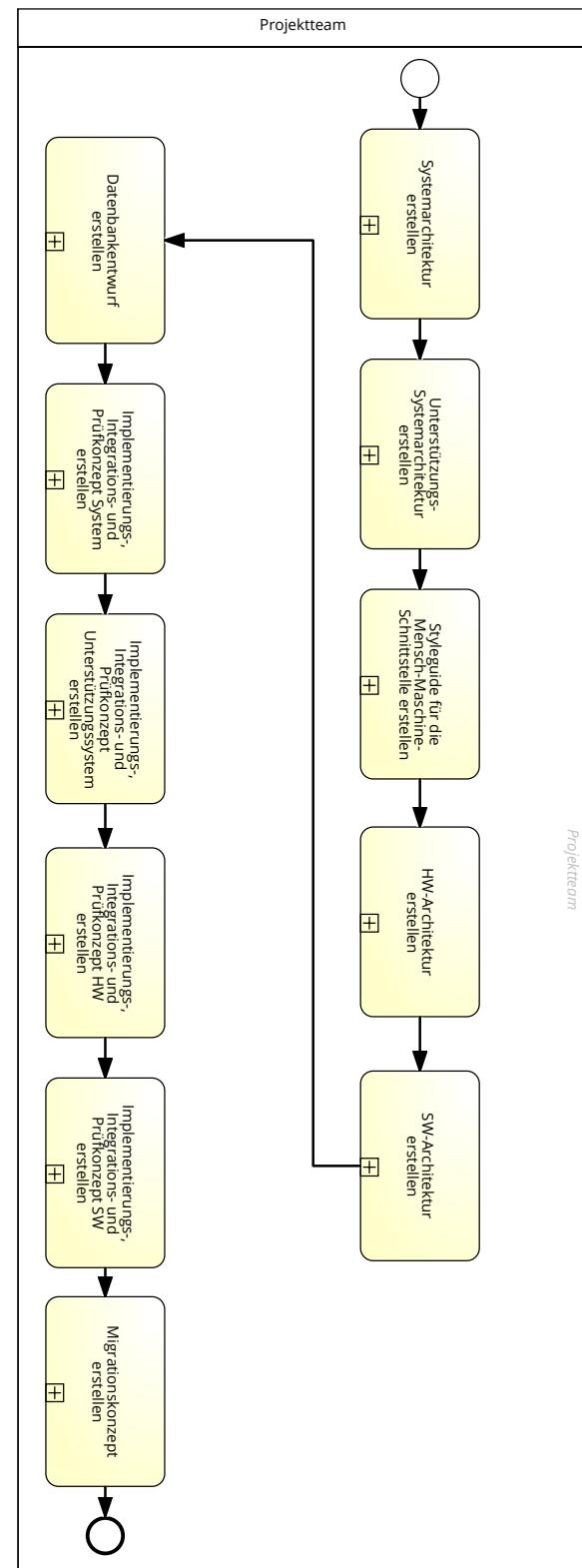


Abbildung 5.47.: System entwerfen V-Modell XT - imperativ

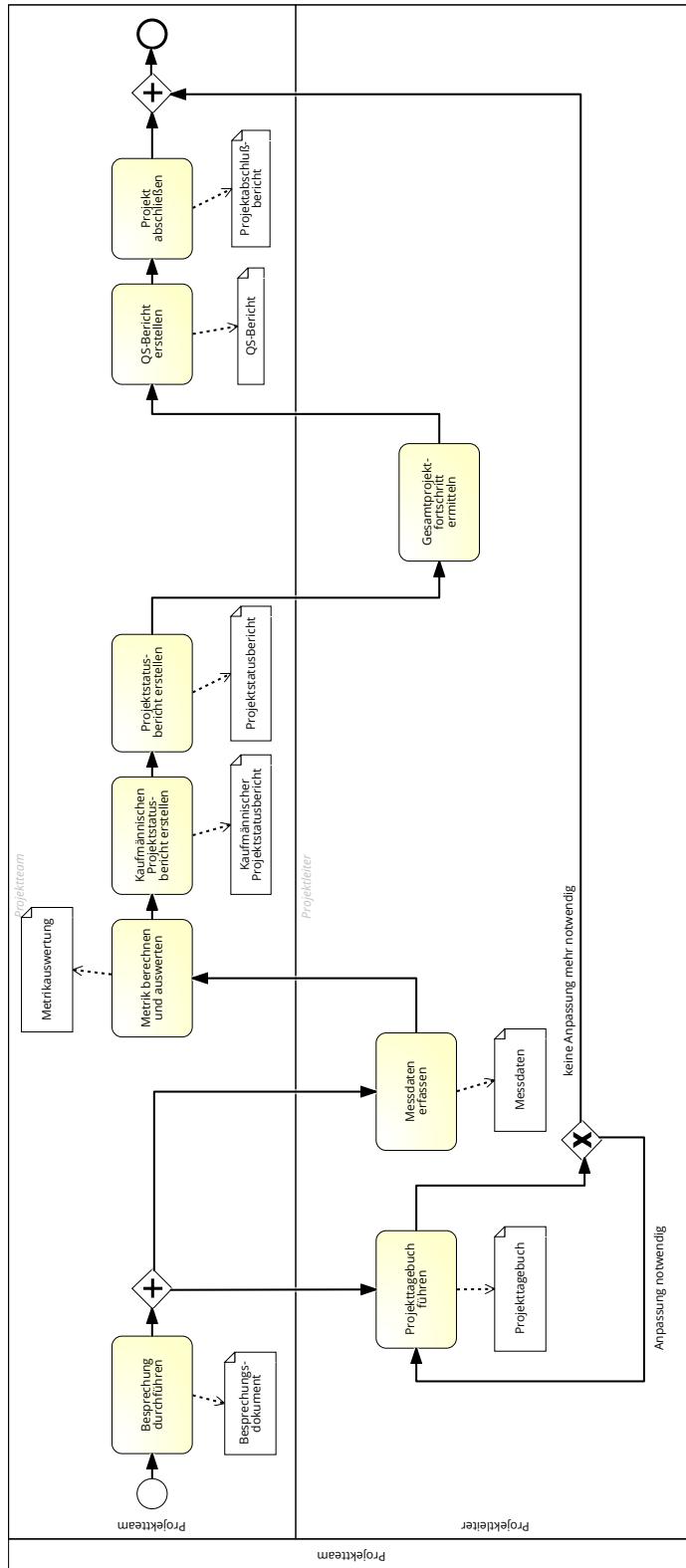


Abbildung 5.48: System spezifizieren-imperativ

## 5. Modellierung für Softwareentwicklungsprozesse

### 5.3.3. Deklarative Modellierung V-Modell XT

Nachfolgend werden die entsprechenden deklarativen Modelle zu den imperativen Modellen modelliert.

#### **Systementwicklungsprojekt AG/AN**

Die deklarative Modellierung von "Systementwicklungsprojekt AG/AN" zeigt Abbildung 5.49.

Zunächst muss ein Projekt genehmigt und definiert werden. Dies ist durch die aufeinander folgenden Aktivitäten "Projekt genehmigen" und "Projekt definieren" dargestellt, welche durch das Constraint *succession* verbunden sind.

In der nachfolgenden Aktivität müssen sodann die "Anforderungen festgelegt werden". Danach muss die Aktivität "Projekt ausschreiben" bearbeitet werden, bevor die "Iteration geplant" werden kann.

Hiernach muss entschieden werden, ob eine "Komponentenbasierte Entwicklung ausgeführt", eine "Prototypische Entwicklung durchgeführt" oder eine "Inkrementelle Entwicklung durchführen" werden soll. Dies wird hier durch den Unterprozess "Entwicklung durchführen" (Abbildung 5.50) dargestellt, da dieser Sachverhalt auf Grund der Schleifen im Prozess ohne Unterprozess nicht modellierbar war. Im Unterprozess kann dann eine der drei Aktivitäten ausgeführt werden, was das Constraint *1 of 3* vorgibt.

Anschließend wird das "System abgenommen". An dieser Stelle wird entschieden, ob erneut zu "Anforderungen festlegen" zurückgekehrt wird, der Prozess ab dieser Aktivität erneut startet oder ob zu "Projekt ausschreiben" zurückgekehrt wird und der Prozess ab hier erneut startet. Ansonsten endet der Prozess mit der Aktivität "Projekt abschließen".

#### **Inkrementelle Entwicklung durchführen**

In Abbildung 5.51 ist die deklarative Modellierung des Unterprozesses "Inkrementelle Entwicklung durchführen" abgebildet.

Zu Beginn muss die Aktivität "System spezifizieren" werden, weshalb diese Aktivi-

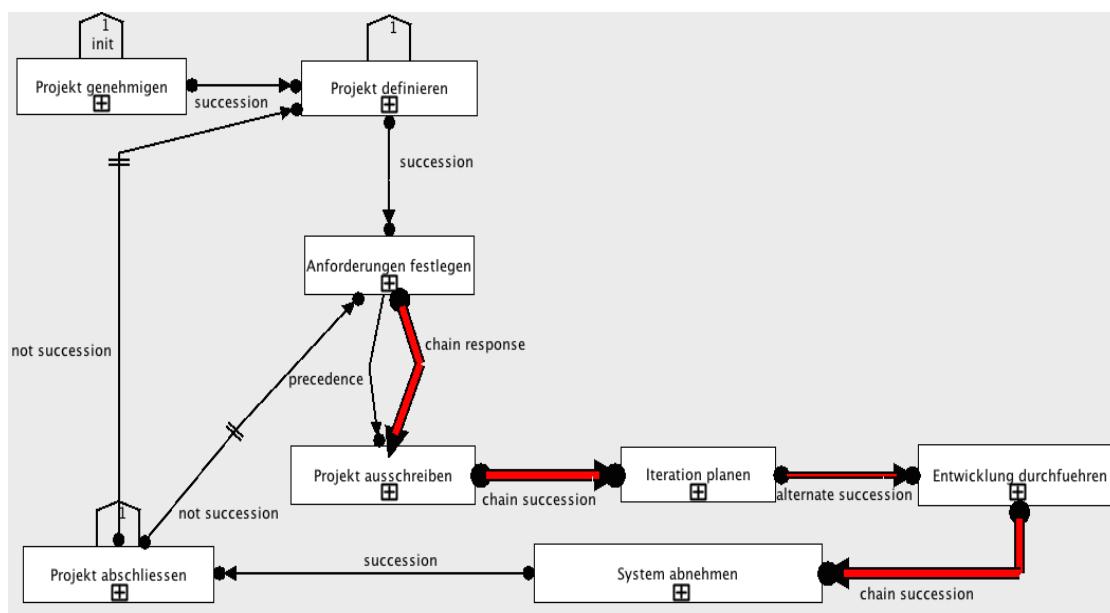


Abbildung 5.49.: Systementwicklungsprojekt AG/AN V-Modell XT - deklarativ

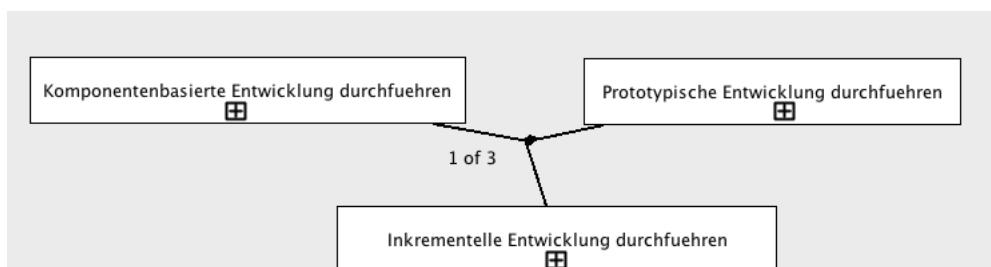


Abbildung 5.50.: Systementwicklungsprojekt AG/AN V-Modell XT Unterprozess Entwicklung durchfuehren - deklarativ

## 5. Modellierung für Softwareentwicklungsprozesse

tät mit dem Constraint *Init* beschrieben ist und anschließend wird “System entwerfen“ durchgeführt, was durch das Constraint *succession* zwischen diesen beiden Aktivitäten sichergestellt wird.

Hiernach wird “Feinentwurf entwerfen“ und “Systemelemente realisieren“ ausgeführt. Diese beiden Aktivitäten können so oft wie nötig durchgeführt werden. Es kommt nur darauf an, dass zuerst die Aktivität “Feinentwurf entwerfen“ und anschließend die Aktivität “Systemelemente realisieren“ bearbeitet wird, weshalb das Constraint *chain succession* sich zwischen diesen beiden Aktivitäten befindet.

Im nächsten Schritt wird das System integriert und es beginnt eine neue Iteration bei der Aktivität “System entwerfen“. Aus diesem Grund befindet sich hier das Constraint *alternate succession* zwischen den Aktivitäten “System integrieren“ und “System entwerfen“, da eine erneute Ausführung von “System entwerfen“ erst nach Ausführung der Aktivität “System integrieren“ möglich ist.

Falls keine weitere Iteration mehr notwendig ist, wird “Lieferung durchführen“ ausgeführt und der Unterprozess endet hier, da durch die Constraints zu “System entwerfen“ und “Feinentwurf entwerfen“ keine weitere Aktivität mehr durchgeführt werden kann.

### System entwerfen

Abbildung 5.52 zeigt die deklarative Modellierung von “System entwerfen“.

Die Aktivitäten “Systemarchitektur erstellen“, “Unterstützungssystemarchitektur erstellen“, “Styleguide für die Mensch-Maschine-Schnittstelle erstellen“, “HW-Architektur erstellen“, “SW-Architektur erstellen“, “Datenbankentwurf erstellen“, “Implementierungs-, Integrations- und Prüfkonzeptsystem erstellen“, “Implementierungs-, Integrations- und Prüfkonzeptunterstützungssystem erstellen“, “Implementierungs-, Integrations- und Prüfkonzept HW erstellen“, “Implementierungs-, Integrations- und Prüfkonzept SW erstellen“ und “Migrationskonzept erstellen“ werden hier nacheinander ausgeführt. Da die vorherige Aktivität immer Voraussetzung für das Ausführen der nachfolgenden Aktivität ist und die nachfolgende Aktivität nach der vorherigen ausgeführt werden muss, ist zwischen allen Aktivitäten jeweils *succession* als Constraint eingefügt.

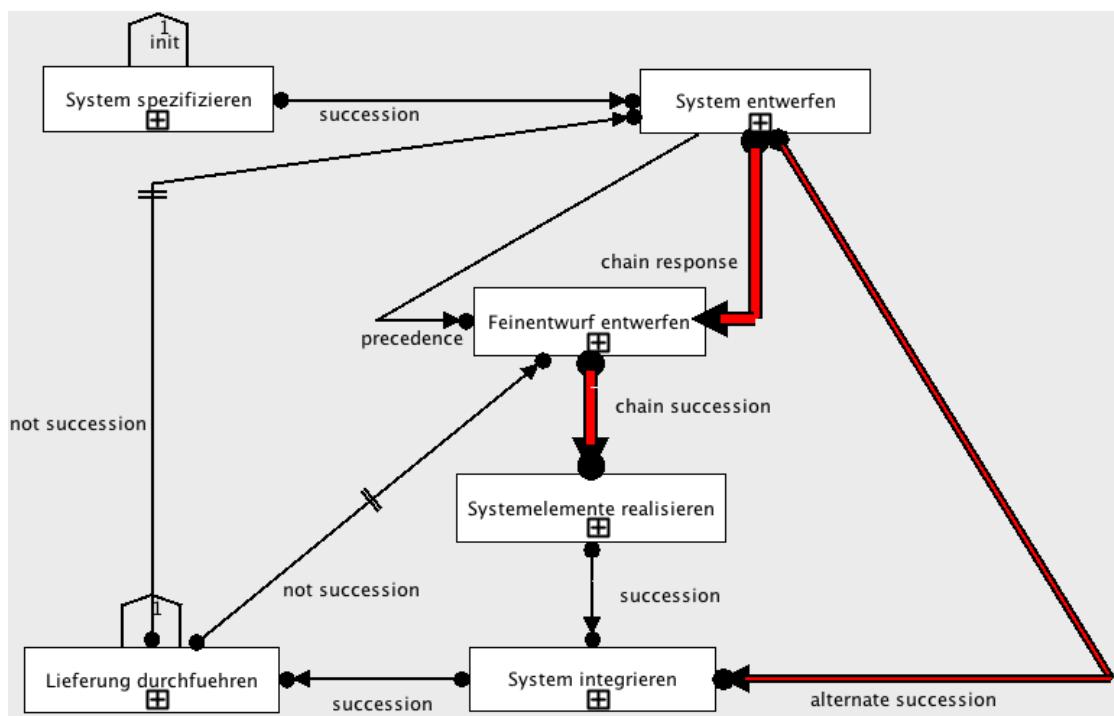


Abbildung 5.51.: Unterprozess Inkrementelle Entwicklung durchfuehren V-Modell XT - imperativ

## 5. Modellierung für Softwareentwicklungsprozesse

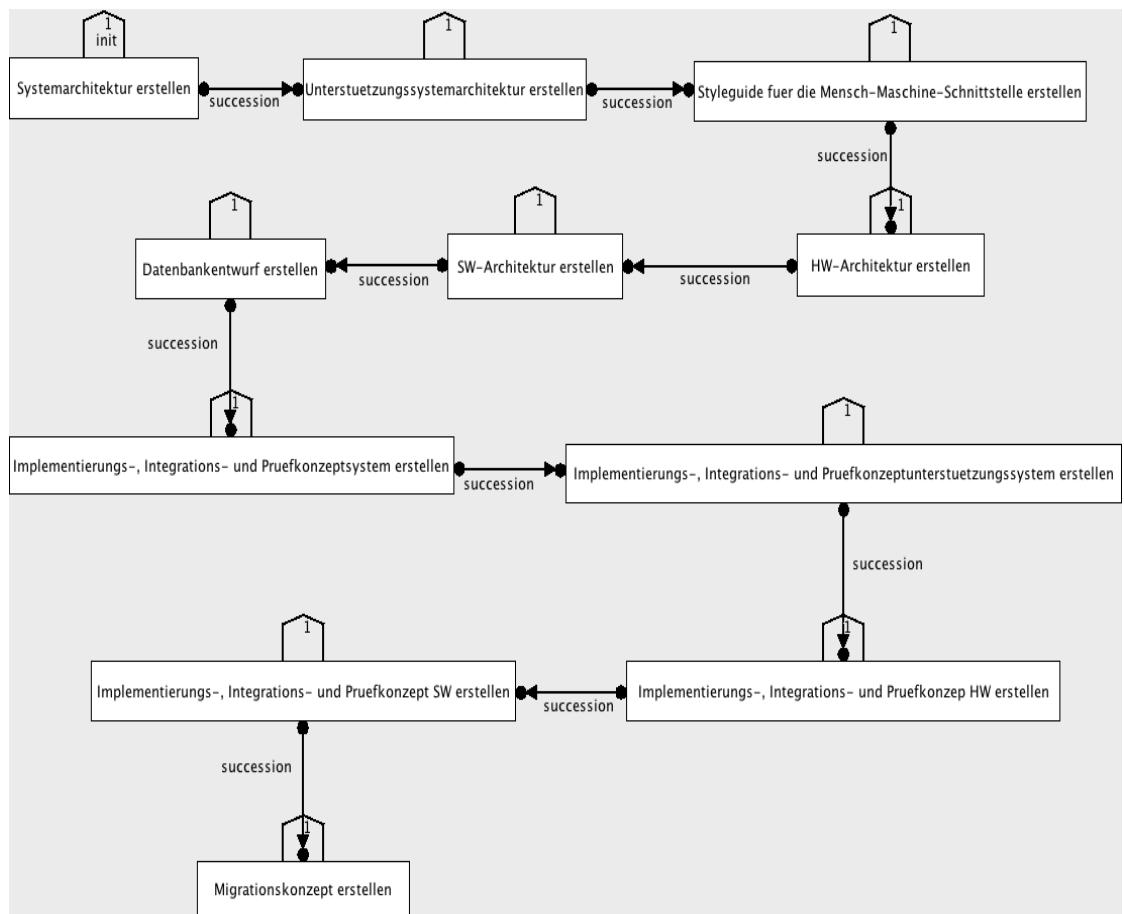


Abbildung 5.52.: System entwerfen - deklarativ

## System spezifizieren

Am Anfang von "System spezifizieren" (Abbildung 5.53) muss mit "Besprechung durchführen" begonnen werden. Dies wird durch das Constraint *Init* sichergestellt. Bei jeder Änderung muss die Aktivität "Projekttagebuch führen" ausgeführt werden. Aus diesem Grund ist diese durch kein Constraint mit einer anderen Aktivität verbunden, da sie jederzeit, so oft wie nötig ausgeführt werden kann. Im nächsten Schritt werden die "Messdaten erfasst". Da ab hier alle Aktivitäten nacheinander auszuführen sind, werden diese jeweils durch das Constraint *succession* verbunden.

In der nachfolgenden Aktivität wird die "Metrik berechnet und ausgewertet".

Anschließend erfolgt die Durchführung der Aktivität "kaufmännischen Projektstatusbericht erstellen".

Bei der nächsten Aktivität wird "Projektstatusbericht erstellen" bearbeitet und danach wird "Gesamtprojektfortschritt ermitteln" durchgeführt. Danach werden noch die Aktivitäten "QS-Bericht erstellen" und "Projekt abschließen" ausgeführt.

## 5. Modellierung für Softwareentwicklungsprozesse

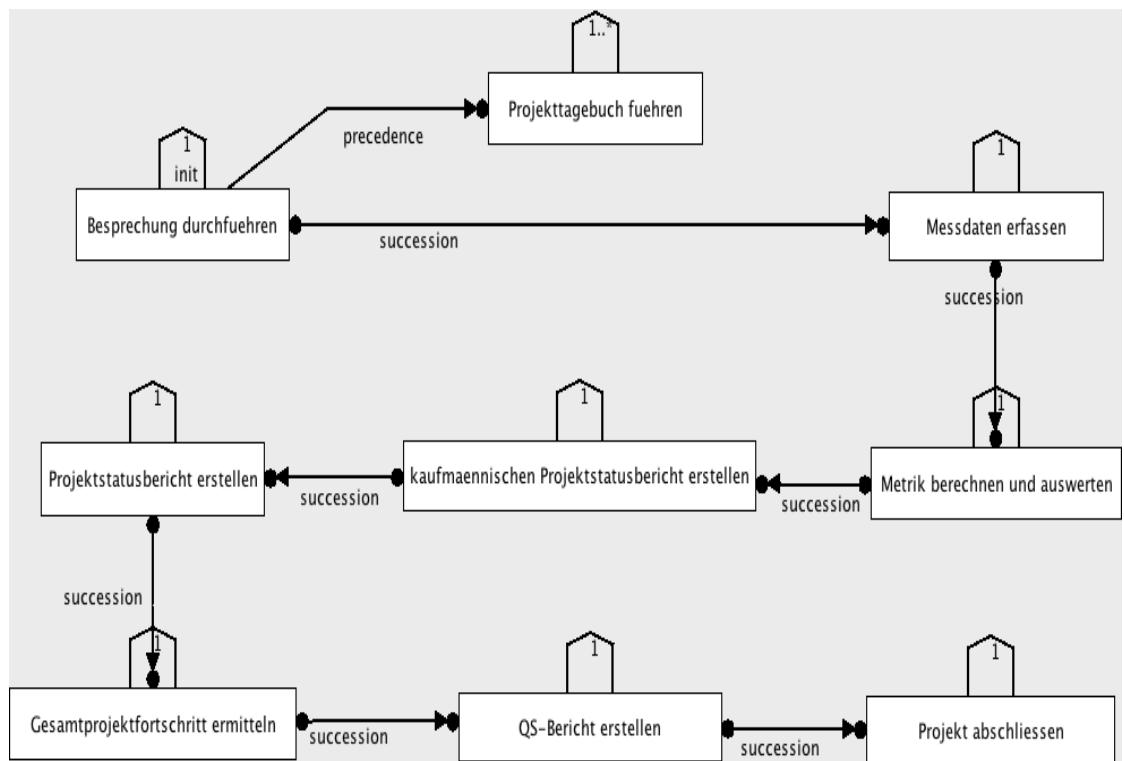


Abbildung 5.53.: System spezifizieren- deklarativ

### 5.3.4. Vergleich

Abbildung 5.54 zeigt die Zahl notwendiger Elemente zur Darstellung des Prozesses "Systementwicklungsprojekt AG/AN". In ConDec (11 Aktivitäten) ist somit eine Aktivität mehr zur Darstellung nötig als in BPMN (10 Aktivitäten). In BPMN werden vier Gateways und 20 Sequenzflusselemente verwendet. In ConDec hingegen braucht es 11 Constraints. In ConDec werden sieben unterschiedliche Constraints im Modell verwendet, in BPMN nur eines. Somit sind zur Darstellung des Sachverhaltes insgesamt 34 BPMN Elemente bzw. 25 ConDec Elemente notwendig.

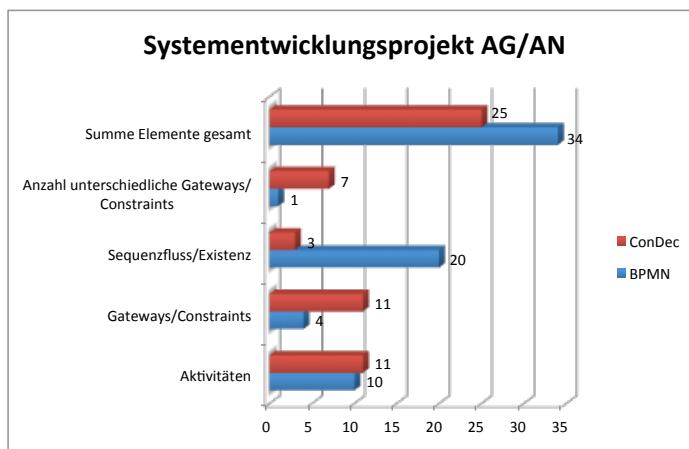


Abbildung 5.54.: Systementwicklungsprojekt AG/AN

Die Anzahl der Elemente zur Darstellung des Prozesses "Inkrementelle Entwicklung" kann Abbildung 5.55 entnommen werden. Es werden jeweils sechs Aktivitäten verwendet. Weiterhin werden in BPMN vier Gateways und 13 Sequenzflüsse zur Darstellung des Prozessablaufes benötigt. In ConDec sind hierfür neun Constraints und zwei Existenz-Constraints notwendig. BPMN benötigt ein Gateway, also keine verschiedenen Gateways und ConDec braucht sechs unterschiedliche Constraints. Somit ergeben sich in Summe 23 BPMN Elemente und 17 ConDec Elemente zur Darstellung des Sachverhaltes.

## 5. Modellierung für Softwareentwicklungsprozesse

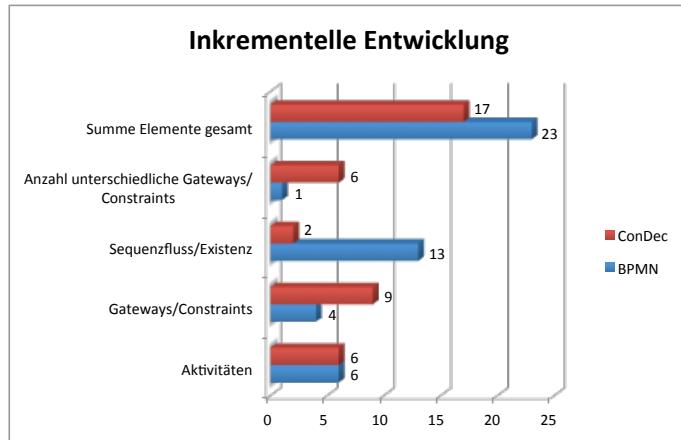


Abbildung 5.55.: Inkrementelle Entwicklung

Abbildung 5.56 zeigt die Anzahl der Elemente, welche zur Darstellung des Prozesses "System entwerfen" notwendig sind. Demnach werden in beiden Prozessmodellierungs-sprachen jeweils 11 Aktivitäten verwendet. In BPMN werden keine Gateways und 12 Sequenzflusselemente benötigt. ConDec braucht zur Darstellung des Sachverhaltes 10 Constraints und 11 Existenz-Constraints jedoch keine unterschiedlichen Constraints. In der Summe sind somit in BPMN 23 Elemente und in ConDec 32 Elemente zur Darstellung notwendig.

