



Anlage 2
(zu Nr. 3.2 BNBest-BMBF 98)

SimPrognO

Ein integratives Framework zur multidimensionalen Modellierung,
Simulation und Prognostik von E-Commerce-Wirkungsketten

Schlussbericht 2013 zu Nr. 3.2

Das diesem Bericht zugrunde liegende Vorhaben wurde mit Mitteln des Bundesministeriums für Bildung und Forschung unter dem Förderkennzeichen 011S10042B gefördert. Die Verantwortung für den Inhalt dieser Veröffentlichung liegt beim Autor.

Zuwendungsempfänger:	Friedrich-Schiller-Universität Jena
Förderkennzeichen:	011S10042B
Vorhabensbezeichnung:	SimPrognO
Laufzeit des Vorhabens:	01.12.2010 bis 31.03.2013 (verlängert)
Projektleiter:	Prof. Dr. Wilhelm R. Rossak
Autoren/Wissenschaftler:	Dipl.-Inf. Thomas M. Prinz Dipl.-Inf. Kai Gebhardt

Prof. Dr. Wilhelm R. Rossak
Lehrstuhl für Softwaretechnik
Institut für Informatik
Fakultät für Mathematik und Informatik
Friedrich-Schiller-Universität Jena

Inhaltsverzeichnis

1	Überblick	3
1.1	Zielsetzung	3
1.2	Voraussetzungen	4
1.3	Planung und Ablauf	5
1.4	Angeknüpfter Stand	7
1.5	Zusammenarbeit	8
2	Projekt im Detail	9
2.1	Verwendung der Zuwendung	9
2.2	Projektergebnisse	12
2.3	Verwertung der Ergebnisse	21
2.3.1	Wissenschaftlich-technische Erfolgsaussichten	21
2.3.2	Wissenschaftliche und wirtschaftliche Anschlussfähigkeit	23
2.4	Fortschritt während der Projektzeit	23
3	Zusammenfassung	24

Anlagen:

1. Erfolgskontrollbericht
2. Berichtsblatt

Abbildungsverzeichnis

1	Struktur der Arbeitspakete	5
2	Architektur des Integrationsframeworks	14
3	Zustände eines Simulationsmoduls	14
4	Methodiken der SimProgn Data Description Language	16
5	Eine Gesamtsimulation	16
6	Die KPI-Toolbox im Prototypen	18
7	Visualisierung der Ergebnisse in Diagrammen	18
8	Vergleich verschiedener Szenarios	19
9	Screenshot des Prototypen	20

1 Überblick

Bei *SimProgn* handelt es sich um ein Verbundprojekt der Friedrich-Schiller-Universität Jena (FSU), der Intershop Communications AG (Intershop) und dem Institut für Angewandte Informatik e.V. der Universität Leipzig (InfAI). Es wurde durch das KMU-innovativ Förderprogramm des Bundesministeriums für Bildung und Forschung (BMBF) gefördert und durch das Deutsche Zentrum für Luft- und Raumfahrt e.V. (DLR) getragen.

1.1 Zielsetzung

Die Abschätzung wirtschaftlicher und technischer Wirkungen von Entscheidungen ist ein kritisches Problem komplexer E-Commerce-Systeme. Die Wirkungen betreffen sowohl fachliche als auch technische Aspekte des Systems und besitzen damit einen multidimensionalen Charakter. Aufgrund der kontextspezifischen Modellierungs- und Simulationsansätze, die außerdem nur eine Anwendungsdimension adressieren, können solche komplexen Fragestellungen heute nicht mit Simulation gelöst werden.

Ziel des Projektes SimProgn war die Erforschung von Techniken zur Integration kontextspezifischer Simulationslösungen, in deren Kombination sich komplexe wirtschaftliche, interdisziplinäre und technische Fragestellungen in der Anwendungsdomäne E-Commerce beantworten lassen.

Die Projektpartner wollten dabei ein Referenzvorgehensmodell zur Erhebung von Ursache-Wirkungsketten und ein Framework zur Integration bestehender Simulationslösungen entwickeln, die auch für andere Anwendungsdomänen Referenzlösungen darstellen. Die Konzepte sollten anhand konkreter E-Commerce-Wirkungsketten erprobt werden, die über Industriepartner zu explorieren und evaluieren waren.

Die Komplexität des Gesamtproblems einer Fragestellung/Wirkungskette erfordert deren Zerlegung in Teilprobleme, die wiederum aufgrund ihrer Struktur und Charakteristik die Anwendung verschiedener Simulationsansätze erfordern. Damit verlangt auch eine Gesamtsimulation, im Sinne einer Gesamtlösung, die Zerlegung in Teilsimulationen. Dies bedeutet im Umkehrschluss, dass ein Integrationskonzept entwickelt werden musste, welches die Teilsimulationen wieder zu einer Gesamtsimulation integriert. Die daraus entstehende Modularität verbessert aber nicht nur die Handhabung von Komplexität, sondern ermöglicht auch die Wiederverwendung von Teilsimulationen, da es höchstwahrscheinlich grundlegende Ursache-Wirkungsbeziehungen gibt, die in mehreren übergeordneten Ursache-Wirkungsbeziehungen auftreten (gleiche strukturelle Problemstellung) und in mehrere konkrete, problembezogene Simulationen einfließen können.

Um die Zusammenarbeit zwischen den verschiedenen Teilsimulationen zu gewährleisten, umfasst das Integrationskonzept verschiedene Aspekte. Es musste ein Schnittstellenkonzept entwickelt werden, das den Austausch von Daten ermöglicht. Weiterhin mussten Kompositions-, Assoziations- und andere Abhängigkeitsbeziehungen zwischen Teilsimulation beschrieben werden.

Das in SimProgn zu entwickelnde Simulations-Framework galt es prototypisch umzusetzen. Dies erforderte unter anderem die Implementierung der Simulationen in konkreten

Simulationssprachen und die Entwicklung eines technischen Integrationskonzepts. Für die Implementierung des Integrationskonzepts mussten verschiedene Konzepte und Technologien (wie Middleware-Systeme, Plugin-Konzepte, Workflow-Systeme, Service-Bus usw.) untersucht und geeignete ausgesucht werden. Die Implementierung des Simulations-Frameworks sollte anhand realistischer Anwendungsfälle getestet werden, um so Rückschlüsse für Verbesserungen des Frameworks ziehen zu können.

Insgesamt betrachtet, stellte die Entwicklung des *SimProgn*-Simulationsframeworks eine wissenschaftliche und technische Herausforderung dar. Aufgrund des Know-hows und der Erfahrungen der beteiligten Projektpartner konnte diese Herausforderung dennoch erfolgreich gemeistert werden.

1.2 Voraussetzungen

Die Projektpartner verfügen über umfangreiche Vorarbeiten in den Bereichen E-Business/E-Commerce, Integration und modellgetriebene Ansätze. Seitens Intershops wurden in der Vergangenheit schon mehrere Forschungsprojekte in Zusammenarbeit mit verschiedenen Universitäten, Forschungs- und Industriepartnern durchgeführt und erfolgreich abgeschlossen. Dazu unterhält Intershop die eigene Forschungs- und Entwicklungsabteilung Intershop Research, die umfangreiche Erfahrungen bei der Gestaltung von E-Commerce-Prozessen und der Durchführung von Forschungsprojekten hat und mit erfahrenen Forschern und Entwicklern besetzt ist. Auch das InfAI konnte durch zahlreiche Projekte, wie *Integration Engineering (IE)*, *Orchestrierung und Validierung integrierter Anwendungssysteme (OrViA)*, etc., ihr Know-how unter Beweis stellen.

Der Lehrstuhl Softwaretechnik der FSU Jena arbeitet auf diesen Gebieten seit 1997, sowohl in gezielten Projekten als auch auf der Ebene der IEEE in internationaler Abstimmung. Passend zu *SimProgn* hervorzuheben sind in letzter Zeit die Projekte „MobiSoft“ und „MOPS“ (TAB Thüringen), sowie „SpeedUp“ (BMBF), in denen die Grundlagen integrativer Backbones in mehreren Anwendungsgebieten erarbeitet und prototypisch umgesetzt wurden. Alle Projekte waren Verbundprojekte mit starker Firmenbeteiligung.

Von der Wissensbasis und von der Manifestierung der beteiligten Projektteilnehmer in ihren jeweiligen Arbeitsschwerpunkten bestanden dahingehend sehr gute Voraussetzungen für den Beginn des Projekts.

Personell konnte das SimProgn-Projekt an der Friedrich-Schiller-Universität erst ab Januar 2011 begonnen werden, da durch die kurzfristige Zuwendung kein adäquates Personal für Dezember 2010 gefunden werden konnte. Ab Januar 2011 waren aber auch die personellen Voraussetzungen stets erfüllt, auch wenn mit Mutterschaft, Elternzeit und andersweiliger Beschäftigung von Mitarbeitern umgegangen werden musste.

Technisch waren die Voraussetzungen für den Erfolg des Projektes, im Sinne von Stand der Wissenschaft, Stand der Softwarelösungen und Infrastruktur, gegeben. Die Vorarbeiten Dritter in den Bereichen Simulation, Integration und E-Commerce bildeten eine gute Basis, um sich tiefgehend mit den Anforderungen und Lösungen zu beschäftigen.

Während des Projektzeitraums waren die Voraussetzungen durch ein optimal interagierendes Team aus Projektmitarbeitern, hoher Innovationskraft und Anwendungsnähe weiterhin sehr gut. Nur die verzögerte Lieferung von Dateninformationen von assoziiert-

ten Partnern und von anderer Stelle drosselte kurzzeitig das Voranschreiten. Durch eine kostenneutrale Verlängerung des Projektes und der Umwidmung von nicht ausgeschöpften Zuwendungspositionen konnte diese Zeit jedoch aufgeholt und das Projekt mit sehr gutem Erfolg abgeschlossen werden.

1.3 Planung und Ablauf

Der Arbeitsplan gliederte sich, wie in Abbildung 1 dargestellt, in acht Arbeitspakete. Das Arbeitspaket *AP0* „Anforderungsanalyse“ umfasste die Erhebung der funktionalen und nichtfunktionalen Anforderungen an das Simulationssystem. Dies fand sowohl aus fachlich-anwendungsorientierter als auch aus technischer Sicht statt. Technische Anforderungen an die Simulationen und Integrationsumgebung als auch die benötigten Funktionen und Ergebnisqualitäten waren der Inhalt dieses Arbeitspakets. Diese Ergebnisse liefern die Grundlagen zu den Arbeitspaketen *AP1* bis *AP4* und für die Evaluation in Arbeitspaket *AP5*.

