

Editorial

Liebe Leserinnen und Leser,

vor Ihnen liegt nunmehr die bereits siebte Ausgabe des E-Journals **Anwendungen und Konzepte in der Wirtschaftsinformatik (AKWI)**.

Dieses Heft besteht aus zwei Teilen, und zwar:

- In einem ersten Teil finden Sie das Ihnen bereits bekannte AKWI-Journal, so wie es bereits vorher in sechs Ausgaben erschienen ist.
- In einem zweiten Teil finden Sie eine Reihe von Veröffentlichungen aus dem Bereich „Digitalisierung im Automobilbereich“, die im Rahmen des Automobilsymposiums der TH Wildau entstanden sind – wir sind überzeugt, dass die dort angesprochenen Themen für Leser dieses Journals eine interessante Ergänzung zu den traditionellen Inhalten des Journals darstellen.

Der erste Teil des Journals befasst sich wieder mit einer Reihe von Themen, die typisch für Fragestellungen der Wirtschaftsinformatik sind, sei es aus dem Bereich des E-Commerce, des Software-Engineering sowie der betrieblichen Anwendungssoftware.

Sie finden darin auch wieder Arbeiten, die auf sehr guten Abschlussarbeiten basieren. Das zeigt, welche inhaltliche Tiefe bereits durch Studierende bei entsprechend sorgfältiger Betreuung erreichen werden kann.

Drei Veröffentlichungen befassen sich mit dem Bereich ERP-Systeme, diesmal speziell mit dem Aspekt der Erweiterung. Im Trend der Digitalisierung spielen diese Systeme selbstverständlich immer noch eine Schlüsselrolle, insbesondere in deren neueren Ausprägungen. Zwei weitere Veröffentlichungen befassen sich mit Fragen des Software-engineerings und des Tests von Software. Zudem werden noch interessante Fragestellungen der finanzwirtschaftlichen Analyse sowie des Trackings des Kundenverhaltens behandelt. Die Arbeiten, die im Rahmen von Kooperationen oder auch Abschlussarbeiten entstanden sind, ziehen sich durch ein breites Feld von Branchen, seien es Einzelhändler, Zulieferer oder auch Industrieausrüster.

Über Ihr Interesse an der Zeitschrift freuen wir uns und wünschen Ihnen Freude bei der Lektüre.

Regensburg, Fulda, Wildau und Luzern, im Juli 2018

Frank Herrmann, Norbert Ketterer, Christian Müller und Konrad Marfurt

In eigener Sache:

Alle Beiträge wurden von zwei unabhängigen Gutachtern begutachtet und von den Autoren anschließend überarbeitet. Dieser Prozess nimmt naturgemäß viel Zeit in Anspruch, da sämtliche Redakteure, Gutachterinnen und Gutachter ihre Arbeit in der immer spärlicher werdenden Freizeit leisten. Dafür gebührt ihnen unser besonderer Dank!

Unsere Zeitschrift steht kostenfrei unter <http://akwi.hswlu.ch> als E-Journal an der Hochschule Luzern unter Federführung von Konrad Marfurt zur Verfügung. Für unsere Autoren entstehen durch die Publikation keine Kosten, allerdings erhalten sie auch keine Honorare. Damit wir unter diesen Bedingungen erfolgreich arbeiten können, reichen die Autoren druckfertige Manuskripte, die unserer Formatvorlage genügen, in deutscher oder englischer Sprache ein, ordnen diesen einer der Rubriken Grundlagen, Trends, Praxis, Kurz erklärt, Buchbesprechung oder Abschlussarbeit zu. Ferner bitten wir unsere Autoren um eine Einverständniserklärung zur Publikation und eine Selbsteinschätzung. Nach der Einreichung beginnt sofort unser Begutachtungsprozess.



Christian Müller



Konrad Marfurt



Norbert Ketterer



Frank Herrmann

Finanzwirtschaftliche Modelle in einer integrierten R-Umgebung

Prof. Dr. Michael Guckert
Prof. Dr. Christian Schulze
Natascha Nitzl

Kompetenzzentrum für Informationstechnologie
(KITE)

Technische Hochschule Mittelhessen
Wiesenstraße 14
D - 35390 Gießen
michael.guckert@mnd.thm.de
christian.schulze@mnd.thm.de

ABSTRACT

Der Bedarf an quantitativen Informationen zum Finanzmarkt und an volkswirtschaftlichen Kennzahlen wächst mit steigender Komplexität der wirtschaftlichen Zusammenhänge immer schneller. Derzeit bietet der Markt lediglich fragmentierte Systeme für die Auswertung und Analyse von finanzwirtschaftlichen Daten, wobei eine Integration der Information aus verschiedenen Datenquellen nur mit hohem Aufwand umsetzbar ist. Im Rahmen des vom Land Hessen geförderten LOEWE3-Projektes ADOMIS (Ambient Delivery of Multiple Information and Statistics) wurde in Zusammenarbeit des Kompetenzzentrums KITE (Kompetenzzentrum für Informationstechnologie) der Technischen Hochschule Mittelhessen und der Content Software GmbH; Bad Homburg, eine integrierte Analyseplattform für finanz- und volkswirtschaftliche Daten geschaffen. Diese stellt eine Datenbank zur Verfügung, die Daten unterschiedlicher Struktur und Herkunft in einem integrierten Datenmodell zusammenführt. Exemplarisch werden wiederverwendbare Analysekomponenten für die Auswertung zur Verfügung stellt und eine R-Schnittstelle für die Erstellung eigener Analysen innerhalb der Plattform angeboten. Der Aufwand für die Erstellung von statistischen Auswertungen über finanzwirtschaftlichen Zeitreihen wird durch ADOMIS deutlich reduziert.

SCHLÜSSELWÖRTER

Datenbanken, Finanzwirtschaftliche Analysen, Merton-Modell

1. HINTERGRUND

Zu den zentralen Aufgaben von Kreditinstituten zählt die Bewertung des Kreditrisikos ihrer Kreditnehmer. Dazu ist die Auswertung zahlreicher Finanzdaten und Bestimmung von finanzmathematischen Kennzahlen notwendig.

Hierzu benötigen Kreditinstitute neben einer umfangreichen und aktuellen Datenbasis, auch entsprechende Programme zur Bearbeitung dieser Daten. Zugleich ist eine einfache Umsetzung finanzmathematischer Modelle auf dieser Datenbasis nötig.

Seit jeher liefern ausschließlich große Anbieter wie Bloomberg und Thomson Reuters belastbare Daten für die Finanzbranche. Kreditinstitute und Analysten abonnieren die Services dieser Anbieter und nutzen für hohe Lizenzkosten deren Analyse-Tools oder arbeiten für ihre Auswertungen mit proprietären Lösungen wie Excel.

Das in der Finanzbranche wegen der wachsenden Regulatorik so wichtige Reporting ist zwar in der

Darstellung standardisiert, häufig aber nicht in der Generierung der Reports.

Im Rahmen des ADOMIS-Projektes wurde eine offene Plattform geschaffen, die eine Integration von finanz- und volkswirtschaftlichen Daten aus verschiedenen Datenquellen erlaubt, eine Analyse-Schnittstelle für R bietet und außerdem eine standardisierte Generierung von Reports bietet.

2. DAS ADOMIS-PORTAL

2.1 Übersicht

Das ADOMIS-Portal arbeitet browser-basiert und wurde auf der Basis von Liferay entwickelt. Die Speicherung der Finanzdaten erfolgt in der NoSQL-Datenbank Cassandra, für eine schnelle Suche auf den potenziell sehr großen Datenmengen wird Elastic Search eingesetzt. Durch eine universelle Laderoutine können Datenquellen nahezu beliebiger (strukturierter) Formate in die Datenbank eingebunden werden. Das Datenmodell eignet sich u. a. für Zeitreihen aus dem finanzmathematischen Umfeld, die im Portal abgefragt und anschaulich dargestellt werden können. Auf der durch Auswahl geeigneter Quellen individuell gestaltbaren Datenbasis können finanzmathematische Berechnungen in der Statistiksprache R durchgeführt

werden. Diese kann der Anwender selber über eine einfache Schnittstelle in der Oberfläche von ADOMIS implementieren und zur Wiederverwendung im Portal ablegen.

Ein in der ADOMIS-R-Umgebung hinterlegtes Modell ist unter anderem das sogenannte Merton-Modell, welches das Kreditrisiko von Unternehmen bewertet [Mart14]. Das Modell verwendet das Optionspreismodell von Fischer S. Black und Myron S. Scholes. 1997 erhielten Merton und Scholes dafür den Nobelpreis [Seyd00].

Im Folgenden werden die verschiedenen Komponenten der Plattform, die beispielsweise auch bei der Berechnung des Merton-Modells zusammenarbeiten, vorgestellt. Auf die Softwarearchitektur von ADOMIS wird in diesem Abschnitt eingegangen. In Abschnitt 3 wird das verwendete Datenmodell erläutert. Zu der Bewertung von Kreditrisiken wird das sogenannte Merton-Modell in Abschnitt 4 eingeführt. In Kapitel fünf werden die Projektergebnisse zusammengefasst und ein kurzer Ausblick zur Integration von Daten aus sozialen Netzwerken gegeben.

2.1 Architektur

Die Softwarearchitektur von ADOMIS basiert auf dem Client-Server-Konzept. Als „ADOMIS Clients“ können Anwender interaktiv die ADOMIS-Services über das ADOMIS-Portal, eine lokale R-Statistics Installation oder einen REST-Service nutzen. Zu den ADOMIS Services zählen unter anderem die Möglichkeit, Daten aus verschiedenen Quellen abzurufen, R Modelle zu berechnen, oder eigene berechnete Daten wieder in der Datenbank bereitzustellen.

Auf der Server-Seite finden sich die drei logischen Schichten „ADOMIS Services“, „ADOMIS API“ und „ADOMIS Storage“ (siehe Abb. 1). Auf die 4 Schichten und ihre Aufgaben wird im Folgenden näher eingegangen

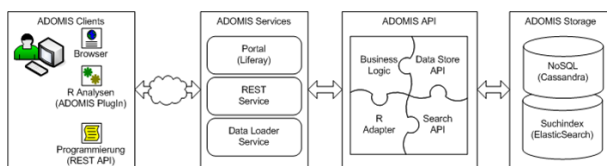


Abb. 1 Softwarearchitektur von ADOMIS

2.1.1 ADOMIS-Clients

Der Anwender greift über geeignete Clients auf die verschiedenen Services zu. Für den Zugriff bieten sich dem Benutzer drei verschiedene Möglichkeiten.

Zum einen kann der Anwender hierfür einen konventionellen Web-Browser verwenden und im Portal alle Funktionen online nutzen. Abb. 2 zeigt einen Screenshot des Portals. Es wurden beispielhaft drei verschiedene Zeitreihen abgefragt und in der Oberfläche graphisch dargestellt.

Alternativ kann eine lokale R-Statistics-Session um die projektbezogenen R-Packages „adomisData“ und „adomisStatistics“ erweitert werden. Das Package „adomisData“ enthält Funktionen für die Basiszugriffe

auf die Daten selbst und „adomisStatistics“ bietet analytische Funktionen wie das Merton-Modell auf der zur Verfügung stehenden Datenbasis.

Es besteht zusätzlich die Möglichkeit, über eigene Programme auf die Dienste zuzugreifen, indem eine individuell entwickelte Anwendung direkt die zur Verfügung stehenden REST-Services anspricht. Hierbei kann natürlich eine beliebige Programmiersprache eingesetzt werden.

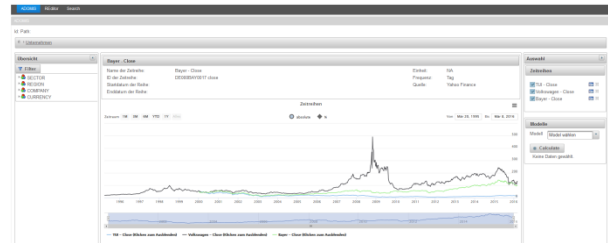


Abb. 2: Das ADOMIS Portal

2.1.2 ADOMIS-Server

In Abb. 1 ist zu erkennen, dass sich die ADOMIS-Serverwelt aus den drei Schichten „ADOMIS Services“, der „ADOMIS API“ und dem „ADOMIS Storage“ zusammensetzt, welche im Folgenden genauer erklärt werden.

Unter „ADOMIS Services“ sind die für Clients erreichbaren Schnittstellen zusammengefasst. Als Schnittstelle bietet ADOMIS ein Web-Portal, einen REST-Service und einen DataLoader-Service an.

Das ADOMIS Portal kann mit einem Browser verwendet werden. Hier können Daten direkt abgerufen, finanzmathematische Modelle in der Statistiksprache R gerechnet oder Daten in R analysiert werden. Über das Portal können die gesuchten Zeitreihen anschaulich dargestellt werden.

Der vom Portal verwendete REST-Service ist auch extern nutzbar. Hiermit können Daten dann in eigenen Programmen verwendet werden.

Ein weiterer Service ist der DataLoader, der über eine Weboberfläche die Schnittstellen zu den Datenlieferanten verwaltet. Hier werden ETL-Prozesse workflow-basiert konfiguriert und durchgeführt, sodass die Daten aus verschiedenen Quellen in der ADOMIS Datenbank zusammengeführt werden können. Bestimmte Datenanbieter können standardmäßig verwendet werden. Zusätzlich kann der Anwender den DataLoader auch mit neuen Datenquellen erweitern.

In der zweiten Schicht der Server-Seite, der „ADOMIS-API“, versorgt die „Business Logic“ die verschiedenen Komponenten, wie DataLoader, Portal und REST-Service mit den Daten aus der Datenbank und dem Suchindex.

Mit der „Search-API“ kann innerhalb der Datenbank nach Schlagwörtern gesucht werden. Zugrunde liegt die dokumentenbasierte Suchmaschine Elasticsearch [Gorm15]. Im sogenannten Suchindex werden die Metadaten zu den Zeitreihen abgelegt. Dieser wird von Elasticsearch verteilt gespeichert und kann optimiert abgefragt werden. Über das Portal sind Abfragen nach

einem Schlagwort oder bestimmten Feldern der möglich.

Über den „R-Adapter“ wird im Portal eine R-Schnittstelle bereitgestellt. Es können R-Skripte, die im Portal implementiert werden, an R weitergeleitet und dort ausgeführt werden. Die Datenbasis wird in diesem Kontext wieder von der ADOMIS-Datenbank bereitgestellt.

Die dritte Schicht der Server-Seite ist die Datenschicht, der „ADOMIS Storage“. Die verwendeten Datenbanken sollten möglichst einfach und komfortabel horizontal skalierbar sein. Es wurden diverse NoSQL-Datenbanken getestet und einer optimierten relationalen MySQL-Lösung gegenüber gestellt. Für die Basisdaten wurde nach eingehender Untersuchung die dokumentenorientierte Datenbank Cassandra der Apache Software Foundation verwendet, die sich auch zum Speichern von Zeitreihen eignet (siehe nächstes Kapitel).

Neben der Datenbank befindet sich im „ADOMIS Storage“ noch der bereits erwähnte Suchindex von Elasticsearch.

3. DAS ADOMIS-DATENMODELL

3.1 Die Datenlage am Finanzmarkt

ADOMIS soll möglichst flexibel und gleichzeitig vollständig die Datenlage am Finanzmarkt abbilden. Die Datenbank muss Daten aus unterschiedlichen Quellen und Formaten aufnehmen können. Wegen der Vielfalt der Finanzierungsinstrumente und der mit ihnen verbundenen spezifischen Attribute und Dimensionen ist ein komplexes relationales Datenmodell entstanden. Viele der aus dem Datenmodell resultierenden Tabellen dienen dazu, die Recherche nach Zeitreihen zu vereinfachen beziehungsweise Attribute und hierarchische Abhängigkeiten ergänzen zu können, ohne eine grundlegende Veränderung des Datenmodells vornehmen zu müssen. Diese Tabellen sind für die vorliegende Arbeit von untergeordneter Bedeutung, so dass hier nur der für die Zeitreihen-Analyse und Modellberechnung relevanter Teil des Datenmodells vorgestellt wird. Für die Berechnung des Merton-Modells, auf das in Abschnitt 4 näher eingegangen wird, werden beispielsweise Aktienkurszeitreihen benötigt, weshalb im Folgenden besonders auf deren Abbildung im Datenmodell eingegangen wird.

Das logische Modell von Cassandra ähnelt dem Modell einer relationalen Datenbank. So gibt es Tabellen, Spalten und Primary Keys. Auch die Abfragesprache Cassandra Query Language (CQL) orientiert sich stark an SQL. Daher wird ein relationales Modell zugrunde gelegt.

3.2 Tabellen für die Abbildung von Zeitreihen

Abb. 3 zeigt die wesentlichen Tabellen, in denen die Zeitreihen und ihre wichtigsten Eigenschaften abgelegt sind.

Im Folgenden werden kurz die Tabellen und ihre Beziehungen erläutert:

Die wichtigsten Tabellen sind **cs_time_series** und **cs_time_series_data**, die die zentralen Eigenschaften der Zeitreihen und die eigentlichen Datenwerte enthalten.