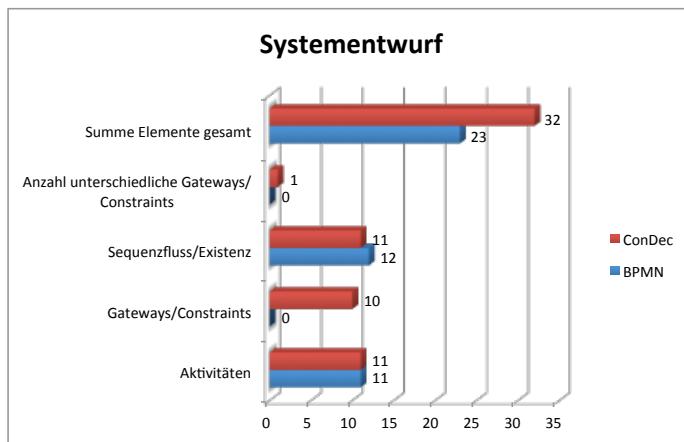


Abbildung 5.56.: System entwerfen

In Abbildung 5.57 ist die Anzahl der Elemente zur Darstellung des Prozesses "System spezifizieren" dargestellt. Demnach werden neun Aktivitäten verwendet sowohl in BPMN als auch in ConDec. Es werden drei Gateways und 15 Sequenzflüsse in BPMN benötigt. In ConDec werden acht Constraints und neun Existenz-Constraints zur Darstellung verwendet. Weiterhin gibt es zwei unterschiedliche Gateways in BPMN und zwei unterschiedliche Constraints in ConDec. Insgesamt ergeben sich somit 27 unterschiedliche Elemente in BPMN und 26 unterschiedliche Elemente in ConDec.

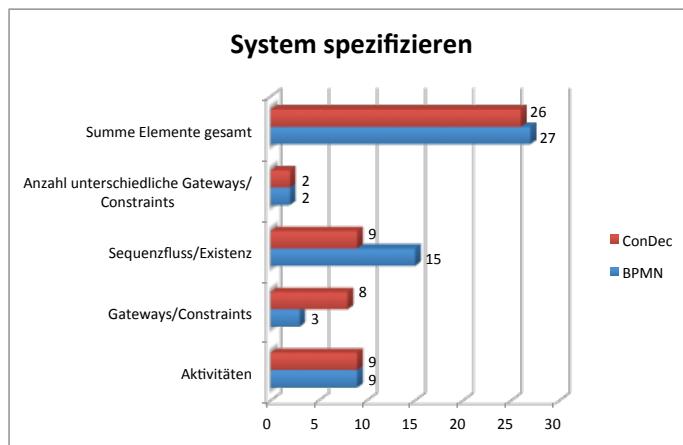


Abbildung 5.57.: System spezifizieren

Sowohl BPMN, als auch ConDec können die syntaktische *Richtigkeit* jedoch einhalten, da in beiden Modellierungssprachen die Notationsregeln bei der Modellierung der Prozessmodelle eingehalten werden können[A 1.1].

Die semantische *Richtigkeit* [A 1.2] kann von ConDec in Bezug auf die Darstellung von Rollen und Artefakten nicht eingehalten werden. Hier werden Grenzen der Darstellbarkeit in ConDec erreicht.

Der Grundsatz des *systematischen Aufbaus* [A 2.1] kann bei ConDec wiederum nicht eingehalten werden, da keine Artefakte visualisiert werden können.

## 5. Modellierung für Softwareentwicklungsprozesse

Der Grundsatz der *Relevanz* [A 3.1] kann wieder nur von BPMN eingehalten werden da es bei den ConDec-Modellen keine Visualisierungsmöglichkeiten für Rollen und Artefakte gibt.

Beim Grundsatz der *Klarheit* gibt es Unterschiede zwischen den Modellen. Zur Darstellung der beiden Prozesse "Systementwicklungsprojekt AG/AN" und "Inkrementelle Entwicklung" werden in ConDec jeweils viele Constraints benötigt (11 bei "Systementwicklungsprojekt AG/AN", 7 unterschiedliche und 9 bei "Inkrementelle Entwicklung", 6 unterschiedliche). Im Hinblick auf Sequenzfluss/Existenz Constraints braucht es beim Prozess "Systementwicklungsprojekt AG/AN" 13 Sequenzflusselemente und drei Existenz Constraints und beim Prozess "Inkrementelle Entwicklung" 20 Sequenzflusselemente und zwei Existenz Constraints. Da BPMN bei diesen beiden Modellen in dem einfach gewichteten Punkt Sequenzfluss/Existenz komplexer ist, jedoch bei den beiden doppelt gewichteten Punkten Gateways/Constraints und unterschiedliche Gateways/Constraints ConDec komplexer ist, können die beiden BPMN Modelle das Kriterium [A 4.1] besser erfüllen.

Beim Prozess "Systementwurf" werden bei ConDec 10 Constraints verwendet, in BPMN hingegen keine Gateways. BPMN weist bei dem einfach gewichteten Punkt Sequenzfluss/Existenz mehr Elemente auf und ConDec in den beiden doppelt gewichteten Punkten Gateways/Constraints und unterschiedliche Gateways/Constraints. Somit ist das ConDec Modell das insgesamt komplexere Modell [A 4.1].

Beim Prozess "System spezifizieren" werden in BPMN drei Gateways verwendet und in ConDec acht Constraints. Bei beiden handelt es sich dabei um zwei unterschiedliche Gateways/Constraints. Da ConDec in dem doppelt gewichteten Punkt Gateways/Constraints eine höhere Anzahl aufweist und BPMN nur im einfach gewichteten Punkt Sequenzfluss/Constraints eine höhere Anzahl aufzeigt, ist das mit BPMN erstellte Modell hier das verständlichere [A 4.1].

Bei den vier Modellen haben sowohl die in ConDec erstellten, als auch die in BPMN erstellten Modelle alle einen eindeutigen Startpunkt, wodurch Kriterium [A4.2] bei allen Modellen erfüllt ist.

Somit lässt sich insgesamt festhalten, dass beim Grundsatz der *Klarheit* BPMN hier die

geeignetere Modellierungssprache ist, da sie weniger komplexe Modelle erzeugt und somit Kriterium [A 4.1] besser erfüllt.

Die Anzahl der Elemente insgesamt unterscheidet sich bis auf das Modell "Systementwicklungsprojekt AG/AN" nicht stark voneinander. Die BPMN-Modelle weisen eine höhere Anzahl an Sequenzflusselementen auf als die ConDec Modelle Existenz- Constraints aufweisen. Der Grundsatz der *Wirtschaftlichkeit* kann von BPMN besser eingehalten werden da die ConDec Modelle deutlich mehr Constraints und auch verschiedene Constraints enthalten und somit ein größerer geistiger Aufwand für die Erstellung der Modelle aufgebracht werden muss.

Bei Ausführung der Prozesse in den Modellierungstools Signavio und Declare weisen beide das gleiche Ausführungsverhalten auf, wodurch die *Vergleichbarkeit* gewährleistet ist [A 6.1].

Die Anzahl der Elemente in den Prozessmodellen unterscheidet sich teilweise. Bei BPMN werden bei den Prozessen "Systementwicklungsprojekt AG/AN" deutlich mehr Elemente zur Darstellung des gleichen Sachverhaltes verwendet wie bei ConDec. Beim Prozess "Systementwurf" werden bei ConDec mehr Elemente benötigt wie bei BPMN und bei "System spezifizieren" werden in etwa gleich viele Elemente verwendet [A 6.2]. Die *Vergleichbarkeit* kann jedoch in Bezug auf Artefakte und Rollen [A 6.3], außer bei den Phasen des Open UP (hier werden noch keine Artefakte und Rollen verwendet), nicht eingehalten werden.

Somit weisen bei der *Vergleichbarkeit* beide Prozessmodellierungssprachen Stärken und Schwächen auf. ConDec kann [A 6.2] besser einhalten und BPMN [A 6.3]. [A 6.1] kann sowohl von ConDec, als auch von BPMN gleichermaßen eingehalten werden.

Abbildung 5.58 gibt nochmal eine zusammenfassende Übersicht über die Ergebnisse des Vergleichs.

## 5. Modellierung für Softwareentwicklungsprozesse

Modellierungsgrundsatz		Abkürzung	Geeignete Modellierungssprache
Richtigkeit	syntaktisch	A 1.1	BPMN, ConDec
	semantisch	A 1.2	BPMN
Systematischer Aufbau		A 2.1	BPMN
Relevanz		A 3.1	BPMN
Klarheit		A 4.1	BPMN
		A 4.2	BPMN
Wirtschaftlichkeit		A 5.1	BPMN
Vergleichbarkeit		A 6.1	BPMN, ConDec
		A 6.2	ConDec
		A 6.3	BPMN

Abbildung 5.58.: Übersicht Vergleich V-Modell XT

## 5.4. Übergreifender Vergleich

BPMN und ConDec können die syntaktische *Richtigkeit* [A 1.1] bei allen Modellen einhalten da in beiden Modellierungssprachen die Notationsregeln bei der Modellierung der Metamodelle eingehalten werden können, um das dort beschriebene Verhalten korrekt wieder zu geben. Somit sind in Bezug auf die syntaktische *Richtigkeit* beide Prozessmodellierungssprachen gleich geeignet.

Die semantische *Richtigkeit* [A 1.2] kann von ConDec in Bezug auf die visuelle Darstellung von Rollen und Artefakten im Prozessmodell selbst bei keinem Modell erfüllt werden bei welchem solche Informationen notwendig wären. Die Grenzen der Darstellbarkeit von ConDec werden erreicht.

Da BPMN die beiden Kriterien [A 1.1] und [A 1.2] einhalten kann und ConDec das Kriterium [A 1.2] nicht realisieren kann, ist BPMN in Bezug auf *Richtigkeit* die geeignete Modellierungssprache.

#### 5.4. Übergreifender Vergleich

Der Grundsatz des *systematischen Aufbaus* [A 2.1] kann bei ConDec bei keinem Prozessmodell eingehalten werden, da nirgendwo Artefakte visualisiert werden können. Da Artefakte jedoch für das Verständnis eines Modelles und die Darstellung von Schnittstellen sehr wichtige Elemente sind, ist BPMN in Hinsicht auf den *systematischen Aufbau* die geeignetere Prozessmodellierungssprache.

Die *Relevanz* [A 3.1] kann ebenfalls nur von BPMN erfüllt werden, da sich die ConDec-Modelle nicht mit den minimal relevanten Informationen erstellen lassen. Auch ist das Problem wiederum die fehlende Visualisierungsmöglichkeit von Rollen und Artefakten. Somit ist auch hier BPMN die geeignetere Prozessmodellierungssprache.

Beim Grundsatz der *Klarheit* gibt es Unterschiede bei der Eignung zwischen den beiden Prozessmodellierungssprachen abhängig vom abzubildenden Verhalten des Metamodells. Hier weisen beide Modelle Stärken und Schwächen auf.

Bei der Darstellung von Metamodellen, bei denen viele Aktivitäten parallel ablaufen, wie z.B. bei den Phasen des Open UP, benötigt BPMN deutlich mehr Elemente zur Darstellung als ConDec. Auch sind in BPMN Gateways zur Darstellung notwendig, während bei ConDec lediglich leichter verständliche Existenz-Constraints eingesetzt werden [A 4.1]. Dies ist sowohl der Fall bei den kleineren Modellen (kleiner hier definiert als  $\leq 8$  Aktivitäten), als auch bei den größeren Modellen (größer hier definiert als  $> 8$  Aktivitäten). Somit sind die BPMN Modelle komplexer als die ConDec Modelle und ConDec ist hierfür die geeignetere Prozessmodellierungssprache im Hinblick auf [A 4.1] und [A 4.3].

Ein anderes Bild zeichnet sich bei Prozessmodellen ab, bei welchen viele Verzweigungen oder aber auch Abläufe ohne Verzweigungen und Parallelität, also gerade Abläufe, dargestellt werden müssen. Hier werden bei BPMN bei der Darstellung von Abläufen ohne Verzweigung keine Gateways und bei der Darstellung von Abläufen mit vielen Verzweigungen auch maximal zwei verschiedene Gateways verwendet. ConDec braucht zur Darstellung von Abläufen ohne Verzweigung und Parallelität trotzdem Constraints, wenn auch wenig unterschiedliche [A 4.1]. Zur Darstellung von Abläufen mit vielen Verzweigungen/Schleifen und auch eventuell noch gleichzeitig parallelen Abläufen werden bei ConDec viele unterschiedliche Constraints eingesetzt. Bei kleinen Modellen ( $\leq$

## 5. Modellierung für Softwareentwicklungsprozesse

8 Aktivitäten), wie z.B. beim Modell “Phasen des Open UP“, ist ConDec das weniger komplexe Modell. Beim Prozess “Lösungssinkrement entwickeln“ ist nur ein kleiner Unterschied in der Komplexität vorhanden. Bei größeren Modellen (>8 Aktivitäten) sind jedoch die ConDec Modelle deutlich komplexer. Dies lässt sich bei den Modellen Scrum sowie bei den beiden Modellen des V-Modell XT “Systementwicklungsprojekt AG/AN“ und “Inkrementelle Entwicklung“ erkennen. Hier müssen bei den ConDec Modellen vier bis sieben unterschiedliche Constraints zur Darstellung des Ablaufes verwendet werden. In BPMN hingegen werden bei diesen Modellen maximal zwei unterschiedliche Gateways verwendet. Daher ist bei Modellen mit mehr als fünf Aktivitäten und vielen Verzweigungen und eventuell noch parallelen Aktivitäten BPMN die geeignetere Modellierungssprache im Hinblick auf die Erfüllung von [A 4.1] und [A 4.3]. Hingegen bei Prozessen mit vielen parallelen Aktivitäten kann ConDec [A 4.1] und [A 4.3] besser erfüllen.

Bei Betracht der *Wirtschaftlichkeit* weisen beide Modellierungssprachen Stärken und Schwächen auf. Bei Modellen mit vielen parallelen Abläufen, wie z.B. den Phasen des Open UP, müssen in BPMN mehr Gateways und Sequenzflusselemente verwendet werden als bei ConDec, wodurch ein höherer Aufwand bei der Modellierung mit BPMN entsteht als bei ConDec [A 5.1].

Bei großen Modellen (>8 Aktivitäten) mit vielen Verzweigungen/Schleifen und noch dazu parallelen Aktivitäten werden bei ConDec sehr viel mehr Constraints bei der Modellierung benötigt als Gateways bei BPMN. Aus diesem Grund ist bei diesen Modellen bei der Modellierung mit ConDec ein größerer geistiger Aufwand notwendig als bei BPMN und daher ist bei Modellen mit vielen Verzweigungen/Schleifen BPMN die geeignetere Modellierungssprache, wenn die *Wirtschaftlichkeit* betrachtet wird [A 5.1 und A 5.2].

Bei kleinen Modellen mit vielen parallelen Aktivitäten hingegen ist ConDec geeigneter, da die Modelle weniger komplex zu modellieren sind [A 5.1 und A 5.2].

Bei allen Prozessen lässt sich durch Ausführung in den Modellierungstools Signavio und Declare das gleiche Ausführungsverhalten beobachten, wodurch hier die *Vergleichbarkeit* [A 6.1] gewährleistet ist.

Die Anzahl der Elemente in den Prozessmodellen [A 6.2] unterscheidet sich teilweise.

#### 5.4. Übergreifender Vergleich

Bei BPMN werden bei vielen Prozessen deutlich mehr Elemente zur Darstellung des gleichen Sachverhaltes verwendet wie bei ConDec.

Die *Vergleichbarkeit* kann jedoch in Bezug auf Artefakte und Rollen, außer bei den Phasen des Open UP (hier werden noch keine Artefakte und Rollen verwendet), nicht eingehalten werden [A 6.3].

Somit weisen bei der *Vergleichbarkeit* beide Prozessmodellierungssprachen Stärken und Schwächen auf. ConDec kann das Kriterium [A 6.2] erfüllen und BPMN das Kriterium [A 6.3]. Das Kriterium [A 6.1] kann von beiden Modellierungssprachen eingehalten werden.

Abbildung 5.59 gibt nochmals eine zusammenfassende Übersicht über die Ergebnisse des Vergleichs.

## 5. Modellierung für Softwareentwicklungsprozesse

Modellierungsgrundsatz		Abkürzung	BPMN
Richtigkeit	syntaktisch	A 1.1	BPMN
	semantisch	A 1.2	BPMN, ConDec
Systematischer Aufbau		A 2.1	BPMN
Relevanz		A 3.1	BPMN
Klarheit		A 4.1 A 4.3	BPMN [bei Modellen mit vielen Verzweigungen/Schleifen [bei kleinen Modellen mit <= 8 Aktivitäten nur leicht, bei großen Modell mit > 8 Aktivitäten stark) oder Prozesse mit geraden Abläufen], ConDec (bei Prozessen mit vielen parallelen Aktivitäten)
Wirtschaftlichkeit		A 5.1 A 5.2	BPMN [bei Modellen mit vielen Verzweigungen/Schleifen (bei kleinen Modellen mit <= 8 Aktivitäten nur leicht, bei großen Modell mit > 8 Aktivitäten stark) oder Prozesse mit geraden Abläufen], ConDec (bei Prozessen mit vielen parallelen Aktivitäten)
Vergleichbarkeit		A 6.1	BPMN, ConDec
		A 6.2	ConDec
		A 6.3	BPMN

Abbildung 5.59.: Übersicht Vergleich Allgemein

# 6

## **Validierung**

In diesem Kapitel werden die Ergebnisse des Vergleichs der ConDec und BPMN Modelle aus Kapitel 5 mit Hilfe einer Studie validiert. Zunächst werden in Kapitel 6.1 die Forschungsfragen vorgestellt, welche mit dieser Studie beantwortet werden sollen. Diese stützen sich auf die Erkenntnisse aus Kapitel 5. Anschließend wird in Kapitel 6.2 das Design der Studie dargestellt und in Kapitel 6.3 werden die Durchführung und die Ergebnisse der Studie beschrieben. Das Fazit der Studie befindet sich in Kapitel 6.4.

### **6.1. Forschungsfragen**

Nachfolgend finden sich die Forschungsfragen, welche mit dieser Studie beantwortet werden sollen. Da diese die Ergebnisse des Vergleiches aus Kapitel 5 validieren sollen,

## *6. Validierung*

werden sie auch von den Ergebnissen aus Kapitel 5 abgeleitet.

### **Richtigkeit:**

Es soll geprüft werden, ob sich die fehlenden Visualisierungsmöglichkeiten von Rollen und Artefakten negativ auf das Verständnis der Prozessmodelle auswirkt. Dabei wird überprüft, ob bei Modellen, in den Rollen und bzw. oder Artefakte vorkommen, die deklarativen Modelle schlechter verstanden werden als die imperativen Modelle [A 1.2].

### **Systematischer Aufbau:**

Auch hier soll anhand von BPMN-Modellen mit Artefakten im Modell und den entsprechenden deklarativen Modellen ohne Artefakte im Modell getestet werden, ob fehlende Artefakte einen negativen Einfluss auf das Verständnis haben [A 2.1].

### **Relevanz:**

Hier soll genau wie bei *Richtigkeit* der Einfluss von Artefakten und Rollen auf das Verständnis geprüft werden [A 3.1].

### **Klarheit:**

Es soll allgemein die Verständlichkeit der imperativen und deklarativen Modelle untersucht werden. Dabei soll festgestellt werden, wie sich eine höhere Anzahl Sequenzfluss/Existenz Constraints, Gateways/Constraints, unterschiedlicher Gateways/Constraints auf die Verständlichkeit der Probanden auswirken [A 4.1].

Zudem soll untersucht werden, wie sich eindeutige bzw. fehlende Startpunkte bei den Modellen auf die Verständlichkeit auswirken [A 4.2]. Weiterhin soll getestet werden, ob sich die Ergebnisse aus Kapitel 5 bestätigen, dass kleine Modelle ( $\leq 8$  Aktivitäten) mit Verzweigungen/Schleifen und große Modelle ( $> 8$  Aktivitäten) mit Verzweigungen/Schleifen und Modelle mit geraden Verläufen bei den BPMN-Modellen besser verstanden werden als bei den ConDec-Modellen.

Zudem soll getestet werden, ob bei Modellen mit vielen parallelen Verläufen die ConDec-

Modelle besser verstanden werden [A 4.3].

**Wirtschaftlichkeit:**

Da es im Rahmen dieser Studie nicht möglich war, Modelle von den Probanden selbst erstellen zu lassen, werden hier die gleichen Kriterien wie bei der *Klarheit* zugrunde gelegt. Denn die Verständlichkeit der Nutzer ist auch ein gutes Maß für die Verständlichkeit der Modellierer. Wenn eine der beiden Modellierungssprachen deutlich schlechter verstanden wird, ist sie auch für Modellierer weniger geeignet, da diesen durch fehlende Verständlichkeit auch leichter Fehler beim Modellieren unterlaufen [A 5.1], [A 5.2].

**Vergleichbarkeit:**

Untersucht wird hier, ob sich bei Modellen, bei denen es zwischen BPMN und ConDec Unterschiede in der Größe gibt, auch Unterschiede im Verständnis der Modelle ergeben und wiederum sollen die Grenzen der Darstellbarkeit von ConDec (Rollen und Artefakte) in Bezug auf das Verständnis analysiert werden [A 6.2], [A 6.3].

## 6.2. Design der Studie

Abbildung 6.1 kann die Struktur der Umfrage entnommen werden. Bei der Studie wurden zwei Fragebögen eingesetzt. Die 32 Teilnehmer der Studie wurden deswegen zufallsbedingt in zwei Gruppen mit jeweils 16 Personen eingeteilt. Zunächst wurden den Probanden allgemeine demographische Fragen gestellt (Geschlecht, Alter, Hintergrundwissen zu imperativer und deklarativer Modellierung, Hintergrundwissen zu den Software Engineering Prozessmodellen Scrum, Open UP und V-Modell XT).

Anschließend wurden den Teilnehmern Verständnisfragen zu ausgewählten Modellen gestellt. Es wurden die vier Modellpaare “Lösungssinkrement entwickeln (Open UP)”, “Scrum”, “Systementwicklungsprojekt AG/AN” und “Phasen Open UP - Inception“ aus Kapitel 5 ausgewählt. Hierbei wurde darauf geachtet, dass es sich um zwei kleine Modelle ( $\leq 8$  Aktivitäten) und zwei große Modelle ( $> 8$  Aktivitäten) handelt. Gruppe 1 startete

## 6. Validierung

mit einem deklarativen Prozess und Gruppe 2 mit dem entsprechenden imperativen Prozess. Somit wurden von jeder Gruppe zwei imperative und zwei deklarative Prozesse bearbeitet.

Im letzten Teil des Fragebogens wurden den Probanden noch vier Modellpaare direkt gegenüber gestellt. Sie wurden nach ihrem präferierten Modell (deklarativ oder imperativ) gefragt und mussten in einem Freitextfeld den Grund für ihre Entscheidung angeben. Auch hier wurden den Teilnehmern wiederum zwei kleine ( $\leq 8$  Aktivitäten) und zwei große ( $> 8$  Aktivitäten) Modelle gezeigt. Es wurden die Modelle "System spezifizieren (V-Modell XT)", "Phasen des Open UP", "Inkrementelle Entwicklung durchführen (V-Modell XT)" und "Release deployen" ausgewählt.

Die semantische Gleichheit der Modellpaare wurde, wie bereits in Kapitel 5 erwähnt, durch das Testen von validen Pfaden durch die jeweiligen Modelle sichergestellt.

Die vollständigen Fragebögen können in Anhang C eingesehen werden.

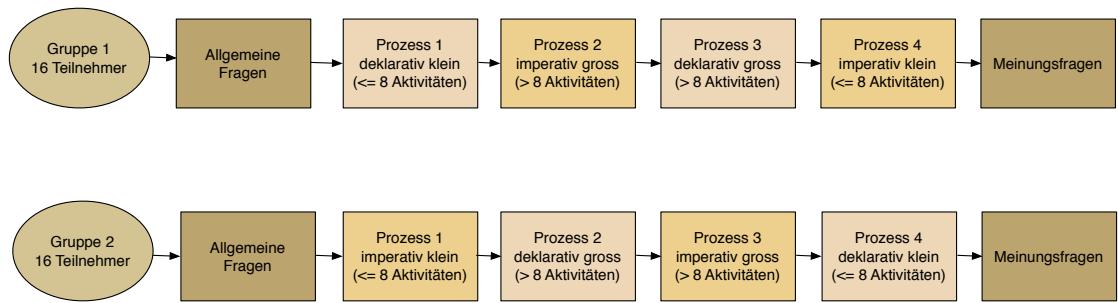


Abbildung 6.1.: Struktur der Umfrage

### 6.2.1. Verständnisfragen

Zu jedem Modell wurden den Teilnehmern jeweils acht Verständnisfragen gestellt. Diese zielten auf das Verständnis der möglichen Reihenfolge der Aktivitäten, mögliche Start- und Endaktivitäten, allgemeine Informationen aus dem Modell sowie parallele Abläufe von Aktivitäten, sich ausschließende Aktivitäten und die Anzahl möglicher Ausführungen von Aktivitäten.

Die Teilnehmer konnten bei der Beantwortung der Fragen zwischen den folgenden vier

### *6.3. Durchführung der Studie*

Antwortmöglichkeiten wählen: *Ja*, *Nein*, *Geht nicht aus Modell hervor* und *Unentschlossen*.

#### **6.2.2. Umfragewerkzeug und Durchführung**

Zur Durchführung wurde das Fragebogenwerkzeug *Limesurvey* verwendet. Der entsprechende Link zum Fragebogen sowie eine Legende zur Notationsübersicht von Declare und BPMN wurden den Teilnehmern per E-Mail zugeschickt. Die entsprechenden Antworten der Probanden wurden automatisch von *Limesurvey* gespeichert. Die gespeicherten Daten können aus *Limesurvey* für verschiedene externe Anwendungen exportiert werden (z.B. Excel, CSV oder für SPSS).

#### **6.2.3. Auswertung**

Für jede richtige Antwort wurde 1 Punkt vergeben. Für jede falsche Antwort gab es 0 Punkte. Auch *Unentschlossen* wurde als falsche Antwort gewertet. Die einzelnen Punkte wurden dann pro Frage aufsummiert, so dass ein maximaler Wert pro Frage von 1 möglich war.

### **6.3. Durchführung der Studie**

Im Folgenden wird die Durchführung der Studie genau beschrieben. Hierfür werden zunächst die Teilnehmer vorgestellt und anschließend werden die Ergebnisse der Verständnis- und Meinungsfragen präsentiert.

#### **6.3.1. Teilnehmer**

Es wurden 32 Studenten und Doktoranden aus dem Bereich Informatik bzw. Medieninformatik befragt. 12 Teilnehmer waren weiblich und 20 männlich. Die allgemeinen demographischen Daten der Probanden können Abbildung 6.3 entnommen werden.

## 6. Validierung

Diese hatten unterschiedliches Hintergrundwissen zum Thema Prozessmodellierung. Wie in Abbildung 6.2 zu sehen ist, hatten sieben Studienteilnehmer weder in imperativer noch in deklarativer Modellierung Erfahrung (Teilnehmer, welche angaben seit 0-1 Jahr imperative oder deklarative Prozessmodelle zu modellieren und im letzten Jahr keine imperativen oder deklarativen Prozessmodelle erstellt haben). 15 Probanden hatten nur in imperativer Modellierung Erfahrung, jedoch nicht in deklarativer Modellierung (Teilnehmer, die angaben seit mehr als 1 Jahr imperative Prozessmodelle zu erstellen und seit 0-1 Jahr deklarative Prozessmodelle zu erstellen und im letzten Jahr mindestens ein imperatives Prozessmodell erstellt haben und keine deklarativen Prozessmodelle erstellt haben). 10 weitere Teilnehmer hatten in beiden Modellierungssprachen Erfahrung (Teilnehmer, welche angaben seit mehr als 1 Jahr imperative und deklarative Prozessmodelle zu modellieren und im letzten Jahr mindestens ein imperatives und deklaratives Prozessmodell erstellt haben). Die Versuchsobjekte wurden bewusst nach unterschiedlichem Hintergrundwissen zum Thema Prozessmodellierung ausgewählt um zu prüfen, in wie fern sich die Ergebnisse bei den Verständnisfragen zwischen Personen mit viel und wenig Hintergrundwissen zum Thema Prozessmodellierung unterscheiden.