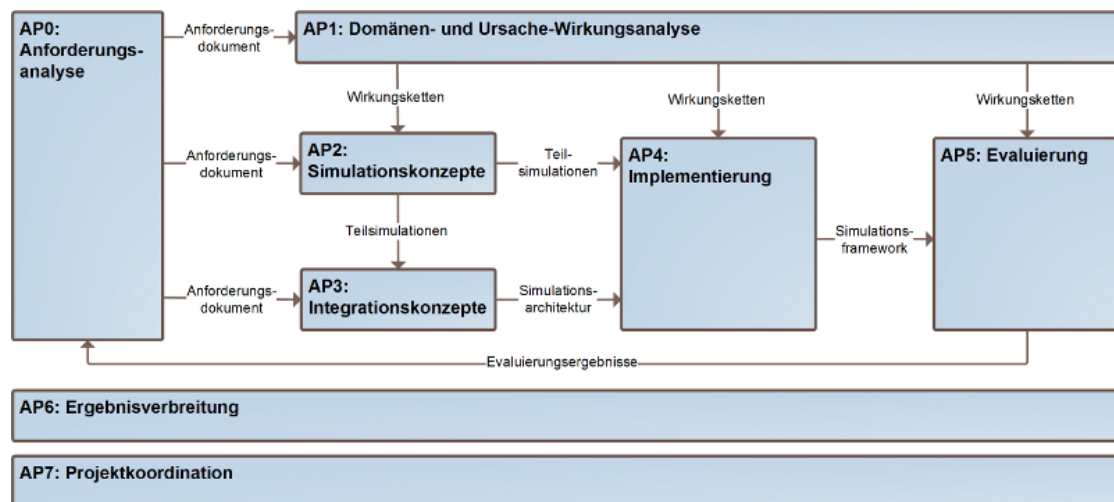


Abbildung 1: Struktur der Arbeitspakete

AP1 „Domänen- und Ursache-Wirkungsanalyse“ beinhaltetete alle Aufwendungen zur Aufnahme der möglichen Entscheidungssituationen in Online-Shops und deren Kontexte sowie die Aufstellung der dazugehörigen Wirkungsketten. Sowohl Entscheidungsprozesse während der Konfiguration des Online-Shops als auch während des laufenden Betriebs wurden berücksichtigt. Neben den wirtschaftlichen Kennzahlen mussten auch die qualitativen und quantitativen Wirkungszusammenhänge analysiert werden. Dies erforderte eine umfassende explorative Datenanalyse von Online-Shop-Daten der assoziierten Partner, um diese Wirkungszusammenhänge sicher und mit hoher Eintrittswahrscheinlichkeit bestimmen zu können. Diese Wirkungszusammenhänge waren Grundlage der Simulationskonzepte.

In *AP2* „Simulationskonzepte“ wurden zu simulierende Aspekte auf Basis der Wirkungszusammenhänge separat betrachtet. Dafür wurden verschiedene Simulationsansät-

ze und -werkzeuge auf deren Verwendbarkeit hin untersucht und anschließend ausgewählt und angepasst.

Die fachliche und technische Integration verschiedener Simulationskonzepte in einen ganzheitlichen Kontext war Gegenstand des *AP3* „*Integrationskonzepte*“. Dafür wurden die in *AP2* separat betrachteten Simulationsaspekte bzw. deren Ergebnisse auf eine Zusammenarbeit vereinheitlicht. Damit konnten komplexe Entscheidungssituationen unterstützt werden. Weiterhin fand die Konzeption einer softwaretechnisch tragfähigen Integrationsarchitektur für das Simulationssystem statt.

Die konzeptionellen Ergebnisse aus den Arbeitspaketen *AP1* bis *AP3* wurden schrittweise prototypisch in *AP4* „*Implementierung*“ implementiert und mit Intershops bestehenden Online-Shop-System Enfinity Suite gekoppelt.

Die Bearbeitung des Projektes fand innerhalb von drei inkrementellen Iterationen, wie geplant statt. In jeder Iteration wurden aufeinanderfolgend die Arbeitspakete *AP0* bis *AP5* durchlaufen. *AP5* „*Evaluation*“ befasste sich dabei mit der Auswahl exemplarisch simulierter und ausgewerteter Szenarien in Zusammenarbeit mit den assoziierten Partnern. Dies umfasste Tests und Fehleranalysen bzgl. der technischen und fachlichen Anforderungen jeweils für die Teil- und Gesamtsimulation. Die Ergebnisse des *AP5* flossen direkt in das *AP0* der nächsten Iteration ein.

Die Arbeitspakete *AP6* „*Ergebnisverbreitung*“ und *AP7* „*Projektmanagement*“ fanden parallel zu den anderen Arbeitspaketen einer Iteration statt. Sie bildeten übergeordnete Arbeitspakete, in welchen die Verbreitung der Ergebnisse sowie die ordnungsgemäße Durchführung des Projekts und Minimierung von Projektrisiken im Vordergrund standen.

Der Lehrstuhl Softwaretechnik war in die Bearbeitung aller Arbeitspakete involviert. Der Fokus lag dabei auf dem *AP3* und der starken Unterstützung in *AP2* und *AP4*. Dies entsprach genau dem Projektplan des Projektantrags.

Wie bereits erwähnt, teilte sich das Projekt in drei Iterationen auf. Während in der ersten Iteration der Fokus auf der Anforderungserhebung und der fachlich konzeptionellen Arbeitspakete lagen, wurden in der zweiten Iteration die umsetzungsorientierten Arbeitspakete und technisch explorativen Aufgaben vordergründlich bearbeitet. Dies führte zu einem ersten stabilen Prototypen nach der zweiten Iteration, welcher in der dritten Iteration stabiler und mit Ergebnissen vervollständigt wurde. Damit standen in der dritten Iteration vor allem die Evaluation und die Implementierung im Vordergrund. Dabei wurden konkret die Ziele und Schwerpunkte der Iterationen aus dem Projektantrag betrachtet.

Das Projekt fand sich bis Mitte der zweiten Iteration vollkommen in planmäßiger Bearbeitung. Aufgrund von verspätet eintreffenden Echtdateien zur Evaluation der Simulationen von den assoziierten Partnern (siehe Schlussbericht Intershop) entstand eine Verzögerung, welche auch die Erstellung des Simulationssystems betraf. Diese Verzögerung konnte durch eine kostenneutrale Verlängerung von vier Monaten aufgeholt und die Iterationen als auch das Projekt erfolgreich beendet werden. Durch die nicht selbstverursachte Verzögerung befanden wir uns hinsichtlich des Projektplans stets im Soll.

1.4 Angeknüpfter Stand

Das Projekt schloss an einen guten Stand der Dinge an, welcher die Grundlage für den Erfolg des Projektes ausmachte. Der Online-Shop wurde als ein System bestehend aus mehreren Teilsystemen betrachtet. Ein System existiert in einer bestimmten Systemumgebung, genannt Umwelt, von welcher es durch seine Systemgrenzen abgegrenzt ist. Es steht unter den Einfluss der Umwelt, genannt Input, und wirkt sich selbst auf die Umwelt aus, genannt Output [Bos04]. Dabei kann ein Output des Systems Einfluss auf den nächsten Input haben.

Zur Repräsentation von Systemen werden Modelle geschaffen, an denen das Realsystem untersucht werden kann. Sie werden hinsichtlich der essentiellen Systemelemente aufgestellt, welche die zu untersuchende Problemstellung beeinflussen. Für die Erstellung von Modellen können Modellierungssprachen genutzt werden, wie Ereignisgesteuerte Prozessketten (EPK), erweiterte Ereignisgesteuerte Prozessketten (eEPK), Business Process Model and Notation (BPMN), Unified Modelling Language (UML) und mathematische sowie graphische Modellierung. Innerhalb des Projekts kamen die Modellierungssprachen BPMN 2.0 [OMG11, All09], mathematische und graphische Modellierung sowie UML zum Einsatz. Für die jeweiligen Simulationen wurden spezifische Modellierungssprachen verwendet. Ein gesamtheitliches E-Commerce-Modell bestand nach bestem Wissen der Antragssteller zu Beginn der Arbeiten nicht, Teilansätze waren unzureichend detailliert, deskriptiv und unvollständig.

Für das Aufstellen von Modellen sind die Wirkungsbeziehungen nötig. Diese können mit Hilfe des Data Mining, im Sinne vom Explorieren von Daten mit dem Ziel versteckte Informationen zu finden [Hil07], aus einer großen Datenmenge der assoziierten Partner gewonnen werden. Die Wirkungsbeziehungen werden je nach Eignung in verschiedene Simulationsmodelle überführt, wie der Monte-Carlo-Simulation, der System-Dynamics-Simulation, den diskret-ereignisorientierten Simulationen und den agentenbasierte Simulationen [DK10]. Für den E-Commerce entsprechende Simulationsmodelle für Teilprobleme sind bspw. die Kundenerhaltung im E-Commerce [Yle06], die KMU E-Commerce-Strategien [BB02], die Lieferzusagen für Online-Bestellungen [PS04], die Lieferzeit [Lee04] und die Marketingmaßnahmen [DJB07]. Sie können entweder durch klassische Programmiersprachen, spezielle Simulationssprachen oder auch durch die Verwendung von Simulationsumgebungen implementiert werden [BCNN10].

Die Teillösungen sollen zu einem Ganzen integriert werden, im Sinne der Herstellung einer Einheit. Dies ist aus systemtheoretischer Sicht die Vereinigung von Teilsystemen zu einem einheitlichen System [Thr08] und kann durch Middleware, das heißt dem Verbindungsglied getrennter Anwendungen [Thr08], oder allgemeinere Verfahren wie der Enterprise Application Integration und Service-Oriented Architecture erreicht werden. Neben diesen allgemeingültigen Ansätzen gibt es konkrete Integrationskonzepte bzw. -frameworks für Simulationen, wie dem schwer-gewichtigen High-Level Architecture Standard (IEEE-Standard 1516), der FAMAS Simulation Backbone Architecture [Boe05] oder der domänenspezifischen Remote Component Environment (RCE) [Esi08].

Im SimProgno-Projekt wurde direkt an die Service-orientierten Architekturen mit ih-

ren Web-Services angeknüpft. Dabei genutzte Werkzeuge waren OSGi¹, das Spring Framework², RESTful Web-Services, und Activiti³. Spezielle Middleware kam wegen der Wiederverwendbarkeit und Allgemeingültigkeit nicht in Frage. Neben dem Konzept der Service-orientierten Architekturen kamen auch Konzepte der Data Ware Houses, Ontologien, Workflow-Graphen, des kontrollierten Vokabulars und von Datenbeschreibungssprachen zum Einsatz. Als generelle Programmiersprache wurde Java verwendet. Demzufolge wurde stark mit Eclipse⁴ implementiert. Die Umsetzung des Frameworks fand in Form einer Server-Anwendung, im Sinne von J2EE⁵, auf einem Apache Tomcat-Server⁶ statt. Die softwaretechnische Testung des Systems wurden mit JUnit⁷-Tests und Mockito⁸ durchgeführt. Als Datenbankadapter kam Hibernate⁹ zum Einsatz und für die UI wurde auf Vaadin¹⁰ zurückgegriffen. Zur Übertragung von Dateninformationen wurde JSON¹¹ genutzt, da es wesentlich schlanker als XML ist und einfacher mit REST harmoniert. Die Simulationswerkzeuge Sphinx SD Tools¹² und Repast Suite¹³ galt es stellvertretend für andere Simulationswerkzeuge zu integrieren.