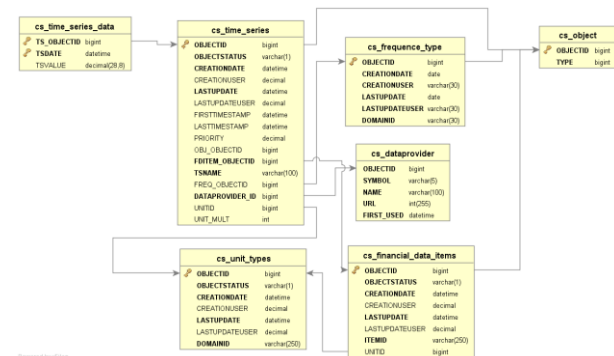


Abb. 3 Auszug aus dem ADOMIS-Datenmodell: Zeitreihen

3.3 Die Tabelle cs_time_series_data

In dieser Tabelle sind alle Zeitreihen durch genau einen Datensatz mit dem Primärschlüssel OBJECTID repräsentiert. Neben einigen Informationen zum Bearbeitungsverlauf der Zeitreihe (Erstellungsdatum, letztes Update, Nutzer etc.) geben die Felder OBJ_OBJECTID, FDITEM_OBJECTID und DATAPROVIDER_ID Aufschluss über die Zugehörigkeit der Zeitreihe zu einem Finanzinstrument und ihre Datenherkunft.

OBJ_OBJECTID verweist dabei auf ein Finanzinstrument, das an anderer Stelle in der Datenbank liegt. Ein solches Finanzinstrument kann beispielsweise eine spezielle Aktie oder ein Derivat sein, zu der die Zeitreihe gehört. Verschiedene Zeitreihen können dabei durchaus zum gleichen Finanzinstrument gehören, beispielsweise wenn eine Zeitreihe die Eröffnungskurse und eine weitere die Schlusskurse enthält.

FDITEM_OBJECTID beschreibt, um welchen Typ einer Zeitreihe es sich handelt, ob die Zeitreihe beispielsweise Tageshöchstwerte, Eröffnungs- oder Schlusskurse beinhaltet. Das Feld zeigt auf die Tabelle **cs_financial_data_items**, die die möglichen Typen enthält.

DATAPROVIDER_ID repräsentiert die Datenquelle, aus der die Zeitreihe stammt. Das Feld zeigt auf die Tabelle **cs_dataprovider**, die die potenziellen Datenquellen einer Zeitreihe enthält. Hier können zum Beispiel Verweise auf öffentliche Datenquellen stehen (Bundesbank, statistische Bundes- und Landesämter, Europäische Zentralbank o. ä.), aber auch Verweise auf kommerzielle Quellen (Reuters, Bloomberg o. ä.). Mit einem einzigen Finanzinstrument, das über das Feld OBJ_OBJECTID referenziert wird, kann somit eine Vielzahl von Zeitreihen verknüpft sein. Für jede dieser Zeitreihen existiert ein Eintrag in der Tabelle **cs_time_series**. Es ist sogar denkbar, dass die gleiche Zeitreihe mehrfach aus unterschiedlichen Datenquellen vorliegt, was dann zu weiteren Einträgen in der Tabelle **cs_time_series** führt.

Das Feld `FREQ_OBJECTID` verweist auf die Tabelle `cs_frequency_type`, die die möglichen Wiederholungsraten einer Zeitreihe beschreibt. Hiermit ist die Frequenz gemeint, mit der die Datenerfassung erfolgt (täglich, wöchentlich, Quartal o. ä.). Das Feld `UNITID` zeigt auf die Tabelle `cs_unit_types`, die die Einheit einer Zeitreihe beschreibt (Währung, Stückzahl o. ä.).

3.4 Die Tabelle `cs_time_series_data`

Die Tabelle enthält die Werte der Zeitreihen. Die Werte finden sich im Feld `TSVALUE`. Der Fremdschlüssel `TS_OBJECTID` referenziert die Tabelle `cs_time_series` (Erläuterung siehe 3.3) und beschreibt, zu welcher Zeitreihe der Datensatz gehört. Der Primärschlüssel der Tabelle setzt sich zusammen aus diesem Fremdschlüssel und dem Feld `TSDATE`, in dem der Zeitpunkt festgehalten wird, zu dem der entsprechende Wert gehört.

3.5 Die Tabelle `cs_object`

Von den in Abb. 3 gezeigten Tabellen fehlt nur noch eine Erläuterung für die Tabelle `cs_object`. Dies ist eine globale Tabelle, in der letztlich jedes Objekt, das in der Datenbank existiert, über seine `OBJECTID` repräsentiert wird, also beispielsweise auch die Zeitreihen, die Finanzinstrumente etc. Das Feld `OBJECTID` existiert in zahlreichen Tabellen und die Datenbank ist so angelegt, dass in der gesamten Datenbank jeder Wert nur einmal vergeben wird. Man kann das Feld als globalen Primärschlüssel für die gesamte Datenbank auffassen. Unter dem Feld `TYPE` kann man dann nachschlagen, welche Art von Objekt sich hinter der `OBJECTID` verbirgt (Zeitreihe, Aktie, Region etc.).

3.6 Recherche

Im Falle einer Recherche über die ADOMIS-Oberfläche wird über Suchen und Filtern eine Zeitreihe ermittelt, die einen eindeutigen Datensatz in der Tabelle `cs_time_series` referenziert. Zu den Recherche- und Filterkriterien gehören auch Felder aus der Tabelle selbst. So legt der Benutzer (über eine grafische Oberfläche) unter anderem fest, zu welchem Finanzinstrument seine Zeitreihe gehören soll (`OBJ_OBJECTID`), ob er Anfangs-, Schlusskurse oder Tageshöchstwerte recherchieren möchte (`FDITEM_OBJECTID`) und welche Datenquelle er nutzen möchte (`DATAPROVIDER_ID`). Damit steht fest, welche Zeitreihe abgefragt werden soll. Der Primärschlüssel der gefundenen Zeitreihe aus `cs_time_series` wird dann genutzt, um alle Werte der Zeitreihe aus der Tabelle `cs_time_series_data` abzufragen oder weiter zu filtern.

4. DAS MERTON-MODELL IN ADOMIS

Innerhalb der R-Umgebung können eigene finanzmathematische Modelle implementiert werden, aber auch bereits umgesetzte Modelle aus

veröffentlichten R-Packages genutzt werden. Diese können auf der vorliegenden Datenbasis, wie in Kapitel 3 vorgestellt, durchgeführt und Ergebnisse anschließend hier gespeichert werden.

Beispielhaft ist an dieser Stelle das klassische Merton-Modell in R implementiert und auch als Funktion innerhalb des `adomisStatistics`-Packages gespeichert, wobei der Zugriff auf die Datenbasis mit Hilfe von Funktionen aus dem `adomisData`-Package erfolgt.

Im Rahmen des Projektes ADOMIS wurde eine Masterarbeit betreut, in der das Merton-Modell unter verschiedenen und vor allem numerischen Aspekten untersucht worden ist [Nitz16]. Diese Arbeit ist Grundlage dieses Kapitels.

4.1 Das Merton-Modell

Das Merton-Modell trifft durch die sogenannte Ausfallwahrscheinlichkeit (kurz PD für Probability of Default) eine Einschätzung darüber, wie wahrscheinlich es ist, dass ein Kreditnehmer seinen Zahlungsverpflichtungen nicht mehr fristgerecht nachkommen kann [Mart14, S. 1].

Für die Berechnung der Ausfallwahrscheinlichkeit eines Unternehmens werden die historische Volatilität, das Fremd- und Eigenkapital eines Unternehmens sowie der Unternehmenswert und seine Volatilität benötigt. Außerdem wird eine Driftrate verwendet, wofür meistens die risikoneutrale Zinsrate benutzt wird. Die erforderlichen Daten stammen aus der ADOMIS-Datenbank, der Zugriff erfolgt über Funktionen aus dem `adomisData`-Package. Für die Bestimmung der historischen Volatilität werden zum Beispiel Aktienkurszeitreihen der jeweiligen Unternehmen aus der ADOMIS-Datenbank verwendet.

Der Unternehmenswert und seine Volatilität sind nicht am Markt beobachtbar [Mart14]. Um diese zu bestimmen, wird unter anderem mit Hilfe der Optionsbewertung des Black-Scholes-Modells und der Annahme, dass der Unternehmenswert einer geometrischen Brownschen Bewegung folgt, ein zweidimensionales Gleichungssystem aufgestellt [Mart14, S. 70]. Das Newton-Verfahren bestimmt im Allgemeinen eine Näherungslösung von nichtlinearen Gleichungen im Eindimensionalen, kann aber auch unter der Nutzung der Inversen der Jacobi-Matrix für mehrdimensionale Gleichungen angewendet werden. In der hier vorliegenden Problemstellung kann der Unternehmenswert und seine Volatilität mit Hilfe des mehrdimensionalen Newton-Verfahrens approximativ bestimmt werden.

Obwohl sich dieses numerische Verfahren im Allgemeinen als stabil erwiesen hat, ist das Ergebnis häufig nicht zufriedenstellend, da das Modell zu viele historische Werte verwendet und auf einzelne Parameter sehr sensitiv reagiert [Nitz16].

4.2 Das Euler-Maruyama-Verfahren

Der Unternehmenswert kann alternativ durch das Euler-Maruyama-Verfahren approximiert werden. Hierbei

wird ebenfalls die allgemeine Annahme verwendet, dass der Unternehmenswert einer geometrischen Brownschen Bewegung folgt [Mart14, S. 70]. Mit Hilfe des Euler-Maruyama-Verfahrens kann dann an diskreten Zeitpunkten eine numerische Näherungslösung der stochastischen Differentialgleichung ermittelt werden [Günt10]. Diese Näherungslösung weist ein gewisses Konvergenzverhalten gegenüber der analytischen Lösung auf [Seyd00].

Durch eine große Anzahl an Simulationen für den Unternehmenswert kann durch die Monte-Carlo-Methode ebenfalls eine Ausfallwahrscheinlichkeit bestimmt werden.

Da diese Herangehensweise deutlich aufwändiger ist, wird sie in der Praxis weniger verwendet. Trotzdem wird an dieser Stelle auf sie eingegangen, da Erfahrungen aus dem Vergleich beider Verfahren auf stochastische Differentialgleichungen übertragen werden können, bei denen keine analytische Lösung existiert und diese lediglich numerisch approximiert werden kann [Nitz16]. Diese Erfahrungen fließen unter anderem auch in verschiedene Erweiterungen des Merton-Modells ein.

4.3 Umsetzung und Bewertung des Merton-Modells

Das Merton-Modell kann rückwirkend über einen längeren Zeitraum monatlich berechnet werden. Diese Entwicklung der Ausfallwahrscheinlichkeit kann schließlich durch eine Kurve dargestellt werden, welche in der Oberfläche des ADOMIS-Systems analog zu Abb. 2 graphisch abgebildet wird. Beispielsweise ist diese zeitliche Entwicklung für drei Unternehmen in Abb. 4 zu sehen, wobei die zugrundeliegenden Daten von der EURIBOR, einem Reuters Datastream Testzugang und der Yahoo Finance-Schnittstelle stammen.

In dieser Abbildung können die zeitliche Entwicklung der Ausfallwahrscheinlichkeit der Bayer AG, TUI AG und Volkswagen AG einzeln betrachtet und untereinander verglichen werden. Alle drei Unternehmen haben zu den gleichen Zeitpunkten eine geringe bis gar keine Ausfallwahrscheinlichkeit und in den gleichen Zeiträumen eine erhöhte Ausfallwahrscheinlichkeit. Die der Bayer AG hat den geringsten Anstieg, die der TUI AG unterliegt etwas größeren Schwankungen und die der Volkswagen AG steigt 2009 am meisten an.

Der Anstieg der Ausfallwahrscheinlichkeit der Volkswagen AG im Jahr 2008 liegt darin begründet, dass sich durch äußere Einflüsse der Aktienkurs innerhalb von drei Börsentagen vervierfacht hat und innerhalb der nächsten vier Tage wieder gesunken ist. Dadurch ist die historische Volatilität, welche die Schwankungsintensität der Aktienkurse misst, stark angestiegen und hat das Ergebnis des Merton-Modells verfälscht [Nitz16]. Das Modell reagiert also sehr sensitiv auf Schwankungen der Aktienkurse.

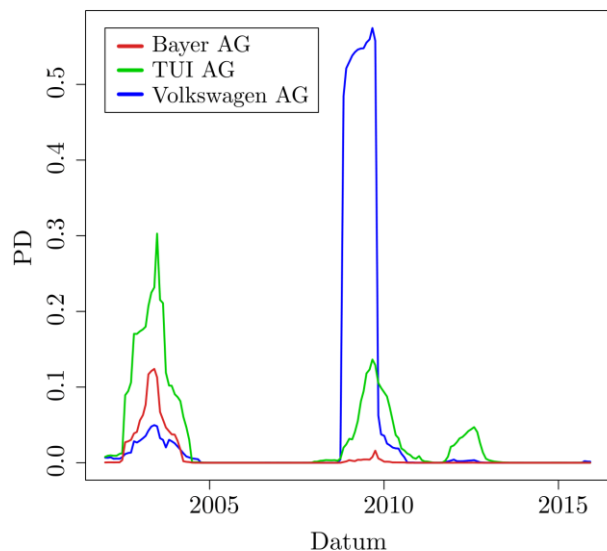


Abb. 4: Zeitliche Entwicklung der Ausfallwahrscheinlichkeit der Bayer AG, TUI AG und Volkswagen AG (vgl. [Nitz16, S.24])

Die über das Merton-Modell bestimmte Ausfallwahrscheinlichkeit eines Unternehmens kann den von Ratingagenturen vergebenen, externen Ratings gegenübergestellt werden. Dieser Vergleich wurde unter anderem für die in Abb. 4 verwendeten Unternehmen durchgeführt, wobei die externen Ratings den Geschäftsberichten der jeweiligen Unternehmen entnommen wurden.

Hieraus geht hervor, dass lediglich Tendenzen in eine ähnliche Richtung gehen, diese jedoch zum Teil zeitversetzt sind [Nitz16]. In anderen Fällen verlaufen die Entwicklungen der Einschätzungen ähnlich, liegen allerdings einige Ratingstufen auseinander.

Zudem beurteilt das Merton-Modell einen Ausfall schnell zu positiv oder negativ [Sobe00]. In den Zeiträumen, in denen die Ausfallwahrscheinlichkeit der drei Unternehmen in Abb. 4 steigt, sind die zeitgleichen Einschätzungen der Ratingagenturen zum Beispiel deutlich weniger negativ als die Prognosen durch das Merton-Modell.

Ein weiterer Kritikpunkt des Modells ist seine starke Sensitivität bezüglich Schwankungen in den Aktienkursen eines Unternehmens, wie am Beispiel der Volkswagen AG zu erkennen ist.

4.4 Ausblick auf weitere Kreditrisikomodelle

Auf der Grundlage des Merton-Modells wurden weitere Modelle entwickelt, die auf diesem aufbauen und seine Schwächen minimieren. Hierzu zählt unter anderem das KMV-Modell der Ratingagentur Moody's [Albr05]. Da ein Unternehmen selten tatsächlich ausfällt, wird beispielsweise statt der absoluten Ausfallwahrscheinlichkeit, eine Wahrscheinlichkeit betrachtet, die angibt, wie wahrscheinlich es ist, dass sich das Rating eines Unternehmens verändert [Mart14].

Die Bewertung von Kreditrisiken hat durch die Finanzkrise an Bedeutung gewonnen und bleibt ein aktuelles Thema. Auch neue Auflagen des Baseler Ausschuss für Bankenaufsicht stellen die Kreditinstitute immer wieder vor neue Herausforderungen [Mart14].

5. FAZIT UND AUSBLICK

5.1 Fazit

Das ADOMIS-Portal ist für den Anwender nutzerfreundlich und effizient. Es bietet einen schnellen Zugriff auf Daten unterschiedlicher Quellen und Formate: Über den DataLoader können menügesteuert weitere Datenquellen einbezogen und die Datenbasis erweitert werden. ADOMIS bietet die Möglichkeit einer individuellen Auswertung und visuellen Darstellung von Zeitreihen. Finanzmathematische Modelle können auf der Datenbasis in der Statistiksprache R implementiert und berechnet werden. Zur Demonstration wurde das Merton-Modell umgesetzt, Analysten können beliebige eigene Verfahren in ADOMIS realisieren und zur Wiederverwertung hinterlegen.

In der Umsetzung wurden moderne Technologien, wie die NoSQL-Datenbank Cassandra oder der Suchindex Elasticsearch verwendet.

5.3 Ausblick

In den letzten Jahren sind die Erwartungen an die Leistungsfähigkeit und Rechenleistung von Algorithmen und Systemen auch gerade im Finanzbereich gestiegen. Als Beispiel sei hier der Hochfrequenzhandel genannt, der an den Börsen automatisiert und ohne menschliche Interaktion abläuft [Hofs14]. Damit in kürzester Zeit entschieden werden kann, welches Finanzinstrument gekauft oder verkauft wird, sind performante Systeme entscheidend.