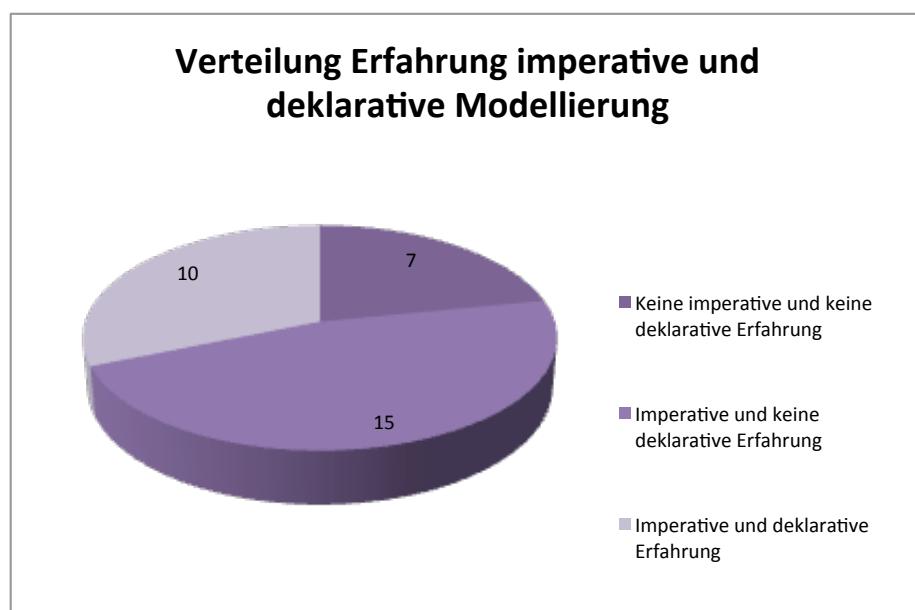


Abbildung 6.2.: Verteilung Erfahrung imperative und deklarative Modellierung

### 6.3. Durchführung der Studie

Allgemeine demographische Daten	Minimum	Maximum	Durchschnitt
Alter	23	37	27,325
Selbst eingeschätzte Erfahrung imperative Modellierung (1-5)	1	5	3,15
Jahre Erfahrung in imperativer Modellierung	0	10	3,175
Anzahl modellierte imperative Modelle im letzten Jahr	0	200	13,65
Selbst eingeschätzte Erfahrung deklarative Modellierung (1-5)	1	5	1,85
Jahre Erfahrung in deklarativer Modellierung	0	6	1,1
Anzahl modellierte deklarative Modelle im letzten Jahr	0	10	1,175
Selbst eingeschätztes Wissen Scrum	1	4	2,6
Selbst eingeschätztes Wissen Open UP	1	5	1,55
Selbst eingeschätztes Wissen V-Modell XT	1	4	2,175

Abbildung 6.3.: Allgemeine demographische Daten

#### 6.3.2. Ergebnisse Verständnisfragen

Abbildung 6.4 zeigt die Ergebnisse der Verständnisfragen zum Modell “Open UP: Lösungssinkrement entwickeln“. Während die Ergebnisse teilweise gleich sind bzw nur wenig voneinander abweichen, liegen die Ergebnisse der deklarativen Modelle bei den Fragen 5 und 6 deutlich unter den Ergebnissen der imperativen Modelle. Diese werden nachfolgend gesondert dargestellt.

Bei Frage 5 (“Nach Ausführung der Aktivität “Integrieren“ endet der Prozess in jedem Fall sofort“) wurde von den Teilnehmern die imperative XOR- Verknüpfung besser verstanden als die deklarative Darstellung des Ablaufes. Auch bei Frage 6 (“Als erste Aktivität im Prozess kann die Aktivität “Entwickeltest implementieren“ ausgeführt werden“) war den Probanden die imperative XOR-Darstellung, wohl in Verbindung mit dem BPMN Startsymbol als eindeutigen Einstiegspunkt klarer, als die entsprechende deklarative

## 6. Validierung

Darstellung.

Der gesamte Mittelwert aller acht Fragen beträgt bei der imperativen Gruppe 0,96 und bei der deklarativen Gruppe 0,76. Somit ist die Verständnisfrage 1 bei der imperativen Gruppe besser ausgefallen als bei der deklarativen Gruppe.

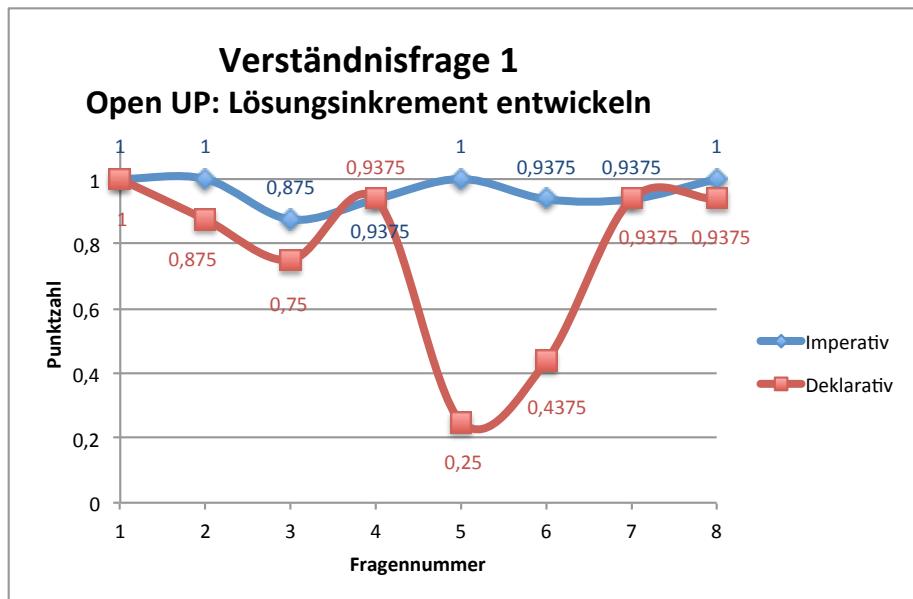


Abbildung 6.4.: Ergebnisse Verständnisfrage 1 aller Teilnehmer

Die Ergebnisse der Verständnisfrage 2 zum Modell *Scrum* von allen Teilnehmern kann Abbildung 6.5 entnommen werden. Bei Scrum handelt es sich um ein großes Modell (>8 Aktivitäten), welches sowohl viele Verzweigungen als auch viele parallele Aktivitäten aufweist. Auch hier weichen die Ergebnisse der imperativen und deklarativen Modelle voneinander ab.

Nur bei der ersten Frage ("Ein Scrum Meeting dauert 15 Minuten") schneidet der deklarative Prozess besser ab als der imperativen Prozess. Diese allgemeine Information aus dem Prozess befand sich bei beiden Prozessen in der Beschriftung der Aufgabe "15-minütiges Scrum Meeting durchführen". Der imperativen Scrum-Prozess weist insgesamt mehr Elemente auf als der deklarative Scrum-Prozess. Daher fiel es wohl den Probanden beim deklarativen Modell leichter, die Übersicht über allgemeine Informationen zu behalten.

### 6.3. Durchführung der Studie

Bei den Fragen 2 und 8 hat das deklarative Modell eine sehr schlechte Punktzahl erreicht. Deshalb wird im Folgenden genauer auf diese beiden Fragen eingegangen. Bei Frage 2 ("Die Aktivität "Task abarbeiten" kann beliebig ausgeführt werden") konnten die Teilnehmer der XOR-Verknüpfung im imperativen Modell, welche eine Rückschleife auf die Aktivität "Task abarbeiten" beinhaltet, besser folgen als der entsprechenden Darstellung der Reihenfolge der Aktivitäten im deklarativen Modell.

Das Gleiche gilt für Frage 8 ("Nach Beendigung der Aufgabe "Task abarbeiten" endet der Prozess sofort"). Auch hier wurde die Verzweigung und das damit mögliche Zurückkehren zur Aufgabe "Sprint-Planning-Meeting durchführen" durch eine XOR-Verknüpfung im imperativen Modell dargestellt und war somit für die Teilnehmer klarer verständlich. Der Mittelwert aller acht Fragen insgesamt ist bei der imperativen Gruppe 0,89 und bei der deklarativen Gruppe 0,70. Die Fragen wurden also von der imperativen Gruppe im Schnitt richtiger beantwortet als von der deklarativen Gruppe.

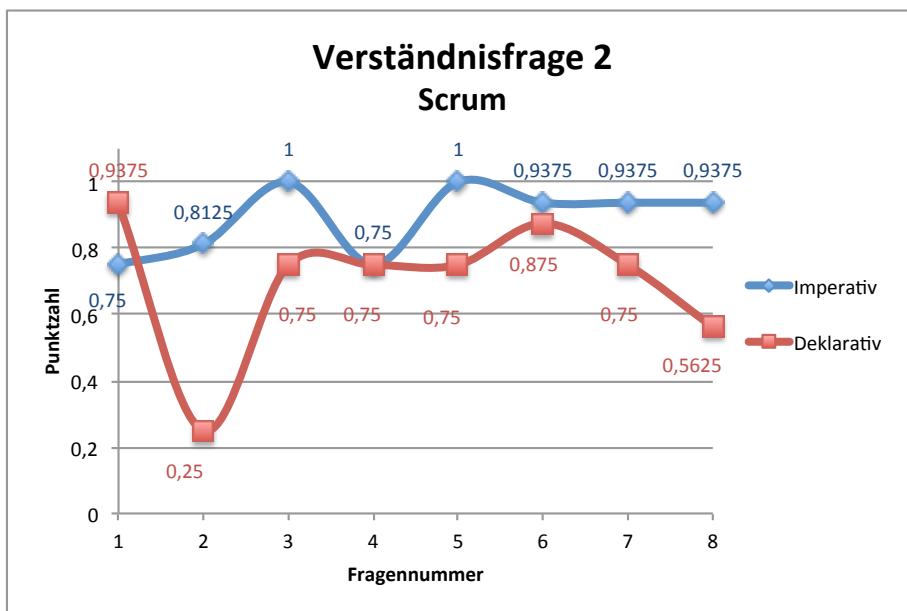


Abbildung 6.5.: Ergebnisse Verständnisfrage 2 aller Teilnehmer

Beim Modell "V-Modell: Systementwicklungsprojekt AG/AN" der Verständnisfrage 3 liegen die Ergebnisse des deklarativen Modells bis auf Frage 3 immer unter denen des

## 6. Validierung

imperativen Modells (Abbildung 6.6). Starke Abweichung gab es bei den Fragen 2, 4, 5, 6 und 7. Aus diesem Grund werden diese Fragen nachfolgend detailliert betrachtet.

Bei Frage 2 ("Die Aktivitäten "Prototypische Entwicklung durchführen", "Komponentenbasierte Entwicklung durchführen" und "Inkrementelle Entwicklung durchführen" können parallel zueinander ausgeführt werden") war den Teilnehmern, welche das deklarative Modell bearbeiten mussten, die Notation des Constraints *Exclusive Choice 1 of 3* nicht ganz klar. Sechs der 16 Probanden kreuzten hier entweder *Ja* oder *Unentschlossen* an. Es musste im deklarativen Modell ein zusätzlicher Unterprozess eingefügt werden da das Verhalten des Prozesses nicht anders darzustellen war. Eventuell waren die Probanden auch von dem zusätzlichen Unterprozess irritiert.

Frage 4 ("Nach Ausführung der Aktivität "System abnehmen" kann die Aktivität "Anforderungen festlegen" ausgeführt werden") und Frage 5 ("Nach Ausführung der Aktivität "System abnehmen" kann die Aktivität "Projekt ausschreiben" ausgeführt werden") zielten wieder auf Verzweigungen des Prozesses ab. Der imperative Prozess war den Teilnehmern verständlicher.

Frage 6 ("Die Aktivität "Iteration planen" kann innerhalb einer Prozessinstanz genau einmal ausgeführt werden") wurde von der deklarativen Gruppe weniger richtig beantwortet als von der deklarativen. Es war der deklarativen Gruppe vermutlich die Möglichkeit zur Rückkehr an eine frühere Aktivität im Prozess nicht ganz klar.

Frage 7 ("Nach Ausführung der Aktivität "Projekt abschließen" endet der Prozess") wurde von den Probanden, welchen das imperative Modell gezeigt wurde, richtiger beantwortet. Hier war im imperativen Modell durch das BPMN-Ende-Symbol den Teilnehmern das Ende des Prozesses wohl bewusster als die Darstellung durch das Constraint *not succession* im deklarativen Modell.

Bei allen acht Fragen insgesamt ist der Mittelwert bei der imperativen Gruppe 0,94 und bei der deklarativen Gruppe 0,67. Demnach wurden die Modelle von der imperativen Gruppe deutlich besser verstanden als von der deklarativen Gruppe.

Die Ergebnisse des Prozesses "Open UP: Inception" weichen zwischen den deklarativen und imperativen Modellen nicht stark voneinander ab (Abbildung 6.7).

Lediglich bei Frage 6 ("Die Aktivität "Iteration planen und managen" kann beliebig oft

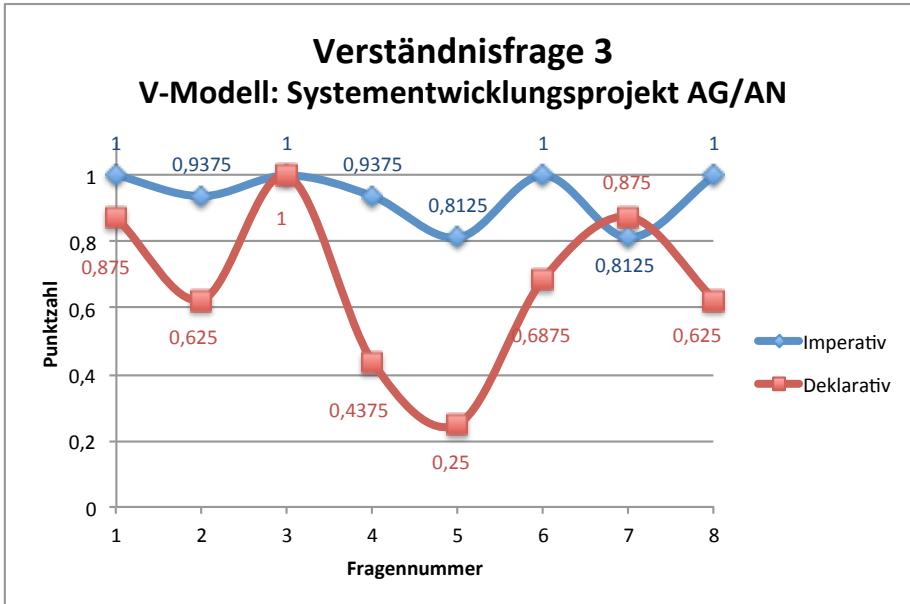


Abbildung 6.6.: Ergebnisse Verständnisfrage 3 aller Teilnehmer

ausgeführt werden“) und Frage 7 (“Die Aktivitäten “Anforderungen identifizieren und verfeinern“ und “auf technisches Vorgehen einigen“ können beliebig oft ausgeführt werden) war den Teilnehmern offenbar teilweise die Funktion des Existenz Constraints nicht ganz klar oder wurde übersehen.

Der Mittelwert aller acht Fragen beträgt bei der imperativen Gruppe 0,96 und bei der deklarativen Gruppe 0,87. Hier wurden die Modelle von der imperativen Gruppe besser verstanden als von der deklarativen Gruppe.

In Abbildung 6.8 können die Mittelwerte der vier Verständnisfragen aufgeteilt nach der Erfahrung der Teilnehmer eingesehen werden. Hier lässt sich erkennen, dass die Ergebnisse zu den deklarativen Modellen von Teilnehmern mit deklarativer Modellierungserfahrung über dem Durchschnitt liegen, während sie bei den beiden Gruppen ohne deklarative Erfahrung unter dem Durchschnitt liegen.

Bei den Ergebnissen fällt auf, dass die Gruppe, welche weder über imperative noch über deklarative Erfahrung verfügte bei den imperativen Modellen bis auf Verständnisfrage 3 im Durchschnitt liegt. Somit sind imperative Modelle für Personen ohne Modellie-

## 6. Validierung

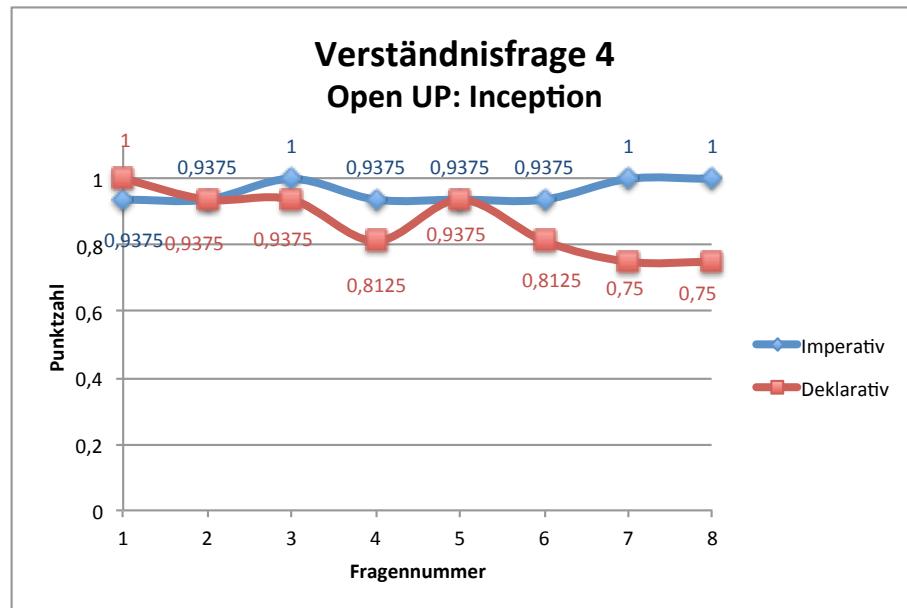


Abbildung 6.7.: Ergebnisse Verständnisfrage 4 aller Teilnehmer

rungserfahrung offensichtlich verständlicher als deklarative Modelle. Bei Betrachtung der Werte ist zu beachten, dass sich die Teilnehmerzahlen hier zwischen den Gruppen unterscheiden.

	Keine imperativen und deklarative Erfahrung		Imperative Erfahrung		Deklarative Erfahrung		Alle Teilnehmer	
Fragen	imperativ	deklarativ	imperativ	deklarativ	imperativ	deklarativ	imperativ	deklarativ
Verständnisfrage 1	0,96	0,75	0,95	0,75	0,96	0,82	0,96	0,76
Verständnisfrage 2	0,90	0,70	0,875	0,65	0,91	0,81	0,89	0,70
Verständnisfrage 3	0,91	0,60	1	0,68	1	0,72	0,96	0,67
Verständnisfrage 4	0,96	0,87	0,97	0,81	0,95	0,96	0,96	0,87

Abbildung 6.8.: Übersicht Ergebnisse der Teilnehmer aufgeteilt nach Erfahrung

### 6.3.3. Ergebnisse Meinungsfragen

Abbildung 6.9 zeigt, dass 31 der 32 Befragten beim Modell "System spezifizieren" das imperative Modell bevorzugen. Nur eine Person zog das deklarative Modell vor. Hierbei handelt es sich um einen Teilnehmer, welcher weder in imperativer, noch in deklarativer Prozessmodellierung Erfahrung hat. Als Begründung für den Vorzug des deklarativen Modells gab der Befragte an, das Modell sei kompakter, jedoch sei auch mehr Verständnis notwendig.

Die Probanden, welche das imperative Modell bevorzugten, gaben verschiedene Gründe hierfür an. Unter anderem nannten sie als Grund die klarere Struktur des BPMN-Modells, die vielen unterschiedlichen/komplexen Elementen im deklarativen Modell oder auch die klare Rollenverteilung durch die Swimlanes. Einige der Befragten gaben auch ihre besseren Kenntnisse in imperativen Prozessmodellierungssprachen als Grund an.

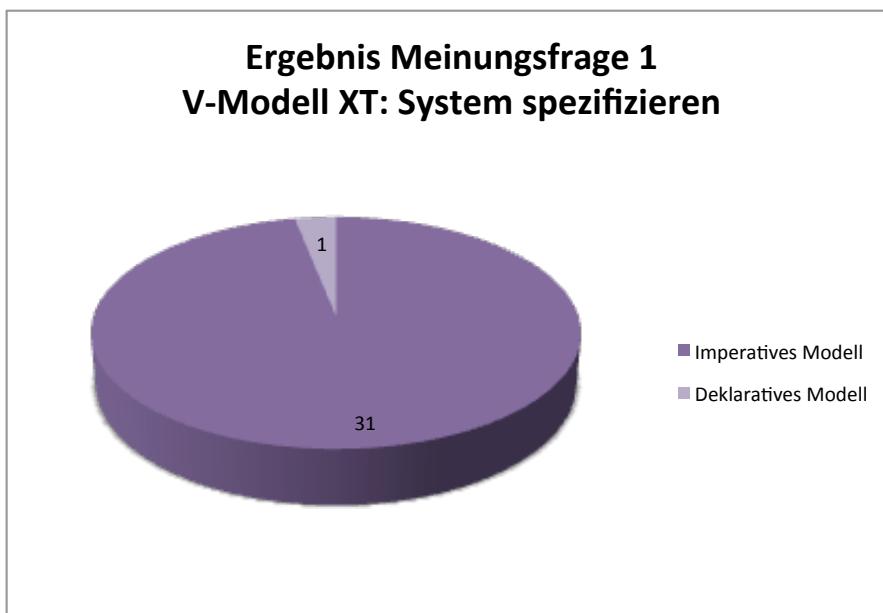


Abbildung 6.9.: Ergebnisse Meinungsfrage 1 aller Teilnehmer

Ebenfalls beim Modell "Phasen Open UP" bevorzugt eine deutliche Mehrheit (26 von 32 Befragten) das imperative Modell, wie Abbildung 6.10 entnommen werden kann.

## 6. Validierung

Hierbei verfügte nur einer der sechs Personen, welche das deklarative Modell bevorzugte, auch über Erfahrung in deklarativer Modellierung. Die anderen Probanden hatten entweder keine Erfahrungen in beiden Modellierungssprachen (2) oder nur über Erfahrungen in imperativer Modellierung (3). Als Grund für ihre Wahl gaben die Probanden an, dass das deklarative Modell kompakter sei und dass es klarer sei, dass nur bei Erfolg die nächste Aktivität ausgeführt wird.

Die Personen, welche das imperative Modell präferierten, erklärten, dass sie den Ablauf mit den Schleifen im imperativen Modell klarer finden und dass sie dem Sequenzfluss besser folgen könnten.

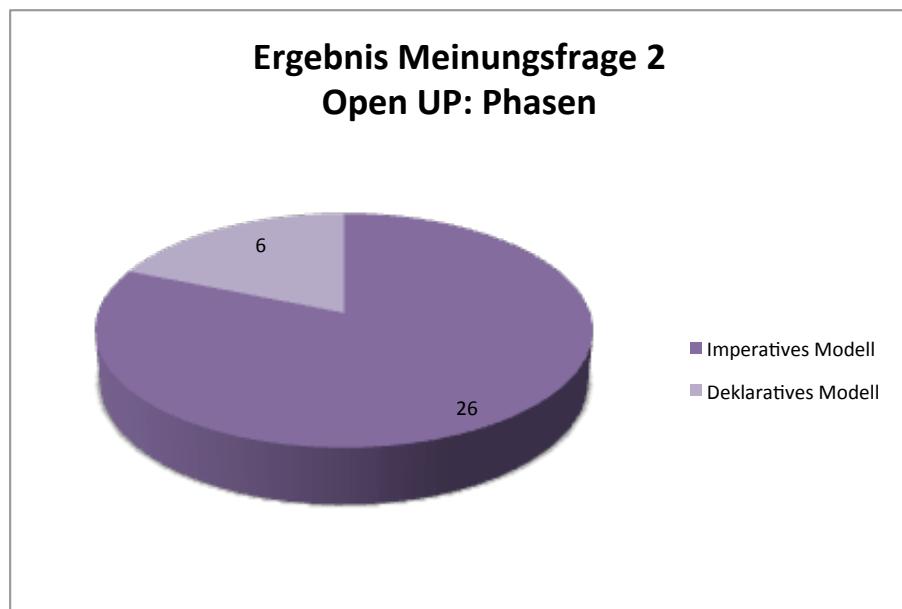


Abbildung 6.10.: Ergebnisse Meinungsfrage 2 aller Teilnehmer

Die Ergebnisse des dritten Modellpaars “Inkrementelle Entwicklung“ zeigt Abbildung 6.11. Demnach präferierten nur 2 Personen (eine Person mit Erfahrung sowohl in imperativer als auch in deklarativer Modellierung, eine Person ohne imperative und deklarative Modellierungserfahrung) das deklarative Modell und 30 Probanden ziehen das imperative Modell vor.

Als Grund für den Vorzug des imperativen Modells wurde die Menge an unterschiedli-

### 6.3. Durchführung der Studie

chen Symbolen beim deklarativen Modell genannt.

Die 30 Personen, welchen das imperative Modell besser gefiel, gaben an, dass sie die imperative Notation verständlicher finden. Der Ablauf im imperativen Modell sei klarer erkennbar, sie hätten keinen Anhaltspunkt wo im deklarativen Modell gestartet bzw. geendet wird. Weiterhin würden es die vielen verschiedenen Constraints im deklarativen Modell erschweren den Ablauf nachzuvollziehen.

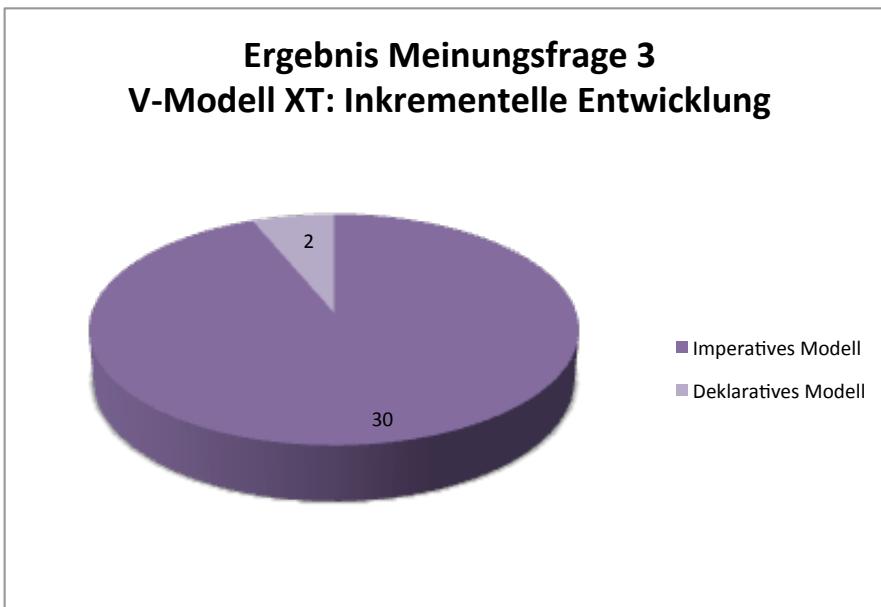


Abbildung 6.11.: Ergebnisse Meinungsfrage 3 aller Teilnehmer

Beim Modell “Open UP: Release deployen“ präferierten 9 Personen das deklarative Modell und 23 Teilnehmer das imperative Modell (Abbildung 6.12). Von den 9 Teilnehmern, welche das deklarative Modell bevorzugten hatte nur einer Kenntnisse in deklarativer Modellierung, einer hatte weder in deklarativer noch in imperativer Modellierung Erfahrung und 7 verfügten nur über Wissen in imperativer Modellierung.

Als Begründung für die Wahl des deklarativen Modelles wurde die Übersichtlichkeit desselben genannt und zwar auf Grund der fehlenden Artefakte im Modell. Es wurde bemängelt, dass die vielen Artefakte das imperative Modell unübersichtlich machen würden.

## 6. Validierung

Die Probanden, die das imperative Modell besser fanden, gaben als Gründe den klaren Anfang und das klare Ende des Prozesses an, die bessere Verständlichkeit der Optimalität der Aktivität *Backoutplan ausführen* und die fehlenden Artefakte im deklarativen Modell.