Für die Vernetzung innerhalb des Projekts kamen verschiedene Werkzeuge zum Einsatz. Für die Verteilung von Wissen wurde ein WebDAV und ein Wiki (trac - Integrated SCM & Project Management) genutzt. Sie bilden eine einfache Möglichkeit der Datensammlung von eigenen Texten und Quellen. Die gemeinsame Arbeit an den Prototypen fand Unterstützung in einem SVN (Subversion).

1.5 Zusammenarbeit

Durch den Charakter eines Verbundprojekts gab es selbstverständlich rege Zusammenarbeit mit den Projektpartnern Intershop und InfAI. Weiterhin wurde bereits durch den Projektantrag die Zusammenarbeit mit den assoziierten Partnern Mexx International B.V., Miele & Cie. KG und GSI Commerce Inc. festgelegt, dessen federführende Hand auf seitens Intershop lag. Desweiteren gab es seitens Intershop große Zusammenarbeit mit deren Partnern, wie SoQuero, eCircle GmbH, prudsys AG, Omikron, Sevenval, DMC, PayPal, Computop, mpass, Sofortüberweisung, Paynova und Saferpay.

Die Friedrich-Schiller-Universität Jena arbeitete mit ihrem eigenen Potential und arbeitete zu Beginn des Projekts eng mit dem Lehrstuhl für Theoretische Informatik II zusammen. Dabei wurden Grundlagen des maschinellen Lernens auf die Anwendbarkeit der SimPrognostik Problemstellung untersucht.

¹www.osgi.org

²www.springframework.org

³activiti.org

⁴www.eclipse.org

⁵www.oracle.com/technetwork/java/javaee/overview/index.html

⁶<http://tomcat.apache.org/>

⁷junit.org

⁸code.google.com/p/mockito/

⁹www.hibernate.org

¹⁰vaadin.com

¹¹www.json.org

¹²sourceforge.net/projects/sphinxes

¹³repast.sourceforge.net

2 Projekt im Detail

2.1 Verwendung der Zuwendung

Die zugewendeten Mittel wurden ausschließlich für die erfolgreiche Bearbeitung des Projektes eingesetzt. Sie untergliedern sich in Zuwendungen für wissenschaftliche Mitarbeiter (169.561,00 €), studentische Hilfskräfte (25.866,00 €), Reisekosten (7440,00 €), Sachmittelepauschale (4.800,00 €) und Gegenständen und Investitionen von mehr als 410 € im Einzelfall (3.808,00 €).

Wissenschaftliche Mitarbeiter. Laut Antrag auf Gewährung einer Bundeszuwendung auf Ausgabenbasis (AZA) waren für das Projekt zwei wissenschaftliche Mitarbeiter („Wissenschaftlicher Mitarbeiter I“ und „Wissenschaftlicher Mitarbeiter II“) angesetzt. Wogegen Wissenschaftlicher Mitarbeiter I für die Koordination des Projektes und für die konzeptionellen Arbeiten eingeteilt wurde, war Wissenschaftlicher Mitarbeiter II für die konkrete Entwicklung des Integrationsframeworks und der Integration von Teilsimulationen zuständig. Daher sollte die Arbeit von Wissenschaftlichen Mitarbeiter II auch erst ab dem fünften Projektmonat beginnen.

Aufgrund des kurzfristigen Zuwendungsbescheids konnte Wissenschaftlicher Mitarbeiter I erst im zweiten Projektmonat (Januar 2011) eingestellt werden. Da zu diesem Zeitpunkt bereits feststand, dass Wissenschaftlicher Mitarbeiter I ab Juli (Projektmonat 8) in Mutterschaft und danach in Elternzeit sein und eine andere Person die Projektkoordination übernehmen würde, wurden lediglich 75% dieser Stelle genutzt. Ab dem Projektmonat 4 (März 2011) ging Wissenschaftlicher Mitarbeiter I auf die Stelle Wissenschaftlicher Mitarbeiter II und Wissenschaftlicher Mitarbeiter I wurde neu besetzt. Daher waren zu diesem Zeitpunkt unplanmäßig einen Monat vor Projektmonat 5 beide wissenschaftlichen Mitarbeiter im Projekt beschäftigt. Aufgrund des verspäteten Einstiegs in das Projekt und der zunächst 75% Ausnutzung von Wissenschaftlicher Mitarbeiter I stellt dies jedoch keinen finanziellen Widerspruch dar.

Ab dem 6. Projektmonat (Mai 2011) wurde Wissenschaftlicher Mitarbeiter II wegen bevorstehender Mutterschaft auf 50% reduziert, um ab Projektmonat 7 (Juni 2011) einen dritten wissenschaftlichen Mitarbeiter parallel zu beschäftigen. Dies war notwendig, um einen reibungslosen Übergang von Wissenschaftlicher Mitarbeiter II zu gewährleisten. Daher waren im 7. und 8. Projektmonat (Juni und Juli 2011) außerplanmäßig drei wissenschaftliche Mitarbeiter mit insgesamt 225% Stellen am Projekt beteiligt. Dies war möglich, da sich bereits eine Reduzierung des Wissenschaftlichen Mitarbeiters I auf 50% ab 17. Projektmonat (April 2012) abzeichnete. Ab dem 9. Projektmonat bis zum 16. Projektmonat verlief die Besetzung planmäßig.

Im 17. Projektmonat (April 2012) tauschten die Mitarbeiter Wissenschaftlicher Mitarbeiter I und II ihre Stellen und Wissenschaftlicher Mitarbeiter II wurde zu 50% besetzt. Dies war notwendig um einerseits die kurzzeitige Rückkehr des Mitarbeiters aus der Elternzeit für zwei Monate zu garantieren und andererseits um die kurzzeitige Dreifachbesetzung auszugleichen. Außerdem fand Wissenschaftlicher Mitarbeiter II andersweitig Beschäftigung. Vom 17. Projektmonat bis 19. Projektmonat (Juni 2012) waren insgesamt

150% Stellen besetzt. Im Projektmonat 20 bis 22 (Juli und September 2012) kehrte der Mitarbeiter aus Elternzeit zurück und es waren insgesamt 200% Stellen besetzt, d.h., eine Dreifachbesetzung. Im Oktober und November 2012 (Projektmonat 23 und 24) wurde das Projekt mit 100% Wissenschaftlicher Mitarbeiter I und 50% Wissenschaftlicher Mitarbeiter II weitergeführt. Bis zu diesem Zeitpunkt war die Besetzung der Stellen planmäßig hinsichtlich der gesamt-verfügbaren Zeiten und Mittel.

Aufgrund einer kostenneutralen Verlängerung um weitere 4 Projektmonate (bis März 2013) und Umwidmung der restlichen Gelder auf die wissenschaftlichen Mitarbeiter konnten insgesamt finanzielle Mittel für 800% wissenschaftliche Mitarbeiterstellen gefunden werden (insgesamt neuer Betrag zugewendeter Mittel 189.140,06 €). Daher wurden Wissenschaftlicher Mitarbeiter I und Wissenschaftlicher Mitarbeiter II in alter Besetzung bis März 2013 (Projektmonat 28) zu 150% fortgeführt. Zusätzlich konnte ab Projektmonat 27 bis 28 (Februar und März 2013) aufgrund des erhöhten Arbeitsbedarfs zu Projektende ein weiterer wissenschaftlicher Mitarbeiter zu 100% eingestellt werden.

Zusammengefasst wurden die wissenschaftlichen Mitarbeiter aufgrund von Mutterschaft und Elternzeit sowie andersweitiger Beschäftigung eines wissenschaftlichen Mitarbeiters zeitlich unplanmäßig jedoch in ihrer Gesamtheit planmäßig besetzt. Die Besetzung der wissenschaftlichen Mitarbeiter nach November 2012 fand generell unplanmäßig statt. Die Mitarbeiter wurden für die planmäßigen Aufgaben eingesetzt.

Studentische Hilfskräfte. Für den Projektzeitraum waren zur Unterstützung zwei studentische Hilfskräfte vorgesehen. Da die ersten Bachelor-Absolventen noch nicht zur Verfügung standen, wurden auch Studenten im Bachelorstudium zur Unterstützung im Projekt herangezogen. Erst im Mai 2011 (Projektmonat 6) konnten zwei studentische Hilfskräfte gefunden werden. Vom 6. bis 21. Projektmonat waren stets zwei studentische Hilfskräfte zu 40 Stunden im Monat beschäftigt. Zeitweise waren auch mehr studentische Hilfskräfte tätig: im 13. und 16. Projektmonat (Dezember 2011 und März 2012) sowie im 21. und 22. Projektmonat (Juli und August 2012) waren es drei, im 19. und 20. Projektmonat (Mai und Juni 2012) waren es vier, und im 18. Projektmonat (April 2012) gar fünf. Im September 2012 wurde nur noch eine und ab Oktober 2012 keine studentische Hilfskraft beschäftigt. Insgesamt wurden im Projektzeitraum weniger Stunden von studentischen Hilfskräften gearbeitet als erhofft. Dies ist aufgrund der unterschiedlichen Nachfrage bei den Studenten und Beendigung des Studiums, etc. jedoch normal. Daher blieben bei den studentische Hilfskräften Gelder übrig, welche durch die Umwidmung in die Gelder für wissenschaftliche Mitarbeiter übertragen wurden (neuer Betrag zugewendete Mittel 19.084,74 €).

Reisekosten. Um eine enge Zusammenarbeit mit den Partnern und eine hohe Qualität zu ermöglichen, war es erforderlich, dass sich Vertreter des Konsortiums häufig treffen. Insgesamt fanden dadurch 25 große Arbeitstreffen unter Beteiligung des Lehrstuhls Softwaretechnik statt ohne darin Arbeitstreffen in kleineren Kreisen zu betrachten. Durch die räumliche Nähe zum Projektpartner Intershop war in den meisten Fällen keine Reise notwendig. Insgesamt drei dieser Treffen fanden in Leipzig statt und bedurften insgesamt

sechs Fahrkarten für den Zug. Die Arbeitstreffen in kleineren Kreisen fanden stets in Jena entweder in den Räumen der Friedrich-Schiller-Universität oder von Intershop statt.

Die Anzahl der großen Arbeitstreffen entspricht der Größenordnung der vorgesehenen Arbeitstreffen des AZA. Die Anzahl der in Leipzig stattfindenden Arbeitstreffen ist jedoch wesentlich geringer als angesetzt. Da die meisten Projektmitarbeiter in Jena arbeiteten, war es ökonomisch und ökologisch sinnvoll, die Arbeitstreffen in Jena stattfinden zu lassen.