Am Merton-Modell wird unter anderem kritisiert, dass es im Allgemeinen wenige Parameter und hauptsächlich historische Werte verwendet. Politische und psychologische Faktoren werden hier nur durch die damit einhergehenden Schwankungen in den Aktienkursen einbezogen, sind allerdings für die Kreditrisikomodellierung von großer Bedeutung. Die sogenannte „Verhaltensökonomie“ beschäftigt sich zum Beispiel mit solchen psychologischen Einflüssen [Hofs14, S. 171]. Eine umfassende und zugängliche Datenbasis erleichtert daher einerseits die Einbindung solcher Faktoren in die Modellbildung, andererseits bleibt die Modellierung politischer und psychologischer Einflussfaktoren eine Herausforderung. So liegen psychologische und politische Faktoren in der Regel in sozialen Netzwerken unstrukturiert vor. Regelmäßige Sentiment-Analysen über diesen Daten könnten ebenfalls in Form von Zeitreihen festgehalten, in ADOMIS hinterlegt und in Auswertungen integriert werden.

LITERATUR

- [Albr05] Albrecht, Peter: Kreditrisiken - Modellierung und Management: Ein Überblick. Lehrstuhl für ABWL, Risikotheorie, Portfolio Management und Versicherungswirtschaft, Universität Mannheim, 2005.
- [Gorm15] Gormley, C. und Tong, Z.: Elasticsearch: The Definitive Guide. O'Reilly and Associates, Sebastopol, 1. Auflage, 2015.
- [Günt10] Günther, M. und Jünger, A.: Finanzderivate mit MATLAB: Mathematische Modellierung und numerische Simulation. Vieweg+Teubner, Wiesbaden, 2. Auflage, 2010.
- [Hofs14] Hofstetter, Y.: Sie wissen alles: Wie intelligente Maschinen in unser Leben eindringen und warum wir für unsere Freiheit kämpfen müssen. Bertelsmann, München, 3. Auflage, 2014.
- [Mart14] Martin, M. R. W.; Reitz, S. und Wehn, C. S.: Kreditderivate und Kreditrisikomodelle: Eine mathematische Einführung. Springer Spektrum, Wiesbaden, 2. Auflage, 2014.
- [Nitz16] Nitzl, N.: Das Merton-Modell und seine numerische Simulation. Masterarbeit, Johannes Gutenberg-Universität Mainz, Mainz, 2016.
- [Seyd00] Seydel, R.: Einführung in die numerische Berechnung von Finanz-Derivaten: Computational Finance. Springer-Lehrbuch. Springer, Berlin, Heidelberg, 2000.
- [Sobe00] Soberhart, J. R. et al.: Moody's Public Firm Risk Model: A Hybrid Approach to Modeling Short Term Default Risk. Number Report #53853, Moody's Investors Service, New York. 2000.

KONTAKT

Prof. Dr. Michael Guckert, Prof. Dr. Christian Schulze, ,
Natascha Nitzl
KITE Kompetenzzentrum für Informationstechnologie
Technische Hochschule Mittelhessen (THM),
Fachbereich MND
Wilhelm-Leuschner-Str. 13
61169 Friedberg
T +49 6031 604-4751, -452
michael.guckert@mnd.thm.de
christian.schulze@mnd.thm.de

Primäranalyse - Kundentracking

Lengermann und Trieschmann GmbH & Co. KG

Prof. Dr. Andreas Schmidt, André Gizinski, Tammo Machheit, David Slump,
Nicolai Krause, Jan Hennes und Moritz Synowie
Hochschule Osnabrück
Caprivistraße 30, 49076 Osnabrück
E-Mail: a.schmidt@hs-osnabrueck.de oder tammo.machheit@hs-osnabrueck.de

KEYWORDS

Digitalisierung, Kundentracking im stationären Handel, Primäranalyse, Nutzen und Aufwand aus Kundensicht, Modehaus L&T

ABSTRACT

„Wissen ist Macht“. Diese Redewendung ist sicherlich keine Neuheit. Im Rahmen des Knowledge Managements wird die aktuelle Gültigkeit dieses geflügelten Wortes jedoch mehr denn je unterstrichen. Das Wissen über den Kunden gilt als zentraler Erfolgsfaktor, wodurch den Methoden zur Generierung dieses Wissens eine signifikante Bedeutung zukommt. Immer mehr Unternehmen beschäftigen sich mit dem Thema Kundentracking im stationären Handel und das Angebot von Dienstleistungen in diesem Bereich steigt folglich stetig. Durch die gewonnenen Daten können Vertriebs- und Marketingaktivitäten zielgerichtet durchgeführt werden, wodurch das Einkaufserlebnis der Kunden und die Verkaufszahlen von Einzelhändlern nachhaltig gesteigert werden können. Die beidseitigen Vorteile des Kundentrackings hat auch das Modehaus Lengermann und Trieschmann GmbH & Co. KG aus Osnabrück erkannt. Hierbei handelt es sich um das größte inhabergeführte Modehaus Norddeutschlands.

EINLEITUNG

Im Rahmen eines Praxisprojektes der Hochschule Osnabrück in Kooperation mit dem Modehaus L&T wurde eine Primäranalyse zu dem Thema Kundentracking durchgeführt.

L&T orientiert sich sehr stark an den Wünschen seiner Kunden und baut auf eine vertrauensvolle Kundenbeziehung. Folglich ist das Meinungsbild des Kunden bei möglichen Innovationen im Bereich des Kundentracking von oberster Priorität.

Wie die allgemeine Einstellung und Meinung eines üblichen L&T-Kunden zum Thema Kundentracking ausfällt und welche Vor- sowie Nachteile aus Kundensicht erkannt werden, wird im Rahmen dieser Arbeit untersucht.

Aus diesem Anlass wurde am 16. Dezember 2017 eine Onlineumfrage mit 38 Fragen zum Thema Kundentracking an 6000 L&T-Club-Kunden versendet.

TECHNOLOGIEN DES KUNDENTRACKING

Bevor die Auswertung und die Interpretation der Primäranalyse dargelegt werden, werden zunächst kurz diejenigen Technologien des Kundentracking dargestellt, die für das Modehaus L&T in Frage kommen. Durch das Kombinieren der in Frage kommenden Technologien mit den Ergebnissen der Primäranalyse kann schlussendlich eine Handlungsempfehlung ausgesprochen werden.

Online ist die Kundenanalyse nicht mehr wegzudenken und gehört zum Alltag. Kunden werden auf Schritt und Tritt verfolgt. Über welche Kanäle sie auf eine Website gelangen, was sie sich dort anschauen, in den Warenkorb legen und bestellen ist längst kein Geheimnis mehr. Auch für den stationären Einzelhandel sind diese Daten interessant und spielen mittlerweile oftmals eine große Rolle in der Prozessoptimierung. Neue Technologien liefern immer mehr Informationen darüber, welche Kunden zu welchen Zeiten im Geschäft einkaufen, welche Bereiche bevorzugt werden und wie hoch die Konversionsrate ist.

EINFACHE KUNDENZÄHLUNG

Die einfache Kundenzählung mit Lichtschranken kommt nahezu überall zum Einsatz und zählt die Besucherströme am Eingang. Mithilfe dieser Daten kann bestimmt werden, wie viele Kunden sich zu welcher Uhrzeit im Geschäft aufhalten. (Wanzl 2017) Die Daten sind jedoch komplett anonym und liefern keine Informationen darüber, wie sich Kunden im Geschäft bewegen. Genutzt werden können diese Daten jedoch beispielsweise für die Personalbedarfsplanung, da gut erkennbar ist, wann Stoßzeiten im Geschäft zu erwarten sind.

VIDEOANALYSE

Die Videoanalyse ermöglicht genaue Personenzählungen und Laufweganalysen, die auch zur Erstellung von Heatmaps genutzt werden können. Jeder Laufweg eines Kunden wird aufgezeichnet und es kann genau verfolgt werden, wann er die Richtung wechselt, vor welchem Regal er stehen bleibt und an welchen Regalen er einfach vorbei geht. (Mauelshagen 2008)

Legt man nun die gesamten Laufwege aller Kunden übereinander, so kann man daraus eine Heatmap erstellen. Anhand dieser ist gut zu erkennen, welchen Weg die meisten Kunden nehmen und vor welchen Regalen die Kunden am längsten verweilen. Diese Systeme können verlässliche Daten für Entscheidungen hinsichtlich Produkt-platzierungen, Werbemaßnahmen und Personaleinsatz liefern. (Mauelshagen 2008) Mit der Videoanalyse können jedoch noch mehr Daten gesammelt werden. Spezielle Software kann auch die Blickkontakte messen, die ein Kunde mit Werbeträgern aufnimmt. (Mauelshagen 2008) Der Hauptnutzen dieser Daten besteht darin, den Erfolg von Werbeplatzierungen auszuwerten und gegebenenfalls zu optimieren. Durch die Auswertung der Kundenfrequenz an den Eingängen, der Laufwege, der Blickrichtungen sowie der Verweildauer an bestimmten Regalen, lässt sich bestimmen an welchen Punkten sich die Einrichtung von beispielsweise digitalen Werbeplakaten am meisten lohnt. Die statistischen Verhaltensweisen können den Unternehmen einen wesentlichen Beitrag zu Prozessoptimierungen liefern. (Baulinks 2012) Rechtlich müssen bei der Videoanalyse aber ein paar Aspekte beachtet werden. Die Systeme müssen so eingerichtet werden, dass mit den Daten kein Personenbezug herzustellen ist. Im Fall der Videoanalyse müssen die Aufnahmen somit verpixelt werden, sodass eine Identifikation der Personen nicht möglich ist. Alternativ können die Geräte auch nur aus der Vogelperspektive aufnehmen. Dann ist ebenfalls keine Identifikation möglich und die Systeme lassen sich rechtskonform nutzen. (Lukaß 2016) Durch die Videoanalyse erhält das Unternehmen wertvolle Daten zu seinen Kunden und es entsteht dabei kein Aufwand für den Kunden. Die Daten werden automatisiert gesammelt und es entsteht somit auch wenig Aufwand für das Unternehmen. Der Kunde wird direkt bei seinem Besuch erfasst und bis zum Verlassen des Geschäftes anonym beobachtet. Die Systeme erlauben somit eine komplette Analyse des Kundenaufenthaltes.

WLAN-TRACKING

Eine weitere Möglichkeit den Kunden im Einzelhandel zu tracken und dessen Kaufverhalten zu analysieren besteht im sogenannten WLAN-Tracking. Fast jedes Smartphone sucht kontinuierlich nach einer WLAN-Verbindung mit dem es sich verbinden kann, wobei ständig sogenannte Pings ausgesendet werden. (Meyer 2014) Das Kundenverhalten kann dann mit der Hilfe von Wifi-Netzwerken analysiert werden. Dazu werden lediglich die oftmals schon vorhandenen Wifi-Netzwerke und eine spezielle Software benötigt. Heutige WLAN Router verfügen meistens über mehrere Antennen und können damit feststellen in welcher Richtung und in welchem Abstand sich beispielsweise das Smartphone eines Kunden befindet, solange es sich in Reichweite aufhält. Durch das Zusammenschalten von mehreren Routern lässt sich die Genauigkeit der Position bis auf wenige Meter genau verbessern.

(Ruhstrothn 2017) Die Pings verraten, wie viele Kunden sich etwa im Geschäft oder davor aufhalten. Außerdem liefern sie Informationen darüber, wo sich die Kunden gerade aufhalten, wie sie sich im Geschäft bewegen, welche Regale am interessantesten sind und an welchen einfach vorbeigegangen wird. (Meyer 2014) Das Kundentracking über WLAN läuft auf anonymer Ebene ab. Die Pings der Smartphones senden zwar immer eine eindeutige Identifikationsnummer aus, die sogenannte MAC-Adresse, die bei jedem WLAN-Chip einzigartig ist, aber diese Daten können und dürfen zunächst keinem Kunden direkt zugeordnet werden, da die MAC-Adressen als personenbezogene Daten bewertet werden und somit anonymisiert werden müssen. (Lukaß 2016) Sobald sich ein Kunde jedoch mit einem öffentlichen WLAN eines Geschäftes verbindet und den AGB's zustimmt, gibt er damit seine persönlichen Daten preis. In den meisten AGB's ist unter dem Punkt Datenschutz zu sehen, dass die Betreiber berechtigt sind die personenbezogenen Daten zu speichern und zu verarbeiten. (Hansen-Oest 2015) Ist der Kunde einmal eingeloggt, hat der Betreiber nicht nur die MAC-Adresse und kann die Bewegungsdaten jederzeit abrufen, er kann auch Datenflüsse einsehen. Das heißt der Betreiber weiß was der Kunde im Internet recherchiert, also ob er beispielsweise nach Konkurrenzprodukten sucht. Wenn der Kunde nun an der Kasse bezahlt, kann das System die Daten zusammenfügen und der Betreiber weiß nun wie sich der Kunde im Laden bewegt hat, was er recherchiert hat und was er letztendlich gekauft hat. Bezahlt der Kunde nun auch noch mit Karte, hat der Betreiber sogar genaue Zahlungsinformationen und ebenfalls den Namen. (Meyer 2014) Im Vergleich zur Videoanalyse kann das WLAN-Tracking mehr Daten über Kunden liefern. Dies ist jedoch erst möglich sobald sich der Kunde in das öffentliche WLAN des Geschäftes einloggt. Solange der Kunde dies nicht tut, können wie bei der Videoanalyse nur anonymisierte Daten gesammelt werden. Bei der Videoanalyse wird im Gegensatz zum WLAN-Tracking jedoch fast jeder Kunde erfasst, da der Kunde beim WLAN-Tracking ein WLAN fähiges Endgerät mit sich führen muss. Die Daten werden dann ebenfalls automatisiert gesammelt und ausgewertet und es entsteht somit nur ein geringer Aufwand für die Unternehmen.

BLUETOOTH BEACONS

Ein Beacon ist ein kleiner Funksender auf Basis der Bluetooth Technologie, der entweder per Stromanschluss oder mit einer Batterie betrieben und überall platziert werden kann. In regelmäßigen Abständen sendet dieser Bluetooth Beacon auf einer bestimmten GHz-Frequenz eine ID aus, die von Bluetooth fähigen Geräten empfangen werden kann. Die Reichweite der Beacons kann individuell, dem Zweck entsprechend, eingestellt werden und bis zu 30 Meter betragen. (Altpeter 2017) Sobald ein Smartphone oder Tablet in die Reichweite kommt, wird eine Nachricht

von dem Beacon an das Endgerät gesendet, wo sie als Push-Nachricht auf dem Bildschirm auftaucht. Damit dies möglich ist, muss eine entsprechende App auf dem Endgerät installiert sein, die diese Signale verarbeiten kann. Der Beacon an sich sendet nur die ID aus und es findet kein richtiger Datenaustausch mit dem Endgerät statt. (Altpeter 2017) Die ID vom Beacon wird mithilfe der App an externe Datenquellen weitergeleitet. Aus diesen Datenquellen erhält die App die Informationen, die dem Kunden angezeigt werden sollen. (Altpeter 2017) Ebenfalls wertet die App die Signale aus und kann damit die Position des Kunden ermitteln. Damit der Betreiber nun diese Informationen erhält, müssen diese Daten von der App ebenfalls wieder an die externen Datenquellen weitergeleitet werden. Bluetooth Beacons können somit nicht nur zum Kundentracking genutzt werden, sondern auch um mit dem Kunden automatisiert zu interagieren und sich so möglicherweise Kundenloyalität zu sichern.

GESICHTSKLASSIFIZIERUNG

Um noch mehr Informationen über den Kunden zu generieren, kann eine Gesichtsklassifizierung der einzelnen Personen durchgeführt werden. Dabei kann dann nicht nur das Alter und Geschlecht der Kunden festgestellt werden, sondern es werden ebenfalls die Emotionen erfasst. Bei der Altersschätzung werden die Aufnahmen der Haut mit gespeicherten Mustern verglichen und es kann so eine relativ genaue Alterspanne angegeben werden. (Welchering 2017) Um das Geschlecht zu bestimmen, werden die Gesichter mit typischen weiblichen und männlichen Gesichtsformen abgeglichen. (Welchering 2017) Die Gefühlslage wird anhand eines Netzes von Messpunkten, welches über die Gesichtsaufnahmen gelegt wird, ermittelt. Die Anzahl der Messpunkte ist entscheidend für die Genauigkeit der Ergebnisse. (Welchering 2017) Die Gesichtserkennung wird oft in Wartezonen angewandt, um dort in Verbindung mit Videotafeln gezielte Werbespots auszustrahlen. An der Kasse kann somit spezifische Werbung für die entsprechende Zielgruppe angezeigt werden. Weiter können die Daten der Gesichtsklassifizierung dann einem Kassensbon zugeordnet werden, was wiederum die theoretische Zuordnung von weiteren Daten der anderen Technologien erlaubt. Da es sich hier dann aber um personenbezogene Daten handeln würde, müssten diese Daten anonym erhoben und analysiert werden, da keine Zustimmung der Kunden zur Verarbeitung der Daten eingeholt wird. Die Vorteile solcher Systeme zielen auf Werbemaßnahmen ab. Der Kunde soll passende Werbung erhalten und so zum Kauf bewegt werden. Das Unternehmen erhält darüber hinaus genauere Daten über den Kundenstamm, wie das Geschlecht, das Alter und die Emotionen.