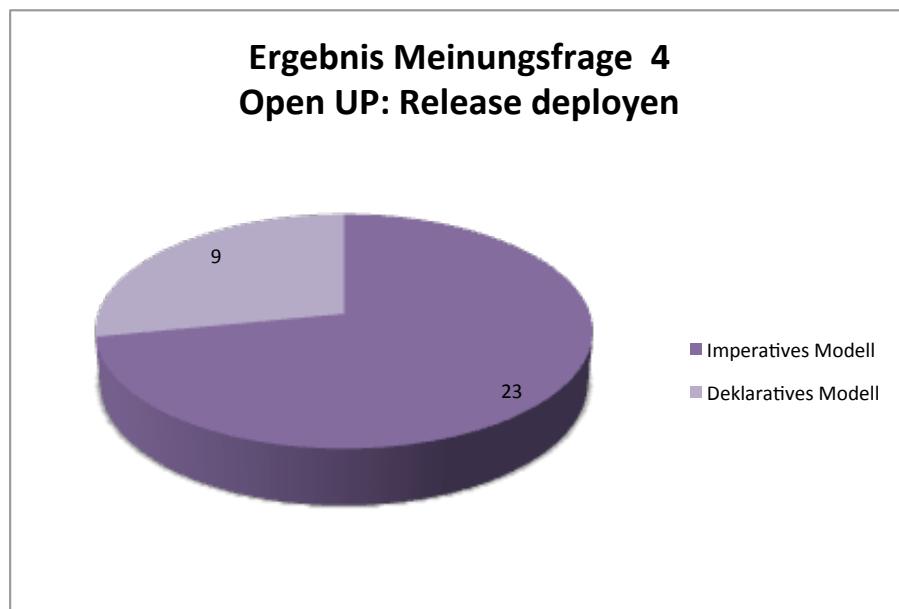


Abbildung 6.12.: Ergebnisse Meinungsfrage 4 aller Teilnehmer

## 6.4. Fazit der Studie

Durch die Studie konnten die Ergebnisse des Vergleichs aus Kapitel 5 größtenteils belegt werden. Im Folgenden werden die Ergebnisse im Hinblick auf die Forschungsfragen aus Kapitel 6.1 analysiert.

### Richtigkeit, Relevanz

In den Modellen “Scrum (Verständnisfrage 2)”, “System spezifizieren (Meinungsfrage 1)” und “Release deployen (Meinungsfrage 4)” waren sowohl Artefakte, als auch Rollen enthalten. Die Differenz der Punktsummen zwischen der imperativen und der deklarativen Gruppe von “Scrum” beträgt 0,1875. Dies ist die zweitgeringste Abweichung zwischen der imperativen und der deklarativen Gruppe. Zwei Modelle, bei denen auch im imperativen Modell keine Rollen und Artefakte abgebildet waren, hatten sogar noch größere Differenzen zwischen der imperativen und der deklarativen Gruppe. Aus diesem Grund kann hier kein besseres Verständnis des Prozessablaufes durch Rollen und Artefakte angenommen werden [A 1.2], [A 3.1].

### Systematischer Aufbau

Wie bereits beim Grundsatz Richtigkeit erwähnt, kann kein negativer Einfluss auf die Verständlichkeit beobachtet werden wenn im deklarativen Modell keine Artefakte enthalten sind.

Während ein großer Teil der Probanden bei den Modellen “System spezifizieren (Meinungsfrage 1)” und “Release deployen (Meinungsfrage 4)” fehlende Artefakte im deklarativen bemängelten, empfand ein kleiner Teil der Probanden diese im imperativen Modell als störend. Die Mehrheit der Teilnehmer entschied sich jedoch für das imperative Modell mit der Begründung, dass die Artefakte beim Verständnis helfen würden [A 2.1].

## 6. Validierung

### Klarheit, Wirtschaftlichkeit

Nachfolgend werden die beiden Grundsätze *Klarheit* und *Wirtschaftlichkeit* zusammengefasst, da sie hier die gleichen Kriterien haben und die *Wirtschaftlichkeit* im Rahmen dieser Studie nicht getestet werden kann.

Bei Modellen mit vielen Verzweigungen bzw. Schleifen war für die Teilnehmer BPMN verständlicher. Dies zeigte sich beim kleinen ( $\leq 8$  Aktivitäten) Prozess “Open UP: Lösungssinkrement entwickeln”, bei dem die Punktzahlen bei der BPMN Gruppe leicht höher waren und noch deutlicher als beim großen Modell ( $> 8$  Aktivitäten) “V-Modell: Systementwicklungsprojekt AG/AN“. Bei diesen beiden Prozessen sind in ConDec deutlich mehr Constraints notwendig als Gateways in BPMN, vor allem werden viele verschiedene Constraints zur korrekten Darstellung des Ablaufes benötigt. Dadurch haben die ConDec-Modelle eine deutlich höhere Komplexität als die BPMN-Modelle [A 4.1], [A 4.3].

Es fällt besonders auf, dass Fragen bezüglich der Reihenfolge der Aktivitäten bei ConDec bei direkt aufeinander folgenden Aktivitäten größtenteils richtig beantwortet wurden. Jedoch bei Abläufen, bei denen es durch Verzweigungen im Prozessablauf zu einem Rücksprung kommt, wurden nur die Fragen zu den BPMN-Modellen größtenteils richtig beantwortet. Bei ConDec wurden diese Fragen häufig falsch beantwortet [A 4.1], [A 4.3].

Das Gleiche gilt für den großen Prozess ( $> 8$  Aktivitäten) “Scrum“. Die beiden Fragen, welche von der deklarativen Gruppe sehr fehlerhaft verstanden wurden, hatten beide mit Verzweigungen innerhalb des Prozesses zu tun und wurden von der imperativen Gruppe durch die dortige Darstellung mit Hilfe eines XOR-Gateways wesentlich besser verstanden. Jedoch konnte die allgemeine Frage zum Prozess wie lange ein Scrum-Meeting dauert, von der deklarativen Gruppe besser beantwortet werden. Da der deklarative Prozess über weniger Elemente verfügt als der imperative und somit kompakter ist, können allgemeine Informationen leichter gefunden werden [A 4.1], [A 4.3].

Beim letzten Prozess “Inception“ haben sich die Erkenntnisse aus Kapitel 5 nicht ganz

#### *6.4. Fazit der Studie*

bestätigt. Auf Grund der vielen parallelen Aktivitäten in diesem Prozess ist der deklarative Prozess hier der weniger komplexe und übersichtlichere. Jedoch wurden die Modelle von der imperativen Gruppe dennoch häufiger besser verstanden. Zwar ist der Unterschied nicht sehr groß, doch war hier das Ergebnis genau gegensätzlich erwartet worden [A 4.1], [A 4.3].

Die Fragen nach der ersten auszuführenden Aktivität im Modell fielen bei den deklarativen Gruppen, bei den Modellen ohne klaren Einstiegspunkt leicht schlechter aus, als bei den imperativen Gruppen, bei denen es im Modell durch das Startzeichen stets einen klaren Einstiegspunkt gab [A 4.2].

Bei den Meinungsfragen wurden bei allen Modellen die imperativen Prozesse vorgezogen. Die Begründungen der Teilnehmer bestätigen größtenteils die Ergebnisse aus Kapitel 5. Viele Teilnehmer gaben die hohe Komplexität der ConDec Constraints an, vor allem bei den Modellen “System spezifizieren” und “Inkrementelle Entwicklung”. In diesen beiden Modellen finden sich sehr viele (auch unterschiedliche) Constraints, was die Modelle sehr komplex macht [A 4.1], [A 4.3].

Bei den beiden Modellen “Open UP: Phasen” und “Release deployen” wurden als Grund hauptsächlich die bessere Verständlichkeit der Schleifen/Optionalitäten von Aufgaben genannt. Diese wurden in den imperativen Modellen mit XOR-Verbindungen dargestellt, anstelle von mehreren Constraints bei den ConDec Modellen. Auch hier zeigt sich wieder, dass die BPMN-Modelle bei Prozessen mit Schleifen/Verzweigungen weniger komplex sind als die ConDec Modelle und daher auch besser verständlich sind [A 4.1], [A 4.3]. Aus Abbildung 6.8 lässt sich erkennen, dass es für Personen ohne Modellierungserfahrung offensichtlich einfacher ist, imperative Modelle zu verstehen, da deren Ergebnisse bei den imperativen Modellen im Durchschnitt liegen und sich bei den deklarativen Modellen unter dem Durchschnitt befinden. Personen mit deklarativer Erfahrung liegen hingegen bei den deklarativen Modellen über dem Durchschnitt.

## *6. Validierung*

### **Vergleichbarkeit**

Das gleiche Ausführungsverhalten der deklarativen und imperativen Prozesse wurde schon im Zuge der Vergleiche aus Kapitel 5 getestet und sichergestellt [A 6.1].

Obwohl bei manchen Modellen die BPMN-Modelle insgesamt mehr Elemente aufweisen, weisen die imperativen Gruppen dennoch grundsätzlich höhere Punktzahlen auf als die deklarativen Gruppen. Einzig beim Modell "Scrum" wurde die allgemeine Frage zum Prozess, wie lange ein Scrum-Meeting dauern würde, von der deklarativen Gruppe besser beantwortet als von der imperativen Gruppe. Dennoch kann hier den größeren BPMN-Modellen keine mangelnde Vergleichbarkeit zugeschrieben werden [A 6.2].

Bei ConDec gibt es hier wiederum Grenzen in der Darstellbarkeit in Bezug auf Rollen und Artefakte, weshalb ConDec an dieser Stelle die Vergleichbarkeit nicht einhalten kann [A 6.3].

Tabelle 6.13 fasst die Ergebnisse der Studie nochmal zusammen:

Die kompletten Rohdaten der Umfrage mit allen Antworten der Teilnehmer können Anhang D entnommen werden. Die kompletten Fragebögen von Gruppe 1 und Gruppe 2 können in Anhang C eingesehen werden.

#### **6.4.1. Grenzen der Studie**

Eine große Menge der Teilnehmer hatte einige Vorkenntnisse in imperativer Modellierung (15 nur imperativ, 10 imperativ und deklarativ). Einige der Befragten gaben auch bei den Meinungsfragen an, sie hätten einfach bessere Kenntnisse in imperativer Modellierung und würden daher die imperativen Modelle bevorzugen. Aus diesem Grund kann hier ein Einfluss der besseren Kenntnis der imperativen Modellierung der Probanden auf die Ergebnisse der Studie nicht ausgeschlossen werden.

Zudem konnten die Ergebnisse von Personengruppen ohne jegliche imperative und deklarative Prozessmodellierungserfahrung und Personengruppen mit imperativer oder imperativer und deklarativer Prozessmodellierungserfahrung nur begrenzt miteinander

#### 6.4. Fazit der Studie

Modellierungsgrundsatz		Abkürzung	Geeignete Modellierungssprache
Richtigkeit	syntaktisch	A 1.1	BPMN, ConDec
	semantisch	A 1.2	BPMN
Systematischer Aufbau		A 2.1	BPMN
Relevanz		A 3.1	BPMN
Klarheit		A 4.1, A 4.3	BPMN (bei Modellen mit vielen Verzweigungen/ Schleifen (bei kleinen Modellen mit <= 5 Aktivitäten nur leicht, bei großen Modell mit > 5 Aktivitäten stark) oder Prozesse mit geraden Abläufen, bei Prozessen mit vielen parallelen Aktivitäten)
		A 4.2	BPMN
Wirtschaftlichkeit		A 5.1, A 5.2	BPMN (bei Modellen mit vielen Verzweigungen/ Schleifen (bei kleinen Modellen mit <= 5 Aktivitäten nur leicht, bei großen Modell mit > 5 Aktivitäten stark) oder Prozesse mit geraden Abläufen, bei Prozessen mit vielen parallelen Aktivitäten)
Vergleichbarkeit		A 6.2	BPMN, ConDec
		A 6.3	BPMN

Abbildung 6.13.: Zusammenfassung Ergebnisse Studie

## *6. Validierung*

verglichen werden, da sich die Zahl dieser Personengruppen stark voneinander unterschied (7 gegen 15 gegen 10 Personen).

Weiterhin wurde zwar darauf geachtet, Modelle mit unterschiedlichen Abläufen und Größen auszuwählen, jedoch können die Ergebnisse trotzdem nicht unbedingt grundsätzlich auf alle imperativen und deklarativen Modellpaare übertragen werden.

# 7

## Verwandte Arbeiten

In diesem Kapitel werden verwandte Arbeiten vorgestellt. Es werden Arbeiten zu den Themen Modellierung von Softwareentwicklungsprozessen, Verständlichkeit von Prozessmodellierungssprachen und Vergleich von Prozessmodellierungssprachen beschrieben und gegenüber der Thematik der vorliegenden Arbeit abgegrenzt.

### 7.1. Modellierung von Softwareentwicklungsprozessen

Es gibt schon einige Arbeiten, in welchen es um die Modellierung von Software Engineering Prozessmodellen in BPMN geht. [Men14] beschäftigt sich mit der Analyse und der Überführung von Softwareentwicklungsprozessen in die Prozessmodellierungssprache BPMN und der Erweiterung von BPMN bei eventuellen Grenzen der Darstellbarkeit. Weiterhin gibt es drei Arbeiten bzw. Blogbeiträge, bei welchen es um die Modellierung

## *7. Verwandte Arbeiten*

von Scrum [CO], Open UP [Bru07] und V-Modell XT [Bre] in BPMN geht. Hier werden jeweils Teile der drei Software-Engineering Prozessmodelle analysiert und anschließend in BPMN modelliert.

In [GORc, GORb, GORa] wurden Softwareentwicklungsprozesse in einem System umgesetzt. Das Ziel war es, dass die Softwareentwicklungsprozesse dort komplett ausführbar sind. Die Softwareentwicklungsprozesse wurden imperativ umgesetzt. Eine deklarative Umsetzung erfolgte für dynamische Abläufe, welche im laufenden Tagesgeschehen außerhalb der Modelle abgearbeitet wurden. Im Gegensatz zur vorliegenden Arbeit wurde in den Arbeiten [CO], [Bru07], [Bre] jeweils nur ein Softwareentwicklungsprozess modelliert und auch nur in der imperativen Prozessmodellierungssprache BPMN. In [Men14] wurden ebenfalls Teile von Scrum, Open UP und V-Modell XT modelliert, jedoch nur in der imperativen Prozessmodellierungssprache BPMN. Der Fokus der Arbeit [Men14] lag auf der Erweiterung von BPMN um zusätzliche Notationselemente.

In der vorliegenden Arbeit hingegen werden Teile von allen drei Softwareentwicklungsprozessmodellen in der imperativen Prozessmodellierungssprache BPMN und der deklarativen Prozessmodellierungssprache ConDec modelliert. Der Fokus der vorliegenden Arbeit liegt zudem auf der Beurteilung der Eignung zur Modellierung der beiden Prozessmodellierungssprachen und auf deren Vergleich und nicht auf der Modellierung der Softwareentwicklungsprozesse an sich oder der Erweiterung der Notationsumfänge der beiden Prozessmodellierungssprachen.

In [GORa, GORc, GORb] wurden ebenfalls Softwareentwicklungsprozesse imperativ und deklarativ umgesetzt. Jedoch erfolgte dort im Gegensatz zur vorliegenden Arbeit kein Vergleich zwischen imperativen und deklarativen Modellierungsansätzen, sondern es wurde je nachdem, ob es sich um einen statischen oder dynamischen Prozess handelt, ein imperativer oder deklarativer Ansatz gewählt.

Keine der hier vorgestellten Arbeiten beschäftigt sich mit dem Vergleich der Anwendbarkeit von imperativen und deklarativen Prozessmodellierungsansätzen im Kontext von Softwareentwicklungsprozessen.

## 7.2. Verständlichkeit von Prozessmodellierungssprachen

Verwandte Arbeiten zur Thematik Verständlichkeit von Prozessmodellierungssprachen werden im Folgenden vorgestellt.

Es existieren bereits einige Arbeiten, welche die Verständlichkeit von Prozessmodellen untersuchen. [MRC] z.B. beleuchtet die Verständlichkeit von Ereignisgesteuerten Prozessketten (EPK), während sich [GLb] der Komplexität und Verständlichkeit von BPMN und UML-Diagrammen widmet. [RM] untersucht die Verständlichkeit von EPK und BPMN im Hinblick auf die Komplexität der XOR-, OR- und UND-Verzweigungen und in [GLa] wird die Verständlichkeit von BPMN durch Zuordnung von kognitiven Werten zu den einzelnen Notationselementen bei BPMN beurteilt.

In [PZW<sup>+</sup>, FPW, PZW10] wird der Prozess der Prozessmodellierung aus individueller und kollaborativer Sicht untersucht. Es wird beleuchtet, wie Prozessmodellierer beim Erstellen von Prozessmodellen vorgehen. Zum Erforschen dieses Vorgehens wird auch ein System entwickelt, welches den Prozess des Prozessmodellierens des Anwenders analysieren kann.

In [ZSH<sup>+</sup>] wird die Verständlichkeit von deklarativen Prozessmodellen im Hinblick auf die Verwendung von hierarchischen Unterprozessen untersucht. Eine weitere Arbeit, welche sich mit der Verständlichkeit von deklarativen Prozessmodellen beschäftigt, ist [HBZ<sup>+</sup>]. Hier wird das Vorgehen von Systemanalysten beim Verstehen von deklarativen Modellen untersucht. In [HZS<sup>+</sup>] wird ebenfalls das Verständnis von deklarativen Prozessmodellen im Hinblick auf das Lesen von deklarativen Modellen, die Kombination von Constraints und Unterschiede zwischen flachen und hierarchischen Prozessmodellen beleuchtet. Diese Arbeiten stützen sich bei ihrer Untersuchung hauptsächlich auf empirische Daten, welche durch das Durchführen von Studien zustande gekommen sind. Die vorliegende Arbeit verwendet bei der Untersuchung der Verständlichkeit der deklarativen Prozessmodelle in erster Linie theoretische Erkenntnisse. Diese werden anschließend durch empirische Daten gestützt.

In der vorliegenden Arbeit werden einige Erkenntnisse der vorgestellten Arbeiten beim Modellieren und beim Vergleich der Prozessmodelle beachtet. Beispielsweise wurden Unterprozesse beim Modellieren verwendet um komplexe Prozessmodelle übersicht-

## *7. Verwandte Arbeiten*

licher darzustellen. Diese wurden aber beim Modellieren von sowohl BPMN als auch ConDec bei den gleichen Sachverhalten angewendet.

Außerdem wurden die Ergebnisse von [GLa] zum schwierigeren Verständnis von Patterns in BPMN bei der Durchführung des Vergleiches herangezogen.

[PZW<sup>+</sup>, FPW, PZW10] untersuchen im Gegensatz zur vorliegenden Arbeit den Prozess des Prozessmodellierens an sich, aber sie vergleichen keine Prozessmodellierungssprachen im Hinblick auf eine geeigneter Anwendbarkeit bei der Modellierung für den Modellierer und den späteren Leser der Modelle.

Im Gegensatz zu den hier vorgestellten Arbeiten liegt der Fokus des Vergleiches in dieser Arbeit nicht vor allem auf der Eignung zur Modellierung der beiden Prozessmodellierungssprachen. Die hier vorgestellten Arbeiten untersuchen alle die Verständlichkeit von Prozessmodellierungssprachen für den Leser der Prozessmodelle. Keiner dieser Arbeiten untersucht die Anwendbarkeit der Prozessmodellierungssprache bei der Modellierung.

### **7.3. Vergleich von Prozessmodellierungssprachen**

Dieser Abschnitt widmet sich Arbeiten, welche sich mit dem Vergleich von Prozessmodellierungssprachen beschäftigen.

Die Arbeit [RD] untersucht Unterschiede in der Verständlichkeit zwischen Ereignisgesteuerten Prozessketten (EPK) und BPMN.

Der Artikel [FMR<sup>+</sup>10] beschäftigt sich mit dem Unterschied zwischen imperativen und deklarativen Prozessmodellierungssprachen und arbeitet deren Stärken und Schwächen heraus. Der Vergleich baut auf den Unterschieden von imperativen und deklarativen Programmiersprachen auf.

[PWZ<sup>+</sup>12] untersucht aufbauend auf den Erkenntnissen von [FMR<sup>+</sup>10] die Verständlichkeit von imperativen und deklarativen Prozessmodellierungssprachen anhand einer Studie. Als imperativer Prozessmodellierungssprache dient in diesem Artikel ebenfalls BPMN und als deklarative Prozessmodellierungssprache ebenso ConDec.

[FMR<sup>+</sup>10] und [PWZ<sup>+</sup>12] untersuchen, bei welchen abzubildenden Informationen ent-

### *7.3. Vergleich von Prozessmodellierungssprachen*

weder imperativen oder deklarative Prozessmodellierungssprachen vorzuziehen sind. In der vorliegenden Arbeit wird beim Vergleich der Anwendbarkeit der beiden Prozessmodellierungssprachen nicht unter bestimmten abzubildenden Informationen unterschieden. Der Vergleich wird im Gegensatz zu [FMR<sup>+</sup>10] und [PWZ<sup>+</sup>12] ganz allgemein für alle möglichen abzubildenden Informationen durchgeführt.

In der durchgeführten Studie in [PWZ<sup>+</sup>12] wurden die Teilnehmer vorher sowohl in der imperativen als auch in der deklarativen Prozessmodellierung geschult. In der Studie der vorliegenden Arbeit wurde darauf geachtet, Probanden mit unterschiedlichem Hintergrundwissen zu imperativen und deklarativen Prozessmodellen zu befragen. Das Wissen der Teilnehmer der Studie reichte hier von sehr großem Wissen bis überhaupt kein Wissen.

Die vorgestellten Arbeiten vergleichen alle Prozessmodellierungssprachen anhand der Verständlichkeit aus Sicht des Lesers der Prozessmodelle. Keine dieser Arbeiten vergleicht Prozessmodellierungssprachen aus Sicht des Modellierers, wie es in dieser Arbeit ebenfalls der Fall ist. Zudem stützen sich die Vergleiche der hier vorgestellten Arbeiten größtenteils auf empirische Daten, während sich der Vergleich der vorliegenden Arbeit sowohl auf theoretische als auch empirische Daten stützt.



# 8

## **Zusammenfassung und Ausblick**

In diesem Kapitel werden die Ergebnisse dieser Arbeit in Kapitel 8.1 zusammengefasst. Ein Fazit der Ergebnisse der vorliegenden Arbeit folgt ebenfalls in Kapitel 8.1. Weiterhin wird in Kapitel 8.2 ein Ausblick auf weitere zukünftig mögliche Forschungsthemen im Bereich der Anwendbarkeit von imperativen und deklarativen Prozessmodellierungssprachen gegeben.

### **8.1. Zusammenfassung und Fazit**

Im Verlauf dieser Arbeit wurden zunächst grundlegende Begriffe im Bereich Prozessmodelle erläutert. Hierfür wurden Softwareentwicklungsprozesse vorgestellt und es wurden Software-Projekttypen sowie Leichtgewichtige und Schwer gewichtige Prozessmodelle

## *8. Zusammenfassung und Ausblick*

eingeführt.

Weiterhin wurden die Grundlagen der Modellierung dargelegt. Es erfolgte zunächst eine Einführung in die Prozessmodellierung und es wurden deren Ziele sowie die Grundsätze ordnungsgemäßer Modellierung beschrieben.

Prozessmodellierungssprachen wurden analysiert und es wurden die in dieser Arbeit verwendeten imperativen und deklarativen Prozessmodellierungssprachen eingeführt. Ebenso wurden Modellierungswerzeuge allgemein erklärt und es wurden die in der vorliegenden Arbeit eingesetzten Modellierungstools vorgestellt.

Zudem erfolgte die Anforderungserhebung für den Vergleich von imperativen und deklarativen Prozessmodellierungsansätzen.

Danach konnte die Modellierung der imperativen und deklarativen Modelle der drei Softwareentwicklungsprozesse Scrum, Open UP und V-Modell XT erfolgen. Nach einer kurzen Einführung und Analyse der Modelle wurde die imperative und deklarative Modellierung der selbigen dargelegt. Anschließend erfolgte jeweils der Vergleich der Modellierungen durch die definierten Kriterien. Abschließend wurde ein Vergleich zwischen allen modellierten Prozessmodellen anhand der Anforderungskriterien durchgeführt.

Die Ergebnisse zeigen, dass der imperative Prozessmodellierungsansatz BPMN bei vielen Punkten einen geeigneteren Ansatz darstellt als ConDec. Dies hat der direkte Vergleich der verschiedenen Modelle ergeben. Im Gegensatz zu BPMN gibt es bei ConDec momentan noch einige Grenzen in der Darstellbarkeit. Dies bezieht sich vor allem auf Rollen und Artefakte. Diese können zwar im Modellierungstool Declare angelegt und zugewiesen werden, jedoch sind diese im Prozessmodell selbst nicht visualisierbar. Zwar entstehen bei der Modellierung mit BPMN oftmals Modelle mit deutlich mehr Elementen insgesamt als bei der Modellierung mit ConDec. Jedoch sind im Gegensatz dazu die mit ConDec erstellten Modelle oftmals deutlich komplexer als die BPMN Modelle. Dies wirkt

sich sowohl negativ auf das Verständnis der Leser des Modelles aus als auch auf den Aufwand des Modellierers beim Erstellen der Modelle mit ConDec. Je mehr geistiger Aufwand beim Lesen und modellieren für Prozessmodelle notwendig ist desto mehr Fehler entstehen auch beim Interpretieren und Modellieren der Modelle.

Die herausgearbeiteten Ergebnisse des Vergleiches wurden mit Hilfe einer Studie validiert. Zunächst wurden der Aufbau und der Ablauf der Studie genau erläutert. Weiterhin wurden die Ergebnisse der Studie präsentiert und ein Fazit gezogen. Hier wurden die Ergebnisse aus Kapitel 6 nochmals weitgehend bestätigt. Somit ist BPMN im Moment die geeigneter Modellierungssprache. Bei ConDec müsste noch nachgebessert werden um die Eignung zur Modellierung noch zu steigern.

## 8.2. Ausblick

Im Laufe der Arbeit haben sich Ideen für weitere Forschungen im Bereich der Anwendbarkeit der imperativen und deklarativen Prozessmodellierungssprachen ergeben, welche jedoch in der vorliegenden Arbeit nicht fortgeführt werden konnten, da sie den Rahmen der Arbeit gesprengt hätten.

### Geistige Gewichte für ConDec Constraints

Um den Vergleich zwischen den in BPMN und ConDec erstellten Modellen zu optimieren, sollten ebenfalls genaue Werte über den geistigen Aufwand zum Verstehen der Constraints in ConDec erhoben werden. Wie in Kapitel 4 erwähnt, existieren solche Werte für die Elemente der BPMN Notation (z.B. eine geistige Gewichtung von 1 für ein Sequenzflusselement, eine geistige Gewichtung von 4 für ein paralleles Gateway). Da keine genauen geistigen Gewichte für die Constraints in ConDec vorliegen, war der Vergleich zwischen den Modellen in der vorliegenden Arbeit nur grob möglich. Ein exakter Vergleich wäre mit der genauen Gegenüberstellung der Summen der geistigen

## *8. Zusammenfassung und Ausblick*

Gewichte der jeweiligen Elemente in den BPMN und ConDec Modellen möglich.

### **Geistige Gewichte für verschiedene Elemente in Prozessmodellen**

Genau wie geistige Werte für Constraints an sich nicht vorhanden sind, fehlen auch genaue Werte, in wie stark die Komplexität eines Modelles wächst pro zusätzlichem unterschiedlichem Element. Es wäre z.B. interessant für genauere Vergleiche zwischen Prozessmodellierungssprachen, in wie weit sich die Komplexität eines Prozessmodells erhöht, wenn sich darin statt drei unterschiedlicher Elemente fünf unterschiedliche Elemente befinden. Gerade bei den ConDec Modellen gab es oftmals mehr unterschiedliche Constraints in den Modellen als unterschiedliche Gateways in den BPMN Modellen. Daher wäre es für einen exakten Vergleich der Modelle nützlich, wenn man einen genauen Faktor hätte, um den sich die Komplexität in den ConDec Modellen erhöht in Abhängigkeit der Anzahl der unterschiedlichen Constraints.