Im Projektzeitraum fanden vier größere Reisen statt, davon eine ins europäische Ausland. Dabei wurden stets die Kosten für die An- und Abreise, das Hotel sowie für die Tagespauschale für die Reisenden aus Mitteln des Projekts beglichen. Vom 17. bis 18. September 2012 war ein Mitarbeiter vor Ort für die Vorstellung des Projekts bei der 13. BMBF Fachtagung in Dresden. Dafür waren eine An- und Abreise per Zug erforderlich. Desweiteren flog ein Mitarbeiter wegen eines Konferenzbeitrags der 33th International Conference on Autonomous Agents and Multiagent Systems vom 27. bis 30. November 2012 nach Paris, Frankreich. Dabei fanden die An- und Abreise mit dem Zug zum Flughafen Nürnberg und per Flugzeug nach Paris statt. Zusätzlich mussten die Konferenzgebühren und die Benutzung des öffentlichen Nahverkehrs aus dem Projekt bezahlt werden. Vom 20. Februar bis 22. Februar 2013 reiste ein Projektmitarbeiter nach Rostock zum 5th Central-European Workshop on Services and their Composition um dort einen Workshop-Beitrag vorzustellen. Die An- und Abreise fanden per Zug statt. Die Verwendung des öffentlichen Nahverkehrs wurde zusätzlich aus den Mitteln des Projekts bezahlt. Abschließend wurde von zwei Mitarbeitern vom 4. bis 9. März 2013 eine Reise nach Hannover getätigt, um zusammen mit den Projektpartnern den entstandenen Prototypen öffentlichkeitswirksam auf der CeBIT 2013 vorzustellen. Dafür fanden eine An- und Abreise per Zug bzw. Auto statt.

Die für Reisen zugewendeten Gelder wurden stets für den zugewiesenen Zweck und planmäßig genutzt. Insgesamt waren mehr Reisen vorgesehen als im Projekt tatsächlich nötig waren. Daher wurden die Reisegelder nicht ausgeschöpft und konnten durch Umwidmung für wissenschaftliche Mitarbeiter genutzt werden (neuer Betrag zugewendete Mittel 2.937,40 €).

Sachmittelpauschale. Unter der Sachmittelpauschale wurden alle Ausgaben für Verbrauchsmaterialien, Geschäftsbedarf und notwendige Literatur zusammengefasst. Aufgrund des guten Buchbestandes der Bibliothek (ThULB) der FSU und dem erlaubten Zugriff der FSU auf einschlägige Publikationen bei IEEE und ACM war es im Projektzeitraum lediglich nötig, drei Fachbücher zu erstehen:

Allweyer, Thomas:

BPMN 2.0 Business Process Model and Notation - Einführung in den Standard für die Geschäftsprozessmodellierung.

2., aktualisierte und erweiterte Auflage. Books on Demand GmbH, Norderstedt, 2009.

Freund, Jakob und Rücker, Bernd:

Praxishandbuch BPMN 2.0.
2. Auflage. Carl Hanser Verlag München, 2010.

Turbak, Franklyn und Gifford, David mit Sheldon, Mark A.:
Design Concepts in Programming Languages.
1. Auflage, The MIT Press, August 2008.

Weiterhin wurde der Druck der Ergebnisse des Projekts in Form eines Projektbuches aus der Sachmittelpauschale bezahlt:

Axel Hummel, Heiko Kern, Thomas Prinz und Arndt Döhler (Hrsg.):
Simulation im E-Commerce - Ergebnisse aus dem Forschungsprojekt SimProgn.
Eigenverlag Leipziger Informatik-Verbund (LIV), Leipzig, 2013.
ISBN: 978-3-941608-27-6

Dieser Druck mit Kosten von ca. 200 € geschieht außerplanmäßig mit ausdrücklicher Genehmigung des Forschungsträgers. Aktuell laufen letzte Vorbereitungen für den Buchdruck. Das Buch wird noch im Jahr 2013 veröffentlicht.

Alle für Sachmittel zugewiesenen Gelder wurden planmäßig für die zugewiesenen Zwecke genutzt. Insgesamt wurden die Gelder der zugewendeten Sachmittelpauschale nicht ausgeschöpft und konnten auf wissenschaftliches Personal umgewidmet werden (neuer Betrag zugewendete Mittel 312,80 €).

Gegenständen und Investitionen von mehr als 410 € im Einzelfall. Simulationsumgebungen sollten aus diesen zugewendeten Mitteln bezahlt werden. Aufgrund der Entscheidung auf Open-Source-Produkten zu arbeiten, wurde diese Position nicht angerührt und konnten vollständig in Gelder für wissenschaftliche Mitarbeiter umgewidmet werden. Der Verzicht auf Verwendung der Gelder geschah außerplanmäßig im Sinne des Projektträgers und einer offenen Softwarenutzung (neuer Betrag zugewendete Mittel 0,00 €).

2.2 Projektergebnisse

In folgendem Abschnitt soll nochmals allgemein auf die von allen Projektpartnern und konkret auf die von der Friedrich-Schiller-Universität zu bearbeitenden Projektziele eingegangen werden und ob sie erfüllt wurden oder nicht. Ohne bereits auf die genauen Ziele eingegangen zu sein, kann im Vorhinein bereits der Erfolg des Projektes herausgestellt werden. Alle im Projektantrag befindlichen Ziele wurden erwartungsgemäß erreicht. Bezogen auf das Gesamtprojekt waren das die Ziele:

1. Erforschung von Techniken zur
 - a) Integration kontextspezifischer Simulationslösungen,
 - b) Kombination von Simulationslösungen,
 - c) Beantwortung komplexer, wirtschaftlicher, interdisziplinärer und technischer Fragestellungen im E-Commerce

2. Referenzvorgehensmodell zur Erhebung von Ursache-Wirkungsketten,
3. Framework zur Integration von Simulationslösungen, das auch für andere Domänen anwendbar ist, und
4. Evaluation und Erprobung der Ergebnisse

Im Speziellen bedeutete dies für das Teilprojekt der Friedrich-Schiller-Universität:

1. Erhebung eines Integrationskonzepts für Teilsimulationen zur Gesamtsimulation,
2. Beschreibung von Kompositions-, Assoziations- und Abhängigkeitsbeziehungen von Teilsimulationen,
3. Entwurf eines Schnittkonzepts, und
4. prototypische Umsetzung des Frameworks bestehend aus
 - a) Implementierung des Framework,
 - b) technisches Integrationskonzept, und
 - c) Evaluation

Zu 1 Während des Projekts entstanden Techniken zur Kombination und Integration kontextspezifischer Simulationslösungen und zur Beantwortung komplexer, wirtschaftlicher, interdisziplinärer und technischer Fragestellungen im E-Commerce. Genauer:

Zu a Es wurde eine Architektur eines Integrationsframeworks für Simulationen entwickelt, welche es erlaubt, kontextspezifische Simulationslösungen sowohl fachlich als auch technisch zu integrieren (siehe Architekturüberblick Abbildung 2). Das Framework besteht im Wesentlichen aus acht Komponenten, gegliedert in drei Schichten (der Datenschicht, der Anwendungsschicht und der Darstellungsschicht) nach dem Prinzip einer klassischen Schichtenarchitektur. Die Komponenten Persistenz, Datenmodell, Simulationsmodulregister, Workflowregister, Simulationsverwaltung, Auswertung, Kommunikationsverwaltung und Benutzerschnittstelle wurden dabei inkrementell entwickelt und stetig verbessert. Mitunter wurden Architekturentwürfe verworfen und Komponenten neu konzipiert. Generell kristallisierte sich dieser Service-orientierte Ansatz heraus.

Die Integration von Simulationslösungen sowohl fachlicher und technischer Natur wird von der Anwendungsschicht umgesetzt. Simulationslösungen werden in Form von Simulationsmodulen beschrieben. Simulationsmodule sind spezielle Simulationslösungen, welche vorrangig instanziiert, schrittweise ausgeführt und beendet werden können. Sie liefern in jedem Ausführungsschritt ein Ergebnis zurück (siehe Zustandsautomat in Abbildung 3). Für die Integration werden sie als (RESTful) Web-Services angeboten.

Das heißt, im Wesentlichen handelt es sich zwischen dem Kern des Frameworks und den Simulationsmodulen ebenfalls um eine Service-orientierte

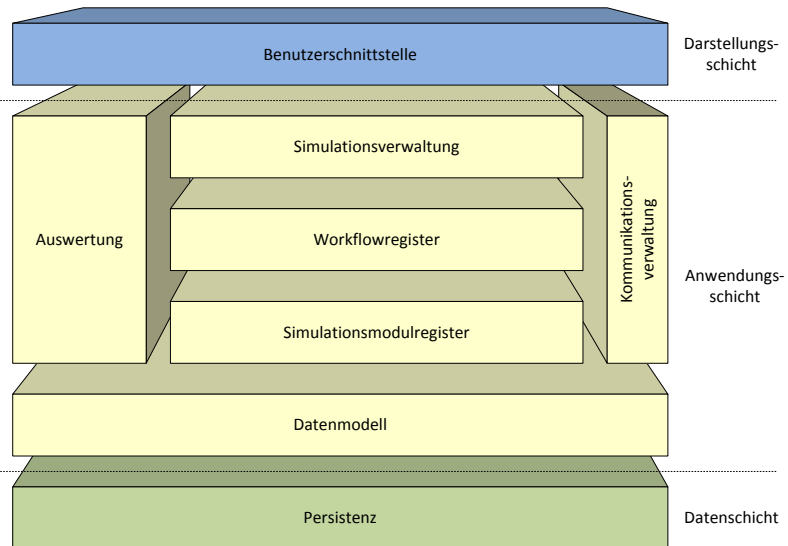


Abbildung 2: Architektur des Integrationsframeworks

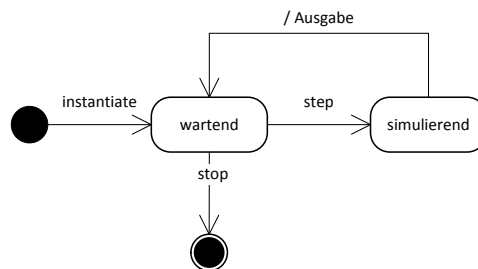


Abbildung 3: Zustände eines Simulationsmoduls

Architektur. Für die Kombination von Services zur Erfüllung einer höheren Aufgabe gibt es die Möglichkeit der Orchestrierung. Sie beschreibt einen Prozess, der die Aufrufreihenfolge der Services festlegt. Eine dafür bekannte und zum Standard werdende Modellierungssprache ist BPMN 2.0. Sie erlaubt das Erstellen von Geschäftsprozessen mittels graphischer Notation und definiert ebenso eine Ausführungssemantik für die Kernelemente.