STATISTISCHE AUSWERTUNG DER DURCHGEFÜHRTEN PRIMÄRANALYSE

Zur statistischen Auswertung der Daten wurden zunächst Mittelwerte und relative Häufigkeiten gebildet, um einen Allgemeinen Überblick über die Daten und Antworten zu erhalten. Anschließend wurden zwei Kategorien von Variablen hinsichtlich ihrer Zusammenhänge untereinander und zu anderen Variablen untersucht. Schlussendlich wurden die Ergebnisse dieser beiden Auswertungsteile interpretiert.

Ziel der Auswertung ist es zunächst eine Auswahl geeigneter Methoden des Kundentracking auf ihre Realisierbarkeit und Sinnhaftigkeit bei L&T-Club-Kunden zu untersuchen. Anschließend sollen der Nutzen des Kundentracking und der dagegen stehende Aufwand, den die Kunden leisten müssen, damit Kundentracking möglich wird, einander gegenübergestellt werden. Der Nutzen entspricht dabei Anforderungen, die Verkäufer durch Kundentracking gegenüber dem Kunden erfüllen können, während der Aufwand in der Bereitstellung persönlicher Daten liegt. Schlussendlich sollen der Aufwand und der Nutzen, den die Kunden dabei laut dieser Studie empfinden, gegenseitig und durch andere Variablen teilweise erklärt werden. Eine vollständige Erklärung der Empfindungen von L&T-Clubkunden bezüglich Kundentracking ist logischerweise anhand einer einzigen Umfrage nicht möglich. Dennoch können anhand dieser Studie wertvolle Informationen über das Empfinden von L&T-Stammkunden bezüglich Kundentracking gewonnen werden. Diese wiederum können bei Handlungsentscheidungen behilflich sein.

AUSWERTUNG ANHAND VON MITTELWERTEN UND RELATIVEN HÄUFIGKEITEN

Dieser erste Abschnitt der Auswertung dient hauptsächlich zweierlei Zwecken. Zum einen kann die Einstellung der L&T-Clubkunden zu Kundentracking im Allgemeinen eingeschätzt werden und aufgezeigt werden, welche der ausgewählten Methoden überhaupt in Frage kommen. Zum anderen liefern die relativen Häufigkeiten und Mittelwerte einen Überblick, anhand dessen Hypothesen zu möglichen Zusammenhängen der Variablen aufgestellt werden können. Diese werden anschließend im zweiten Teil der Auswertung näher untersucht.

Die nominalen Daten werden im Folgenden anhand der relativen Häufigkeiten analysiert. Die ordinal und metrisch skalierten Daten hingegen werden anhand des Mittelwertes und der graphisch dargestellten Verteilung der relativen Häufigkeiten ausgewertet. Zu diesem Zweck wurde die Software „IBM SPSS“ genutzt.

Streng genommen ist die Bildung des arithmetischen Mittels bei ordinal skalierten Daten in der Statistik nicht zulässig. In der Praxis wird dies jedoch alltäglich getan. Schulnoten sind beispielsweise ebenfalls ordinal skaliert und unser gesamtes Schul- und Bewerbungssystem ist

auf die Bildung von Durchschnittsnoten ausgelegt. Demnach erscheint es trivial, dass die Bildung von Mittelwerten bei ordinal skalierten Daten sinnvoll sein kann, um eine durchschnittliche Performance zu ermitteln. Dies gilt auch für die Beantwortungen der Fragen aus dem Fragebogen.

In der Arbeit wurden an dieser Stelle nun die einzelnen Fragen des Fragebogens hinsichtlich der Kennzahlen einzeln untersucht, graphisch dargestellt und kurz interpretiert.

Hier wird nun lediglich eine Übersicht geliefert, die die Ergebnisse zusammenfasst.

Folgend finden Sie eine übersichtliche Darstellung der Auswertung. In der Tabelle sind die relevanten Kennzahlen dargestellt. Die Nummer gibt dabei die Reihenfolge der Fragen im Fragebogen an. Die Fragen sind hier in abgekürzter Form dargestellt, sollten so aber eindeutig sein. Je nach Skalierung sind folgend die relativen Häufigkeiten oder die Mittelwerte angegeben. (Ausgedruckt in A4-Format lesbar)

Nr.	Fragen	Nominale Daten		Ordinale und metrische Daten		
		männlich:	weiblich:	Skalenbreite	Mittelwert	Deutung
1	Geschlecht	männlich: 27%	weiblich: 73%			
2	Alter [Jahre]			metrisch	51,92	
3	Sind Sie in einem sozialen Netzwerk angemeldet?	Ja: 55%	Nein: 45%			
4	Besitzen Sie ein Smartphone?	Ja: 97%	Nein: 3%			
5	Vereinfachung des Alltags durchs Smartphone			1-6	4,25	stark bis sehr stark
6	Sorgfältigkeit des AGB-Durchlesens			1-4	2,17	ungenau
7	Nutzen Sie häufig Kundentreuekarten?	Selten: 60%	Häufig: 40%			
8	Wie gerne werden Sie bei Kleidungs-einkäufen beraten?			1-5	3,45	weder gerne, noch ungerne bis gerne
9	Ausgaben pro Monat für Kleidung [€]			metrisch	173,59	
10	Welches Kaufverhalten entspricht Ihnen eher?	Häufiger kl. Mengen: 68%	Bestimmte Tage gr. Mengen: 32%			
11	Liebstes Parkhaus	L&T: 58%				
12	Aufenthaltsdauer in größeren Modekaufhäusern [h]			metrisch	1,20	
13	Vor Einkauf genaue Vorstellungen oder Inspiration?	Genau Vorst.: 45%	Inspiration: 55%			
14	Bevorzugte Zahlungsart	Kartenzahlung: 93%	Barzahlung: 7%			
15	Wie regelmäßig führen Sie ein Smartphone mit sich?			1-4	3,75	immer
16	Welche der folgenden Apps nutzen Sie?	Amazon: 50% L&T: 27% Zalando: 22%	H&M: 11% Zara: 8% P&C: 7%	Keine: 39%		
17	Häufigkeit des Einloggens in öffentlich zugängliche WLAN-Hotspots			1-4	1,93	selten
18	"Automatische WLAN-Suchfunktion" in der Regel eingeschaltet?	Ja: 54%	Nein: 37%	Keine Ahnung: 9%		
19	Bluetooth-Funktion in der Regel eingeschaltet?	Ja: 45%	Nein: 50%	Keine Ahnung: 6%		
20	In mehreren Apps den Ortungsdienst?	Ja: 29%	Nein: 61%	Keine Ahnung: 10%		
21	Verbesserung des Einkaufserlebnisses: 1) Verkäufer/in erkennt Sie sofort wieder.			1-6	3,84	stark
22	Verbesserung des Einkaufserlebnisses: 2) Verkäufer/in kann sich noch genau an Ihre letzten Einkäufe erinnern.			1-6	3,38	wenig bis stark
23	Verbesserung des Einkaufserlebnisses: 3) Verkäufer/in kennt Ihren Modegeschmack sofort sehr genau und bietet Ihnen passende Mode dazu an.			1-6	4,08	stark

Nr.	Fragen	Nominale Daten		Ordinale und metrische Daten		
		Ja:	Nein:	Skalenbreite	Mittelwert	Deutung
24	Verbesserung des Einkaufserlebnisses: 4) Verkäufer/in kennt sofort Ihren derzeitigen Bedarf an Kleidung und bietet Ihnen passende Mode dazu an.			1-6	3,28	wenig bis stark
25	Verbesserung des Einkaufserlebnisses: 5) Verkäufer/in kennt sofort Ihre Kleidungsgrößen.			1-6	3,95	stark
26	Herausgabe von Daten zur Erfüllung der Anforderungen: 1) Name?	84%	16%			
27	Herausgabe von Daten zur Erfüllung der Anforderungen: 2) Geburtsdatum?	65%	35%			
28	Herausgabe von Daten zur Erfüllung der Anforderungen: 3) Kleidungsgrößen?	86%	14%			
29	Herausgabe von Daten zur Erfüllung der Anforderungen: 4) Bild von sich selbst?	22%	78%			
30	Herausgabe von Daten zur Erfüllung der Anforderungen: 5) Einkäufe dürfen gespeichert werden?	80%	20%			
31	Herausgabe von Daten zur Erfüllung der Anforderungen: 6) Angabe einer persönlichen Wunschliste?	52 %	48%			
32	Herausgabe von Daten zur Erfüllung der Anforderungen: 7) Standort: Ortung über das Smartphone?	11%	89%			
33	Beurteilen, ob in Ordnung oder nicht in Ordnung: 1) Zählungen in Innenstädten, wie viele Personen dort waren?	In Ordnung: 82%	Nicht in Ordnung: 18%			
34	Beurteilen, ob in Ordnung oder nicht in Ordnung: 2) Zählungen am Ein-/Ausgang von Geschäften, wie viele Personen dort waren?	In Ordnung: 84%	Nicht in Ordnung: 16%			
35	Beurteilen, ob in Ordnung oder nicht in Ordnung: 3) Zählungen, wie viele Personen in bestimmten Abteilungen innerhalb eines Geschäfts waren?	In Ordnung: 80%	Nicht in Ordnung: 20%			
36	Beurteilen, ob in Ordnung oder nicht in Ordnung: 4) Analysen, wie lange ein Kunde sich in bestimmten Abteilungen aufhält?	In Ordnung: 64%	Nicht in Ordnung: 36%			
37	Beurteilen, ob in Ordnung oder nicht in Ordnung: 5) Speicherung der Ortungsdaten Ihres Smartphones?	In Ordnung: 3%	Nicht in Ordnung: 97%			
38	Sehen Sie es eher als Chance oder als Risiko, wenn Sie einem Unternehmen persönliche Daten geben? (0=Chance / 100=Risiko)			metrisch	54,9	

AUSWERTUNG ANHAND VON ZUSAMMENHANGSMABEN

Anhand dieses zweiten Teils der Auswertung sollen der Nutzen und der Aufwand, den Kundentracking für einen L&T-Club-Kunden mit sich bringen können, einander hinsichtlich bestehender Zusammenhänge gegenübergestellt werden. Dabei werden die Variablen, die den Nutzen und den Aufwand der L&T-Kundschaft im Sinne des Kundentracking darstellen, auf Zusammenhänge untereinander und gegenüber anderen Variablen untersucht.

Bei dieser Auswertung wird hauptsächlich nach Zusammenhängen von Variablen zweier bestimmter Kategorien des Fragebogens gesucht.

Eine dieser Kategorien beinhaltet diejenigen Variablen, die im Fragebogen im Zusammenhang mit der „Verbesserung des Käuferlebnisses durch bestimmte Anforderungen an die Verkäufer/innen“ standen. Diese Fragen sind in der vorangegangenen Tabelle unter den Nummern „21)-25)“ in abgekürzter Form zu finden. Hier wurden mittels der Umfrage von den L&T-Club-Kunden Anforderungen bewertet, die dem Kunden Nutzen stiften und vom Verkäufer mittels Kundentracking erbracht werden könnten. Der Kunde sollte dabei angeben, wie stark sich sein Einkaufserlebnis verbessert, wenn die jeweilige

Anforderung komplett erfüllt werden würde. Die Ergebnisse dieser Kategorie geben also die Nutzensteigerung wieder, die ein Kunde vom Kundentracking haben könnte. Um diese Ergebnisse in „IBM SPSS“ auswerten zu können, wurden die Fragen in Variablen übersetzt, wobei die Frage in zwei bis drei Stichworte abgekürzt wurde. Diese Abkürzungen sollten nach Lesen der vorherigen Tabelle verständlich sein.

Die andere Kategorie, die in dieser Auswertung im Mittelpunkt steht, stellt diejenigen Variablen dar, die „die Herausgabe von Daten zur Erfüllung der vorherigen Anforderungen“ beinhalten. Diese Fragen sind in der Tabelle unter den Nummern „26)-32)“ zu finden. In dieser Kategorie haben die L&T-Club-Kunden angegeben, ob sie bestimmte Daten preisgeben würden, damit die nutzenstiftenden Anforderungen an die Verkäufer erfüllt werden können. Die Ergebnisse dieser Kategorie geben somit wieder, welche Daten die Club-Kunden überhaupt bereit sind zu teilen. Auch hier wurden die Fragen zum Zwecke der Auswertung mit „IBM SPSS“ in stichwortartige Variablen übersetzt, die eindeutig sein sollten.

Im Folgenden werden nun also alle Variablen mit diesen beiden Kategorien in Verbindung gesetzt und auf Zusammenhänge untersucht.

Dabei wird zunächst damit begonnen, dass die einzelnen Variablen innerhalb der jeweiligen Kategorie gegenseitig miteinander in Verbindung gesetzt werden. Anschließend werden Zusammenhänge zwischen Variablen der einen Hauptkategorie mit Variablen der anderen Hauptkategorie untersucht. Abschließend werden dann noch andere Variablen aus dem Fragebogen mit den Variablen der beiden Kategorien auf Zusammenhänge überprüft. Schlussendlich wurde dann jede der beiden Hauptkategorien mit sich selbst, der anderen Hauptkategorie und anderen Variablen des Fragebogens in Verbindung gesetzt und auf Zusammenhänge untersucht.

Dabei wurde je nach Skalierung der „Korrelationskoeffizient nach Pearson“, der „Korrelationskoeffizient nach Spearman“ oder der „Chi-Quadrat-Test“ in Verbindung mit „Cramers V“ durchgeführt.

Auch hier wurde in der Arbeit jeder dieser Tests dargestellt und kurz interpretiert, wobei hier lediglich eine Übersicht der Ergebnisse dargestellt wird.

ERGEBNIS: KORRELATIONEN INNERHALB DER HAUPTGRUPPEN

Zunächst wird untersucht, ob es Zusammenhänge hinsichtlich der Bewertungen der nutzenstiftenden Anforderungen an die Verkäufer/innen untereinander gibt. Dazu wird zwischen allen 5 Variablen jeweils einmal die Korrelation berechnet.

Da alle Variablen ordinal skaliert sind, wird stets der „Rangkorrelationskoeffizient nach Spearman“ berechnet. (Ausgedruckt in A4-Format lesbar)

Variablen:	Erkennt Sie sofort	Kennt letzten Einkauf	Kennt Modegeschmack	Kennt Bedarf	Kennt Kleidungsgröße
Erkennt Sie sofort	1	0,703	0,557	0,480	0,399
Kennt letzten Einkauf	0,703	1	0,651	0,659	0,405
Kennt Modegeschmack	0,557	0,651	1	0,567	0,468
Kennt Bedarf	0,480	0,659	0,567	1	0,447
Kennt Kleidungsgröße	0,399	0,405	0,468	0,447	1

Fast alle Variablen dieser Kategorie weisen somit einen starken Zusammenhang mit allen anderen Variablen dieser Kategorie auf. Lediglich die Variable „Kennt Kleidungsgrößen“ hat mittelgradige Zusammenhänge zu den anderen Variablen. Doch auch hier liegt ein klarer und signifikanter Zusammenhang zu allen anderen Variablen vor. Insgesamt kann interpretiert werden, dass wenn ein L&T-Club-Kunde eine dieser Variablen überdurchschnittlich hoch bewertet hat, dann hat er auch alle anderen dieser Variablen im Durchschnitt höher bewertet. Wie stark die einzelnen Variablen dabei zusammenhängen geben die „Korrelationskoeffizienten nach Spearman“ an.

Zunächst wurde untersucht, ob es gegenseitige Zusammenhänge hinsichtlich der „Herausgabe von Daten zur Erfüllung der Anforderungen an die Verkäufer/innen“ gibt. Dazu wurde zwischen allen sieben Variablen jeweils einmal der Zusammenhang berechnet. Zu diesem Zweck wurde jeweils zunächst der „Chi-Quadrat-Test“ durchgeführt. Wenn sich daraus ein signifikanter Zusammenhang ergeben hat, dann wurde die Stärke des Zusammenhangs mit „Cramers V“ berechnet.