### **Erweiterung/Anpassung ConDec**

Die Prozessmodellierungssprache ConDec hat großes Potenzial. Jedoch weist sie derzeit noch einige Mängel auf. Hier können die fehlenden Visualisierungsmöglichkeiten von Rollen und Artefakten im Prozessmodell selbst genannt werden. ConDec sollte noch um weitere Notationselemente erweitert werden, um Rollen und Artefakte darzustellen. Da auch die vielen unterschiedlichen Constraints bei ConDec ein Problem ergeben, könnte hier in weiterer Forschung versucht werden, die Constraints eventuell anzupassen/umzustellen, um ein kleineres Spektrum an Constraints zu erreichen.

Weiterhin sollte es auch möglich gemacht werden, mehrere Aktivitäten mit dem Init-Constraint auszustatten, um diese als mögliche Startaktivitäten zu markieren. Damit würde etwas Komplexität aus den Modellen heraus genommen werden. Der Leser des Modelles könnte sich dann auf einen Blick orientieren, bei welchen Aktivitäten gestartet werden kann.

### **Weitere Studien mit breiterem Spektrum an Teilnehmern**

Wie bereits in Kapitel 7 erwähnt, weist die in dieser Arbeit durchgeführte Studie dahingehend Mängel auf, dass ein großer Teil der Teilnehmer bereits über Wissen in imperativen Prozessmodellierungssprachen verfügte. Hier sollten zukünftig noch weitere Studien durchgeführt werden, bei denen mehr Personen teilnehmen, die entweder keine Erfahrungen in beiden Prozessmodellierungssprachen aufweisen oder gleich viel Wissen in beiden Prozessmodellierungssprachen mitbringen.



# A

## **BPMN Notation**

## A. BPMN Notation

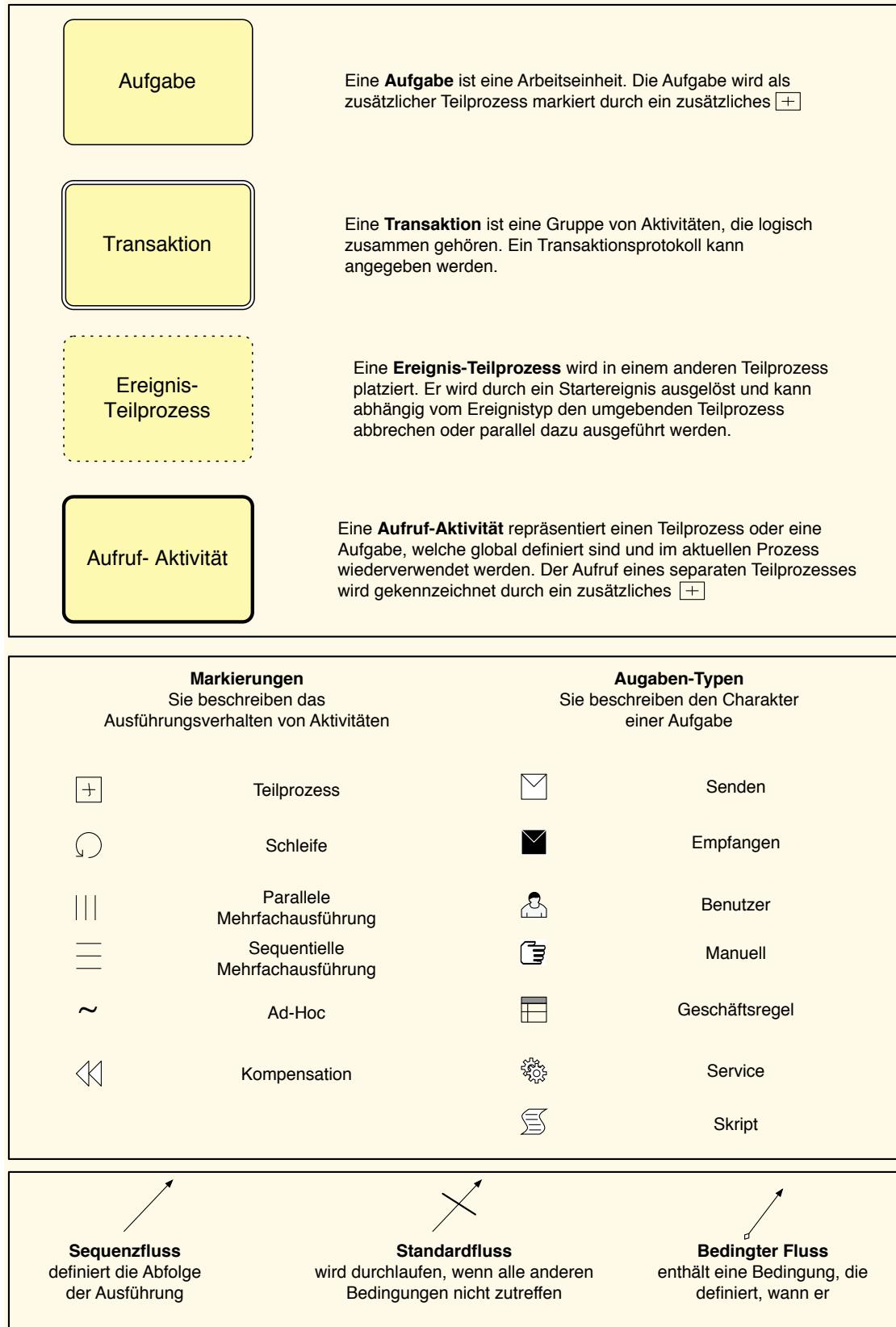
		Bei einer Verzweigung wird der Fluss abhängig von Verzweigungsbedingungen zu genau einer ausgehenden Kante geleitet. Bei einer Zusammenführung wird auf eingehende Kanten gewartet, um den ausgehenden Fluss zu aktivieren.			
	Event-basiertes Gateway	Diesem Ereignis folgen stets eintretende Ereignisse oder Empfänger-Aufgaben. Der Sequenzfluss wird zu dem Ereignis geleitet, das zuerst eintritt.			
	Paralleles Gateway	Wenn der Sequenzfluss aktiviert wird, werden alle ausgehenden Kanten simultan aktiviert. Bei der Zusammenführung wird auf alle eingehenden Kanten gewartet, bevor der ausgehende Sequenzfluss aktiviert wird.			
	Inklusives Gateway	Es werden je nach Bedingung eine oder mehrere ausgehende Kanten aktiviert bzw. eingehende Kanten synchronisiert.		Exklusives Event-basiertes Gateway	Sobald eines der nachfolgenden Ereignisse eintritt, wird der Prozess gestartet.
	Komplexes Gateway	Verzweigungs- und Vereinigungsverhalten, das nicht von anderen Gateways erfasst wird.		Paralleles Event-basiertes Gateway	Erst wenn alle nachfolgenden Ereignisse eintreten, wird der Prozess gestartet.

Abbildung A.1.: BPMN Gateways [All13]

	Start			Zwischen				Ende	
	Standard	Ereignis-Teilprozess unterbrechend	Ereignis-Teilprozess Nicht-unterbrechend	Eingetreten	Angehettet unterbrechend	Angehettet Nicht-unterbrechend	Ausgelöst		
<b>Blanko:</b> Umtypisierte Ereignisse; Blanko-Zwischenereignisse können einen Statuswechsel kennzeichnen	(○)						(○)	(○)	
<b>Nachricht:</b> Empfang und Versand von Nachrichten	(✉)	(✉)	(✉)	(✉)	(✉)	(✉)	(✉)	(✉)	
<b>Zeit:</b> Periodische zeitliche Ereignisse, Zeitpunkte oder Zeitspannen	(🕒)	(🕒)	(🕒)	(🕒)	(🕒)	(🕒)			
<b>Bedingung:</b> Reaktion auf veränderte Bedingungen und Bezug auf Geschäftsregeln	(☰)	(☰)	(☰)	(☰)	(☰)	(☰)			
<b>Link:</b> Zwei zusammengehörige Link-Ereignisse repräsentieren einen Sequenzfluss				(➡)			(➡)		
<b>Signal:</b> Signal über mehrere Prozesse Auf ein Signal kann mehrfach reagiert werden.	(△)	(△)	(△)	(△)	(△)	(△)		(▲)	
<b>Fehler:</b> Auslösen und Behandeln von definierten Fehlern		(↖)			(↖)			(↖)	
<b>Eskalation:</b> Meldung an den nächsthöheren Verantwortlichen		(↑)	(↑)		(↑)	(↑)	(↑)	(↑)	
<b>Terminierung:</b> Löst die sofortige Beendigung des Prozesse aus								(●)	
<b>Kompensation:</b> Behandeln oder Auslösen einer Kompensation		(◀)			(◀)		(◀)	(◀)	
<b>Abbruch:</b> Reaktion auf abgebrochene Transaktionen oder Auslösen von Abbrüchen					(✗)				
<b>Mehrfach:</b> Eintreten eines von mehreren Ereignissen; Auslösen aller Ereignisse.	(○)	(○)	(○)	(○)	(○)	(○)	(○)	(○)	
<b>Mehrfach/Parallel:</b> Eintreten aller Ereignisse.	(+)	(+)	(+)	(+)	(+)	(+)			

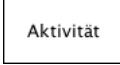
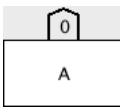
Abbildung A.2.: BPMN Ereignisse [All13]

## A. BPMN Notation



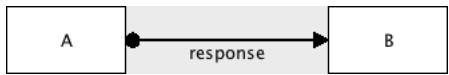
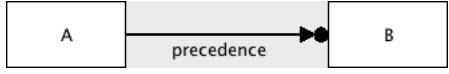
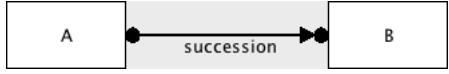
# B

## ConDec Notation

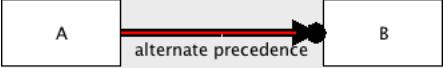
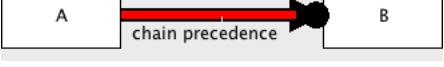
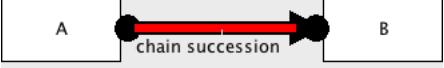
Constraint	Erläuterung
	<b>activity</b> Eine Aktivität ist eine Arbeitseinheit
	<b>complex activity</b> Aktivität wird in zusätzlichen Teilprozess zerlegt
	<b>absence (A)</b> Aktivität A darf nicht ausgeführt werden

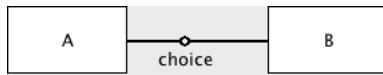
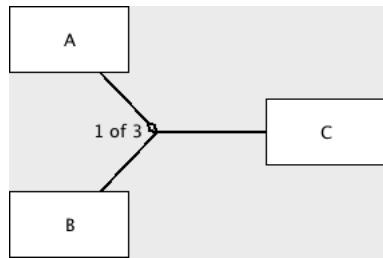
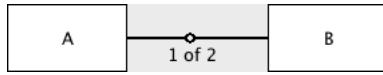
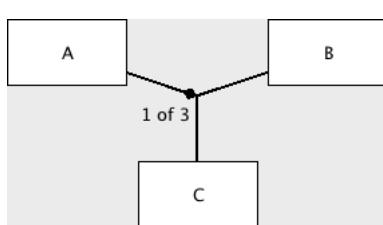
## B. ConDec Notation

	<b>absence (n+1, A)</b> Aktivität A kann höchstens n-mal ausgeführt werden, aber nicht n+1-mal
	<b>existence (n, A)</b> Aktivität A muss mindestens n-mal ausgeführt werden
	<b>exactly (n, A)</b> Aktivität A muss genau n-mal ausgeführt werden
	<b>init (A)</b> Aktivität A muss als erste Aktivität ausgeführt werden
	<b>responded existence</b> Falls A ausgeführt wird, muss B entweder davor oder danach ebenfalls ausgeführt werden. Beispiel: Korrekt: [A,B]; [B,A]; Inkorrekt:[A];
	<b>co-existence</b> A und B kommen in einem Pfad immer zusammen vor. Beispiel: Korrekt: [A,B]; Inkorrekt: [A]; [B];

	<p><b>response</b></p> <p>Falls A ausgeführt wird, muss B danach ebenfalls ausgeführt werden.</p> <p>Beispiel: Korrekt: [B,A,A,A,C,B]; Inkorrekt: [B,A,A,A,C]</p>
	<p><b>precedence</b></p> <p>Falls B ausgeführt wird, muss vorher A ausgeführt werden.</p> <p>Beispiel: Korrekt: [A,C,B,B,A]; Inkorrekt: [C,B,B,A]</p>
	<p><b>succession</b></p> <p>Verlangt, dass die beiden Constraints precedence und response zwischen den Aktivitäten A und B eingehalten werden. Somit muss jede Aktivität A von Aktivität B gefolgt werden und für jede Aktivität B muss eine Aktivität A vorhanden sein.</p> <p>Beispiel: Korrekt: [A,C,A,B,B]; Inkorrekt: [A,C]</p>
	<p><b>alternate response</b></p> <p>Verlangt, dass nach einer Aktivität A Aktivität B ausgeführt wird, jedoch darf vor Aktivität B nicht eine weitere Aktivität A ausgeführt werden.</p> <p>Beispiel: Korrekt: [B,A,C,B,A,B]; Inkorrekt: [B,A,C,A,B,A,B]</p>

## B. ConDec Notation

	<p><b>alternate precedence</b></p> <p>Verlangt, dass jeder Instanz von Aktivität B eine Instanz der Aktivität A vorausgeht. Die nächste Instanz einer Aktivität B kann somit nicht vor der nächsten Instanz von Aktivität A ausgeführt werden.</p> <p>Beispiel: Korrekt: [A,C,B,A,B,A]; Inkorrekt: [A,C,B,B,A]</p>
	<p><b>alternate succession</b></p> <p>Stellt eine Kombination aus alternate response und alternate precedence dar.</p> <p>Beispiel: Korrekt: [A,C,B,A,B,A,B]; Inkorrekt: [C,B,A,A,B]</p>
	<p><b>chain response</b></p> <p>Verlangt, dass die nächste Aktivität, welche nach Aktivität A ausgeführt wird, immer Aktivität B ist.</p> <p>Beispiel: Korrekt: [B,A,B,C,A,B]; Inkorrekt: [B,A,C,A,B]</p>
	<p><b>chain precedence</b></p> <p>Verlangt, dass Aktivität A immer unmittelbar bevor Aktivität B ausgeführt wird.</p> <p>Beispiel: Korrekt: [A,B,C,A,B,A]; Inkorrekt: [A,B,C,B,A]</p>
	<p><b>chain succession</b></p> <p>Stellt eine Kombination aus chain response und chain precedence dar und verlangt, dass Aktivität A und Aktivität B jeweils nebeneinander ausgeführt werden.</p> <p>Beispiel: Korrekt: [A,B,C,A,B,A,B]; Inkorrekt: [A,B,C,A,B,A,B,A,C]</p>

	<p><b>choice</b></p> <p>Mindestens eine der beiden Aktivitäten A oder B muss ausgeführt werden.</p> <p>Beispiel: Korrekt: [A]; [B]; Inkorrekt:[ ];</p>
	<p><b>choice 1 of 3</b></p> <p>Mindestens eine der drei Aktivitäten A,B oder C muss ausgeführt werden..</p> <p>Beispiel: Korrekt: [A]; [B];[C]; Inkorrekt:[ ]</p>
	<p><b>1 of 2</b></p> <p>Entweder A oder B muss mindestens einmal ausgeführt werden.</p> <p>Beispiel: Korrekt: [A,C,A,B,B]; Inkorrekt: [C]</p>
	<p><b>exclusive choice</b></p> <p>Entweder A oder B kann ausgeführt werden.</p> <p>Beispiel: Korrekt: [A]; [B] Inkorrekt: [A,B]</p>
	<p><b>exclusive choice 1 of 3</b></p> <p>Entweder A oder B oder C kann ausgeführt werden.</p> <p>Beispiel: Korrekt: [A]; [B]; [C]; Inkorrekt: [A,B]; [A,C]; [B,C]</p>

## B. ConDec Notation

<p>Activity A followed by a double vertical bar, then activity B.</p>	<b>not co-existence</b> Verlangt, dass falls Aktivität A ausgeführt wird, darf Aktivität B nicht mehr ausgeführt werden und umgekehrt. Beispiel: Korrekt: [A,C,A,A]; Inkorrekt: [A,C,A,A,B]
<p>Activity A followed by a double vertical bar, then a solid arrow pointing to activity B.</p>	<b>not succession</b> Verlangt, dass falls Aktivität A ausgeführt wird, darf Aktivität B nicht danach ausgeführt werden. Beispiel: Korrekt: [B,C,A,C,A] ; Inkorrekt: [A,C,B]
<p>Activity A followed by a red double-headed arrow connecting both activities.</p>	<b>negation chain succession</b> Verlangt, dass die Aktivitäten A und B nicht nebeneinander ausgeführt werden. Beispiel: Korrekt: [A,C,B,C] ; Inkorrekt: [B,A,B,A]

Tabelle B.1.: Constraints ConDec [Mon10, AP26]

# C

## Fragebögen

## Fragebogen1

Herzlich Willkommen zur Umfrage für meine Masterarbeit.

Bitte beachten Sie, dass die Zeit zur Bearbeitung der Aufgaben mitgemessen wird. Bitte bearbeiten Sie daher die Aufgaben ohne Unterbrechung.

Vielen Dank für die Teilnahme.

Diese Umfrage enthält 23 Fragen.

### Allgemeine Fragen

#### 1 Welches Geschlecht haben Sie? \*

Bitte wählen Sie nur eine der folgenden Antworten aus:

- weiblich
- männlich

#### 2 Wie alt sind Sie? \*

In dieses Feld dürfen nur Zahlen eingegeben werden.

Bitte geben Sie Ihre Antwort hier ein:

#### 3

Wie schätzen Sie Ihre Erfahrung in der Modellierung mit imperativen Prozessmodellierungssprachen (z.B. BPMN) ein?

1=keine Erfahrung

2=wenig Erfahrung

3=durchschnittliche Erfahrung

4=viel Erfahrung

5=Experte \*

Bitte wählen Sie nur eine der folgenden Antworten aus:

- 1
- 2
- 3
- 4
- 5

#### 4 Seit wie vielen Jahren modellieren Sie imperative Prozessmodelle? \*

In dieses Feld dürfen nur Zahlen eingegeben werden.

Bitte geben Sie Ihre Antwort hier ein:

#### 5 Wie viele imperative Prozessmodelle haben Sie dieses Jahr ungefähr modelliert? \*

In dieses Feld dürfen nur Zahlen eingegeben werden.

Bitte geben Sie Ihre Antwort hier ein:

**6 Wie schätzen Sie Ihre Erfahrung in der Modellierung mit deklarativen Prozessmodellierungssprachen (z.B. ConDec (Declare)) ein?**

- 1=keine Erfahrung**  
**2=wenig Erfahrung**  
**3=durchschnittliche Erfahrung**  
**4=viel Erfahrung**  
**5=Experte \***

Bitte wählen Sie nur eine der folgenden Antworten aus:

- 1  
 2  
 3  
 4  
 5

**7 Seit wie vielen Jahren modellieren Sie deklarative Prozessmodelle? \***

In dieses Feld dürfen nur Zahlen eingegeben werden.

Bitte geben Sie Ihre Antwort hier ein:

**8 Wie viele deklarative Prozessmodelle haben Sie dieses Jahr ungefähr modelliert? \***

In dieses Feld dürfen nur Zahlen eingegeben werden.

Bitte geben Sie Ihre Antwort hier ein:

**9 Wie beurteilen Sie Ihr Wissen über das Software Engineering Prozessmodell Scrum?**

- 1=keine Kenntnisse**  
**2=wenig Kenntnisse**  
**3=durchschnittliche Kenntnisse**  
**4=gute Kenntnisse**  
**5=Expertenvissen \***

Bitte wählen Sie nur eine der folgenden Antworten aus:

- 1  
 2  
 3  
 4  
 5

**10**

**Wie beurteilen Sie Ihr Wissen über das Software Engineering Prozessmodell Rational Unified Process (RUP, Open UP)?**

- 1=keine Kenntnisse**  
**2=wenig Kenntnisse**  
**3=durchschnittliche Kenntnisse**  
**4=gute Kenntnisse**  
**5=Expertenwissen \***

Bitte wählen Sie nur eine der folgenden Antworten aus:

- 1  
 2  
 3  
 4  
 5

**11 Wie beurteilen Sie Ihr Wissen über das Software Engineering Prozessmodell V-Modell XT?**

- 1=keine Kenntnisse**  
**2=wenig Kenntnisse**  
**3=durchschnittliche Kenntnisse**  
**4=gute Kenntnisse**  
**5=Expertenwissen \***

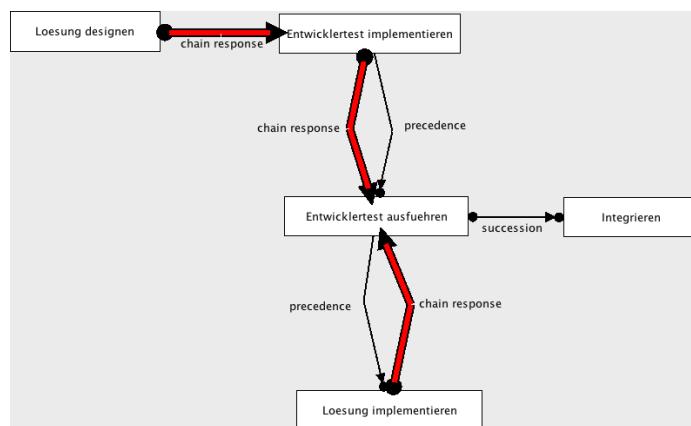
Bitte wählen Sie nur eine der folgenden Antworten aus:

- 1  
 2  
 3  
 4  
 5

## Verständnis

12

Gegeben ist das folgende Prozessmodell:



Bitte beantworten Sie die nachfolgenden Fragen zu diesem Modell.

\*

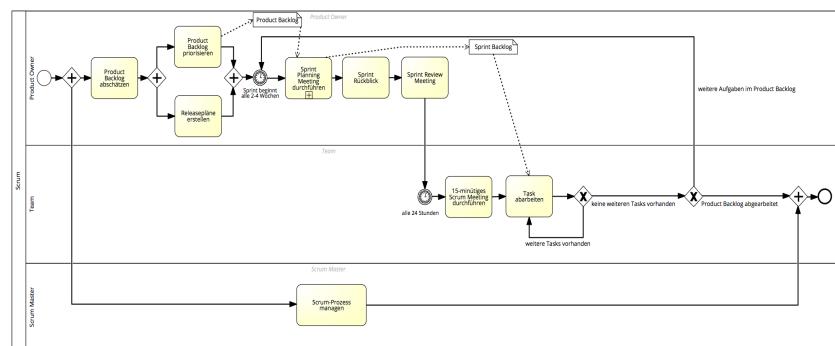
Bitte wählen Sie die zutreffende Antwort für jeden Punkt aus:

	Ja	Nein	Geht aus Modell nicht hervor	Unentschlossen
Als erste Aktivität kann die Aktivität "Integrieren" ausgeführt werden.	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Nach Ausführung der Aktivität "Entwicklertest implementieren" muss direkt danach die Aktivität "Entwicklertest ausführen" ausgeführt werden.	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Wenn die Aktivität "Lösung designen" ausgeführt wurde, muss danach nicht zwangsläufig die Aktivität "Entwicklertest implementieren" ausgeführt werden.	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Wenn die Aktivität "Lösung implementieren" ausgeführt wurde, muss direkt danach die Aktivität "Entwicklertest ausführen" ausgeführt werden.	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Nach Ausführung der Aktivität "Integrieren" endet der Prozess in jedem Fall sofort.	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Als erste Aktivität im Prozess kann die Aktivität "Entwicklertest implementieren" ausgeführt werden.	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Die Aktivität "Lösung designen" kann erst ausgeführt werden, nachdem die Aktivitäten "Entwicklertest implementieren" und "Entwicklertest ausführen" ausgeführt wurden.	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Als erste Aktivität im Prozess kann die Aktivität "Lösung designen" ausgeführt werden.	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>

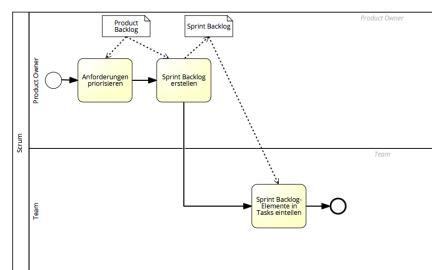
## Verständnis\_2

13

Gegeben ist das folgende Prozessmodell zu Scrum:



und der zugehörige Unterprozess Sprint-Planning-Meeting durchführen.



\*

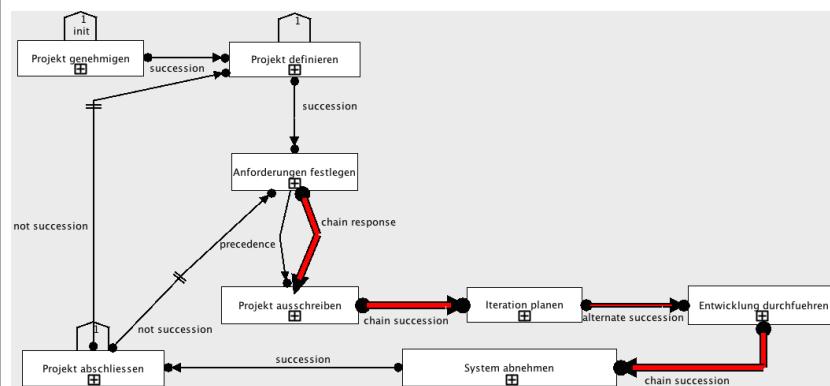
Bitte wählen Sie die zutreffende Antwort für jeden Punkt aus:

	Ja	Nein	Geht aus Modell nicht hervor	Unentschlossen
Ein Scrum Meeting dauert 15 Minuten.	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Die Aktivität "Task abarbeiten" kann beliebig oft ausgeführt werden.	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Die Aktivität "Scrum Prozess managen" kann erst ausgeführt werden, nachdem die Aktivität "Tasks abarbeiten" ausgeführt wurde.	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Als erste Aktivität im Prozess kann die Aktivität "Anforderungen priorisieren" ausgeführt werden.	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Ein Sprint wird alle 5 Wochen durchgeführt.	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Als erste Aktivität im Prozess kann die Aktivität "Produkt Backlog abschätzen" ausgeführt werden.	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Als erste Aktivität im Prozess kann die Aktivität "Scrum Prozess managen" ausgeführt werden.	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Nach Beendigung der Aufgabe "Task abarbeiten" endet der Prozess sofort.	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>

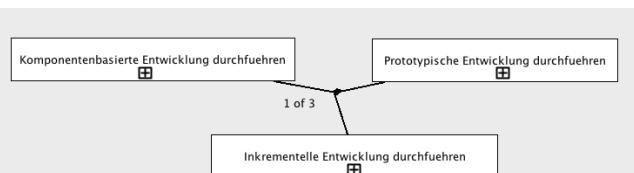
### Verständnis\_3

14

Gegeben ist das nachfolgende Prozessmodell:



und der zugehörige Unterprozess Entwicklung durchfuehren:



Bitte beantworten Sie die nachfolgenden Fragen:

\*

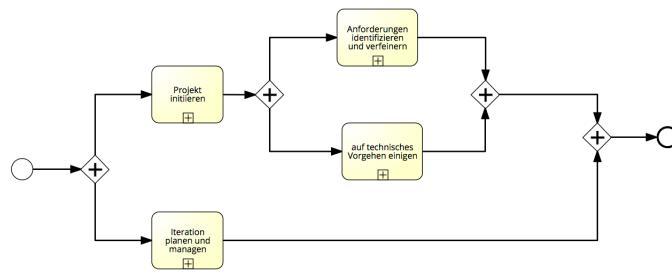
Bitte wählen Sie die zutreffende Antwort für jeden Punkt aus:

	Ja	Nein	Geht aus Modell nicht hervor	Unentschlossen
Die erste Aktivität, die im Prozess ausgeführt werden kann ist "Projekt genehmigen".	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Die Aktivitäten "Prototypische Entwicklung durchfuehren", "Komponentenbasierte Entwicklung durchfuehren" und "Inkrementelle Entwicklung durchfuehren" können parallel zueinander ausgeführt werden.	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Nach Ausführung der Aktivität "System abnehmen" kann die Aktivität "Projekt abschliessen" ausgeführt werden.	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Nach Ausführung der Aktivität "System abnehmen" kann die Aktivität "Anforderungen festlegen" ausgeführt werden.	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Nach Ausführung der Aktivität "System abnehmen" kann die Aktivität "Projekt ausschreiben" ausgeführt werden.	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Die Aktivität "Iteration planen" kann innerhalb einer Prozessinstanz genau einmal ausgeführt werden.	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Bevor die Aktivität "Projekt ausschreiben" ausgeführt werden kann, muss zunächst die Aktivität "Anforderungen festlegen" ausgeführt werden.	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Nach Ausführung der Aktivität "Projekt abschliessen" endet der Prozess.	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>

#### Verständnis\_4

15

Gegeben ist das nachfolgende Prozessmodell:



Bitte beantworten Sie die nachfolgenden Fragen:

\*

Bitte wählen Sie die zutreffende Antwort für jeden Punkt aus:

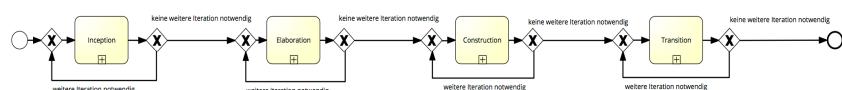
	Ja	Nein	Geht nicht aus Modell hervor	Unentschlossen
Als erste Aktivität kann die Aktivität "Projekt initiieren" ausgeführt werden.	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Als erste Aktivität kann die Aktivität "Iteration planen und managen" ausgeführt werden.	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Bevor die Aktivität "Anforderungen identifizieren und verfeinern" ausgeführt werden kann, muss vorher die Aktivität "Projekt initiieren" ausgeführt werden.	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Bevor die Aktivität "Anforderungen identifizieren und verfeinern" ausgeführt werden kann, muss vorher die Aktivität "Iteration planen und managen" ausgeführt werden.	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Bevor die Aktivität "auf technisches Vorgehen einigen" ausgeführt werden kann, muss vorher die Aktivität "Anforderungen identifizieren und verfeinern" ausgeführt werden.	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Bevor die Aktivität "Iteration planen und managen" ausgeführt werden kann, müssen vorher die Aktivitäten "Anforderungen identifizieren und verfeinern" und "auf technisches Vorgehen einigen" ausgeführt werden.	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Die Aktivität "Iteration planen und managen" kann beliebig oft ausgeführt werden.	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Die Aktivitäten "Anforderungen identifizieren und verfeinern" und "auf technisches Vorgehen einigen" können beliebig oft ausgeführt werden.	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>

**17 Bitte beschreiben Sie, warum Sie das von Ihnen präferierte Modell verständlicher finden. \***

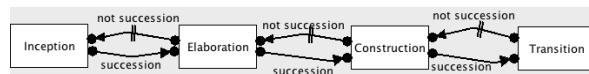
Bitte geben Sie Ihre Antwort hier ein:

**18**

**Gegeben ist das nachfolgende imperative Modell zum Open UP:**



**Gegeben das folgende deklarative Modell zum Open UP:**



\*

Bitte wählen Sie die zutreffende Antwort für jeden Punkt aus:

Imperatives Modell

Deklaratives Modell

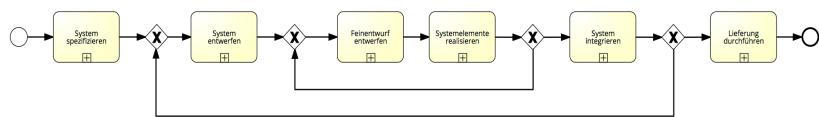
Welches der beiden Prozessmodelle finden Sie verständlicher?