Simulationslösungen haben untereinander Beziehungen. Werden diese Simulationslösungen kleingefasst, beschränken sie sich auf einfache Eingabe- und Ausgabedatenabhängigkeiten. Daher kann für die Kombination von Simulationslösungen BPMN 2.0 Verwendung finden, wenn die Simulationslösungen an sich möglichst klein und abgeschlossen gehalten werden. Zur Erstellung und Ausführung von solchen Geschäftsprozessen wurde auf Activiti (activiti.org) zurückgegriffen - einer Ausführungsengine und einen Editor für Geschäftsprozesse. Dadurch konnte Zeit für die Entwicklung einer solchen Engine und Editors gespart werden. Bei Activiti handelt es sich um eine Open-Source-Lösung.

Um Datenabhängigkeiten möglichst aus diesem Prozess herauszuhalten, wurde in SimPrognose eine einheitliche Wissensbasis geschaffen, welche auf einem kontrollierten Vokabular und einer Beschreibungsmethodik basiert. Ein kontrolliertes Vokabular beschränkt dabei die Anzahl der Begriffe in einer Domäne, stellt Beziehungen zwischen ihnen her und definiert Synonyme. Darauf basierend wurde die *SimPrognose Data Description Language* (SDDL) entworfen, welche zur Beschreibung von E-Commerce-spezifischen Parametern zum Einsatz kommt. Sie besteht aus den Beschreibungsmethodiken Eigenschaft, Gruppe, Kardinalität und Polymorphismus, welche in datengetriebenen Programmsystemen Verwendung finden. Abbildung 4 zeigt die Struktur der Methodiken.

Die Parameter der Simulationslösungen bzw. Simulationsmodule werden mit Hilfe der SDDL beschrieben und können daher einfach kombiniert werden. Mit einem möglichst domänen-flächendeckenden Vokabular reduziert sich der Aufwand des Auflöserns von Datenabhängigkeiten auf ein Minimum.

Damit ergibt sich das fachliche Integrationskonzept aus der Verwendung eines kontrollierten Vokabulars, einer Datenbeschreibungsmethodik, der Kapselung der Simulationslösungen als Simulationsmodule und deren Anbieters als Web-Services und der Kombination der Web-Services durch eine Geschäftsprozessmodellierungssprache.

Technisch vereinfachte die Betrachtung der Simulationsmodule als Web-Services die Integration erheblich. Die Simulationsmodule besitzen einheitliche Schnittstellen mit generischen Parametern, welche durch die SDDL beschrieben werden. Die speziellen Parameter können über eine Registrierungsschnittstelle abgefragt und dem Framework bekannt gemacht werden. Es nimmt die Beschreibung auf und registriert den Anbieter und das ange-

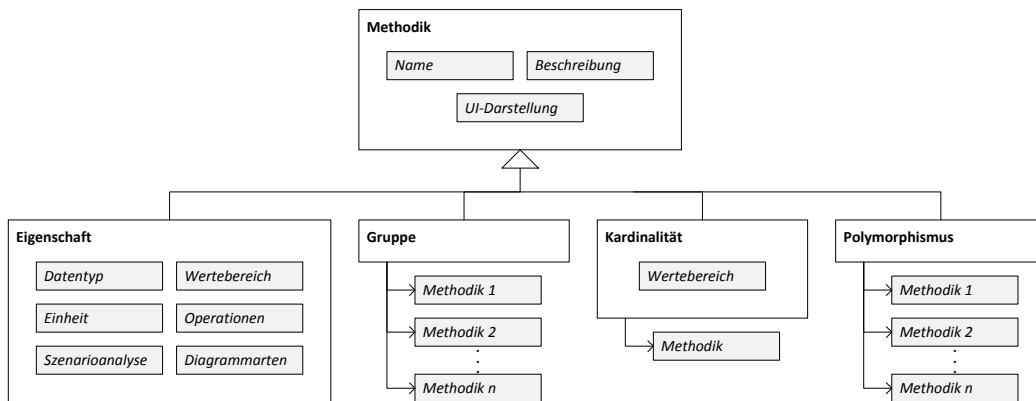


Abbildung 4: Methodiken der SimProgn Data Description Language

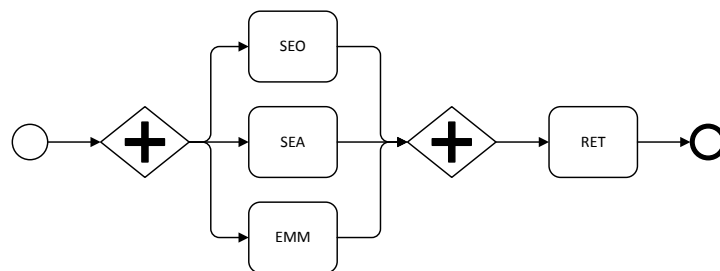


Abbildung 5: Eine Gesamtsimulation

botene Simulationsmodell in einem Registrierungsverzeichnis. Zur Laufzeit nutzt es das Wissen über die Zustände eines Simulationsmoduls (siehe Abbildung 3) und über den Aufbau der Parameter zur Konfiguration und zur Ein- und Ausgabe. Damit reduzierte sich die technische Integration auf ein Registrieren von Web-Services und deren Datenmodelle.

Das Ziel der Erforschung von Techniken zur Integration kontextspezifischer Simulationslösungen wurde sowohl fachlich als auch technisch erfüllt.

Zu b) Wie bereits im vorhergehenden Punkt erwähnt, werden Simulationsmodule, im Sinne von Simulationslösungen, mit Hilfe einer Geschäftsprozesssprache kombiniert (siehe Abbildung 5). Die dabei zu bewältigenden Datenabhängigkeiten werden durch die Verwendung eines kontrollierten Vokabulars und einer Datenbeschreibungsmethodik fast vollständig aufgelöst.

Zur Laufzeit wird jedes der verwendeten Simulationsmodule zunächst instan-

ziiert und dabei konfiguriert. Danach wird der Prozess der Gesamtsimulation sooft ausgeführt, wie Tage zu simulieren sind. Dabei bilden Ausgaben des vorhergehenden Tages die Eingaben des aktuellen Tages. Nach Ablauf der Simulationen werden die Instanzen der einzelnen Simulationsmodule beendet und gelöscht. Die während der Simulation ausgegebenen Parametern bilden die Ergebnisse.

Das Ziel der Kombination beliebiger Simulationslösungen wurde damit erfüllt.

Zu c Die Beantwortung komplexer Fragestellungen findet durch Interpretation, Aggregation und Kombination der Ausgabeparameter eines oder mehrerer Simulationsläufe statt. Dafür wurden zwei Techniken für die Auswertung der Simulationsergebnisse konzipiert und umgesetzt: benutzerdefinierte Auswertung und Szenarioanalyse. Eine benutzerdefinierte Auswertung erlaubt das Kombinieren von beliebigen Simulationsergebnissen. Es wurde durch die Verwendung des kontrollierten Vokabulars, das die Eindeutigkeit von Parameterbezeichnungen, und der Beschreibungsmethodik, welche den Zugriff auf die Daten beschreibt, ermöglicht. Dabei kamen Techniken des Compilerbaus zum Tragen, welche die Beschreibung der Kombination als Formel erwartet, syntaktisch überprüft und in einen abstrakten Syntaxbaum (AST) überführt. Ein AST ist mit Hilfe des Interpreter-Pattern in der Lage interpretiert, im Sinne von berechnet, zu werden. Mit Hilfe von Aggregationsvorschriften können die berechneten Daten über beliebige Zeiträume zusammengefasst werden. Abbildung 6 illustriert die Eingabe von benutzerspezifischen Parametern in der UI des entstandenen Prototypen.

Die berechneten Werte können in Form von Diagrammen und Tabellen visualisiert und ausgewertet werden (siehe Abbildung 7). Das Verständnis der Daten fordert die korrekte Beantwortung der gestellten Ausgangsfragestellung.

Manchmal ist es notwendig die Ergebnisse von mehreren Simulationsläufen miteinander zu vergleichen. Dabei weichen die Simulationsläufe nur in wenigen Parameteränderungen voneinander ab. Als Szenarioanalyse benannt, wurde die Szenarioanalyse in das Framework integriert und erlaubt die Variation von ausgewählten Parametern und der Visualisierung der Ergebnisse in einen gemeinsamen Diagramm (siehe Abbildung 8).

Die Beantwortung komplexer, wirtschaftlicher, interdisziplinärer und technischer Fragestellungen im E-Commerce wurde somit erfüllt.

Zu 2 Das Referenzvorgehensmodell zur Erhebung von Ursache-Wirkungsketten lag in der Hauptverantwortung von Intershop. Dabei wurde die SimProgno-Methode [HKKD12] entwickelt. Dennoch trugen die Friedrich-Schiller-Universität mit Hilfe von Randfallanalysen und dem Voranschreiten des Integrationskonzepts maßgeblich zum Referenzvorgehensmodell, genannt die *SimProgno*-Vorgehensmethode, bei.

Zu 3 Das Framework zur Integration von Simulationslösungen wurde vollständig konzi-