Die folgende Tabelle stellt die Auswertung übersichtlich dar: (Ausgedruckt in A4-Format lesbar)

Variablen:	Namen angeben	Geburtsdatum angeben	Größen angeben	Bild angeben	Einkäufe speichern	Wunschliste angeben	Ortung Zulassen
Namen angeben	1	0,558	0,402	-	0,407	-	-
Geburtsdatum angeben	0,558	1	0,314	-	0,26	0,171	-
Größen angeben	0,402	0,314	1	0,216	0,247	0,195	-
Bild angeben	-	-	0,216	1	-	0,211	0,241
Einkäufe speichern	0,407	0,26	0,247	-	1	0,261	-
Wunschliste angeben	-	0,171	0,195	0,211	0,261	1	-
Ortung zulassen	-	-	-	0,241	-	-	1

Anders als bei der Kategorie der nutzenstiftenden Anforderungen an die Verkäufer/innen sind die hier vorliegenden Zusammenhänge zwischen den Variablen eher schwach. Außerdem existieren längst nicht zwischen allen Variablen signifikante Zusammenhänge. Auch wenn die Werte nicht direkt mit der vorangegangenen Tabelle verglichen werden können, da „Cramers V“ allgemein geringer ausfällt als der „Korrelationskoeffizient nach Spearman“, kann interpretiert werden, dass die Werte hier insgesamt geringer ausfallen. Allgemein spricht dies dafür, dass die Fragen in der Kategorie der „Herausgabe von Daten zur Erfüllung der Anforderungen“ relativ unterschiedlich beantwortet wurden. Vor allem im Vergleich zur vorherigen Kategorie. Wenn ein Kunde also eine dieser Fragen mit „Ja“ oder „Nein“ beantwortet hat, dann hat dies meist keine oder nur eine schwache Aussagekraft für die Beantwortung anderer Fragen dieser Kategorie.

ERGEBNIS: GEGENSEITIGE KORRELATION ZWISCHEN DEN VARIABLEN DER HAUPTKATEGORIEN

Da das Herausgeben von Daten einen Aufwand und Eingriff in die Privatsphäre darstellt, ist davon auszugehen, dass die Kunden sich etwas davon versprechen, wenn sie dies tun. Der Fragebogen war bewusst so gestaltet, dass die Bewertung der „nutzenstiftenden Anforderungen an Verkäufer/innen“ in der Befragung vor der „Herausgabe persönlicher Daten“ erfolgte. Somit war den Befragten bewusst, wofür sie Daten preisgeben, also welche Vorteile der Herausgabe gegenüberstehen. Aus diesem Grund liegt es nahe, dass die Variablen der „Herausgabe persönlicher Daten“ mit den „nutzenbringenden Variablen“ teilweise zusammenhängen. Ob ein solcher Zusammenhang besteht und wie stark er ist zeigt die folgende Tabelle: (Ausgedruckt in A4-Format lesbar)

Variablen:	Erkennt Sie sofort	Kennt letzten Einkauf	Kennt Modegeschmack	Kennt Bedarf	Kennt Kleidungsgröße
Namen angeben	0,241	0,326	-	0,226	-
Geburtsdatum angeben	-	0,262	0,209	0,281	-
Größen angeben	0,293	0,281	0,306	0,317	0,309
Bild angeben	0,265	0,314	0,213	0,315	0,324
Einkäufe speichern	0,228	0,331	0,331	0,308	-
Wunschliste angeben	0,306	0,321	0,398	0,329	0,233
Ortung zulassen	-	-	-	0,178	-

Da hier immer der Zusammenhang einer nominalen Variable und einer ordinalen Variable überprüft wurde, wurde stets der „Chi-Quadrat-Test“ in Verbindung mit „Cramers V“ durchgeführt.

Die Interpretation dieser Kennzahlen folgt in der abschließenden Interpretation.

ERGEBNIS: KORRELATIONEN BEIDER KATEGORIEN MIT ANDEREN VARIABLEN

Abschließend wurden die Variablen der zu untersuchenden Kategorien mit anderen in der Umfrage gestellten Fragen in Verbindung gebracht. Die Ergebnisse dazu finden Sie in der „Zusammenfassung aller Ergebnisse der Auswertung“.

ZUSAMMENFASSUNG ALLER ERGEBNISSE DER AUSWERUNG

In der nun folgenden Graphik werden nochmal die relevantesten Kennzahlen der gesamten Auswertung abgebildet und übersichtlich dargestellt. Im nächsten Abschnitt werden die Ergebnisse dann anhand dieser Tabelle interpretiert, weswegen es sinnvoll ist, die Tabelle beim Lesen der Interpretation im Blick zu haben. (Ausgedruckt in A4-Format lesbar)

In der folgenden Tabelle wurden die Ergebnisse anhand von fünf Kategorien dargestellt. Die Kategorien „Möglichkeiten Kundentracking“, „Beurteilung, ob in Ordnung“, „Kundennutzen Kundentracking [...]“ und „Kundenaufwand Kundentracking [...]“ sind einfach und tabellarisch dargestellt. Bei der folgenden Interpretation wird auf diese Kategorien und Werte

näher eingegangen, wobei der Sinn dieser Unterteilung deutlich wird.

Die Darstellung der Kategorie „Korrelationen“ ist auf den ersten Blick womöglich nicht sofort verständlich. Zunächst wurden hier die Variablen der beiden Hauptkategorien dargestellt. In der dritten Spalte von links werden dafür alle fünf Variablen aufgezeigt, die der „Verbesserung des Käuferlebnisses durch bestimmte Anforderungen an die Verkäufer/innen“ dienen können und von den Kunden im Sinne einer Nutzensteigerung bewertet wurden. Zu jeder dieser Variablen wurden dann in der fünften Spalte von links alle Variablen der zweiten Hauptkategorie („Herausgabe von Daten zur Erfüllung der vorherigen Anforderungen“) aufgelistet. In der Spalte dazwischen ist die jeweilige Höhe der Korrelationen angegeben, die bereits in der Tabelle aus dem vorletzten Abschnitt zu finden sind.

In den Spalten ganz links und ganz rechts hingegen, sind diejenigen „anderen Variablen“ aus dem Fragebogen aufgeführt, die einen signifikanten Zusammenhang mit der jeweils angrenzenden Variable der Hauptkategorien aufweisen.

Liest man die Tabelle also von links nach rechts, dann erkennt man zunächst, welche „anderen Variablen“ einen Einfluss auf die „nutzenstiftenden Variablen“ haben und wie stark dieser Zusammenhang ist. Anschließend lässt sich erkennen, welcher Zusammenhang zwischen den Variablen der beiden Hauptkategorien besteht. Abschließend wird dann noch der Einfluss „anderer Variablen“ auf die „Aufwandsvariablen“ dargestellt.

Insgesamt sind hier also alle untersuchten Korrelationen angegeben, mit Ausnahme derjenigen Korrelationen, die innerhalb der jeweiligen Hauptkategorie untereinander bestehen. Diese wurden zuvor bereits dargestellt und kurz interpretiert.

Möglichkeiten Kundentracking	Besitz Smartphone	Ja: 97%	Beurteilung, ob in Ordnung	Zählung Ein- und Ausgängen	In Ordnung: 84%		
	Wie oft Smartphone dabei?	immer		Zählung Innenstädte	In Ordnung: 82%		
Liebstes Parkhaus	58% L&T	Amazon: 50% L&T: 27% Keine: 39%	Zählung in Abteilung	In Ordnung: 80%			
Apps			Analyse, wie lange ein Kunde in Abteilung	In Ordnung: 64%			
Häufigkeit WLAN Hotspots	selten		Speicherung Ortungsdaten	In Ordnung: 3%			
Automatische WLAN Suchfunktion an	Ja: ca. 60%		Kleidungsgrößen	Ja: 86%			
Bluetooth an	Ja: ca. 50%		Name	Ja: 84%			
Apps Ortungsdienst	Ja: ca. 35%		Einkäufe speichern	Ja: 80%			
Kundennutzen Kundentracking = Anforderungen an Verkäufer/in [1-6]	Kennt Modegeschmack sofort sehr genau	4,08	Kundenaufwand Kundentracking = Herausgabe von Daten	Geburtsdatum	Ja: 65%		
	Kennt Kleidungsgrößen sofort	3,95		Wunschliste	Ja: 52%		
	Erkennt Sie sofort	3,84		Bild von sich	Ja: 22%		
	Erinnert sich an letzten Einkäufe	3,38		Ortung	Ja: 11%		
Kennt sofort derzeitigen Bedarf	3,28						
Korrelationen							
Andere Variablen	Cramers V / Korrelation n. Spearman	Wie sehr steigert sich Einkaufserlebnis	Cramers V	Welche Daten würden Sie angeben?	Cramers V	Andere Variablen	
Wird gerne beraten	R = 0,377	Verkäufer/in erkennt Sie sofort	0,306	Wunschliste angeben			
Bestimmte Tage gr. Mengen Kleidung	CV = 0,225		0,293	Größen angeben	0,225	Wird gerne beraten	
			0,265	Bild angeben	0,148	Nutzt soziale Netzwerke	
			0,241	Namen angeben			
			0,228	Einkäufe speichern	0,316	Oft Smartphone dabei	
				Geburtsdatum angeben			
				Ortung zulassen	0,256	Jüngere	
					0,177	Nutzt Soziale Netzwerke	
Wird gerne beraten	R = 0,343		Verkäufer/in kennt letzten Einkäufe	0,331	Einkäufe speichern	0,316	Oft Smartphone dabei
				0,326	Namen angeben		
		0,321		Wunschliste angeben			
		0,314		Bild angeben	0,148	Nutzt soziale Netzwerke	
		0,281		Größen angeben	0,225	Wird gerne beraten	
		0,262		Geburtsdatum angeben			
				Ortung zulassen	0,256	Jüngere	
					0,177	Nutzt Soziale Netzwerke	
Wird gerne beraten	R = 0,278	Verkäufer/in kennt Modegeschmack sofort sehr genau		0,398	Wunschliste angeben		
Unter 45	CV = 0,274			0,331	Einkäufe speichern	0,316	Oft Smartphone dabei
Nutzt Soziale Netzwerke	CV = 0,265		0,306	Größen angeben	0,225	Wird gerne beraten	
			0,213	Bild angeben	0,148	Nutzt soziale Netzwerke	
			0,209	Geburtsdatum angeben			
				Namen angeben			
				Ortung zulassen	0,256	Jüngere	
					0,177	Nutzt Soziale Netzwerke	
Wird gerne beraten	R = 0,281		Verkäufer/in kennt Bedarf an Kleidung und bietet passende Mode an	0,329	Wunschliste angeben		
Bestimmte Tage gr. Mengen Kleidung	CV = 0,21			0,308	Einkäufe speichern	0,316	Oft Smartphone dabei
		0,317		Größen angeben	0,225	Wird gerne beraten	
		0,315		Bild angeben	0,148	Nutzt soziale Netzwerke	
		0,281		Geburtsdatum angeben			
		0,226		Namen angeben			
		0,178		Ortung zulassen	0,256	Jüngere	
					0,177	Nutzt Soziale Netzwerke	
Wird gerne beraten	R = 0,279	Verkäufer/in kennt Kleidungsgröße		0,324	Bild angeben	0,148	Nutzt soziale Netzwerke
				0,309	Größen angeben	0,225	Wird gerne beraten
			0,233	Wunschliste angeben			
				Namen angeben			
				Geburtsdatum angeben			
				Einkäufe speichern	0,316	Oft Smartphone dabei	
						Jüngere	
				Ortung zulassen	0,256	Nutzt Soziale Netzwerke	
					0,177		

INTERPRETATION ALLER ERGEBNISSE DER STATISTISCHEN AUSWERTUNG

In diesem Abschnitt werden nun die Ergebnisse der Auswertung hinsichtlich der relativen Häufigkeiten und Mittelwerte, als auch die Ergebnisse hinsichtlich der Korrelationen interpretiert.

Dabei sollen zunächst mögliche Methoden des Kundentracking hinsichtlich der Realisierbarkeit und Sinnhaftigkeit bei L&T-Kunden herausgestellt werden. Die gewonnenen Informationen zu diesem Themengebiet sind in der Graphik unter „Möglichkeiten Kundentracking“ zu finden.

Die generelle Möglichkeit L&T-Club-Kunden über Smartphones zu tracken besteht uneingeschränkt. 97% der Club-Kunden besitzen ein Smartphone, welches „im Durchschnitt immer“ mitgeführt wird.

Die Nutzung von Apps mit einem Smartphone scheint jedoch nicht so hoch zu sein. Die Amazon-App belegt in den „App Store-Charts“ der Kategorie „Gratis“ den „13. Rang“ [Stand 09.01.2018] und ist damit die aktuell drittbekannteste „Shopping-App“ dieses Rankings. Ein realistischer maximal zu erreichender Wert einer

Nutzungsquote der L&T-App wird für Club-Kunden somit auf 50% geschätzt, da 50% die Amazon-App nutzen (Benchmark). Dies deckt sich damit, dass 40% keine „Shopping-App“ nutzen, obwohl ein Smartphone vorhanden ist. Es kann somit davon ausgegangen werden, dass dieser Anteil in der nächsten Zeit auch keine L&T-App nutzen wird, da die allgemeine „App-Nutzung“ dieser Club-Kunden trotz eines vorhandenen Smartphones sehr gering ist. Aktuell nutzen 27%, also rund jeder vierte Clubkunde, die L&T-App. Kurzfristig kann somit dieser Wert vorausgesetzt werden, während mittelfristig maximal 50% realisierbar wären. Da die L&T-App keine klassische „Shopping-App“ ist, durch die direkt Produkte gekauft werden können, muss der Nutzen dieser App durch andere Faktoren maximiert werden.

Trackingmethoden, bei denen es notwendig wäre, dass sich die Kunden in das L&T-WLAN-Netzwerk einloggen, können vernachlässigt werden. Allgemein loggen sich die Kunden nur „selten“ in freizugängliche Netzwerke ein.

Methoden, bei denen die Kunden ausschließlich die Ortungsfunktion ihres Smartphones aktivieren müssen, könnten ca. bei jedem dritten L&T-Kunden realisiert werden. Ob dies einer ausreichenden Quote entspricht hängt vom Zielwert ab, doch im Vergleich zu den anderen Funktionen fällt diese Quote am niedrigsten aus. Dies ist jedoch auch nicht verwunderlich, da hier einer Ortung zugestimmt wird.

Die Quote einer eingeschalteten Bluetooth-Funktion hingegen fällt höher aus. Berücksichtigt man diejenigen Kunden, die nicht wissen ob sie diese Funktion eingeschaltet haben, so ist Bluetooth bei jedem zweiten Clubkunden eingeschaltet.

Sollte lediglich vorausgesetzt werden, dass die automatische WLAN-Suchfunktion eingeschaltet ist, so ergibt sich mit ca. 60% die höchste Quote. Somit könnten hier die meisten Club-Kunden getrackt werden.

58% der L&T-Clubkunden nutzen in Osnabrück am liebsten das L&T-Parkhaus. Somit kann davon ausgegangen werden, dass über die Hälfte der Club-Kunden dieses regelmäßig nutzen. Ca. 60 % der Clubkunden können somit mithilfe des Parkhauses erfolgreich getrackt werden.

Im nächsten Schritt wird darauf eingegangen, welche Art von Tracking-Methoden die Kunden von L&T noch als „in Ordnung“ empfinden und wo die Meinungen möglicherweise auseinander gehen. Die zugehörigen Ergebnisse der Umfrage wurden in der Tabelle unter „Beurteilung, ob in Ordnung“ dargestellt.

Allgemeine Zählungen an Ein- und Ausgängen stoßen mit 84% auf eine sehr hohe Akzeptanz. In der Arbeit wurde zuvor bereits dargestellt, dass davon ausgegangen werden kann, dass 15-20% grundsätzlich gegen jegliche Form solcher Maßnahmen sind. Beispielsweise würden 16% auch nicht ihren Namen bei der Anlage eines Kundenprofils angeben. Dabei sollte

klar sein, dass diese Umfrage an L&T-Club-Kunden durchgeführt wurde, welche bereits ihren Namen in einem solchen Profil angegeben haben. Da diese Art der Zählung jedoch gängige Praxis ist und nicht davon ausgegangen wird, dass die Kunden solche Läden aufgrund dieser Techniken meiden, kann dieser Anteil ein wenig vernachlässigt werden. Dennoch sollte diese Quote vermerkt und gegebenenfalls weiter untersucht werden.

Zählungen in Innenstädten (82%) und Zählungen in Abteilungen eines Geschäfts (80%) sind für Clubkunden im Allgemeinen demnach ebenfalls in Ordnung.

Interessant wird es bei der Frage, ob Analysen, wie lange ein Kunde sich in bestimmten Abteilungen aufhält, in Ordnung sind. Hier wird noch immer anonym, jedoch schon der einzelne Kunde analysiert. An dieser Stelle scheint bei den L&T-Club-Kunden der aktuelle kritische Punkt zu liegen. Hier spaltet sich die Meinung, wobei 64% es noch als in Ordnung empfinden.

Speicherung von Ortungsdaten hingegen stößt erwartungsgerecht auf keine Akzeptanz.

Allgemein sinkt die Akzeptanz somit nicht erst bei sinkender Anonymität, sondern bereits bei sinkender Allgemeinheit der Analysen. Maßnahmen, bei denen alle Kunden gleichzeitig analysiert werden, werden akzeptiert. Bei Maßnahmen, bei denen einzelne Kunden analysiert werden, spalten sich die Meinungen hingegen.