**19 Bitte beschreiben Sie, warum Sie das von Ihnen präferierte Modell verständlicher finden. \***

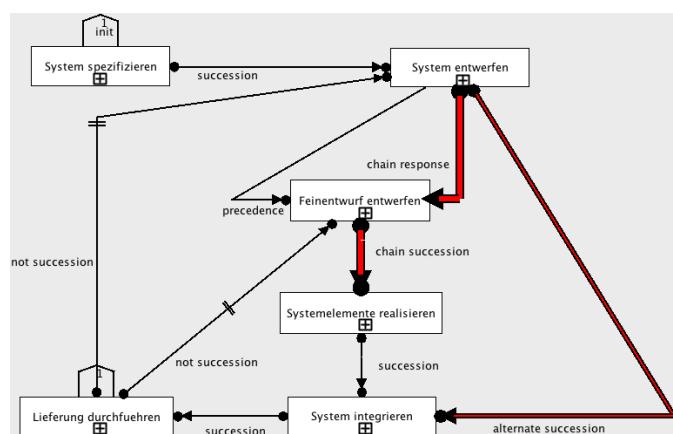
Bitte geben Sie Ihre Antwort hier ein:

20

Gegeben ist folgender imperativer Prozess zum V-Modell XT:



Und der folgende deklarative Prozess zum V-modell XT:



\* Bitte wählen Sie die zutreffende Antwort für jeden Punkt aus:

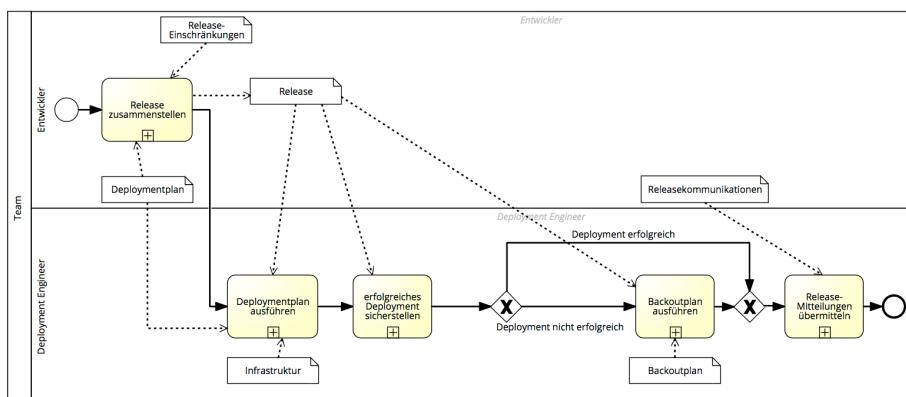
Imperatives Modell      Deklaratives Modell

21 Bitte beschreiben Sie, warum Sie das von Ihnen präferierte Modell verständlicher finden. \*

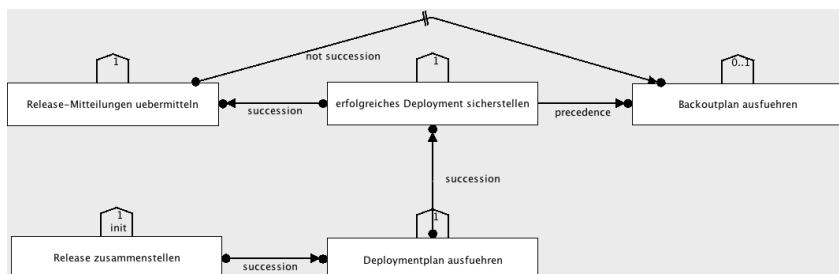
Bitte geben Sie Ihre Antwort hier ein:

22

Gegeben ist folgender imperativer Prozess:



und der nachfolgende deklarative Prozess:



\*

Bitte wählen Sie die zutreffende Antwort für jeden Punkt aus:

Imperatives Modell

Deklaratives Modell

Welches der beiden  
Prozessmodelle finden Sie  
verständlicher?



23 Bitte beschreiben Sie, warum Sie das von Ihnen präferierte Modell verständlicher finden. \*

Bitte geben Sie Ihre Antwort hier ein:

Übermittlung Ihres ausgefüllten Fragebogens:  
Vielen Dank für die Beantwortung des Fragebogens.

## Fragebogen2

Herzlich Willkommen zur Umfrage für meine Masterarbeit.

Bitte beachten Sie, dass die Zeit zur Bearbeitung der Aufgaben mitgemessen wird. Bitte bearbeiten Sie daher die Aufgaben ohne Unterbrechung.

Vielen Dank für die Teilnahme.

Diese Umfrage enthält 23 Fragen.

### Allgemeine Fragen

#### 1 Welches Geschlecht haben Sie? \*

Bitte wählen Sie nur eine der folgenden Antworten aus:

- weiblich
- männlich

#### 2 Wie alt sind Sie? \*

In dieses Feld dürfen nur Zahlen eingegeben werden.

Bitte geben Sie Ihre Antwort hier ein:

#### 3

#### Wie schätzen Sie Ihre Erfahrung in der Modellierung mit imperativen Prozessmodellierungssprachen (z.B. BPMN) ein?

**1=keine Erfahrung**

**2=wenig Erfahrung**

**3=durchschnittliche Erfahrung**

**4=viel Erfahrung**

**5=Experte \***

Bitte wählen Sie nur eine der folgenden Antworten aus:

- 1
- 2
- 3
- 4
- 5

#### 4 Seit wie vielen Jahren modellieren Sie imperative Prozessmodelle? \*

In dieses Feld dürfen nur Zahlen eingegeben werden.

Bitte geben Sie Ihre Antwort hier ein:

#### 5 Wie viele imperative Prozessmodelle haben Sie dieses Jahr ungefähr modelliert? \*

In dieses Feld dürfen nur Zahlen eingegeben werden.

Bitte geben Sie Ihre Antwort hier ein:

**6 Wie schätzen Sie Ihre Erfahrung in der Modellierung mit deklarativen Prozessmodellierungssprachen (z.B. ConDec (Declare)) ein?**

**1=keine Erfahrung**

**2=wenig Erfahrung**

**3=durchschnittliche Erfahrung**

**4=viel Erfahrung**

**5=Experte \***

Bitte wählen Sie nur eine der folgenden Antworten aus:

- 1
- 2
- 3
- 4
- 5

**7 Seit wie vielen Jahren modellieren Sie deklarative Prozessmodelle? \***

In dieses Feld dürfen nur Zahlen eingegeben werden.

Bitte geben Sie Ihre Antwort hier ein:

**8 Wie viele deklarative Prozessmodelle haben Sie dieses Jahr ungefähr modelliert? \***

In dieses Feld dürfen nur Zahlen eingegeben werden.

Bitte geben Sie Ihre Antwort hier ein:

**9 Wie beurteilen Sie Ihr Wissen über das Software Engineering Prozessmodell Scrum?**

**1=keine Kenntnisse**

**2=wenig Kenntnisse**

**3=durchschnittliche Kenntnisse**

**4=gute Kenntnisse**

**5=Expertewissen \***

Bitte wählen Sie nur eine der folgenden Antworten aus:

- 1
- 2
- 3
- 4
- 5

**10**

**Wie beurteilen Sie Ihr Wissen über das Software Engineering Prozessmodell Rational Unified Process (RUP, Open UP)?**

**1=keine Kenntnisse**

**2=wenig Kenntnisse**

**3=durchschnittliche Kenntnisse**

**4=gute Kenntnisse**

**5=Expertenwissen \***

Bitte wählen Sie nur eine der folgenden Antworten aus:

- 1
- 2
- 3
- 4
- 5

**11 Wie beurteilen Sie Ihr Wissen über das Software Engineering Prozessmodell V-Modell XT?**

**1=keine Kenntnisse**

**2=wenig Kenntnisse**

**3=durchschnittliche Kenntnisse**

**4=gute Kenntnisse**

**5=Expertenwissen \***

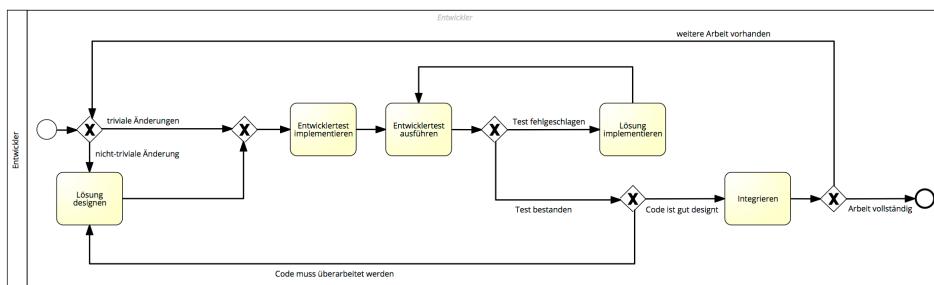
Bitte wählen Sie nur eine der folgenden Antworten aus:

- 1
- 2
- 3
- 4
- 5

## Verständnis

12

Gegeben ist das folgende Prozessmodell:



Bitte beantworten Sie die nachfolgenden Fragen zu diesem Modell.

\*

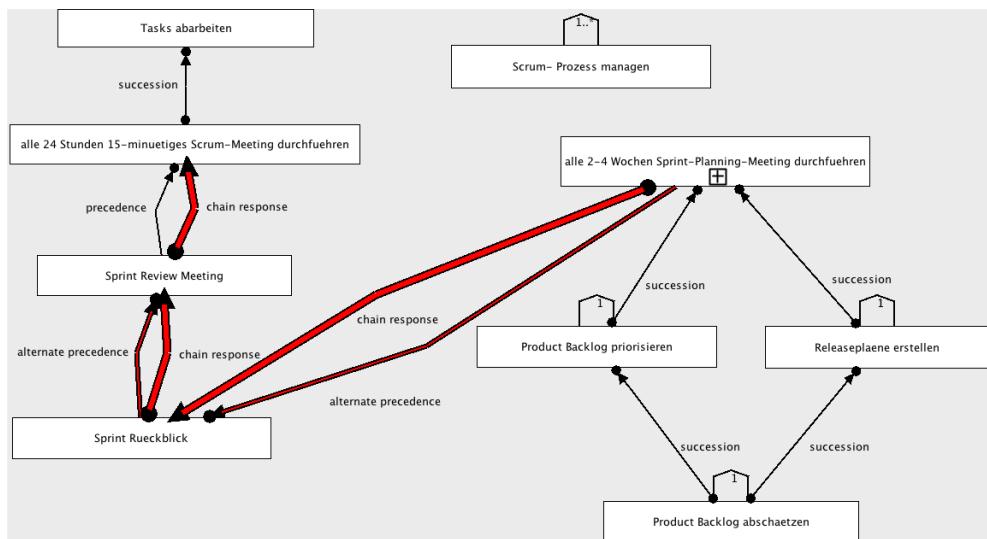
Bitte wählen Sie die zutreffende Antwort für jeden Punkt aus:

	Ja	Nein	Geht aus Modell nicht hervor	Unentschlossen
Als erste Aktivität kann die Aktivität "Integrieren" ausgeführt werden.	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Nach Ausführung der Aktivität "Entwicklertest implementieren" muss direkt danach die Aktivität "Entwicklertest ausführen" ausgeführt werden.	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Wenn die Aktivität "Lösung designen" ausgeführt wurde, muss danach nicht zwangsläufig die Aktivität "Entwicklertest implementieren" ausgeführt werden.	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Wenn die Aktivität "Lösung implementieren" ausgeführt wurde, muss direkt danach die Aktivität "Entwicklertest ausführen" ausgeführt werden.	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Nach Ausführung der Aktivität "Integrieren" endet der Prozess in jedem Fall sofort.	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Als erste Aktivität im Prozess kann die Aktivität "Entwicklertest implementieren" ausgeführt werden.	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Die Aktivität "Lösung designen" kann erst ausgeführt werden, nachdem die Aktivitäten "Entwicklertest implementieren" und "Entwicklertest ausführen" ausgeführt wurden.	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Als erste Aktivität im Prozess kann die Aktivität "Lösung designen" ausgeführt werden.	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>

## Verständnis\_2

13

Gegeben ist das folgende Prozessmodell zu Scrum:



und der zugehörige Unterprozess Sprint-Planning-Meeting durchführen.



\*

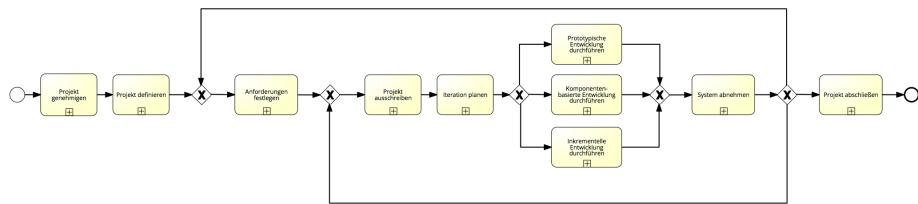
Bitte wählen Sie die zutreffende Antwort für jeden Punkt aus:

	Ja	Nein	Geht aus Modell nicht hervor	Unentschlossen
Ein Scrum Meeting dauert 15 Minuten.	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Die Aktivität "Task abarbeiten" kann beliebig ausgeführt werden.	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Die Aktivität "Scrum Prozess managen" kann erst ausgeführt werden nachdem die Aktivität "Tasks abarbeiten" ausgeführt wurde.	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Als erste Aktivität im Prozess kann die Aktivität "Anforderungen priorisieren" ausgeführt werden.	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Ein Sprint wird alle 5 Wochen durchgeführt.	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Als erste Aktivität im Prozess kann die Aktivität "Product Backlog abschaetzen" ausgeführt werden.	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Als erste Aktivität im Prozess kann die Aktivität "Scrum Prozess managen" ausgeführt werden.	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Nach Beendigung der Aufgabe "Task abarbeiten" endet der Prozess sofort.	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>

### Verständnis\_3

14

Gegeben ist das nachfolgende Prozessmodell:



Bitte beantworten Sie die nachfolgenden Fragen:

\*

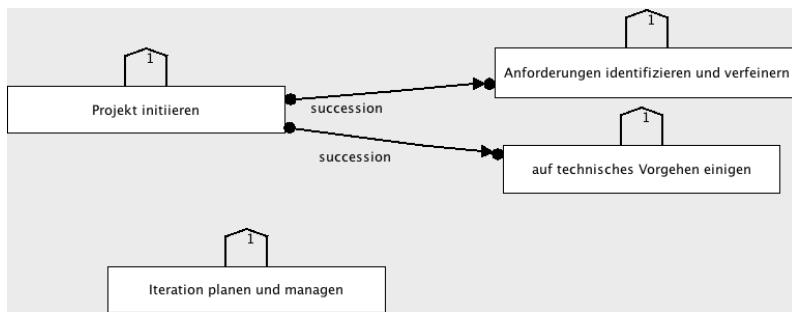
Bitte wählen Sie die zutreffende Antwort für jeden Punkt aus:

	Ja	Nein	Geht aus Modell nicht hervor	Unentschlossen
Die erste Aktivität, die im Prozess ausgeführt werden kann ist "Projekt genehmigen". Die Aktivitäten "Prototypische Entwicklung durchführen", "Komponentenbasierte Entwicklung durchführen" und "Inkrementelle Entwicklung durchführen" können parallel zueinander ausgeführt werden.	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Nach Ausführung der Aktivität "System abnehmen" kann die Aktivität "Projekt abschließen" ausgeführt werden.	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Nach Ausführung der Aktivität "System abnehmen" kann die Aktivität "Anforderungen festlegen" ausgeführt werden.	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Nach Ausführung der Aktivität "System abnehmen" kann die Aktivität "Projekt ausschreiben" ausgeführt werden.	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Die Aktivität "Iteration planen" kann innerhalb einer Prozessinstanz genau einmal ausgeführt werden.	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Bevor die Aktivität "Projekt ausschreiben" ausgeführt werden kann, muss zunächst die Aktivität "Anforderungen festlegen" ausgeführt werden.	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Nach Ausführung der Aktivität "Projekt ausschreiben" endet der Prozess.	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>

#### **Verständnis\_4**

**15**

**Gegeben ist das nachfolgende Prozessmodell:**



**Bitte beantworten Sie die nachfolgenden Fragen:**

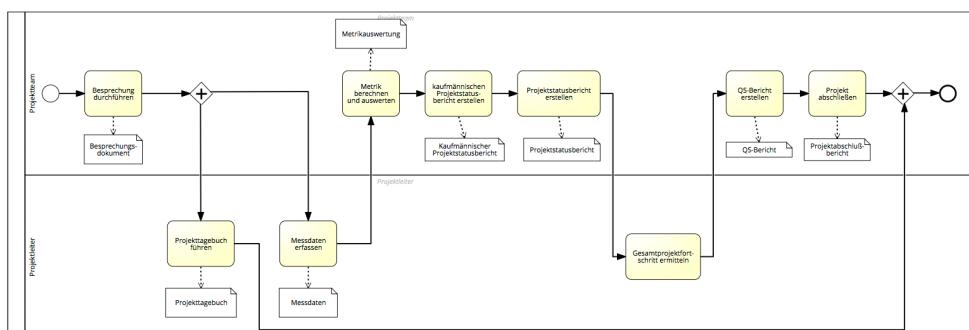
\*

Bitte wählen Sie die zutreffende Antwort für jeden Punkt aus:

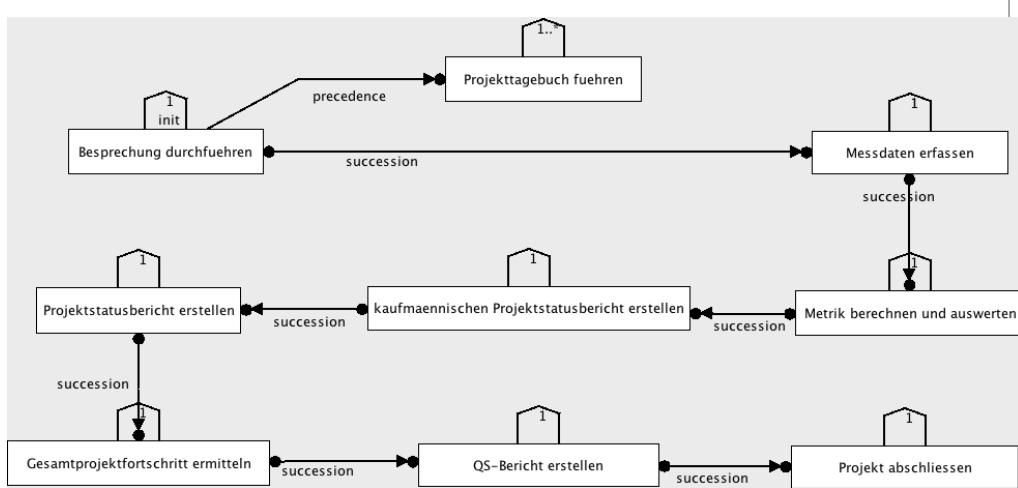
	Ja	Nein	Geht nicht aus Modell hervor	Unentschlossen
Als erste Aktivität kann die Aktivität "Projekt initiiieren" ausgeführt werden.	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Als erste Aktivität kann die Aktivität "Iteration planen und managen" ausgeführt werden.	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Bevor die Aktivität "Anforderungen identifizieren und verfeinern" ausgeführt werden kann, muss vorher die Aktivität "Projekt initiiieren" ausgeführt werden.	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Bevor die Aktivität "Anforderungen identifizieren und verfeinern" ausgeführt werden kann, muss vorher die Aktivität "Iteration planen und managen" ausgeführt werden.	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Bevor die Aktivität "auf technisches Vorgehen einigen" ausgeführt werden kann, muss vorher die Aktivität "Anforderungen identifizieren und verfeinern" ausgeführt werden.	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Bevor die Aktivität "Iteration planen und managen" ausgeführt werden kann, müssen vorher die Aktivitäten "Anforderungen identifizieren und verfeinern" und "auf technisches Vorgehen einigen" ausgeführt werden.	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Die Aktivität "Iteration planen und managen" kann beliebig oft ausgeführt werden.	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Die Aktivitäten "Anforderungen identifizieren und verfeinern" und "auf technisches Vorgehen einigen" können beliebig oft ausgeführt werden.	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>

## Befragung

**16 Gegeben ist folgender imperativer Prozess zum V-Modell XT:**



**Und der folgende deklarative Prozess zum V-Modell XT:**



\*

Bitte wählen Sie die zutreffende Antwort für jeden Punkt aus:

Imperatives Modell

Deklaratives Modell

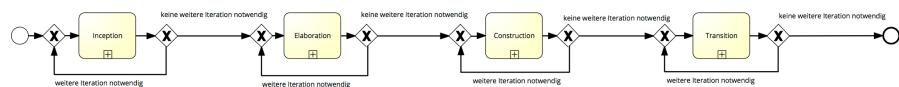
Welches Modell finden Sie  
verständlicher?

**17 Bitte beschreiben Sie, warum Sie das von Ihnen präferierte Modell verständlicher finden. \***

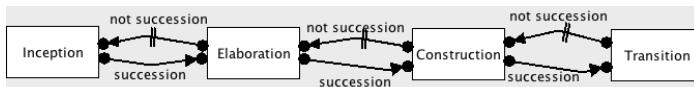
Bitte geben Sie Ihre Antwort hier ein:

**18**

**Gegeben ist das nachfolgende imperative Modell zum Open UP:**



**Gegeben das folgende deklarative Modell zum Open UP:**



\*

Bitte wählen Sie die zutreffende Antwort für jeden Punkt aus:

Imperatives Modell

Deklaratives Modell

Welches der beiden Prozessmodelle finden Sie verständlicher?

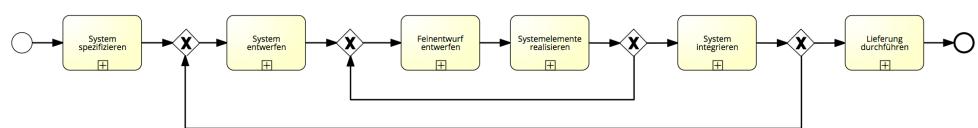


**19 Bitte beschreiben Sie, warum Sie das von Ihnen präferierte Modell verständlicher finden. \***

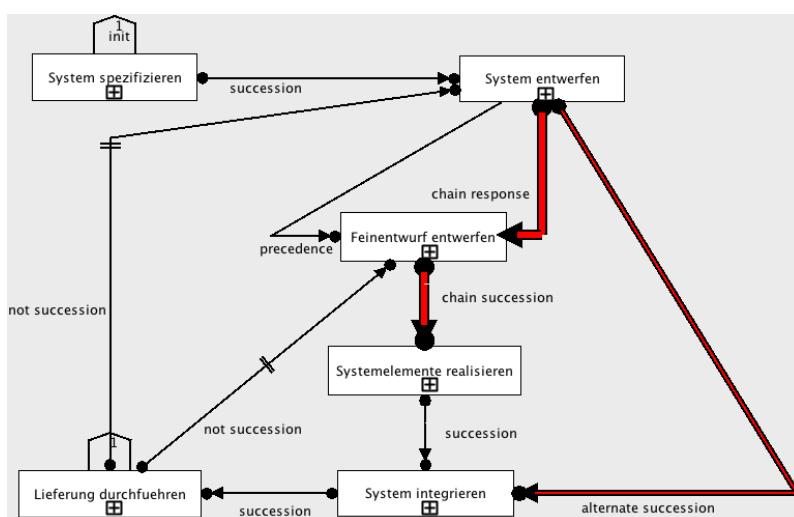
Bitte geben Sie Ihre Antwort hier ein:

20

Gegeben ist folgender imperativer Prozess zum V-Modell XT:



Und der folgende deklarative Prozess zum V-modell XT:



\*

Bitte w\u00e4hlen Sie die zutreffende Antwort f\u00fcr jeden Punkt aus:

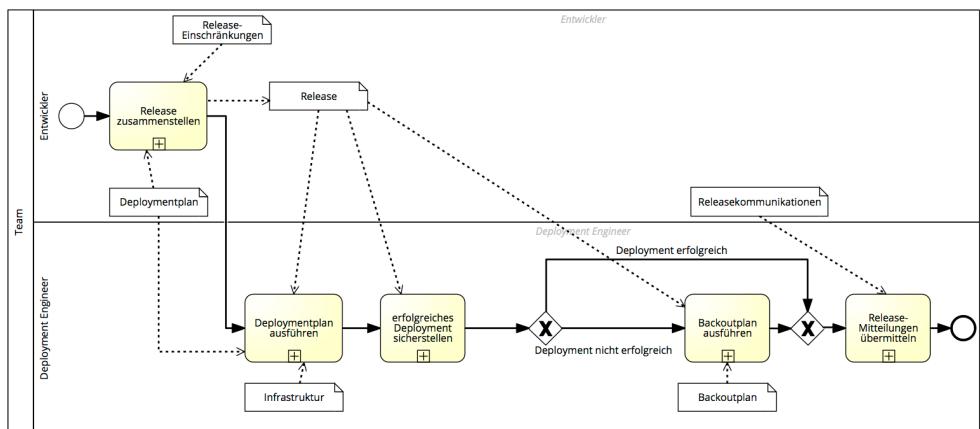
- Imperatives Modell  Deklaratives Modell

21 Bitte beschreiben Sie, warum Sie das von Ihnen pr\u00e4ferierte Modell ver\u00e4st\u00e4ndlicher finden. \*

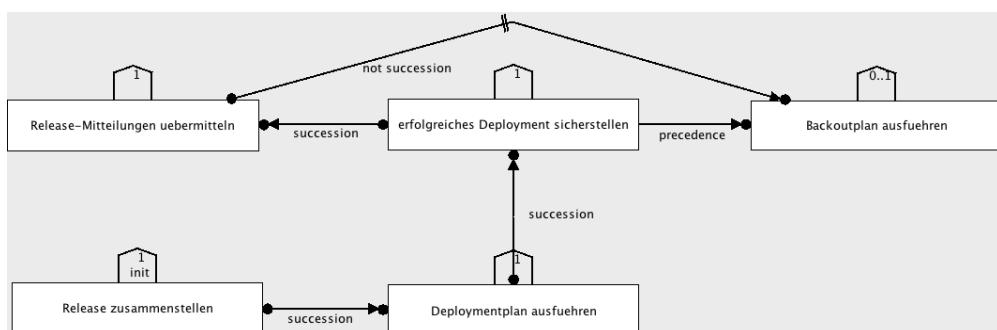
Bitte geben Sie Ihre Antwort hier ein:

22

Gegeben ist folgender imperativer Prozess:



und der nachfolgende deklarative Prozess:



\*

Bitte wählen Sie die zutreffende Antwort für jeden Punkt aus:

Imperatives Modell

Deklaratives Modell

Welches der beiden Prozessmodelle finden Sie verständlicher?