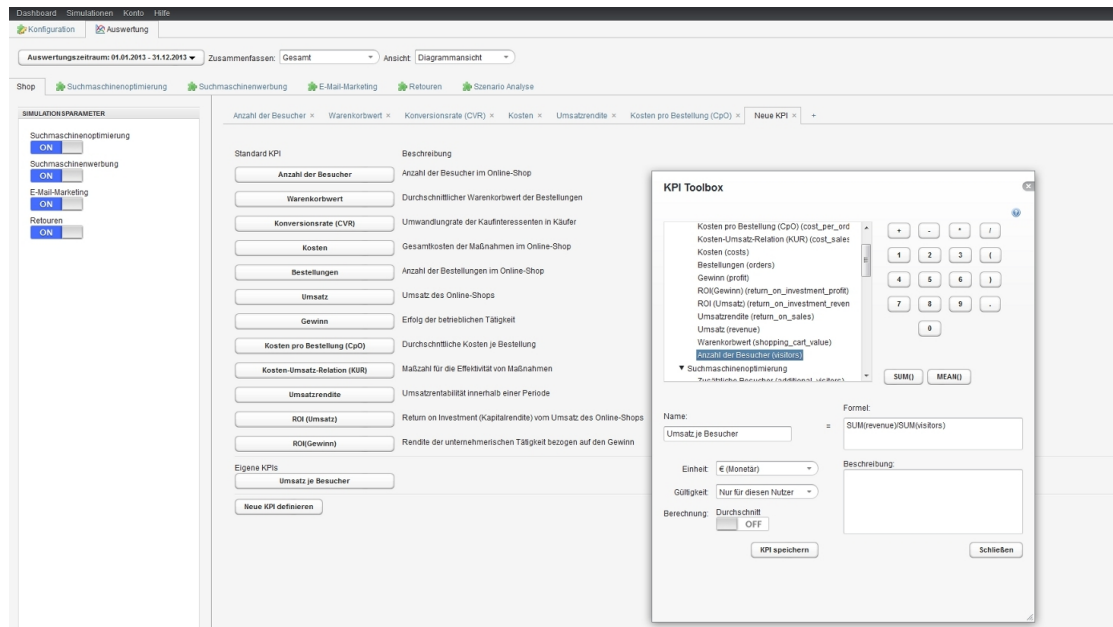


Abbildung 6: Die KPI-Toolbox im Prototypen

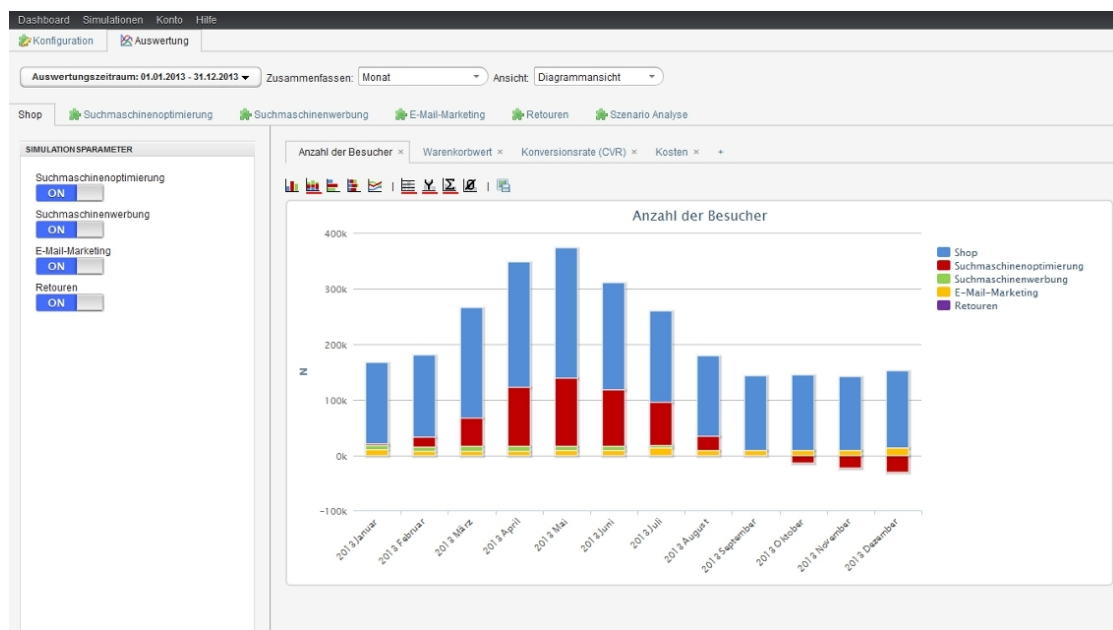


Abbildung 7: Visualisierung der Ergebnisse in Diagrammen

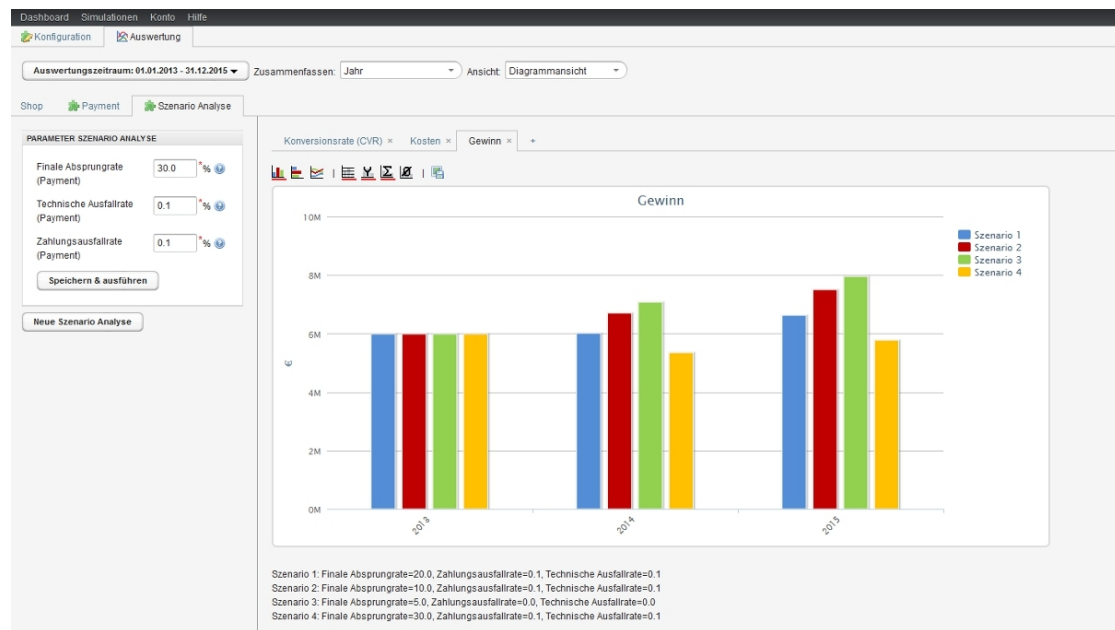


Abbildung 8: Vergleich verschiedener Szenarios

piert und prototypisch umgesetzt (siehe Abbildung 9), wie bereits erwähnt. Dabei wurden die erforschten Techniken und Konzepte implementiert und in das *SimProgn*-Simulationsframework übertragen. Aufgrund der Allgemeingültigkeit kann es auch in anderen Domänen Anwendung finden. Eine öffentlichkeitswirksame Darstellung des Prototypen fand auf der CeBIT 2013 statt und zeigte den Einsatz vor dem Fachpublikum.

Zu 4 Während des kompletten Projektes wurden alle Techniken, Konzepte und die Implementierung evaluiert und erprobt. Auch wenn sich mitunter das Auffinden der dazu nötigen Datenbasis als schwierig erwies, gelang es dennoch eine grundlegende Evaluation durchzuführen.

Die Ergebnisse der Friedrich-Schiller-Universität waren die folgenden.

Zu 1 Ein Ergebniss ist die Entwicklung eines fachlichen und technischen Integrationskonzeptes für Teilsimulationen zu einer Gesamtsimulation. Wie bereits erwähnt, fand die fachliche Integration im Wesentlichen durch die Verwendung von BPMN 2.0, eines kontrollierten Vokabulars und einer Datenbeschreibungsmethodik statt. Die technische Integration konnte durch den Einsatz von zustandsbasierten Web-Services gelöst werden. Dabei wurden allgemeine Simulationslösungen in sogenannte Simulationsmodule, das heißt Simulationen mit bestimmten Eigenschaften, überführt. Dadurch reduzierten sich die Schnittstellen aller Web-Services auf eine einzige allgemeine, die mit Hilfe der Datenbeschreibungsmethodik genauer spezifiziert werden können. Weiterhin werden die Web-Services im eigentlichen Sinne nicht

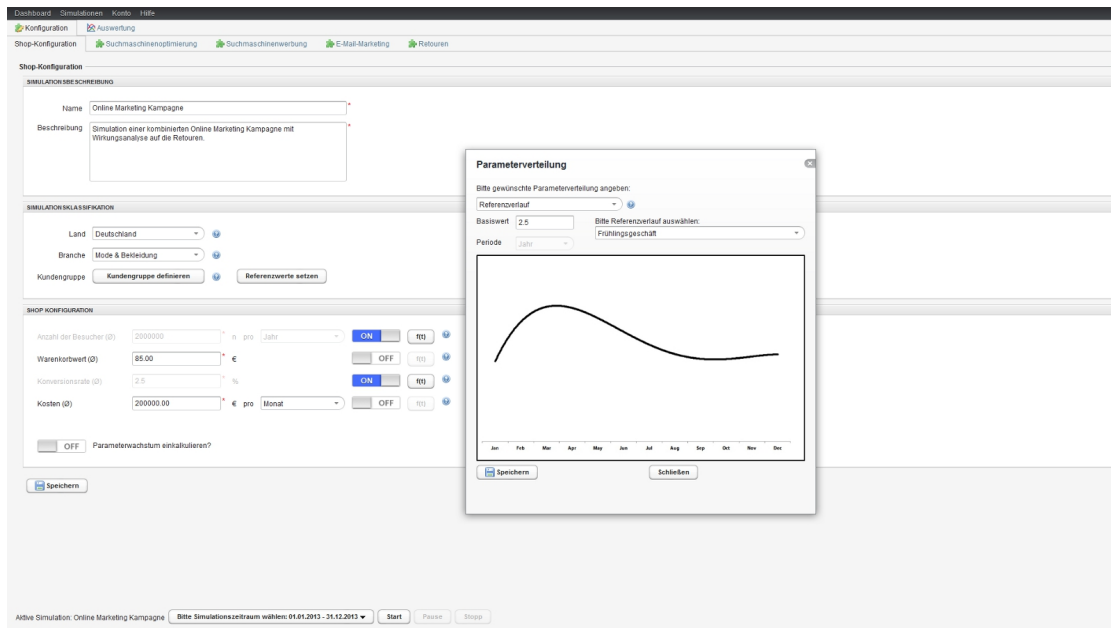


Abbildung 9: Screenshot des Prototypen

integriert, sondern lediglich am Framework registriert. Dies vereinfacht den Anbindungsvorgang von Simulationen wesentlich.

Zu 2 Die Beschreibung von Kompositions-, Assoziations- und Abhängigkeitsbeziehungen konnte komplett durch BPMN 2.0 gefunden werden. BPMN 2.0 erlaubt neben der Anordnung von Teilsimulationen zu einem Prozess auch die Wiederverwendung von solchen Prozessen (Komposition und Assoziation). Analysen ergaben, dass Abhängigkeiten stets durch Daten verursacht wurden. Durch einen gemeinsamen Laufzeitdatenspeicher hat jede Simulation den Zugriff auf die aktuellen Daten.

Um die Ausführung von strukturell unkorrekten Gesamtsimulationen zu verhindern, wurde sich außerdem mit der Verifizierung von strukturell korrekten Gesamtsimulationen, im Sinne von Workflow-Graphen, beschäftigt [Pri13].

Zu 3 Das Schnittstellenkonzept für die Integration von Simulationslösungen und deren Verwendung reduzierte sich durch die Verwendung eines kontrollierten Vokabulars, einer Datenbeschreibungsmethodik und von Web-Services. Weiterhin konnte das Schnittstellenkonzept durch die Anpassung von Simulationslösungen auf Simulationsmodule vereinfacht werden. Simulationsmodule sind Simulationen, welche instanziiert, schrittweise ausgeführt und beendet werden können. Dadurch gibt es zwischen den Teilsimulationen und dem Framework tatsächlich nur zwei standardmäßige Schnittstellen, eine zum Integrieren der Simulationsmodule und eine zum Verwenden der Simulationsmodule. Letztere Schnittstelle besteht aus Operationen zum Instanzieren, schrittweise Ausführen und zum Beenden des Simulationsmo-

duls. Die dabei benötigten Daten werden in einem Projekt-standardisierten Format übertragen und mit Hilfe der Datenbeschreibungsmethodik definiert. Die Schnittstelle zur Integration besteht aus einer einzigen Operation, welche im Wesentlichen das Datenmodell des Simulationsmoduls an das Framework überträgt.