Zunächst wird der empfundene Kundennutzen des Kundentracking aus Sicht der L&T-Club-Kunden dargestellt. Auch hier können Schlüsse im Sinne der Handlungsempfehlung gezogen werden, da es letztendlich entscheidend ist, wie stark sich der Kundennutzen verbessern lässt. Die abgefragten Komponenten sind in der Tabelle unter „Kundennutzen Kundentracking = Anforderungen an Verkäufer/in“ dargestellt. Um zunächst eine vereinfachte Entscheidung treffen zu können, welche dieser Anforderungen überhaupt hinreichend relevant sind, wurde hier eine subjektive Grenze gezogen. In diesem Fall liegt die Grenze bei dem Wert „3,5“, da dies genau der Skalenmitte entspricht. Diese kann als „wenig bis stark nutzensteigernd“ oder „weder wenig, noch stark nutzensteigernd“ interpretiert werden. Liegt ein Mittelwert also unter „3,5“, so wird er als nicht hinreichend relevant interpretiert, da das Kosten-Nutzen-Verhältnis als zu schwach angenommen wird. Demnach steigert sich der Kundennutzen eines Einkaufserlebnisses im Durchschnitt am stärksten, wenn der/die Verkäufer/in den Modegeschmack sofort sehr genau kennt und passende Mode dazu anbietet. Dies ist zunächst keine Überraschung, da dies im Endeffekt die zentrale Aufgabe eines Verkäufers darstellt. Somit sollte hier eine Maßnahme des Kundentracking eingesetzt werden, die die Kenntnis des Verkäufers über den Modegeschmack des jeweiligen Kunden optimiert.

Die sofortige Kenntnis der Kleidungsgrößen unterscheidet sich in der durchschnittlichen

Nutzensteigerung unwesentlich von der Kenntnis des Modegeschmacks und steigert den Kundennutzen somit mit am stärksten. Kennt der Verkäufer also sofort den allgemeinen Modegeschmack und die Kleidungsgrößen des Kunden, dann kann eine wesentliche Nutzensteigerung erzeugt werden. Diese Punkte sollten in Richtung einer Handlungsempfehlung somit aufgenommen werden. Die letzte Anforderung an den/die Verkäufer/in, die im Mittel noch als „stark“ nutzensteigernd angegeben wurde, ist das sofortige Wiedererkennen eines Kunden. Auch diese Komponente scheint den Kundennutzen somit hinreichend zu steigern, sodass sie berücksichtigt werden sollte.

Die Anforderungen, dass sich der Verkäufer noch an die letzten Einkäufe erinnert und dass er den derzeitigen Bedarf der Kunden kennt, liegen bei der durchschnittlichen Bewertung unter „3,5“ und können nach unserer Interpretation somit vernachlässigt werden.

Nachdem nun der empfundene Nutzen dargestellt wurde, wird diesem nun der Aufwand gegenübergestellt, den Kunden bereit oder nicht bereit sind zu geben, um die Vorteile nutzen können. Die dazu erhobenen Kennzahlen sind in der Tabelle unter der Kategorie „Kundenaufwand Kundentracking = Herausgabe von Daten“ zu finden.

86% der Kunden wären bereit ihre Kleidungsgrößen in einem Kundenprofil anzugeben, damit die Anforderungen an die Verkäufer/innen erfüllt werden können. Außerdem würden 84% ihren Namen angeben und 80% ihre Einkäufe speichern lassen. All diese Werte liegen in dem 20%-Bereich (20% würden diese Daten nicht preisgeben), der zuvor bereits als unproblematisch definiert wurde. Somit kann davon ausgegangen werden, dass diese Daten größtenteils angegeben werden würden, um den Nutzen zu erhalten.

Dass das Geburtsdatum nur von 65% angegeben wurde verwundert auf den ersten Blick. Es wird angenommen, dass dieser Wert zustande gekommen ist, da die Angabe des Geburtsdatums für keine der Anforderungen erforderlich ist. Dem Angeben von Daten muss somit ein Nutzen gegenüberstehen, was hier erneut bestätigt wird. Dass die Kunden das Geburtsdatum nicht als zu persönlich empfinden wird angenommen, da die Club-Kunden dieses in Form ihrer Mitgliedschaft bereits angegeben haben.

Bei dem Angeben einer Wunschliste entsteht nicht nur der Aufwand des Preisgebens. Der Kunde muss zusätzlich kontinuierlich eine Wunschliste führen. Aus diesem Grund ist es nicht verwunderlich, dass hier weniger Kunden ihre Bereitschaft erklären. Wie bei den Korrelationen im Folgenden noch dargestellt wird, muss es also einen entsprechenden Nutzen geben, damit eine Wunschliste angegeben wird. Insgesamt würde ca. die Hälfte der Club-Kunden einen solchen Aufwand betreiben, um von den Vorteilen zu profitieren.

Ein Bild von sich selbst hingegen würden nur 22% angeben. Dies ist deutlich persönlicher. Je sensibler die

Daten, desto höher ist der hier definierte Aufwand. Ein höherer Aufwand muss durch einen höheren Nutzen gerechtfertigt werden. Demnach hält (nur) jeder fünfte Club-Kunde das Aufwand-Nutzen-Verhältnis für positiv, weswegen ein Bild angegeben wird.

Eine Ortung über das Smartphone würde nur jeder zehnte Clubkunde zulassen. Dies ist für viele Kunden ein zu großer Eingriff in die Privatsphäre und kann durch die beschriebenen Anforderungen nicht gerechtfertigt werden. Ortung ist in der Gesellschaft ein Thema, das als sehr sensibel gilt, weswegen das Ergebnis plausibel erscheint. Immerhin 11% sind dennoch bereit eine Ortung bewusst zuzulassen.

Der letzte Teil dieser Interpretation befasst sich mit den Korrelationen. Dazu wurden die Variablen, die den möglichen Nutzen darstellen und die Variablen, die den möglichen Aufwand darstellen, auf gegenseitige Zusammenhänge untersucht. Anschließend wurden noch Korrelationen mit anderen Variablen ermittelt. Die Ergebnisse all dieser Korrelationen sind in der Tabelle unter der Kategorie „Korrelationen“ abgebildet. Es ist äußerst wichtig, dass zur Kenntnis genommen wird, dass die abgebildeten Zusammenhänge zunächst ausschließlich als statistische Zusammenhänge angesehen werden müssen. Demnach sind hier alle Zusammenhänge abgebildet, die statistisch ein signifikantes Ergebnis ergeben haben. Ob hier kausale Zusammenhänge bestehen oder sogenannte „Scheinkorrelationen“ vorliegen, muss individuell beurteilt werden.

Hauptsächlich wird nun auf die Korrelationen zwischen den beiden Hauptkategorien eingegangen. Im Allgemeinen kann zunächst erstmal gezeigt werden, dass ein Zusammenhang zwischen dem Nutzen, den die Kunden durch Kundentracking bekommen können und dem Aufwand, den sie dafür geben würden, vorliegt. Wenn ein Kunde die Variablen, die Nutzen stiften also hoch bewertet hat, dann hat er bei den Fragen nach persönlichen Daten eher mit „Ja“ geantwortet. Dies kann man in der Tabelle erkennen, da die Spalte „Cramers V“ zwischen den beiden Variablen meistens gefüllt ist. Hier liegt also jeweils eine positive Korrelation vor.

Außerdem ist auffällig, dass „Ortung zulassen“ nur in einem Fall und dort auch nur eine schwache Korrelation aufweist. Die Höhe des Nutzens aus den Anforderungen hat somit im Allgemeinen keinen Einfluss darauf, ob Ortungsdaten preisgegeben werden. Ortungsdaten haben also nicht nur etwas mit dem Nutzen zu tun. Dies klingt plausibel, da dies häufig mit Ängsten und Vorbehalten in Verbindung steht. Außerdem ist die Akzeptanz sehr gering.

Bei den anderen Variablen stellt sich die Frage, warum z.B. „Verkäufer/in erkennt sie sofort“ mit „Größen angeben“ zusammenhängt. Dies kann einerseits dadurch erklärt werden, dass ein allgemeiner Zusammenhang zwischen hohen Bewertungen des Nutzens und der Bereitschaft Daten preiszugeben vorliegt. Wenn ein Kunde also einen hohen Nutzen in den Anforderungen erkannt hat, dann hat er prinzipiell eher auf „Ja“

geklickt. Auch wenn die zwei Komponenten nicht viel miteinander zu tun haben. Andererseits liegt zwischen nahezu allen Variablen, die in der Spalte „Wie sehr steigert sich Einkaufserlebnis“ ein starker positiver Zusammenhang vor. Wenn also „Verkäufer/in kennt Kleidungsgröße“ hoch bewertet wurde, dann wurde „Verkäufer/in erkennt Sie sofort“ ebenfalls höher bewertet. Zwischen „Verkäufer/in kennt Kleidungsgröße“ und „Größen angeben“ besteht ein positiver Zusammenhang, der logisch erscheint. Somit entsteht automatisch eine Scheinkorrelation zwischen „Verkäufer/in erkennt sie sofort“ und „Größen angeben“. Eine Mischung dieser beiden Phänomene erklärt somit, warum hier häufig Variablen Zusammenhänge aufweisen, obwohl sie kausal nicht wirklich zusammenhängen.

Häufig bestehen jedoch sowohl statistische, als auch kausale Zusammenhänge, die nun nicht alle aufgezählt werden, sondern der Tabelle selbstständig entnommen werden können. Hier wird sich im Folgenden auf diejenigen Zusammenhänge beschränkt, die bei denjenigen Variablen auftreten, die in der Tabelle unter „Kundennutzen Kundentracking = Anforderungen an Verkäufer/in“ besonders hoch und zuvor als relevant definiert wurden.

„Verkäuferin kennt Modegeschmack sofort sehr genau“ hängt demnach mit „Wunschliste angeben“ und „Einkäufe speichern“ positiv zusammen. Wenn der Verkäufer eine Wunschliste und die bisherigen Einkäufe einsehen könnte, dann könnte der Verkäufer den Modegeschmack des Kunden besser einschätzen. Wenn Kunden dies mit höherem Nutzen verbinden, dann geben sie diese Informationen eher preis. Wie vorher bereits beschrieben ist dies der am höchsten bewertete Nutzen aus der Umfrage. Somit kann hier gezielt der Kundennutzen gesteigert werden.

Gleiches gilt für „Verkäufer/in kennt Kleidungsgröße“ und „Größen angeben“ und für „Verkäufer/in erkennt sie sofort“ und „Bild angeben“.

Für die Gesamtheit der Kunden, die die jeweilige nutzensteigernde Komponente also hoch bewertet haben, erhöht sich die dazugehörige relative Häufigkeit, die unter „Kundenaufwand Kundentracking“ angegeben wurde, da eine positive Korrelation besteht. Somit würden beispielsweise unter denjenigen Club-Kunden, die „Kennt Modegeschmack sofort sehr genau“ sehr hoch bewertet haben mehr als 80% die Einkäufe speichern lassen.

Im Endeffekt sollte Kunden also die Möglichkeit gegeben werden bestimmte Daten preiszugeben. Dabei ist es besonders wichtig, dass der dazugehörige Nutzen klar mitgeteilt wird. Es konnte nachgewiesen werden, dass diejenigen Kunden, die einen hohen Nutzen empfinden auch bereit sind die jeweiligen Daten dafür anzugeben. Bei den relevantesten Formen zur Nutzensteigerung würden die Daten somit hinreichend viel preisgegeben werden, um das Einkaufserlebnis der Kunden zu steigern.

Es kann somit dargelegt werden, dass die Möglichkeiten Einkäufe zu speichern und Wunschlisten anzugeben

genutzt werden können, um den Modegeschmack besser einschätzen zu können. Die Akzeptanz der Kunden diese Daten preiszugeben und die Steigerung des Kundennutzens sind hier absolut gegeben. Gleiches gilt für „Kennt Kleidungsgrößen sofort“ und „Kleidungsgrößen angeben“. Bei „Erkennt sie sofort“ hingegen steigert sich die relative Häufigkeit von „Bild angeben“ zwar, doch bleibt diese vermutlich relativ gering. Hier würde es also bei vielen Kunden dennoch schwierig sein ein Bild zu erhalten. Eine Entscheidung hängt hier vom Zielwert ab.

Zur weiteren Information sind in den beiden Spalten „Andere Variablen“ (In der Tabelle ganz links und rechts) Variablen angegeben, die einen Zusammenhang zu einer der Kategorien haben. So hat beispielweise „Nutzt soziale Netzwerke“ einen positiven Einfluss darauf, ob ein Kunde ein „Bild angeben“ würde (rechts in der Tabelle) und „Kunden, die eher an bestimmten Tagen große Mengen an Kleidung kaufen“ bewerten die Anforderung „Verkäufer/in erkennt Sie sofort“ durchschnittlich höher. So können die beiden Hauptkategorien noch ein Stück weit mehr erklärt werden. Dies kann mithilfe der Tabelle nach diesem Schema ebenfalls selbst durchgeführt werden.

HANDLUNGSEMPFEHLUNGEN FÜR L&T

VIDEOANALYSE

Allgemein lässt sich durch die Umfrage zunächst eine hohe Akzeptanz der Kunden bezüglich der allgemeinen Zählungen feststellen. 84% der Kunden sind mit Zählungen an Ein- und Ausgängen, 82% mit Zählungen in Innenstädten und 80% mit Zählungen in Abteilungen einverstanden. Bei Analysen der einzelnen Kundenaufenthalte in den Abteilungen spaltet sich die Meinung ein wenig, wobei immerhin noch 64% keinerlei Probleme damit hätten. Daraus lässt sich schließen, dass die Kunden, solange die Daten anonym sind, mit solchen Systemen einverstanden sind. Diese Zahlen sind vergleichbar mit der Studie des EHI aus dem Jahre 2015, in der mehr als 95% der Befragten dem Thema Videoüberwachung entweder neutral oder positiv gegenüber stehen. (EHI 2015) Kunden sind somit einverstanden, wenn sie durch Kamerasysteme aufgenommen werden, gezählt werden und anonym analysiert werden. Die Kunden werden somit das Geschäft nicht meiden, weil Videoanalysen durchgeführt werden. Die zuvor beschriebene Laufweganalyse und die Erstellung der Heatmaps werden somit allgemein akzeptiert und können im Einzelhandel angewandt werden. Die mit der Videoanalyse gewonnenen Daten lassen sich, wie zuvor beschrieben, für Prozessoptimierungen nutzen. Die Personalbedarfsplanung, die Produktplatzierungen und die Werbeplatzierungen können optimiert werden. Aus den genannten Gründen kann hier eine positive Handlungsempfehlung für L&T ausgesprochen werden und zu einer Installation eines solchen Videoanalyse-systems geraten werden.

Dabei muss darauf hingewiesen werden, dass dies eine ausschließliche Handlungsempfehlung im Sinne der Akzeptanz und des Nutzenempfindens des Kunden sowie der Nutzenstiftung für das Unternehmen ist. Die technische Realisierbarkeit und die Kosten dieser Realisierung müssen noch näher untersucht und dem Nutzen gegenübergestellt werden. Für L&T kann jedoch eindeutig aufgezeigt werden, dass die Videoanalyse von der Stammkundschaft akzeptiert wird. Bei Durchführung dieser Technik kann also von dessen Vorteilen profitiert werden, ohne dass die Stammkundschaft sich in ihrer Privatsphäre bedroht fühlt, weswegen hier eine positive Handlungsempfehlung abgegeben wird.

WLAN-TRACKING

Für das WLAN-Tracking ist es zunächst erforderlich, dass der Kunde ein Smartphone mit sich führt. Dies ist nach der Umfrage bei 97% der L&T-Kunden der Fall und diese haben ihr Smartphone in der Regel auch immer dabei. Damit die Ortung über das WLAN Netzwerk funktioniert, muss ebenfalls die automatische WLAN Suche eingeschaltet sein, damit das Smartphone ständig entsprechende Pings aussendet. Dies ist bei etwa 60% der Kunden der Fall. Somit können mehr als die Hälfte der L&T-Kunden über WLAN getrackt werden. Aus der Umfrage lässt sich errechnen, dass sich ungefähr 18% oft oder immer in ein öffentliches WLAN einloggen. Von diesen Kunden lassen sich dann personenbezogene Daten erheben und speichern. Zudem kann immer eingesehen werden, wann dieser Kunde das Geschäft betritt. Dies ist ein Vorteil gegenüber der Videoanalyse, kann jedoch nur bei ca. einem Fünftel der Kunden durchgeführt werden. Des Weiteren müssen die Datenschutzbedenken der Kunden beachtet werden. Nur 3% finden die Speicherung der Ortungsdaten in Ordnung. Wird dadurch für den Kunden ein Nutzen gestiftet, so sind 11% der Kunden mit dem Verfahren einverstanden. Dem Kunden sollte somit nicht bekannt werden, dass diese Systeme eingesetzt werden, da dies sehr kritisch gesehen wird. Bei Einsatz dieser Technik kann es somit zu einem negativen Effekt auf die Kundenzufriedenheit und –treue kommen. Da zwar 60% der Kunden getrackt werden könnten, diese Daten jedoch keinen Mehrwert gegenüber der Videoanalyse (100% können getrackt werden) bieten, kann hier nur eine eingeschränkte Handlungsempfehlung ausgesprochen werden. Ebenfalls stehen die Kunden der Ortung über WLAN viel kritischer gegenüber als der Videoanalyse. Um einen richtigen Mehrwert gegenüber der Videoanalyse zu generieren, müssen die Kunden dazu gebracht werden sich in das entsprechende WLAN Netzwerk einzuloggen, um so die Möglichkeit zu haben personenbezogene Daten speichern zu dürfen und zu analysieren. Erfährt der allgemeine L&T-Stammkunde jedoch davon, so hat dies laut der Umfrage aktuell negative Effekte auf die Kundenbeziehung. Wie stark diese sind und welche Konsequenzen dadurch

entstehen, sollte somit vor Einsatz dieser Technik unbedingt und sehr sensibel geklärt werden.