23 Bitte beschreiben Sie, warum Sie das von Ihnen präferierte Modell verständlicher finden. \*

Bitte geben Sie Ihre Antwort hier ein:



D

**Rohdaten**

## D. Rohdaten

ID	Frage 1	Frage 2	Frage 3	Frage 4	Frage 5	Frage 6	Frage 7	Frage 8	Frage 9	Frage 10	Frage 11
<b>Fragebogen 1</b>											
4	männlich	33	5	10	100	3	5	3	3	3	3
5	weiblich	31	4	8	4	2	2	0	2	1	1
6	männlich	27	3	3	0	2	3	0	4	1	2
12	weiblich	25	3	2	0	1	2	0	3	1	1
13	weiblich	26	3	3	0	1	0	0	3	2	3
16	weiblich	25	2	0	0	1	0	0	1	1	2
17	weiblich	27	3	6	10	4	2	4	4	1	1
18	männlich	29	4	6	10	4	6	5	3	1	1
19	männlich	28	4	4	30	1	0	0	2	2	2
22	männlich	24	2	1	0	1	0	0	1	1	2
23	männlich	29	2	1	0	1	0	0	3	1	2
24	weiblich	24	2	2	2	1	0	0	1	1	2
25	männlich	28	3	1	0	1	0	0	4	1	3
26	männlich	25	5	2	10	3	0	0	4	2	4
28	männlich	37	4	5	10	1	0	0	3	1	1
29	weiblich	27	2	2	1	0	0	2	1	1	2
<b>Fragebogen 2</b>											
3	männlich	33	5	10	20	5	5	10	3	3	4
5	männlich	28	4	5	10	2	1	0	3	1	2
8	weiblich	30	2	0	0	1	0	0	2	1	1
10	weiblich	25	4	3	2	2	0	0	1	1	2
12	weiblich	23	3	3	5	1	0	0	4	2	2
13	männlich	29	5	6	25	3	2	5	4	2	3
14	männlich	30	4	5	200	2	4	5	2	1	2
16	männlich	34	3	2	5	5	0	0	4	5	3
17	männlich	28	2	1	1	1	0	0	1	1	2
19	weiblich	24	3	2	0	1	0	0	1	1	1
20	männlich	26	3	0	0	3	0	0	3	1	4
21	männlich	31	5	8	30	3	3	10	3	2	2
23	männlich	30	4	4	25	1	0	0	4	1	2
25	weiblich	25	3	2	5	1	0	0	2	4	4
26	männlich	25	3	4	2	1	0	0	2	1	1
28	männlich	25	1	0	0	1	0	0	2	1	2

Abbildung D.1.: Rohdaten Allgemeine Fragen

ID	Fragebogen 1	Frage 12	Frage 12	Frage 12	Frage 12	Frage 12	Frage 12	Frage 12
4	Nein	Ja	Nein	Ja	Nein	Ja	Ja	Nein
5	Nein	Ja	Nein	Ja	Nein	Ja	Ja	Nein
6	Nein	Ja	Nein	Ja	Nein	Ja	Ja	Nein
12	Nein	Ja	Nein	Ja	Nein	Ja	Ja	Nein
13	Nein	Ja	Nein	Ja	Nein	Ja	Ja	Nein
16	Nein	Ja	Nein	Ja	Nein	Ja	Ja	Nein
17	Nein	Ja	Ja	Ja	Nein	Ja	Ja	Nein
18	Nein	Ja	Nein	Ja	Nein	Ja	Ja	Nein
19	Nein	Ja	Nein	Ja	Nein	Ja	Ja	Nein
22	Nein	Ja	Nein	Ja	Nein	Ja	Ja	Nein
23	Nein	Ja	Nein	Ja	Nein	Ja	Ja	Nein
24	Nein	Ja	Nein	Ja	Nein	Ja	Ja	Nein
25	Nein	Ja	Nein	Ja	Nein	Ja	Ja	Ja
26	Nein	Ja	Nein	Ja	Nein	Ja	Ja	Nein
28	Nein	Ja	Ja	Ja	Nein	Ja	Ja	Nein
29	Nein	Ja	Nein	Ja	Nein	Ja	Ja	Nein
Fragebogen 2								
3	Nein	Nein	Ja	Nein	Nein	Nein	Nein	Ja
5	Nein	Nein	Ja	Ja	Unentschlossen	Nein	Nein	Ja
8	Nein	Ja	Ja	Ja	Nein	Ja	Nein	Ja
10	Nein	Ja	Gehrt aus Modell nicht hervor	Ja	Gehrt aus Modell nicht hervor	Nein	Nein	Ja
12	Nein	Ja	Nein	Ja	Ja	Nein	Nein	Ja
13	Nein	Ja	Nein	Ja	Gehrt aus Modell nicht hervor	Unentschlossen	Nein	Ja
14	Nein	Ja	Nein	Ja	Nein	Ja	Nein	Ja
16	Nein	Ja	Nein	Ja	Nein	Ja	Nein	Ja
17	Nein	Ja	Nein	Ja	Gehrt aus Modell nicht hervor	Ja	Nein	Ja
19	Nein	Ja	Unentschlossen	Ja	Ja	Nein	Nein	Ja
20	Nein	Ja	Nein	Ja	Gehrt aus Modell nicht hervor	Ja	Nein	Ja
21	Nein	Ja	Nein	Ja	Ja	Nein	Nein	Unentschlossen
23	Nein	Ja	Nein	Ja	Ja	Nein	Nein	Ja
25	Nein	Ja	Nein	Ja	Unentschlossen	Ja	Ja	Ja
26	Nein	Ja	Nein	Ja	Ja	Nein	Nein	Ja
28	Nein	Ja	Nein	Ja	Ja	Nein	Nein	Ja

Abbildung D.2.: Rohdaten Frage 12

## D. Rohdaten

ID	Frage 13	Frage 13	Frage 13	Frage 13	Frage 13	Frage 13	Frage 13
<b>Fragebogen 1</b>							
4	Ja	Nein	Nein	Nein	Ja	Ja	Nein
5	Ja	Nein	Nein	Nein	Ja	Ja	Nein
6	Ja	Ja	Unentschlossen	Unentschlossen	Ja	Ja	Unentschlossen
12	Ja	Nein	Nein	Nein	Ja	Ja	Ja
13	Ja	Unentschlossen	Nein	Nein	Ja	Ja	Unentschlossen
16	Geht aus Modell nicht hervor	Ja	Nein	Nein	Ja	Ja	Nein
17	Ja	Nein	Nein	Nein	Ja	Ja	Nein
18	Ja	Nein	Gehrt aus Modell nicht hervor	Unentschlossen	Ja	Ja	Unentschlossen
19	Ja	Nein	Gehrt aus Modell nicht hervor	Nein	Ja	Ja	Nein
22	Ja	Ja	Nein	Nein	Nein	Nein	Nein
23	Ja	Ja	Nein	Nein	Ja	Ja	Nein
24	Ja	Nein	Nein	Gehrt aus Modell nicht hervor	Ja	Ja	Nein
25	Ja	Unentschlossen	Nein	Nein	Gehrt aus Modell nicht hervor	Ja	Ja
26	Ja	Nein	Nein	Nein	Ja	Ja	Unentschlossen
28	Ja	Nein	Gehrt aus Modell nicht hervor	Ja	Nein	Ja	Nein
29	Ja	Unentschlossen	Nein	Ja	Nein	Ja	Unentschlossen
<b>Fragebogen 2</b>							
3	Ja	Nein	Nein	Nein	Ja	Ja	Nein
5	Nein	Ja	Nein	Nein	Ja	Ja	Nein
8	Ja	Nein	Nein	Nein	Ja	Ja	Nein
10	Ja	Ja	Nein	Gehrt aus Modell nicht hervor	Nein	Gehrt aus Modell nicht hervor	Nein
12	Ja	Ja	Nein	Nein	Ja	Ja	Nein
13	Nein	Ja	Nein	Nein	Ja	Ja	Nein
14	Ja	Ja	Nein	Nein	Ja	Ja	Unentschlossen
16	Ja	Ja	Nein	Nein	Ja	Ja	Nein
17	Ja	Nein	Nein	Nein	Ja	Ja	Nein
19	Ja	Ja	Nein	Nein	Ja	Ja	Nein
20	Ja	Ja	Nein	Nein	Ja	Ja	Nein
21	Nein	Ja	Nein	Ja	Ja	Ja	Nein
23	Geht aus Modell nicht hervor	Ja	Nein	Nein	Ja	Ja	Nein
25	Ja	Ja	Nein	Nein	Ja	Ja	Nein
26	Ja	Ja	Nein	Ja	Ja	Ja	Nein
28	Ja	Ja	Nein	Ja	Ja	Ja	Nein

Abbildung D.3.: Rohdaten Frage 13

ID	Fragebogen 1	Frage 14	Frage 14	Frage 14	Frage 14	Frage 14	Frage 14	Frage 14
Fragebogen 1								
4	Ja	Nein	Ja	Ja	Ja	Nein	Ja	Ja
5	Ja	Nein	Ja	Ja	Ja	Nein	Ja	Ja
6	Ja	Nein	Ja	Ja	Ja	Nein	Ja	Ja
12	Ja	Nein	Ja	Nein	Ja	Nein	Ja	Ja
13	Ja	Nein	Ja	Ja	Ja	Nein	Ja	Ja
16	Ja	Nein	Ja	Ja	Ja	Nein	Ja	Ja
17	Ja	Nein	Ja	Ja	Ja	Nein	Ja	Ja
18	Ja	Nein	Ja	Ja	Ja	Nein	Ja	Ja
19	Ja	Nein	Ja	Ja	Ja	Nein	Ja	Ja
22	Ja	Nein	Ja	Ja	Ja	Nein	Ja	Ja
23	Ja	Nein	Ja	Ja	Ja	Nein	Ja	Ja
24	Ja	Nein	Ja	Ja	Ja	Nein	Ja	Ja
25	Ja	Nein	Ja	Ja	Ja	Nein	Ja	Ja
26	Ja	Nein	Ja	Ja	Ja	Nein	Ja	Ja
28	Ja	Ja	Ja	Ja	Ja	Nein	Ja	Ja
29	Ja	Ja	Ja	Ja	Ja	Nein	Ja	Ja
Fragebogen 2								
3	Nein	Nein	Ja	Ja	Nein	Nein	Nein	Nein
5	Ja	Ja	Nein	Nein	Nein	Nein	Ja	Ja
8	Ja	Nein	Ja	Nein	Nein	Nein	Ja	Ja
10	Ja	Nein	Ja	Ja	Unentschlossen	Nein	Unentschlossen	Gehrt aus Modell nicht hervor
12	Ja	Nein	Ja	Nein	Nein	Gehrt aus Modell nicht hervor	Ja	Ja
13	Unentschlossen	Unentschlossen	Ja	Nein	Nein	Unentschlossen	Ja	Ja
14	Ja	Nein	Ja	Ja	Unentschlossen	Nein	Ja	Ja
16	Ja	Nein	Ja	Nein	Ja	Nein	Ja	Ja
17	Ja	Nein	Ja	Ja	Ja	Nein	Ja	Ja
19	Ja	Ja	Ja	Nein	Nein	Nein	Ja	Nein
20	Ja	Nein	Ja	Nein	Nein	Nein	Ja	Gehrt aus Modell nicht hervor
21	Ja	Ja	Ja	Nein	Nein	Nein	Ja	Nein
23	Ja	Nein	Ja	Nein	Ja	Ja	Ja	Ja
25	Ja	Ja	Ja	Nein	Nein	Ja	Ja	Ja
26	Ja	Nein	Ja	Nein	Ja	Ja	Ja	Ja
28	Ja	Unentschlossen	Ja	Nein	Nein	Ja	Ja	Unentschlossen

Abbildung D.4.: Rohdaten Frage 14

## D. Rohdaten

ID	Frage 15	Frage 15	Frage 15	Frage 15	Frage 15	Frage 15	Frage 15
Fragebogen 1							
4	Ja	Ja	Nein	Nein	Nein	Nein	Nein
5	Ja	Ja	Ja	Nein	Nein	Nein	Nein
6	Ja	Ja	Nein	Nein	Unentschlossen	Unentschlossen	Unentschlossen
12	Ja	Ja	Nein	Nein	Ja	Nein	Nein
13	Ja	Ja	Ja	Unentschlossen	Nein	Unentschlossen	Unentschlossen
16	Ja	Ja	Nein	Nein	Nein	Nein	Nein
17	Ja	Ja	Ja	Nein	Nein	Nein	Nein
18	Ja	Unentschlossen	Ja	Nein	Nein	Unentschlossen	Nein
19	Ja	Ja	Nein	Ja	Nein	Nein	Nein
22	Ja	Ja	Ja	Nein	Nein	Nein	Nein
23	Ja	Ja	Ja	Nein	Nein	Nein	Nein
24	Ja	Ja	Ja	Nein	Nein	Nein	Nein
25	Ja	Ja	Ja	Nein	Nein	Unentschlossen	Unentschlossen
26	Ja	Ja	Ja	Nein	Nein	Nein	Nein
28	Ja	Ja	Nein	Nein	Nein	Nein	Nein
29	Ja	Ja	Ja	Nein	Nein	Gehrt nicht aus Modell hervor	Gehrt nicht aus Modell hervor
3	Ja	Ja	Ja	Nein	Ja	Nein	Nein
5	Ja	Ja	Ja	Nein	Nein	Nein	Nein
8	Ja	Ja	Ja	Nein	Nein	Nein	Nein
10	Geht aus Modell nicht hervor	Gehrt aus Modell nicht hervor	Ja	Nein	Nein	Nein	Nein
12	Ja	Ja	Ja	Nein	Nein	Nein	Nein
13	Ja	Ja	Ja	Nein	Nein	Nein	Nein
14	Ja	Ja	Ja	Nein	Nein	Nein	Nein
16	Ja	Ja	Ja	Nein	Nein	Nein	Nein
17	Ja	Ja	Ja	Nein	Nein	Nein	Nein
19	Ja	Ja	Ja	Nein	Nein	Nein	Nein
20	Ja	Ja	Ja	Nein	Nein	Nein	Nein
21	Ja	Ja	Ja	Nein	Ja	Nein	Nein
23	Ja	Ja	Ja	Nein	Nein	Nein	Nein
25	Ja	Ja	Ja	Nein	Nein	Nein	Nein
26	Ja	Ja	Ja	Nein	Nein	Nein	Nein
28	Ja	Ja	Nein	Nein	Nein	Nein	Nein

Abbildung D.5.: Rohdaten Frage 15

ID	Frage 16	Frage 17
	Fragebogen 1	
4	Imperatives Modell	klarer Struktur
5	Imperatives Modell	Deklarative Modelle sind einfach extrem beschissen zu lesen! Die tausend unterschiedlichen Kanten-Darstellungen verwirren extrem und es ist einfach nicht verständlich!
6	Imperatives Modell	Ich kann mit dem deklarativen PM nix anfangen, weil ich es nicht kenne.
12	Imperatives Modell	bessere Kenntnis von bpmn -> Vorlesung besucht
13	Imperatives Modell	Die Reihenfolge der Schritte ist leichter verständlich, da sie von links nach rechts geht, Reihenfolge ist durch die Pfeile auch einfacher verständlich. Die graphische Darstellung ist auch moderner& klarer, was die Verständlichkeit vereinfacht.
16	Imperatives Modell	Die Zahlreichen und komplexe Constraints im deklarativen Modell erschweren es, sich vorzustellen, was tatsächlich zur Laufzeit alles passieren kann.
17	Imperatives Modell	Der Prozess ist gut strukturiert. Außerdem kann ich BPMN besser. ;)
18	Imperatives Modell	-Gewohnheit - Symbolik ist "deutlicher"
19	Imperatives Modell	Die Notation ist intuitiv und einfach zu merken.
22	Imperatives Modell	Imperative Vorteil: arbeitsteilung (team und weiter), output files separat erkannt, Unterscheidung zwischen Prozess und output, konstant von links nach rechts zu lesen imperativ Nachteil: viele Pfeile; deklarativ Vorteil: (fast) eine einzige durchgehende Linie; deklarativ Nachteil: hat nichts die Vorteile von BPMN, keine genau Richtung zum lesen (nach rechts)
23	Deklaratives Modell	Kompakter dafür mehr Verständnis notwendig
24	Imperatives Modell	* Klare Struktur.. * Anfolge eindeutig erkennbar.
25	Imperatives Modell	Es ist strukturierter. Das ist natürlich ein subjektiver Eindruck, je nach dem, wie viel Erfahrung man schon gemacht hat.
26	Imperatives Modell	Wahrscheinlich weil mir die Notation vom imperativen bekannt ist. -> Ich denke auch, dass die imperative Notation ohne Vorwissen verständlicher ist, da beim deklarativen die Notation bekannt sein muss (die Punkte bei den Pfeilen haben ja nach Anordnung ja versch. Bedeutung).
28	Imperatives Modell	intuitiver
29	Imperatives Modell	Zusätzliche Informationen über verantwortlichkeiten und Ergebnis einer Aktivität.
	Fragebogen 2	
3	Imperatives Modell	Weniger unterschiedliche Elemente
5	Imperatives Modell	Ich bin mehr gewöhnt mit dem imperativen Modell. Für mich ist klarer und intuitiver die Ordnung der Aktivitäten zu verstehen.
8	Imperatives Modell	Blicken und nachdenken (zumindest prinzipiell)
10	Imperatives Modell	Bessere Kenntnisse für mich übersichtlicher
12	Imperatives Modell	Da ich mich besser mit imperativen Modellen auskenne, wobei das deklarative Modell übersichtlicher ist.
13	Imperatives Modell	Notationen vom anderen Modell nicht klar und kompliziert zu verstehen
14	Imperatives Modell	Das deklarative Modell hat nicht eine Leserichtung, man muss dazwischen einmal von rechts nach links dem 'quasi Fluss' mit den Augen folgen.
16	Imperatives Modell	Im imperativen Modell sieht man den Ablauf des Prozesses einfacher (was für einen SE Prozess doch essenziell ist).
17	Imperatives Modell	Mehr Erfahrung mit imperativen Modellen
19	Imperatives Modell	Ich vermute, dass es an der fehlenden Kenntnis liegt, da ich keine Anhaltspunkte zu den gezeigten Symbolen habe.
20	Imperatives Modell	Noch nie mit deklarativen Modellen gearbeitet und bei imperativen kann man einfach den Pfeilen "hinterherlaufen".
21	Imperatives Modell	komplexer, viele Datenobjekte stören
23	Imperatives Modell	* Zu viele verschiedene Konnektoren in deklarativen Modell * Beides jeweils nicht intuitiv und verständlich * Klare Start- und Endaktivitäten in imperativem Modell
25	Imperatives Modell	Der Sequenzfluss und die Parallelität der ist leichter nachvollziehbar.
26	Imperatives Modell	Aktuell nur aus Gewohnheit, zu wenig Erfahrungswerte!
28	Imperatives Modell	UND / ODER Notation; Swimlanes (?)

Abbildung D.6.: Rohdaten Frage 16/17

## D. Rohdaten

ID	Frage 18	Frage 19
Fragebogen 1		
4 Deklaratives Modell	Schrift ist besser lesbar	
5 Imperatives Modell	gleicher Grund wie oben	
6 Deklaratives Modell	In diesem Fall ist das deklarative PM besser, weil man dem Modell hier auch ohne es zu kennen entnehmen kann das bei Erfolg die nächste Aktivität ausgeführt wird und bei Misserfolg die vorige.	
12 Imperatives Modell	analog	
13 Imperatives Modell	Die Pfeile werden eindeutiger benannt (nicht nur mit "succession".	
16 Imperatives Modell	Beide Modelle sind schlecht, beim deklarativen ist man schneller beim Durchdringen der Semantik. Deklarative Modell man noch einfacher gestalten!	
17 Imperatives Modell	Sehr strukturierter Prozesse. Kein Schleifen etc.	
18 Deklaratives Modell	- In diesem Fall ist die Notation klarer - "unnötige" Artefakte (z.B. Joins) fehlen	
19 Imperatives Modell	siehe oben	
22 Deklaratives Modell	deklarativ Vorteil: man muss nicht die (In dem fall deutsche) Sprache kennen um das Modell zu verstehen. Modell auch ohne pfeilbeschriftung eindeutig	
23 Imperatives Modell	Zu wenig Informationen beim deklarativen Modell * Prozessablauf klar erkennbar. - Gateways helfen die Struktur expliziter zu machen. So kann ich dem Sequenzfluss besser folgen.	
24 Imperatives Modell	Same here	
26 Imperatives Modell	Es ist etwas kompakter	
28 Deklaratives Modell	Alle Informationen zum verständnis des diagramms gehen aus dem diagramm hervor; beispielsweise durch beschriftung der pfeile	
Fragebogen 2		
3 Imperatives Modell	siehe Frage 17	
5 Imperatives Modell	Gleich als 17. Auf dem deklarativen Modell kann man die Loops nicht richtig sehen.	
8 Imperatives Modell	Beim deklarativen ist nicht sofort ersichtlich, dass eine aktivität mehrmals hintereinander ausgeführt werden darf.	
10 Imperatives Modell	Übersichtlicher start und Endpunkte def. -> richtung klar	
12 Imperatives Modell	Pfeilrichtung ist eindeutiger; keine Punkte die noch etwas bedeuten konnten	
13 Imperatives Modell	Ich bin mit der Notation vertraut	
14 Imperatives Modell	Finde eigentlich beide gleich gut verständlich, hier hängt es vermutlich einfach davon ab welche Sprache man persönlich mehr favorisiert.	
16 Imperatives Modell	Die Verbindung von mehreren Constraints finde ich sehr schwer verständlich (gibt auch Forschung dazu, die das empirisch belegt).	
17 Imperatives Modell	Mehr Erfahrung mit imperativen Modellen	
19 Imperatives Modell	wüsste nicht was die Pfeile beim Deklarativen modell darstellen, wenn ich nicht das gleiche Beispiel im imperativen hätte.	
20 Imperatives Modell	Ich habe von "succession" und "not succession" nicht erwartet, dass sie so funktionieren, wie es im imperativen Modell beschrieben ist.	
21 Imperatives Modell	Ablauf mit Schleifen besser erkennbar	
23 Imperatives Modell	Siehe vorherige Frage. Außerdem: * "not succession" sehr unintuitiv	
25 Deklaratives Modell	Einfacher zu erkennen, dass nur bei Erfolg nächste Aktivität auszuführen ist.	
26 Imperatives Modell	Aktuell nur aus Gewohnheit; zu wenig Erfahrungswert	
28 Imperatives Modell	UND / ODER Notation	

Abbildung D.7.: Rohdaten Frage 18/19

ID	Frage 20	Frage 21
	Fragebogen 1	
4	Imperatives Modell	bessere Struktur
5	Imperatives Modell	und nochmal.
6	Deklaratives Modell	Ich verstehe das deklarative PM nicht.
12	Imperatives Modell	analog + imperativ übersichtlicher.
13	Imperatives Modell	Eine Art von Pfeiler. Der Prozess kann von Links nach Rechts gelesen werden.
16	Imperatives Modell	Die zahlreichen und komplexen Constraints im deklarativen Modell erschweren es, sich vorzustellen, was tatsächlich zur Laufzeit alles passieren kann.
17	Imperatives Modell	Wieder strukturierter Prozess.
18	Deklaratives Modell	zu viel unterschiedliche Symbolik beim imperativen Modell
19	Imperatives Modell	siehe oben
22	Imperatives Modell	imperative Vorteil: gleich wie das erste Beispiel strukturiert dargestellt:
23	Imperatives Modell	deklarativ Nachteil: unübersichtlich, viele pfeilarten -> Verwirrung, keine intuitive Leserichtung (wo soll man anfangen)
24	Imperatives Modell	Deklarativ zu komplex.
25	Imperatives Modell	* Prozessablauf klar erkennbar.
26	Imperatives Modell	Deklaratives Modell ist sehr unübersichtlich!
28	Imperatives Modell	Das deklarative wirkt abschreckend, das imperative hingegen ist übersichtlich
29	Imperatives Modell	das imperativ Modell ist in diesem Fall wesentlich kompakter und verständlicher
	Fragebogen 2	
3	Imperatives Modell	Übersichtliche Struktur
5	Imperatives Modell	Gleich als 17. Die Loops sind besser lesbar in dem BPMN Modell.
8	Imperatives Modell	Bei klar definierte abfolge, mal wieder.. ich muss nicht erst im Graphen suchen, bis ich weis, wa sich potenziell alles als nächstes machen kann.
10	Imperatives Modell	Das andere zu unübersichtlich
12	Imperatives Modell	Übersichtlicher
13	Imperatives Modell	Notation verständlich
14	Imperatives Modell	Imperativ mit einem Blick verständlich, bei deklarativen muss man erst mal genau schauen was die ganzen Pfeile da machen... und man hat sich da auch nicht besonders viel Mühe gegeben, die Pfeile "sauber" zu machen.
16	Imperatives Modell	Wiederum weil man imperativen Modell den Ablauf "auf den ersten Blick" sieht - im deklarativen Modell ist der Ablauf nicht sofort ersichtlich.
17	Imperatives Modell	Mehr Erfahrung mit imperativen Modellen
19	Imperatives Modell	Hier habe ich wieder keinen wirklichen Anhaltspunkt, wo beim deklarativen Modell gestartet/beendet wird
20	Imperatives Modell	Stichwort: "Pfeile hinterherlaufen"
21	Imperatives Modell	Ablauf klar erkennbar
23	Imperatives Modell	Siehe beide vorherigen Fragen :)
25	Imperatives Modell	Die Wiederholungen sind einfacher zu erkennen und Prozess ist strukturierter aufgebaut.
26	Imperatives Modell	Aktuell nur aus Gewohnheit, zu wenig Erfahrungswertel
28	Imperatives Modell	UND / ODER Notation: Startpunkt ersichtlicher (anstatt einfach init in das Häuschen zu schreiben..)