Mit Hilfe dieser einfachen Schnittstellen ist eine Integration, im Sinne einer Registrierung, und die Verwendung von Simulationslösungen sehr einfach.

Zu 4 Das Framework, genannt *SimProgn*-Simulationsframework, wurde prototypisch umgesetzt. Dabei wurde das Framework implementiert, das beschriebene technische Integrationskonzept verankert und mit Hilfe von Beispielszenarien evaluiert. Des Weiteren fand eine software-technische Überprüfung durch Integrations- und Modultests statt.

Für den interessierten Leser werden die detaillierten Ergebnisse in einem Projektbuch zur Verfügung gestellt, welches voraussichtlich noch im Jahr 2013 veröffentlicht wird. Das Buch wird unter dem Titel 'Simulation im E-Commerce - Ergebnisse aus dem Forschungsprojekt SimProgn' erscheinen.

Insgesamt wurden alle im Antrag gesteckten Ziele erfolgreich erreicht. Alle im Projekt geleisteten Arbeiten trugen zum Projekterfolg und den einzelnen Projektzielen bei. Auch wenn Fehlentscheidungen und Umentscheidungen aufgrund des Forschungscharakters des Projekts auftraten, sorgten diese zu wesentlichen Erkenntnissen, die zum Erfolg des Projektes führten. Die Notwendigkeit aller Arbeiten ergeben sich somit direkt aus dem Projektantrag, dem Förderprogramm *KMU-innovativ* und dem Forschungscharakter des Projekts.

2.3 Verwertung der Ergebnisse

2.3.1 Wissenschaftlich-technische Erfolgsaussichten

Kurzfristig. In SimProgn fanden bisher zielgerichtete Publikationen der Ergebnisse durch die Friedrich-Schiller-Universität Jena statt. Weiterhin sind weitere Publikationen der Ergebnisse in Planung. Die Veröffentlichung der Projektergebnisse fand bisher Vierterlei statt: in Form eines technischen Berichts, zweier internationaler Veröffentlichungen inkl. Vorstellungen auf Konferenzen bzw. Workshops sowie durch eine laufende Öffentlichkeitsarbeit. Ein gemeinsames Projektbuch ist in Planung und steht kurz vor dem Abschluss.

Der technische Bericht beschreibt ein konzeptionelles Meta-Modell interagierender Simulationen, welches jedoch im Projekt selbst verworfen wurde. Es boten sich andere Alternativen an, die aufgrund ihrer Ausreifung den Vorzug innerhalb des Projektes fanden. Dennoch kann das vorgestellte konzeptionelle Meta-Modell in anderen Disziplinen für einen Durchbruch sorgen.

Thomas M. Prinz, Wilhelm R. Rossak:

Konzeptionelles Meta-Modell miteinander interagierender Simulationen mit rollenbasierten Multiagentensystemen.

Technical Report No. 1/12, Friedrich-Schiller-Universität Jena, Jenaer Schriften zur Mathematik und Informatik, 2012.

Auf der 33th International Conference on Autonomous Agents and Multiagent Systems in Paris im November 2012 wurden Teile des technischen Berichts in Form eines wissenschaftlichen Beitrags veröffentlicht. Es handelt sich um eine Abhandlung des im technischen Bericht eingeführten *AGENTMAP*-Modells.

Thomas M. Prinz, Wilhelm R. Rossak, Kai Gebhardt:
AGENTMAP: A Conceptual Meta-Model of Interacting Simulations.
ICAAMS 2012, 33th International Conference on Autonomous Agents and Multiagent Systems. Blackpool: World Academy of Science, Engineering and Technology (WASET), Issue 71 November 2012, Paris, France, pp. 1740-1747.

Im Februar 2013 wurde auf einem Zentraleuropäischem Workshop über Services und ihre Komposition ein Beitrag zur schnellen, strukturellen Korrektheitsverifikation von Workflow-Graphen vorgetragen. Dabei wird die Verifikation von Geschäftsprozessen, im Sinne der im Projekt Verwendung gefundenen BPMN 2.0, behandelt.

Thomas M. Prinz:
Fast soundness verification of workflow graphs.
Proceedings of the 5th Central-European Workshop on Services and their Composition, ZEUS 2013, Rostock, Germany, pp. 31-38, February 2013.

Der breiten Masse wurde das Projekt auf der 3. BMBF Fachtagung und auf der CeBIT 2013 in Begleitung aller Projektpartner durch Poster und Vorführungen vorgestellt. Weitere Ausstellungen, wie der „Tag der Fakultät“ der Fakultät für Mathematik und Informatik und der Wanderausstellung „Abenteuer Informatik“, wurden genutzt, um in Form eines Posters auf die Ergebnisse des Projekts öffentlichkeitswirksam hinzuweisen.

Zum Abschluss des Projekts ist eine Veröffentlichung aller Projektergebnisse der Projektpartner in Form eines öffentlich zugänglichen Buches geplant. Darin werden detaillierte Beschreibungen und Erläuterungen über die Ziele, Vorgehensweise, Veröffentlichungen und Umsetzungen zu finden sein. Das Buch wird voraussichtlich mit den unten stehenden Referenzdaten veröffentlicht.

Axel Hummel, Heiko Kern, Thomas Prinz, Arndt Döhler (Hrsg.):
Simulation im E-Commerce - Ergebnisse aus dem Forschungsprojekt SimProgn.
Eigenverlag Leipziger Informatik-Verbund (LIV), Leipzig, 2013
ISBN: 978-3-941608-27-6

In den Lehrbetrieb der Friedrich-Schiller-Universität Jena flossen die Ergebnisse von SimProgn ebenfalls ein. Einerseits wurde durch die interdisziplinäre Ausbildung der studentischen Hilfskräfte direkter Bezug zum Projekt und zu den Ergebnissen geknüpft. Andererseits wurden die Ergebnisse in den Vorlesungen „Softwareentwicklungsprojekt 1“

und „Softwareentwicklungsprojekt 2“ eingebracht. Ebenfalls wurde eine Bachelorarbeit mit dem Titel „Automatische Generierung einer Benutzeroberfläche für Simulationen“ auf diesem Thema bearbeitet und Dissertationen in der Verifizierung von Geschäftsprozessen und der Anforderungsanalyse begonnen.

An den Beibehalt der kurzfristigen Verwertungsabsichten wird festgehalten.

Mittel- und langfristig. In neuen geplanten und laufenden Projekten der Friedrich-Schiller-Universität soll an den Ergebnissen aus SimProgno angeknüpft werden. Dies findet einerseits in dem Projekt *Data-Aware Analysis of Service Behaviour (DAAS)* statt und erfolgt ebenfalls im Projekt *Smart City Logistik Erfurt*. Dabei ist auf den Kooperationsvertrag zwischen den Projektpartnern auf die Weiterverwendung der Projektergebnisse zu achten.

Ein Einsatz der Simulationsstrategien in der CIO-Gruppe der Friedrich-Schiller-Universität für die langfristigen Auswirkungen von Managemententscheidungen ist weiterhin vorgesehen.

Auch der verstärkte Einfluss in die Lehre durch eine eigene Vorlesung zum Thema und dem Praxissemester mit dem Schwerpunkt „Integrierte Simulationsverfahren“ des Studiengangs „Angewandte Informatik“ wird weiterhin angestrebt.

2.3.2 Wissenschaftliche und wirtschaftliche Anschlussfähigkeit

Wie bereits dargestellt, sollen weitere wissenschaftliche Projekte auf Basis der Ergebnisse geplant werden. Eine langfristige Ausweitung des Forschungsprojektes auf ein internationales Niveau ist weiterhin möglich. Insgesamt bleibt die Friedrich-Schiller-Universität aufgrund der Projektergebnisse wissenschaftlich und wirtschaftlich anschlussfähig.

2.4 Fortschritt während der Projektzeit

Wie in allen Bereichen der Forschung und Technik ist auch das Forschungsgebiet der Simulation und im E-Commerce von Fortschritt geprägt. Während der Projektlaufzeit wurden Ergebnisse mit Ähnlichkeit durch eingängige Literaturrecherche ausfindig gemacht. Sie entsprachen aber niemals dem Forschungsfokus des Projekts.

An der Universität Stuttgart existiert ein Stuttgart Research Centre for Simulation Technology in welches auch das Exzellenzcluster Simulation Technology (SimTech) eingebunden ist. Mit einer komplett anderen Projektgrößenordnung mit über 100 Doktoranden und einem eigenen Studiengang bedeutet dies ein enormes Potenzial in der Weiterentwicklung und der Forschung von Simulationstechnologien. Jedoch liegt deren Fokus auf dem simulationsbasiertem Design neuer Werkstoffe, der virtualisierten Entwicklung von (technischen) Prototypen, der Umwelttechnik, der systembiologischen Betrachtung und zur allgemeinen Beschreibung des menschlichen Körpers. Aus diesem Grund waren dort erbrachte Ergebnisse interessant aber nicht maßgeblich für SimProgno.

Neben dem Exzellenzcluster wurde das Simulation Integration Framework [SN12] entwickelt, welches im Juli 2012 auf der 10th IEEE International Conference on Industrial

Informatics (INDIN) veröffentlicht wurde. Das Simulationsframework weist Ähnlichkeiten zu dem im SimProgno-Projekt entstandenem Framework auf. Aufgrund der im Bezug zum Projekt späten Veröffentlichung konnten die Ergebnisse kaum bis keinen Einfluss auf die Projektarbeit nehmen. Vielmehr bestätigt es die Korrektheit mancher Ansätze. Aufgrund des anderen Anwendungsfokus (Automatisierungsindustrie vs. E-Commerce) und einer Tendenz zu physischen und technischen Prozessen unterscheiden sich beide Ansätze jedoch auch wesentlich von einander.

Ein weiteres, entdecktes Projekt bezüglich Simulationen ist das Simantics Projekt. Diese bezieht sich jedoch auch mehr auf die Simulation und Modellierung technischer Zusammenhänge und kann nur schwer auf die E-Commerce-Domäne übertragen werden.

Generell fokussierten die meisten Arbeiten zu Simulationen und zur Integration von Simulationen auf bestimmte Domänen. Deren Lösungsansätze sind jedoch direkt auf diese Domänen zugeschnitten. Im Gegensatz dazu bieten die Ansätze von SimProgno eine beliebige Anwendung in anderen Domänen, solange sich an die gestellten Konventionen gehalten wird. Diesbezüglich sind während des Projektzeitraums keine Ergebnisse von anderer Stelle aufgetreten, die entweder das Projekt gefährden, im Sinne von nicht-realisiert, oder den Forschungscharakter minimieren können.