Hinsichtlich der Akzeptanz und des Nutzens für L&T-Kunden und L&T selbst ist zum momentanen Zeitpunkt die Videoanalyse vorzuziehen. Dennoch sollte berücksichtigt werden, dass Akzeptanz und Nutzung im Zuge der Digitalisierung wohl steigen werden. Zukünftig sollte das WLAN-Tracking aufgrund des möglichen Mehrwerts gegenüber der Videoanalyse also stetig weiter analysiert werden. Deshalb die eingeschränkte Handlungsempfehlung.

BLUETOOTH BEACONS

Grundlegend wird eine aktivierte Bluetoothfunktion für die Nutzung der Beacons vorausgesetzt. Dies ist bei etwa 50% der L&T-Kunden der Fall. Weiter muss jedoch auch eine entsprechende App genutzt werden. Insgesamt nutzen 27% der Kunden die L&T App. Der Umfrage nach nutzen 13% die L&T-App und haben die Bluetoothfunktion aktiviert. Demnach kommen aktuell lediglich 13% der L&T-Club-Kunden als mögliche Nutzer in Frage. Damit nun noch eine Ortung für das Unternehmen möglich ist, muss der Kunde die Ortungsfunktion in der App freigegeben haben. Die Analyse des Fragebogens zeigt, dass nur 6% die L&T App haben, die Bluetooth-Funktion eingeschaltet haben und die Ortungsdienste freigegeben.

Allgemein wird von der Nutzung von Bluetooth Beacons abgeraten.

GESICHTSKLASSIFIZIERUNG

Gesichtsaufnahmen sind datenschutzrechtlich kein einfaches Thema. Dieser Abschnitt soll klären, ob eine Gesichtsklassifizierung bei den L&T-Kunden überhaupt akzeptiert werden würde. Zunächst wurde festgestellt, dass die Kunden ungerne ein Bild von sich preisgeben. Nur 22% würden ein Bild von sich zur Verfügung stellen. Dementsprechend kann davon ausgegangen werden, dass die Mehrheit der Kunden einer Gesichtsklassifizierung kritisch gegenüberstehen würden. Ein Einsatz hätte somit vermutlich negative Auswirkungen auf die Kundenbeziehung zur Folge. Durch die Gesichtsklassifizierung würden nur Geschlecht und Alter zusätzlich bekannt. Der Nutzen der Auswertung der Emotionen ist fraglich und wurde noch nicht ausreichend entwickelt. Das Geschlecht und Alter würden die Kunden von sich aus jedoch mit hoher Wahrscheinlichkeit von selbst preisgeben. Aus diesen Gründen kann keine Empfehlung für die Gesichtsklassifizierung ausgesprochen werden. Durch die Gesichtsklassifizierung würden die meisten Kunden ihre Privatsphäre verletzt sehen, obwohl die Daten auch auf anderen Wegen relativ einfach zu erfassen wären.

SONSTIGE EMPFEHLUNG

Bei der Einstiegsveranstaltung bei L&T vor Ort wurde von einer möglichen digitalen Unterstützung der

Verkäufer durch ein Tablet gesprochen. Das Tablet enthält dabei Informationen, die den Verkäufer im Verkaufsgespräch unterstützen. Hier wird nun ausschließlich darauf eingegangen, welche Informationen in diesem Fall sinnvoll wären, jedoch nicht wie der Verkäufer diese genau vor dem Kunden einsetzt.

Durch die Auswertung wurde gezeigt, dass der Nutzen der L&T-Club-Kunden insbesondere durch die Kenntnis des Modegeschmacks und die Kenntnis der Kleidungsgrößen gesteigert werden kann.

Die Analyse der Korrelationen hat gezeigt, dass L&T-Club-Kunden dazu bereit sind Einkäufe speichern zu lassen und eine Wunschliste anzugeben, wenn der Verkäufer dadurch den Modegeschmack des Kunden besser einschätzen kann und sofort passende Mode anbietet. Diese Informationen könnten dem Verkäufer auf einem Tablet zur Verfügung gestellt werden, wodurch der Verkaufsprozess optimiert werden würde. Gleiches gilt für die Kleidungsgrößen, welche die Kunden bereit sind anzugeben, damit der Verkäufer diese beim Verkaufen sofort kennt.

Wenn hier also die Einkäufe mit Kleidungsgrößen gespeichert werden würden und dem Verkäufer auf dem Tablet anhand eines Kundenprofils zur Verfügung gestellt werden, könnte der Verkäufer diese Anforderungen erfüllen. Die zuletzt eingekauften Produkte würden dem Verkäufer den Modegeschmack signalisieren und die zuletzt gekauften Kleidungsgrößen verraten die ungefähren aktuellen Kleidungsgrößen. Über eine geschickte Frage, wie z.B. „Schöne Hose, die Sie letztes Mal gekauft haben, tragen Sie diese aktuell noch?“ könnte dann die Aktualität der Kleidungsgrößen abgefragt werden. Darüber hinaus sind auch die Eingabe der Kleidungsgrößen und die Angabe einer Wunschliste durch den Kunden in einem Kundenprofil denkbar, da die Kunden dazu aufgrund des Nutzens zu großen Teilen bereit wären.

ABSCHLIEBENDES FAZIT

Betrachtet man nun alle Technologien und alle Daten aus der Umfrage, lässt sich für L&T eine Empfehlung aussprechen. Die Videoanalyse wird von den Kunden weitestgehend akzeptiert und liefert genaue Daten zu der Personenanzahl, der Verweildauer und den Laufwegen. Die anderen Technologien können nur eingeschränkt bis gar nicht empfohlen werden, da die Daten in den meisten Fällen keinen Mehrwert zu den Daten aus der Videoanalyse liefern und sich die Akzeptanz oder Realisierbarkeit bei den L&T-Stammkunden auf einem deutlich niedrigeren Niveau bewegt. Die Kosten und technische Realisierung müssen dabei nochmals separat analysiert werden. Darüber hinaus sollten den Verkäufern insbesondere die letzten Einkäufe und die dazugehörigen Größen angezeigt werden, wenn eine Unterstützung der Verkaufsfläche durch Tablets erfolgen soll.

LITERATUR

- Altpeter, M. 2017. „Akzeptanz von Beacons für Location-based Advertising. Eine empirische Analyse aus konsumentenorientierter Sicht.“ Springer Fachmedien GmbH. Wiesbaden, 9-54.
- Baulinks 2012. „Zählen, Messen, Auswerten: Neue Videoanalyse-Tools für Einzelhandel & Co.“ Verfügbar unter:
<https://www.baulinks.de/webplugin/2012/1718.php4>
[Zugriff am 07.12.2017, 17:30]
- EHI. 2015. „Videoüberwachungssysteme (CCTV) im Einzelhandel 2015“ Verfügbar unter:
<https://www.ehi-shop.de/de/studien/whitepaper/whitepaper-videoueberwachungssysteme-im-einzelhandel-2015>
[Zugriff am 03.01.2018, 17:08]
- EHI. 2016. „Analyse des Kundenverhaltens im Einzelhandel“ Verfügbar unter: <https://www.ehi-shop.de/de/studien/whitepaper/whitepaper-analyse-des-kundenverhaltens-im-einzelhandel>
[Zugriff am 03.01.2018, 10:42]
- Hansen-Oest, S. 2015. „Mustervertrag: Nutzungsbedingungen für Gäste-WLAN (auch mit englischer Übersetzung)“ Verfügbar unter:
<https://www.datenschutz-guru.de/mustervertragnutzungsbedingungen-fuer-gaeste-wlan/>
[Zugriff am 10.12.2017, 15:56]
- Lukaß, T. 2016. „Offline-Tracking: Kundenfrequenzmessung in Ladengeschäften.“ Verfügbar unter:
<https://www.datenschutz-notizen.de/offline-tracking-kundenfrequenzmessung-in-ladengeschaeften-4515135/> [Zugriff am 07.12.2017, 18:13]
- Mauelshagen, K. 2008. „Wie viele, wohin, wie lange?“ Baumarktmanager 5/2008. Verfügbar unter:
http://www.visapix.de/cms/downloads/news/0508_Baumarktmanager.pdf [Zugriff am 07.12.2017, 17:46]
- Meyer, G. 2014. „Wie die WLAN-Verbindung Kunden gläsern macht.“ Verfügbar unter:
<https://www.welt.de/wissenschaft/article133781968/Wie-die-WLAN-Verbindung-Kunden-glaesern-macht.html> [Zugriff am 10.12.2017, 16:50]
- Ruhstroth, M. 2017. „Was ist eigentlich Offline-Tracking?“ Verfügbar unter:
<https://mobilsicher.de/hintergrund/was-ist-eigentlich-offline-tracking>
[Zugriff am 10.12.2017, 17:05]
- Welchering, P. 2017. „Wie der Einzelhandel mehr verkaufen will.“ Verfügbar unter:
http://www.deutschlandfunk.de/tante-emma-2-0-wie-der-einzelhandel-mehr-verkaufen-will.740.de.html?dram:article_id=401897
[Zugriff am 21.12.2017, 18:48]

ERWEITERUNG DES WORKFLOW-MODULS DES ERP-SYSTEMS FACTWORK UM MÖGLICHKEITEN ZUR BENUTZERINTERAKTION

M.Sc. Benjamin Weikmann

Dipl.-Inf. Franz Laubmeier

Prof. Dr.-Ing. Frank Herrmann

Labor für Informationstechnik und Produktionslogistik (LIP)

Ostbayerische Technische Hochschule Regensburg (OTH Regensburg)

benjamin.weikmann@fee.de und frank.herrmann@oth-regensburg.de

SCHLÜSSELWÖRTER

ERP-Systeme, Geschäftsprozesse, Workflows, UI-Design.

ABSTRACT

Durch Workflow-Systeme computergestützt abgewickelte Geschäftsprozesse benötigen neben den Aktivitäten, die sie komplett automatisiert ausführen können, von Zeit zu Zeit Feedback durch einen oder mehrere Benutzer. Dazu muss es geeignete Formen der Kommunikation und Interaktion der Workflow-Engine mit dem Benutzer geben. Der folgende Artikel beschreibt die Erweiterung des bestehenden Workflow-Moduls eines Enterprise Resource Planning (ERP)-Systems, welches um solche Fähigkeiten ergänzt wird.

EINLEITUNG

Neben Stammdatenpflege und informationstechnischer Unterstützung aller Bereiche eines Unternehmens gehört auch die Ausführung und Überwachung von Geschäftsprozessen zu den typischen Aufgaben eines ERP-Systems und dessen Umfeld. Insbesondere die Abbildung firmenspezifischer gelebter Prozesse stellt dabei oftmals eine besondere Herausforderung dar, da die hierfür benötigten Abläufe in Standardsoftware meist nicht implementiert sind, weil diese schlichtweg zu individuell sind. Eine übliche Vorgehensweise ist häufig der Einsatz von externen Prozessmodellierungswerkzeugen, deren Laufzeitumgebungen später über geeignete Schnittstellen mit dem ERP-System kommunizieren bzw. auf Datenbankebene relevante Daten austauschen – oder die ERP-Umgebung bietet ein solches Tooling als integralen Bestandteil selbst an. Das von der Firma F.EE GmbH entwickelte und vertriebene ERP-System FactWork besitzt mit dem Workflow-Modul ein solches Werkzeug, das die grafische Modellierung von Geschäftsprozessen im direkten Kontext des ERP-Systems ermöglicht (siehe Abbildung 1). Neben üblichen Standardelementen zur Ablaufsteuerung sind zum Workflow-Design im Wesentlichen eine Vielzahl an Aktivitäten verfügbar, die direkt Dienste der ERP-Software ansprechen können. Des Weiteren ist der Aufruf von Prozeduren der FactWork-eigenen Skriptsprache

fe.script möglich, wodurch sämtliche weitere Funktionalität des Systems zugänglich wird. Lediglich im Bereich der Benutzerinteraktion ist das Workflow-Modul aktuell etwas eingeschränkt. Es fehlen Funktionen zur direkten aktiven Nutzerteilnahme an Prozessen sowie die Zurverfügungstellung von Eingabedaten seitens des Nutzers, die der Prozess für dessen weitere Ausführung benötigt. Im Rahmen dieses Projekts sollen Möglichkeiten evaluiert und anschließend implementiert werden, die das Workflow-Modul um die Leistungsfähigkeit im Bereich der Benutzerinteraktion entscheidend erweitern, indem genannte fehlende Fähigkeiten hinzugefügt werden. Die anschließende Realisierung eines Beispielprozesses soll zum Test und zur Demonstration der neu geschaffenen Funktionen dienen.

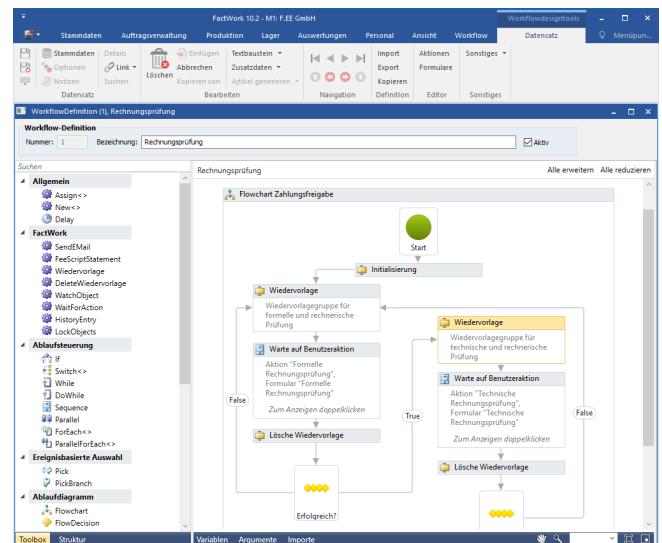


Abbildung 1: FactWork-Client mit geöffnetem Workflow-Designer

F.EE UNTERNEHMENSGRUPPE

Die 1982 von Hans Fleischmann gegründete F.EE-Unternehmensgruppe mit Stammsitz in Neunburg v. Wald beschäftigt mittlerweile rund 1.000 Mitarbeiter weltweit, davon 75 in ausländischen Niederlassungen, und kann einen jährlichen Umsatz von 175 Mio. Euro verbuchen (Stand 1/2018). Sie

besteht aus den vier Geschäftsfeldern Elektrotech Engineering, Automation Robotik, Informatik + Systeme und Energietechnik und bietet Leistungen und Produkte in den Bereichen Fertigungsautomatisierung, Systemprogrammierung, Energieerzeugung und IT an (FEE18). Die vom Geschäftsbereich Informatik + Systeme entwickelte und vertriebene Unternehmenssoftware FactWork ist dabei sowohl bei F.EE selbst als auch bei einer wachsenden Anzahl von Kunden im Einsatz.

EINORDNUNG

Im Zuge des Geschäftsprozessmanagements wird versucht, Erkenntnisse aus der Informationstechnik und Managementwissenschaften auf betriebliche Prozesse abzubilden, um daraus Vorteile wie z.B. eine Steigerung der Produktivität und Einsparungen von Kosten zu ziehen. Heutzutage existiert eine Fülle an Systemen, die auf unterschiedlichste Art und Weise die Abwicklung von Geschäftsprozessen unterstützen. Zur Modellierung von Prozessen existieren diverse gängige Notationssprachen. Nennenswert sind u.a. Petrinetze, Business Process Model and Notation (BPMN), Aktivitätsdiagramme nach dem Unified Modeling Language (UML) Standard und Event-driven Process Chains (EPCs). Diese unterscheiden sich teilweise erheblich in ihren Möglichkeiten, Ausdrucksfähigkeiten und Eignung für verschiedene Einsatzzwecke (Aalst 2013).

Als Quasi-Industriestandard gilt häufig die grafische Notationssprache BPMN, die von der Object Management Group (OMG) gepflegt wird (Penicina 2010). BPMN wird mittlerweile von einer Vielzahl auf dem Markt befindlicher Tools unterstützt, u.a. gibt es die kommerzielle ARIS Platform, aber auch bekannte Open-Source-Lösungen wie Activiti oder Camunda sind zu nennen. Diese unterstützen umfangreich die Modellierung, Analyse, Dokumentation und Ausführung bis hin zur Simulation und Optimierung von Prozessen (Neumann et al. 2015).