Abbildung D.8.: Rohdaten Frage 20/21

## D. Rohdaten

ID	Frage 22	Frage 23
Fragebogen 1		
4 imperatives Modell	Optionalität der Aktivität "Backouplan ausführen" ist im imperativen Modell besser erkennbar	
5 imperatives Modell	und nochmal..	
6 imperatives Modell	Ich verstehe das deklarative PM nicht.	
12 imperatives Modell	analog obwohl hier die Übersichtlichkeit im deklarativen besser ist	
13 imperatives Modell	Siehe oben.	
16 imperatives Modell	Datenobjekte sind sehr wichtige Faktoren für das Verständnis	
17 imperatives Modell	Wieder strukturiert. Die Daten welche das imperativ unübersichtlich machen sind im deklarativen Modell nicht vorhanden.	
18 deklaratives Modell	- mehr Informationsgehalt (falls notwendig)	
19 imperatives Modell	siehe oben	
22 imperatives Modell	imperative Vorteil: auch wie oben, output Dokumente werden angegeben, klar wann der Prozess endet und auf dem ersten Blick sichtbar welche Prozesse eventuell wiederholt werden können oder müssen. imperativ Nachteil: viele Pfeile --> unübersichtlich deklarativ Vorteil: strukturiert, aber fehlende Outputs	
23 Deklaratives Modell	Kompakt	
24 imperatives Modell	* Prozessablauf klar erkennbar.	
25 imperatives Modell	Ist der Vergleich hier sinnvoll? Denn es werden ja nicht die gleichen Informationen visualisiert. Beim imperativen Modell müssen ja zusätzlich zu den Tasks noch die Datenobjekte und der Datenfluss verarbeitet werden...	
26 Deklaratives Modell	Hier wirkt das imperative Modell unübersichtlich durch die vielen Daten	
28 Deklaratives Modell	siehe oben	
29 Deklaratives Modell	in diesem Fall einfacher zu lesen	
Fragebogen 2		
3 imperatives Modell	Nicht vergleichbar, da das imperative Modell Datenobjekte beinhaltet	
5 imperatives Modell	Die Bedingung für die Ausführung der Aktivität "Backouplan ausführen" ist mir nicht klar auf dem deklarativen Modell.	
8 imperatives Modell	klare Abfolge des imperativen Modells	
10 Deklaratives Modell	siehe oben	
12 Deklaratives Modell	imperativ hier wegen Dokumente zu unübersichtlich	
13 imperatives Modell	kompakter dargestellt	
14 Deklaratives Modell	Notation klar	
16 imperatives Modell	Wiederum selbe Argumentation (angenommen dass man die vielen Notizen entfernen würde).	
17 imperatives Modell	Mehr Erfahrung mit imperativen Modellen	
19 imperatives Modell	einfach übersichtlicher wie der Ablauf ist und welche Daten gespeichert werden.	
20 imperatives Modell	Ich bleib dabei...	
21 Deklaratives Modell	Viele Datenobjekte stören	
23 imperatives Modell	Siehe vorherige Fragen. Außerdem: * Datenflüsse klar ablesbar in imperativem Modell	
25 imperatives Modell	Sequenzfluss ist leichter nachvollziehbar.	
26 imperatives Modell	Aktuell nur aus Gewohnheit, zu wenig Erfahrungswert!	
28 imperatives Modell	UND / ODER Notation; Dokumenteneingabe übersichtlicher	

Abbildung D.9.: Rohdaten Frage 22/23

# Abbildungsverzeichnis

1.1. Aufbau der Arbeit . . . . .	6
2.1. Schichten des Software Engineering [Pun07] . . . . .	8
2.2. Phasen des Softwareprozesses nach [Han10] . . . . .	10
2.3. Software-Projekttypen nach [Boe81] . . . . .	11
3.1. Ziele der Prozessmodellierung nach [Koc11] . . . . .	14
3.2. Grundsatz ordnungsgemäßer Modellierung nach [BRS] . . . . .	16
3.3. BPMN-Elemente Übersicht nach [GL12] . . . . .	20
3.4. BPMN-Gateways . . . . .	22
3.5. Deklarativer Beispiel-Prozess [PA06] . . . . .	24
3.6. Siganvio Process Editor (Screenshot Siganvio) . . . . .	26
3.7. Siganvio Simulation (Screenshot Siganvio) . . . . .	27
3.8. Declare Systemarchitektur nach [PSA] . . . . .	28
3.9. Declare Designer (Screenshot aus Declare) . . . . .	29
3.10. Declare Framework (Screenshot aus Declare) . . . . .	30
3.11. Declare Worklist (Screenshot aus Declare) . . . . .	30
4.1. Übersicht der Vergleichskriterien . . . . .	40
5.1. Scrum Überblick nach [Moub] . . . . .	43
5.2. Imperative Modellierung Scrum . . . . .	47
5.3. Imperative Modellierung Scrum Unterprozess . . . . .	48
5.4. Deklarative Modellierung Scrum . . . . .	50

## *Abbildungsverzeichnis*

5.5. Deklarative Modellierung Scrum-Unterprozess Sprint-Planning-Meeting durchführen . . . . .	50
5.6. Vergleich der Anzahl der Elemente Scrum . . . . .	51
5.7. Tabellarischer Vergleich von Scrum . . . . .	55
5.8. Open UP Überblick nach [Bal] . . . . .	56
5.9. Phasen Open UP nach [Bal] . . . . .	57
5.10. Rollen in Open UP nach [Spa] . . . . .	60
5.11. Phasen Open UP- imperativ . . . . .	62
5.12. Phasen Open UP Unterprozess Inception- imperativ . . . . .	63
5.13. Phasen Open UP Unterprozess Elaboration- imperativ . . . . .	64
5.14. Phasen Open UP Unterprozess Construction- imperativ . . . . .	65
5.15. Phasen Open UP Unterprozess Transition- imperativ . . . . .	66
5.16. Lösungssinkrement entwickeln imperativ . . . . .	68
5.17. Iteration planen und managen imperativ - Inception . . . . .	70
5.18. Iteration planen und managen imperativ - Inception Unterprozess Umgebung vorbereiten . . . . .	71
5.19. Anforderungen identifizieren und verfeinern-Elaboration . . . . .	73
5.20. Produktdokumentation und Training erstellen - Construction . . . . .	74
5.21. Release deployen-Transition . . . . .	76
5.22. Phasen Open UP- deklarativ . . . . .	77
5.23. Phasen Open UP Unterprozess Inception- deklarativ . . . . .	78
5.24. Phasen Open UP Unterprozess Elaboration- deklarativ . . . . .	78
5.25. Phasen Open UP Unterprozess Construction- deklarativ . . . . .	79
5.26. Phasen Open UP Unterprozess Transition- deklarativ . . . . .	80
5.27. Lösungssinkrement entwickeln- deklarativ . . . . .	82
5.28. Iteration planen und managen-Inception deklarativ . . . . .	83
5.29. Iteration planen und managen - Inception Unterprozess Umgebung vorbereiten- deklarativ . . . . .	83
5.30. Anforderungen identifizieren und verfeinern - Elaboration . . . . .	84
5.31. Produktdokumentation und Training erstellen - Construction . . . . .	85
5.32. Release deployen-Transition . . . . .	85

## Abbildungsverzeichnis

5.33. Phasen Open UP . . . . .	86
5.34. Open UP-Inception . . . . .	87
5.35. Lösungssinkrement entwickeln . . . . .	88
5.36. Open UP-Iteration planen . . . . .	89
5.37. Übersicht Vergleich Open UP . . . . .	94
5.38. Grundstruktur V-Modell XT nach [Bun] . . . . .	95
5.39. Projekttypen V-Modell XT nach [Bun] . . . . .	96
5.40. Zuordnung der Projekttypvarianten zu den Projekttypen des V-Modell XT [Bun] . . . . .	97
5.41. Vorgehensbausteine V-Modell XT nach [Bun] . . . . .	99
5.42. V-Modell XT-Kern und Vorgehensbausteinlandkarte nach [Bun] . . . . .	100
5.43. Entscheidungspunkte V-Modell XT nach [Bun] . . . . .	103
5.44. Entscheidungspunkte für die Projektdurchführungsstrategie nach [Bun] . . . . .	104
5.45. Systementwicklungsprojekt AG/AN V-Modell XT - imperativ . . . . .	106
5.46. Unterprozess Inkrementelle Entwicklung durchführen V-Modell XT - impe- rativ . . . . .	108
5.47. System entwerfen V-Modell XT - imperativ . . . . .	110
5.48. System spezifizieren-imperativ . . . . .	111
5.49. Systementwicklungsprojekt AG/AN V-Modell XT - deklarativ . . . . .	113
5.50. Systementwicklungsprojekt AG/AN V-Modell XT Unterprozess Entwick- lung durchführen - deklarativ . . . . .	113
5.51. Unterprozess Inkrementelle Entwicklung durchführen V-Modell XT - impe- rativ . . . . .	115
5.52. System entwerfen - deklarativ . . . . .	116
5.53. System spezifizieren- deklarativ . . . . .	118
5.54. Systementwicklungsprojekt AG/AN . . . . .	119
5.55. Inkrementelle Entwicklung . . . . .	120
5.56. System entwerfen . . . . .	120
5.57. System spezifizieren . . . . .	121
5.58. Übersicht Vergleich V-Modell XT . . . . .	124
5.59. Übersicht Vergleich Allgemein . . . . .	128

## *Abbildungsverzeichnis*

6.1.	Struktur der Umfrage . . . . .	132
6.2.	Verteilung Erfahrung imperative und deklarative Modellierung . . . . .	134
6.3.	Allgemeine demographische Daten . . . . .	135
6.4.	Ergebnisse Verständnisfrage 1 aller Teilnehmer . . . . .	136
6.5.	Ergebnisse Verständnisfrage 2 aller Teilnehmer . . . . .	137
6.6.	Ergebnisse Verständnisfrage 3 aller Teilnehmer . . . . .	139
6.7.	Ergebnisse Verständnisfrage 4 aller Teilnehmer . . . . .	140
6.8.	Übersicht Ergebnisse der Teilnehmer aufgeteilt nach Erfahrung . . . . .	140
6.9.	Ergebnisse Meinungsfrage 1 aller Teilnehmer . . . . .	141
6.10.	Ergebnisse Meinungsfrage 2 aller Teilnehmer . . . . .	142
6.11.	Ergebnisse Meinungsfrage 3 aller Teilnehmer . . . . .	143
6.12.	Ergebnisse Meinungsfrage 4 aller Teilnehmer . . . . .	144
6.13.	Zusammenfassung Ergebnisse Studie . . . . .	149
A.1.	BPMN Gateways [All13] . . . . .	164
A.2.	BPMN Ereignisse [All13] . . . . .	165
A.3.	BPMN Übersicht [All13] . . . . .	166
D.1.	Rohdaten Allgemeine Fragen . . . . .	198
D.2.	Rohdaten Frage 12 . . . . .	199
D.3.	Rohdaten Frage 13 . . . . .	200
D.4.	Rohdaten Frage 14 . . . . .	201
D.5.	Rohdaten Frage 15 . . . . .	202
D.6.	Rohdaten Frage 16/17 . . . . .	203
D.7.	Rohdaten Frage 18/19 . . . . .	204
D.8.	Rohdaten Frage 20/21 . . . . .	205
D.9.	Rohdaten Frage 22/23 . . . . .	206

# **Tabellenverzeichnis**

3.1. Constraints ConDec [PA06] . . . . .	25
5.1. Iterationen und Zielstellungen der Phasen in Open UP [Bal] . . . . .	59
B.1. Constraints ConDec [Mon10, AP26] . . . . .	172



# Literaturverzeichnis

- [AL12] AMBLER, S.W. ; LINES, M.: *Disciplined Agile Delivery: A Practitioner's Guide to Agile Software Delivery in the Enterprise*. Pearson Education, 2012
- [All13] ALLWEYER, T.: *BPMN 2.0 - Business Process Model and Notation: Einführung in den Standard für die Geschäftsprozessmodellierung*. Books on Demand, 2013
- [AP26] AALST, W.M.P. ; PESIC, M.: DecSerFlow: Towards a Truly Declarative Service Flow Language. In: *Web Services and Formal Methods*. Springer, 2006, Lecture Notes in Computer Science, Vol. 6291, S. 1-26
- [Bal] BALDUINO, R.: *Introduction to OpenUP (Open Unified Process)*. <http://www.eclipse.org/epf/general/OpenUP.pdf>. – Letzter Zugriff: 08.12.2014
- [Bec12] BECKER, J.: *Prozessmanagement: Ein Leitfaden Zur Prozessorientierten Organisationsgestaltung*. Springer, 2012
- [Boe81] BOEHM, B. W.: *Software Engineering Economics*. Prentice Hall, 1981
- [Bra10] BRACK, T.: *Das V-Modell XT 1.2.1 im Umfeld der Qualitätssicherung nach ISO 9001:2000*. Diplom.de, 2010
- [Bre] BREGENZER, S.: *Projektdurchführungstrategie als strategisches Prozessmodell in BPMN*. <http://blog.milsystems.de/2012/08/projektdurchfuehrungstrategie\als-strategisches-prozessmodell-in-bpmn/>. – Letzter Zugriff: 08.12.2014

## Literaturverzeichnis

- [BRS] BECKER, J. ; ROSEMANN, M. ; SCHÜTTE, R.: Grundsätze ordnungsmäßiger Modellierung. In: *Wirtschaftsinformatik* 37 (5): 435–445, 1995
- [Bru07] BRUNNER, M.: *Fallstudie zur Modellierung von Software-Entwicklungsprozessen auf Basis des Software Process Engineering Metamodel 2.0*, Diplomarbeit, Lehrstuhl für Informatik 2, FAU, Diss., 2007
- [Bun] BUNDESVERWALTUNG, Beratungsstelle der Bundesregierung für Informationstechnik in d. ; DEUTSCHLAND, Bundesrepublik (Hrsg.): V-Modell XT. <http://ftp.uni-kl.de/pub/v-modell-xt/Release-1.2/Dokumentation/pdf/V-Modell-XT-Teill.pdf>. – Forschungsbericht. – Letzter Zugriff: 08.12.2014
- [CO] CAMPOS, A.L.N. ; OLIVEIRA, T. Cavalcante d.: Software Processes with BPMN: An Empirical Analysis. In: *PROFES'13*, S. 338–341, 2013
- [COR] CORP, IBM: *OpenUP Process Version 1.5.0.4*. <http://epf.eclipse.org/wikis/openup/>. – Letzter Zugriff: 08.12. 2014
- [Ecl] ECLIPSE: *Eclipse Scrum Library*. [http://www.eclipse.org/epf/downloads/praclib/praclib\\_downloads.php](http://www.eclipse.org/epf/downloads/praclib/praclib_downloads.php). – Letzter Zugriff: 08.12. 2014
- [EHS10] EL-HAIK, B. ; SHAOUT, A.: *Software Design For Six Sigma: A Roadmap For Excellence*. Wiley, 2010
- [FHKs08] FRIEDRICH, J. ; HAMMERSCHALL, U. ; KUHRMANN, M. ; SIHLING, M.: *Das V-Modell XT*. Springer, 2008
- [FMR<sup>+</sup>10] FAHLAND, D. ; MENDLING, J. ; REIJERS, H. A. ; WEBER, B. ; WEIDLICH, M. ; ZUGAL, S.: Declarative versus imperative process modeling languages: the issue of maintainability. In: *Business Process Management Workshops, LNBP*, Vol. 43, Springer, 2010, S. 477–488
- [FPW] FORSTER, S. ; PINGGERA, J. ; WEBER, B.: Collaborative Business Process Modeling. In: *EMISA, 2012*, Vol. 206, S. 81-94

- [Fre] FREUDENREICH, R.: Evaluierung der Potentiale des Eclipse Process Frameworks. In: *Modellbasierte Softwareentwicklung*
- [Fre07] FREUND, T.: *Software Engineering durch Modellierung wissensintensiver Entwicklungsprozesse*. GITO, 2007
- [Gad12] GADATSCH, A.: *Grundkurs Geschäftsprozess-Management*. Vieweg+Teubner Verlag, 2012
- [Gau] GAU, T.: UMA und EPF: Einführung und Anwendung in der Praxis. In: *Objekt Spektrum, (November/Dezember 2006-6), 2006*, S. 42-47
- [GBBK10] GRECHENIG, T. ; BERNHART, M. ; BREITENEDER, R. ; KAPPEL, K.: *Softwaretechnik*. Pearson Studium, 2010
- [GLa] GRUHN, V. ; LAUE, R.: Adopting the cognitive complexity measure for business process models. In: *5th IEEE International Conference on Cognitive Informatics, 2006*, S. 236–241
- [GLb] GRUHN, V. ; LAUE, R.: Complexity metrics for business process models. In: *9th International Conference on Business Information Systems, 2006*, S. 1–12
- [GL12] GÖPFERT, J. ; LINDENBACH, H.: *Geschäftsprozessmodellierung mit BPMN 2.0: Business Process Model and Notation*. Oldenbourg Wissenschaftsverlag, 2012
- [GORa] GRAMBOW, G. ; OBERHAUSER, R. ; REICHERT, M.: Contextual Generation of Declarative Workflows and their Application to Software Engineering Processes. In: *Int J on Advances in Intelligent Systems* 4, Nr. 3&4, S. 158–179, 2011
- [GORb] GRAMBOW, G. ; OBERHAUSER, R. ; REICHERT, M.: Contextual Injection of Quality Measures into Software Engineering Processes. In: *Int'l Journal on Advances in Software* 4, Nr. 1&2, S. 76–99, 2011
- [GORc] GRAMBOW, G. ; OBERHAUSER, R. ; REICHERT, M: Semantically-Driven Workflow Generation using Declarative Modeling for Processes in Software

## Literaturverzeichnis

- Engineering. In: *4th Int'l Workshop on Evolutionary Business Processes (EVL-BP'11), Proceedings EDOCW'11 Workshops*, IEEE Computer Society, S. 164–173, 2011
- [GS12] GUMM, H.P. ; SOMMER, M.: *Einführung in die Informatik*. Oldenbourg, 2012
- [Han10] HANSER, E.: *Agile Prozesse*. Springer, 2010
- [HBZ<sup>+</sup>] HAISJACKL, C. ; BARBA, I. ; ZUGAL, S. ; SOFFER, P. ; HADAR, I. ; REICHERT, M. ; PINGGERA, J. ; WEBER, B.: Understanding Declare models: strategies, pitfalls, empirical results. In: *Software & Systems Modeling, 2014, DOI: 10.1007/s10270-014-0435-z*
- [Hei07] HEINRICH, G.: *Allgemeine Systemanalyse*. Oldenbourg, 2007
- [HMa] HAUBER, R. ; MUTH, B.: Architekturprozesse—Systeme systematisch entwickeln. In: URL: [www.sigs-datacom.de](http://www.sigs-datacom.de), S.1–23, 2010
- [HMb] HESSE, W. ; MAYR, H. C.: Modellierung in der Softwaretechnik: eine Bestandsaufnahme. In: *Informatik-Spektrum* 31 (5) : 377-393, 2008
- [HRB<sup>+</sup>08] HÖHN, R. ; RAUSCH, A. ; BROY, M. ; HÖPPNER, S. ; BERGNER, K. ; PETRASCH, R. ; BIFFL, S. ; WAGNER, R. ; HESSE, W.: *Das V-Modell XT: Grundlagen, Methodik und Anwendungen*. Springer, 2008
- [HZS<sup>+</sup>] HAISJACKL, C. ; ZUGAL, S. ; SOFFER, P. ; HADAR, I. ; WEBER, B. ; PINGGERA, J. ; REICHERT, M: Making Sense of Declarative Process Models: Common Strategies and Typical Pitfalls. In: *Proc. BPMDS'13*, Springer, LNBP, vol. 147, S. 2–17, 2013
- [Kas98] KASCHEK, R.: Prozeßontologie als Faktor der Geschäftsprozeßmodellierung. In: *Modellierung '98, Proceedings des GI-Workshops in Münster, 11.-13. März 1998*, CEUR-WS.org, 1998
- [KBL13] KRALLMANN, H. ; BOBRIK, A. ; LEVINA, O.: *Systemanalyse im Unternehmen: Prozessorientierte Methoden der Wirtschaftsinformatik*. Oldenbourg, 2013
- [Kei10] KEITH, C.: *Agile game development with Scrum: Description based on print version record*. Addison-Wesley, 2010

- [Kir06] KIRCHER, H.: *IT: Technologien, Lösungen, Innovationen*. Springer, 2006
- [KLS11] KUHRMANN, M. ; LANGE, C. ; SCHNACKENBURG, A.: In: *EuroSPI*, Springer, 2011, S. 49–60
- [Koc11] KOCH, S.: *Einführung in das Management von Geschäftsprozessen*. Springer, 2011
- [Kö00] KÖLMEL, B.: *Softwareprozessverbesserungsprojekte*. Norderstedt : Books on Demand GmbH, 2000
- [Lac12] LACEY, M.: *The Scrum field guide: practical advice for your first year*. Addison-Wesley, 2012
- [Lei12] LEIMEISTER, J.M.: *Dienstleistungsengineering und -management*. Springer Berlin Heidelberg, 2012
- [Lic12] LICHTENEGGER, W.: *Methoden zur teilautomatischen Konstruktion von Ist-Prozessmodellen mittels Process Mining sowie zur Integration manuell konstruierter und automatisch generierter Ist-Prozessmodelle*. Logos Verlag Berlin, 2012
- [LK06] LIST, B. ; KORHERR, B.: An evaluation of conceptual business process modelling languages. In: *Proceedings of the 2006 ACM symposium on applied computing*, 2006, S. 1532–1539
- [Men14] MENHORN, N.: *Analyse und Überführung von Softwareentwicklungsprozessen in die standardisierte BPMN Notation*, Universität Ulm, Bachelorarbeit, 2014
- [MM12] MISHRA, J. ; MOHANTY, A.: *Software Engineering*. Pearson, 2012
- [Mon10] MONTALI, M.: *Specification and verification of declarative open interaction models: A logic-based approach*. Springer, 2010
- [Moua] MOUNTAIN GOAT SOFTWARE: *BPMN Offensive Berlin*. <http://www.bpmn.de/index.php/BPMNPoster>. – Letzter Zugriff: 08.12.2014
- [Moub] MOUNTAIN GOAT SOFTWARE: *Scrum Overview*. <http://epf.eclipse.org/wikis/scrum/>. – Letzter Zugriff: 08.12.2014

## Literaturverzeichnis

- [MRA] MENDLING, J. ; REIJERS, H. A. ; AALST, W.M.P. van d.: Seven process modeling guidelines (7PMG). In: *Information and Software Technology* 52 (2):127–136, 2010
- [MRC] MENDLING, J. ; REIJERS, H.A. ; CARDOSO, J.: What Makes Process Models Understandable? In: ALONSO, G. (Hrsg.) ; DADAM, P. (Hrsg.) ; ROSEMANN, M. (Hrsg.): *International Conference on Business Process Management (BPM 2007), Lecture Notes in Computer Science 4714, 2007*, Springer-Verlag, Berlin, S. 48–63
- [MRW] MENDLING, J. ; RECKER, J. C. ; WOLF, J.: Collaboration features in current BPM tools. In: *EMISA Forum* 32, Nr. 1, S. 48–65, 2012
- [PA06] PESIC, M. ; AALST, W.M.P. van d.: A declarative approach for flexible business processes management. In: *Business Process Management Workshops, Lecture Notes in Computer Science 4103*, Springer, 2006, S. 169–180
- [Pes08] PESIC, M.: *Constraint-based Workflow Management Systems: Shifting Control to Users*, Eindhoven University of Technology, PhD Thesis, 2008
- [Pha12] PHAM, A.: *Scrum in action: agile software project management and development*. Course Technology, 2012
- [Pic10] PICHLER, R.: *Agile product management with Scrum: creating products that customers love. - Description based on print version record*. Addison-Wesley, 2010
- [Pit10] PITSCHEKE, J.: *Unternehmensmodellierung für die Praxis: Eine Einführung in die Darstellung von Unternehmensmodellen*. Books on Demand, 2010
- [PQ11] PRIES, K. H. ; QUIGLEY, J. M.: *Scrum project management*. Woodhead Publishing Limited, 2011
- [PSA] PESIC, M. ; SCHONENBERG, H. ; AALST, W.M.P. van d.: Declare: Full support for loosely-structured processes. In: *11th IEEE International Enterprise Distributed Object Computing Conference, 2007.*, S. 287–287
- [Pun07] PUNTAMBEKAR, A.A.: *Software Engineering*. Technical Publications, 2007

- [PWZ<sup>+</sup>12] PICHLER, P. ; WEBER, B. ; ZUGAL, S. ; PINGGERA, J. ; MENDLING, J. ; REIJERS, H. A.: Imperative versus declarative process modeling languages: An empirical investigation. In: *Business Process Management Workshops, LNBP 99*, Springer, 2012, S. 383–394
- [PZW<sup>+</sup>] PINGGERA, J. ; ZUGAL, S. ; WEIDLICH, M. ; FAHLAND, D. ; WEBER, B. ; MENDLING, J. ; REIJERS, H. A.: Tracing the process of process modeling with modeling phase diagrams. In: *Business Process Management Workshops, 2012*, S. 370-382 , Springer
- [PZW10] PINGGERA, J. ; ZUGAL, S. ; WEBER, B.: Investigating the Process of Process Modeling with Cheetah Experimental Platform–Tool Paper–. In: *ER-POIS 2010* (2010), S. 13
- [RD] RECKER, J. C. ; DREILING, A.: Does it matter which process modelling language we teach or use? an experimental study on understanding process modelling languages without formal education. In: *18th Australasian Conference on Information Systems*, S. 356–366, 2007
- [Rei09] REINSHAGEN, F.: *Konzepte einer komprimierten Informationsversorgung für die interne Führung und externe Performance-Kommunikation grosser Publikumsgesellschaften*. Logos-Verlag, 2009
- [RF08] RUF, W. ; FITTKAU, T.: *Ganzheitliches IT-Projektmanagement: Wissen, Praxis, Anwendungen*. Oldenbourg, 2008
- [RM] REIJERS, H. A. ; MENDLING, J.: A study into the factors that influence the understandability of business process models. In: *IEEE Transactions on Systems, Man and Cybernetics, Part A: Systems and Humans* 41 (3) : 449–462, 2011
- [RW12] REICHERT, M. ; WEBER, B.: *Enabling Flexibility in Process-Aware Information Systems: Challenges, Methods, Technologies*. Springer, 2012
- [RWJ<sup>+</sup>11] RICHLING, J. ; WERNER, M. ; JAEGER, M.C. ; MÜHL, G. ; HEISS, H.U.: *Autonomie in verteilten IT-Architekturen*. De Gruyter, 2011

## Literaturverzeichnis

- [Sch04] SCHWABER, K.: *Agile Project Management with Scrum*. Microsoft Press, 2004
- [Sch07] SCHWABER, K.: *The enterprise and Scrum*. Microsoft Press, 2007
- [Spa] SPARKLING CONSULTING: *Open Unified Process (OpenUP)*. <http://www.itpractices.org/Live/framework/openup>. – Letzter Zugriff: 08.12.2014
- [Spe98] SPECKER, A.: *Kognitives Software Engineering*. vdf Hochschulverlag AG, 1998
- [Sta06] STAUD, J.: *Geschäftsprozessanalyse: Ereignisgesteuerte Prozessketten und objektorientierte Geschäftsprozessmodellierung für betriebswirtschaftliche Standardsoftware*. Springer, 2006
- [Stö05] STÖRRLE, H.: *UML 2 für Studenten*. Pearson Studium, 2005
- [Tho09] THOMAS, O.: *Fuzzy Process Engineering*. Gabler Verlag, 2009
- [TN86] TAKEUCHI, H. ; NONAKA, I.: The New New Product Development Game. In: *Harvard Business Review* 86 (1986), S. 137–146
- [Whi04] WHITE, S. A.: Introduction to BPMN. In: *IBM Cooperation* 2 (2004), Nr. 0, S. 0
- [Wol11a] WOLF, H.: *Die Kraft von Scrum: eine inspirierende Geschichte über einen revolutionären Projektmanagementansatz*. Addison-Wesley, 2011
- [Wol11b] WOLF, H.: *Die Kraft von Scrum: eine inspirierende Geschichte über einen revolutionären Projektmanagementansatz*. Addison-Wesley, 2011
- [WPR07] WANG, Q. (Hrsg.) ; PFAHL, D. (Hrsg.) ; RAFFO, D. M. (Hrsg.): *Software process dynamics and agility : International Conference on Software Process*. Springer, 2007 (Lecture notes in computer science, Vol. 4470)
- [ZSH<sup>+</sup>] ZUGAL, S. ; SOFFER, P. ; HAISJACKL, C. ; PINGGERA, J. ; REICHERT, M. ; WEBER, B.: Investigating expressiveness and understandability of hierarchy in declarative business process models. In: *Software & Systems Modeling: 1–23, 2013, DOI 10.1007/s10270-013-0356-2*

*Literaturverzeichnis*

- [Zö12] ZÖRNER, S.: *Software-Architekturen Dokumentieren und Kommunizieren.*  
Carl Hanser Verlag, 2012

Name: Bianka Hampp

Matrikelnummer: 711865

**Erklärung**

Ich erkläre, dass ich die Arbeit selbstständig verfasst und keine anderen als die angegebenen Quellen und Hilfsmittel verwendet habe.

Ulm, den .....

Bianka Hampp