3 Zusammenfassung

In der Gesamtheit des Projekts zwischen den Projektpartnern sowie in den Teilprojekten der jeweiligen Projektpartner war das Projekt sowohl in Einhaltung der Zuwendungen (mit Änderungen in Absprache des Projektträgers), in der Einhaltung des Zeitplans (mit kostenneutraler Verlängerung in Absprache des Projektträgers) als auch in der Erreichung aller (Gemeinschafts-)Ziele sehr erfolgreich. Zu keinem Zeitpunkt galt die Erreichung der Projektziele als gefährdet.

Literatur

- [All09] ALLWEYER, Thomas: *BPMN 2.0: Business Process Model and Notation: Einführung in den Standard für die Geschäftsprozessmodellierung*. Bd. 2. 2. Norderstedt : Books on Demand, 2009
- [BB02] BIANCHI, Carmine ; BIVONA, Enzo: Opportunities and pitfalls related to internet-based strategies in small and medium-sized firms - a system dynamics approach. In: LOCHER, Fabienne (Hrsg.) ; WEBER, Walter (Hrsg.) ; PLEITNER, Hans J. (Hrsg.) ; FÜGLISTALLER, Urs (Hrsg.) ; VOLERY, Thierry (Hrsg.): *Umbruch der Welt - KMU vor Höhenflug oder Absturz? Radical change in the world - will SMEs soar or crash?* 1. KMU Verlag HSG, 2002
- [BCNN10] BANKS, Jerry ; CARSON, John S. ; NELSON, Barry L. ; NICOL, David M.: *Discrete-Event System Simulation*. 5. Pearson, 2010 (International Edition)
- [Boe05] BOER, Csaba A.: *Distributed Simulation in Industry*, Erasmus University Rotterdam, Diss., 2005
- [Bos04] BOSSEL, Hartmut: *Systeme, Dynamik, Simulation: Modellbildung, Analyse und Simulation komplexer Systeme*. 1. Books on Demand GmbH, 2004
- [DJB07] DELRE, S.A. ; JAGER, W. ; BIJMOLT, T.H.A. ; JANSSEN, M.A.: Targeting and timing promotional activities: An agent-based model for the takeoff of new products. In: *Journal of Business Research* 60(8) (2007), S. 826–835
- [DK10] DECKERT, Andreas ; KLEIN, Robert: Agentenbasierte Simulation zur Analyse und Lösung betriebswirtschaftlicher Entscheidungsprobleme. In: *Journal für Betriebswirtschaft* 60(2) (2010), S. 89–125
- [Esi08] ESINS, E.: Ship Design and Simulation System (SEGIS) - An Open Software Platform for Supplier Integration. In: *Proceedings of the 3. European Conference on Production Technologies in Shipbuilding*. Stralsung, Germany, 2008
- [Hil07] HILLER, Andre: *Einführung in den Einsatz von Data Mining*. 1. GRIN Verlag, 2007
- [HKKD12] HUMMEL, Axel ; KERN, Heiko ; KESSLER, René ; DÖHLER, Arndt: A Methodology for Simulation Development on the Basis of Cause-and-Effect Modeling. In: KOCÍ, R. (Hrsg.) ; HANÁČEK, P. (Hrsg.) ; KUNOVSKÝ, J. (Hrsg.) ; ZBORIL, F. (Hrsg.) ; SAMEK, J. (Hrsg.): *Proceedings of the 3rd International Conference on Computer Modelling and Simulation (CSSim 2012)*, 2012, S. 33–39
- [Lee04] LEE, Young M.: Simulating availability outlook for e-commerce business of personal sales. In: *Winter Simulation Conference* (2004), S. 1201–1204

- [OMG11] OMG: Business Process Model and Notation. In: *Specification* (2011), März, Nr. 2.0. <http://www.omg.org/spec/BPMN/2.0>
- [Pri13] PRINZ, Thomas M.: Fast soundness verification of workflow graphs. In: *Proceedings of the 5th Central-European Workshop on Services and their Composition*. Rostock, Germany, Februar 2013 (ZEUS 2013), S. 31–38
- [PS04] PAN, Yunpeng ; SHI, Leyuan: A stochastic on-line model for shipment date quoting with on-time delivery guarantees. In: *Winter Simulation Conference* (2004), S. 1995–1200
- [SN12] SINDELAR, R. ; NOVAK, P.: Simulation integration framework. In: *Industrial Informatics (INDIN), 2012 10th IEEE International Conference on*, 2012, S. 80–85
- [Thr08] THRAENERT, Maik: *Integration-Engineering: Grundlagen, Vorgehen und Fallstudien*, Universität Leipzig, Diss., 2008
- [Yle06] YLEN, Jean-Peter: System dynamic model for e-commerce customer retention strategy. In: JUUSO, Esko (Hrsg.) ; Finnish Society of Automation (Veranst.): *Proceedings of the 47th Conference on Simulation and Modelling, SIMS 2006*. Helsinki, Finland, 2006, S. 62–67

Berichtsblatt

1. ISBN oder ISSN	2. Berichtsart (Schlussbericht oder Veröffentlichung) Schlussbericht
3. Titel SimProgn Ein integratives Framework zur multidimensionalen Modellierung, Simulation und Prognostik von E-Commerce-Wirkungsketten Schlussbericht 2013 zu Nr. 3.2	
4. Autor(en) [Name(n), Vorname(n)] Thomas M. Prinz, Kai Gebhardt	5. Abschlussdatum des Vorhabens März 2013
	6. Veröffentlichungsdatum September 2013
	7. Form der Publikation
8. Durchführende Institution(en) (Name, Adresse) Lehrstuhl für Softwaretechnik Institut für Informatik Fakultät für Mathematik und Informatik Friedrich-Schiller-Universität Jena Ernst-Abbe-Platz 2 D-07743 Jena	9. Ber. Nr. Durchführende Institution
	10. Förderkennzeichen 01IS10042B
	11. Seitenzahl 26
12. Fördernde Institution (Name, Adresse) Bundesministerium für Bildung und Forschung (BMBF) 53170 Bonn	13. Literaturangaben 17
	14. Tabellen 0
	15. Abbildungen 9
16. Zusätzliche Angaben	
17. Vorgelegt bei (Titel, Ort, Datum)	
18. Kurzfassung Systeme stehen unter dem Einfluss der Umwelt und wirken sich selbst auf die Umwelt aus. Ein Online-Shop ist ein solches System und dem stetigen Einfluss von Trends, Kundenverhalten, usw. ausgesetzt. Es setzt jedoch auch Trends, macht auf sich aufmerksam, im Sinne von Marketing, und produziert bestenfalls Gewinn für den Betreiber. Für einen Online-Shop existiert kein ganzheitliches Modell des Systems. Daher ist es schwer, Entscheidungen fundiert zu treffen. Sie werden zurzeit aus dem Bauch heraus mit Erfahrungen von Managern des Online-Shops getroffen. Mit der Abschätzung wirtschaftlicher und technischer Wirkungen von Entscheidungen befasste sich das SimProgn-Projekt, um Shop-Managern ein Tool zur Seite zu stellen, welches das Treffen von Entscheidungen wissenschaftlich fundiert. Konkret war das Ziel die Erforschung von Techniken zur Integration kontextspezifischer Simulationslösungen, in deren Kombination sich komplexe wirtschaftliche, interdisziplinäre und technische Fragestellungen in der Anwendungsdomäne E-Commerce beantworten lassen. Dafür wurden unterschiedliche Techniken zur Simulation und zur Integration betrachtet, sowie Referenzmodelle von Software-Architekturen begutachtet. Zusammenhänge wurden mit Hilfe von Ursache-Wirkungsketten aufgestellt und in Simulationsmodelle für System Dynamics und agentenbasierte Simulationen überführt. Die daraus resultierenden Simulationslösungen werden als spezielle Simulationsmodule über Web-Services angeboten und können mit Hilfe der Service Orchestrierung zu einer Gesamtlösung kombiniert werden. Mit einer entsprechend aufwändigen Auswertungskomponente der Systemarchitektur können komplexe Fragestellungen im E-Commerce beantwortet werden. Das Projekt zeigt die Möglichkeit komplexe Fragestellungen mit Hilfe von kleinen Simulationen unter Kombination in einer speziellen Anwendungsdomäne durch Simulation beantworten zu können. Die dabei entstandenen Techniken können mit einer gewissen Adaption auch in anderen Domänen, wie dem Berichtswesen, der Umwelt, etc., Anwendung finden.	
19. Schlagwörter E-Commerce, Framework, Integration, Architektur, Modellierung	
20. Verlag	21. Preis

Document Control Sheet

1. ISBN or ISSN	2. type of document (e.g. report, publication) report
3. title Final Report "A Framework for Modeling, Simulation and Prognostic of Cause-and-Effect Relations in E-Commerce Domain"	
4. author(s) [family name, first name(s)] Thomas M. Prinz Kai Gebhardt	5. end of project März 2013
	6. publication date September 2013
	7. form of publication Buch
8. performing organization(s) (name, address) Lehrstuhl für Softwaretechnik Institut für Informatik Fakultät für Mathematik und Informatik Friedrich-Schiller-Universität Jena Ernst-Abbe-Platz 2 D-07743 Jena	9. originator's report no.
	10. reference no. 01IS10042B
	11. no. of pages 26
12. Fördernde Institution (Name, Adresse) Bundesministerium für Bildung und Forschung (BMBF) 53170 Bonn	13. no. of references 17
	14. no. of tables 0
	15. no. of figures 9
16. supplementary notes	
17. presented at (title, place, date)	
18. abstract Systems are influenced by and affect its environment. An online shop is such a system and will be influenced by trends, customer behaviors, and so on. However, it also sets trends, makes marketing and produces profit for the providing company. Up to now, it does not existing a holistic system model of an online shop. Therefore, it is difficult to take well-founded decisions and so called-shop managers decide complex questions according to instinct and experiences. The economic and technical estimation of shop manager decisions forms the research of the project SimProgno to provide a tool for shop managers which consolidates the decision making process scientifically. Therefore, the overall goal was the research of techniques for the integration of context-specific simulation solutions whose combination enables the answering of economic, interdisciplinary and technical questions in e-commerce domain. Different techniques of simulation and integration were considered as well as reference software architectures. Since there are many connections, they were visualized and analyzed with cause-and-effect chains to be translated into simulation models of System Dynamics and agent-based simulations. The resulting simulation solutions were so-called simulation modules which are provided by web services. Therefore, they can be combined to an overall simulation solution with rules of service orchestration. The simulation results can then answer complex questions in e-commerce with the use of an analysis engine. The project shows the possibility of answering complex questions in a special domain by simulation and the combination of small simulations. Most of the techniques can be adapted to another domain, e.g., reporting systems and natural environment.	
19. keywords E-commerce, Framework, Integration, Architecture, Modeling	
20. publisher	21. price