Eine wesentliche Designentscheidung bei der Erstellung des Workflow-Moduls des ERP-Systems FactWork war jedoch die Verwendung einer leichtgewichtigen einfach zu integrierenden Workflow-Engine sowie eines intuitiven, simplen Workflow-Designers. Daher fiel die Wahl auf den Einsatz der sog. Windows Workflow Foundation (WWF), die ein Teil der von Microsoft vertriebenen .NET-Entwicklungsplattform ist (siehe Microsoft Corporation 2016). Auch wenn diese in der Industrie eher ein Nischendasein führt, wird das Framework durchaus erfolgreich zur Modellierung und Ausführung länger andauernder Prozesse eingesetzt (siehe z.B. Ramasamy, Chua und Haw 2015). Da diese Arbeit auf der Infrastruktur des bestehenden Workflow-Moduls aufbaut, muss dies als gegebene Randbedingung berücksichtigt werden.

PROBLEMSTELLUNG

Eine typische Eigenschaft von Geschäftsprozessmodellierungswerkzeugen und deren zugehöriger Laufzeitumgebungen, die oftmals als sog. Workflow-Engines bezeichnet werden, ist deren Konzentration auf Aspekte der Ablaufsteuerung. Interaktion und Kommunikation mit Benutzern ist dabei zwar als notwendige Eigenschaft von Geschäftsprozessen vorgesehen, reicht aber meist nicht über das Abstraktionslevel von sog. *User Tasks* hinaus. Zur Anbindung und Realisierung dieser sind zwar Schnittstellen vorgesehen, die Implementierung wird aber meist dem Anwender überlassen, was u.a. die Integration mit bestehenden Systemlandschaften erheblich erschwert (Kossak et al. 2016).

Ähnlich verhält es sich mit dem bestehenden Workflow-Modul des ERP-Systems FactWork. In der Grundfunktionalität des eingesetzten Frameworks sind hauptsächlich Aktivitäten zur Kontrolle der Ablauflogik und zur Anbindung externer Dienste vorgesehen. Weitere Fähigkeiten müssen durch die Entwicklung benutzerdefinierter Aktivitäten ergänzt werden. Hierbei existieren inzwischen diverse Aktivitäten, die Funktionen der ERP-Software direkt ansprechen.

Die Möglichkeiten zur Benutzerinteraktion beschränken sich derzeit auf die Benachrichtigung eines Benutzers über ausstehende Arbeiten an Stammdatensätzen durch das in FactWork integrierte Wiedervorlagensystem (siehe Abbildung 2) sowie den Versand von E-Mails. Eine eingebaute Funktionalität zum Überwachen von Datenbankänderungen an einzelnen Datensätzen und der direkt mögliche Zugriff auf Datenbankobjekte aus dem Workflow heraus macht eine sofortige Reaktion auf geänderte fachliche Bedingungen möglich. Dies befähigt eine Workflow-Instanz ausgehend davon den weiteren Fortgang des Geschäftsprozesses zu bestimmen.

Nr.	Firma	Attribut	Wiedervorl...	Priorität	Projekt Nr.	Projekt Bez.	Datum
185	Greentech Weiding	Katalog zuschicken	07.11.2016	60			07.11.2016
180	Müller und Partner Handelsg...	Informationsmaterial zu...	06.11.2016	20			10.03.2017
118	Rittmeyer GmbH Herborn	Wartung 1000 BST	04.11.2016	0	2080	Füllerlage Werk2	02.11.2016
111	Greentech Weiding	Abnahme durchführen	01.11.2016	97	2000	Anlage 30/156 Mitte Berlin	01.11.2016
49	Rittmeyer GmbH Herborn	Kontakt zurückrufen	25.10.2016	90			03.11.2016
49	Rittmeyer GmbH Herborn	Inbetriebnahme	23.10.2016	0			01.11.2016
118	Rittmeyer GmbH Herborn	Inbetriebnahme	23.10.2016	0	2077	Fahrerleibau SSB	17.11.2016
107	Paulus Computer GmbH Berlin	Inbetriebnahme	22.10.2016	0	2075	Parkplatzbeleuchtung	29.12.2016
116	Reger Automation Leichlingen	Wartung 1000 BST	20.10.2016	0	2072	Parkhaus Neue Zelle	19.01.2017

Abbildung 2: FactWork-Wiedervorlage zeigt ausstehende Arbeiten an mehreren Datensätzen

Die bisher vorhandenen Features des Workflow-Moduls erlauben bereits die Modellierung einer Vielzahl an denkbaren Einsatzszenarien. Trotzdem sind diese aktuell nicht ausreichend, wenn abzubildende Prozesse den direkten Einbezug des Nutzers erfordern oder weitere kontextspezifische Informationen vom Benutzer benötigt werden. Solche Prozesse sind mit diesem System im Moment nicht realisierbar, was die universelle Verwendbarkeit des Moduls

für Geschäftsprozesse im Kontext des ERP-Systems beeinträchtigt und somit einen erheblichen Nachteil darstellt. Dieser soll durch Implementierung geeigneter Funktionalitäten ausgeräumt werden, die im Folgenden erörtert werden.

ANFORDERUNGEN

Für die zusätzlichen notwendigen Fähigkeiten werden folgende funktionale Anforderungen ausgemacht:

- Workflow-Instanzen sollen auf eine Bestätigung durch den Nutzer warten können, bevor in den nächsten Zustand übergegangen wird, wenn dies fachlich notwendig wird. Damit kann z.B. das Warten auf die Sichtung eines Datensatzes realisiert werden: Erst wenn eine Sichtung und ggf. eine Korrektur der Daten erfolgt ist, kann eine Freigabe an die nächste Station erfolgen.
- Des Weiteren sollen Nutzer aktiv aus mehreren möglichen Entscheidungen wählen können, die in dem aktuellen Zustand des Prozesses fachlich möglich sind und den weiteren Fortgang des Prozesses beeinflussen.
- Geschäftsprozesse benötigen für deren weitere Ausführung oftmals zusätzliche Daten, die vom Benutzer eingefordert werden müssen. Dies kann z.B. durch das Ausfüllen eines Formulars geschehen, dessen eingegebene Daten an die Workflow-Instanz übermittelt und für dessen weitere Abarbeitung verwendet wird. Das Absenden eines solchen Formulars und die anschließende Weiterverarbeitung durch den Workflow soll nur möglich sein, wenn die vom Benutzer zur Verfügung gestellten Daten erfolgreich validiert worden sind.

Zu den dargelegten funktionalen Anforderungen für neue Benutzerinteraktionsmöglichkeiten gibt es zusätzliche gemeinsame weitere Anforderungen:

- Die aufgezählten Interaktionselemente sollen in Abhängigkeit des aktuellen Zustands des Workflows nur bestimmten Nutzern oder Nutzergruppen mit bestimmten Rollen zur Verfügung stehen, d.h. es muss ein Berechtigungskonzept geben.
- Da getroffene Entscheidungen und eingegebene Daten in Geschäftsprozessen kritischer Natur sein können und damit verbindlich sein sollten, ist eine Archivierung dieser zur Nachverfolgung in einer Historie notwendig. Diese soll alle wichtigen Informationen über getätigte Interaktionen sowie eingegebene Daten beinhalten und permanent gespeichert werden.
- Dem Benutzer müssen ausstehende Bestätigungen / zu treffende Entscheidungen sowie auszufüllende Formulare in einer geeigneten Art und Weise präsentiert und dafür geeignete Benutzeroberflächen geschaffen werden. Hierfür sollen verschiedene mögliche User Interface (UI)-Konzepte evaluiert und anschließend daraus ausgewählt werden.
- Die neuen Möglichkeiten sollen möglichst intuitiv und nahtlos im bestehenden FactWork-Workflow-Designer

integriert sein. Der Großteil der Funktionalitäten soll dabei deklarativ, also ohne Programmierung seitens des Workflow-Erstellers abgedeckt sein. Für weiterführende komplexere Einsatzszenarien kann jedoch auch eine zusätzliche Programmierung mit der integrierten Skriptsprache fe.script notwendig sein.

Abbildung 3 zeigt die Anforderungen zusammengefasst in einem UML-Use-Case-Diagramm, welches zur Modellierung von Systemanforderungen üblich ist (Rupp, Queins und SOPHISTen 2012).

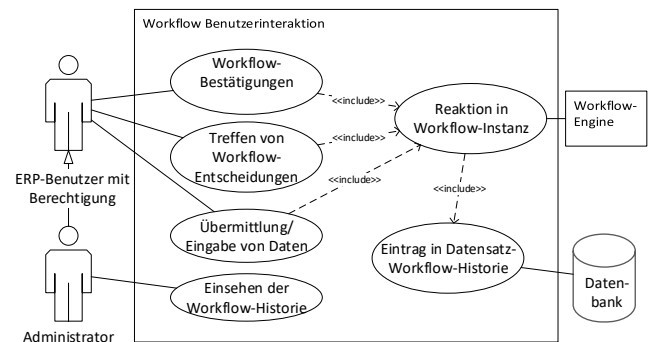


Abbildung 3: Use-Case-Diagramm zu den funktionalen Anforderungen

KONZEPT

In der Konzeptionsphase werden die genannten funktionalen Anforderungen in informationstechnisch realisierbare Konzepte überführt.

Wartende Aktionen an Datensätzen

Für das Warten einer Workflow-Instanz auf Bestätigung oder das aktive Treffen von Entscheidungen im Geschäftsprozess durch einen Benutzer werden als zunächst abstraktes Konzept sog. Aktionen an Datensätzen gewählt. Einem Stammdatensatz des ERP-Systems können durch den Workflow ein oder mehrere ausstehende Aktionen zugewiesen werden, die dann ein oder mehreren Nutzern im Kontext des Datensatzes präsentiert und von einem Nutzer bestätigt werden müssen bzw. aus denen er aktiv durch Auswahl eine Entscheidung treffen kann.

Im verwendeten Framework sind sog. Aktivitäten die kleinste Ausführungseinheit, die beim grafischen Design von Workflows als platzierbare Elemente im Designer zur Verfügung stehen. Jede einzelne Aktivität besitzt dabei eine bestimmte Funktion und erst die Gesamtheit aller Aktivitäten und deren strukturelle Anordnung bestimmt die Logik und den Ablauf des abgebildeten Geschäftsprozesses (White 2012). Aus diesem Grund ist auch für dieses Konzept die Erstellung einer neuen benutzerdefinierten Aktivität nötig, welche die technische Bezeichnung *WaitForAction* erhält.

Die Definition und Speicherung der zur Verfügung stehenden Aktionen soll dabei zunächst separat von der eigentlichen Struktur des Workflows stattfinden. Erst bei der Platzierung einer *WaitForAction*-Aktivität in der Workflow-Struktur soll eine Zuordnung durch Auswahl aus den verfügbaren Aktionen stattfinden. Dies ist sinnvoll, damit definierte Aktionen so an unterschiedlichen Stellen im Prozess wiederverwendet werden können.

Trifft die Workflow-Engine auf eine *WaitForAction*-Aktivität, so soll der Workflow an dieser Stelle im aktuellen Ausführungszweig pausiert werden, bis die Aktion von einem berechtigten Benutzer bestätigt wurde. Die Verwendung mehrerer *WaitForAction*-Aktivitäten mit ggf. unterschiedlichen zugeordneten Aktionsdefinitionen in parallelen Workflow-Ausführungszweigen kann das gleichzeitige Warten mehrerer Aktionen erwirken, was eine Entscheidungsmöglichkeit durch Nutzer bedingen kann (siehe Abbildung 4). Bei Betätigen einer Aktion wird der Workflow an der zugehörigen Stelle weiter ausgeführt. Weitere Aktionen in anderen Ausführungszweigen bleiben dann je nach modellierter Logik weiter im wartenden Zustand oder werden abgebrochen.

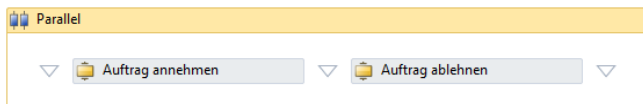


Abbildung 4: Zwei wartende Aktionen innerhalb einer *Parallel*-Aktivität

Daten werden mit Aktivitäten über sog. Ein- und Ausgabeargumente ausgetauscht. Als Minimum muss der neuen Aktivität dabei das Datensatz-Objekt übergeben werden, dem die wartende Aktion zugeordnet werden soll. In dieser Konstellation ist das Betätigen der Aktion dann allen Nutzern möglich, die auch für den entsprechenden Datensatz die Berechtigung besitzen. Dies kann weiter eingeschränkt werden, indem der Aktivität zusätzlich eine Liste von berechtigten Mitarbeiter-Objekten und/oder eine Liste von Wiedervorlagegruppen-Objekten übergeben wird, deren Mitglieder die Berechtigung erhalten. Damit wird das bestehende Berechtigungs- und Rollenkonzept des Wiedervorlagesystems wiederverwendet.

Das hier vorgestellte Konzept stellt eine gut geeignete Möglichkeit dar, eine kontextspezifische Benutzerinteraktion mit Prozessen in dieser Umgebung zu ermöglichen, da es die gegebenen Randbedingungen hervorragend berücksichtigt. Hierzu zählen u.a. die Eigenschaften und technischen Möglichkeiten des eingesetzten Frameworks sowie die Datensatzorientierte Arbeitsweise und bereits vorhandene Funktionen des ERP-Systems.

Formulare zur Datenübermittlung an Workflows

Formulare sollen dem Benutzer die Eingabe von Daten erlauben, die für die weitere Abarbeitung des Geschäfts-

prozesses von Nöten sind. Die Definition von Formularen soll dabei auf geeignete Art und Weise in einem zu erstellenden Formular-Designer stattfinden, der eine frei konfigurierbare Gestaltung von Eingabefeldern ermöglicht. Dies soll im Wesentlichen durch eine freie Anordnung von Formularfeldern aus mehreren möglichen üblichen Formularfeldtypen wie Textfeldern, Checkboxes, Radio-Buttons und Dropdown-Feldern geschehen. Jedes Formularfeld hat als konfigurierbare Eigenschaft mindestens einen Namen, eine Beschriftung und einen zugrundeliegenden Datentyp (wie z.B. Logisch, Text, Ganzzahl, Dezimalzahl, Datum/Uhrzeit). Je nach Feldtyp können weitere Konfigurationsmöglichkeiten wie Nachkommastellen, Mehrzeiligkeit, Vorgabewerte und Validierungsangaben sinnvoll sein.

Die Integration der so gestalteten Formulare in den Workflow-Ablauf erfolgt dabei durch die Verknüpfung mit dem bereits vorgestellten Konzept der Aktionen an Datensätzen. Einer Aktion kann dabei optional ein Formular zugeordnet werden. Ist dies der Fall, ist bei einer wartenden Workflow-Aktion zunächst das Ausfüllen des Formulars durch den Benutzer inkl. erfolgreicher Eingabvalidierung nötig. Das Abschicken des Formulars entspricht dem Auslösen der zugeordneten Aktion. Die eingegebenen Daten stehen dem Workflow direkt nach der *WaitForAction*-Aktivität zur Verfügung, indem diese um entsprechende Ein- und Ausgabeargumente erweitert wird.

Die Nutzung von Formularen stellt eine für den Benutzer einfache und intuitive Methode dar, zusätzliche für die Fortsetzung notwendige Prozess-Eingabedaten zu übermitteln. Sie ist mit klassischen Formularen in Papierform zu vergleichen, die bei der manuellen Abwicklung von Geschäftsprozessen anfallen und weitergereicht werden, um so den nächsten Bearbeitungsschritt anzustoßen. Die Knüpfung an das vorhandene Konzept der Datensatz-Aktionen erfolgt zunächst aus technischen Gründen, sorgt aber auch für eine Vereinheitlichung des Ansatzes, welche sowohl für den Workflow-Ersteller als auch dem Endnutzer Vorteile bringt.

Workflow-Historie

Alle wichtigen Nachverfolgungsinformationen wie Zeitstempel, durchführender Benutzer und Informationen über ausgeführte Aktionen sowie ggf. vom Benutzer zur Verfügung gestellte Daten in Formularen sollen permanent in der FactWork-Datenbank gespeichert werden, sobald diese entstehen. Diese sind dabei mit dem Datensatz zu verknüpfen, dem die jeweiligen Aktionen zugeordnet waren. Die Anzeige der Workflow-Historie zu einem Datensatz erfolgt in einem neu dafür zu erstellenden Dialog. Damit ist die Verbindlichkeit aller getätigten Prozessinteraktionen gewährleistet, über welche der neue Dialog eine Übersicht schafft und so auch als Kontrollinstrument dient.

Evaluierung geeigneter UI-Techniken

Die genannten Konzepte müssen auf geeignete Art und Weise in die FactWork-Umgebung integriert und hierfür geeignete Benutzeroberflächen geschaffen werden, wobei es jeweils verschiedene Alternativen gibt, aus denen eine sinnvolle Auswahl zu treffen ist.

Darstellung und Bestätigung der ausstehenden Aktionen:

Ein oder mehrere Aktionen können auf das Auslösen durch einen berechtigten Nutzer im Kontext eines Stammdatensatzes warten. Die Signalisierung über ausstehende Arbeiten an einem Datensatz kann dabei weiterhin über das für diesen Zweck bestehende Wiedervorlagesystem erfolgen. Jedoch muss der Benutzer nach dem Öffnen eines Datensatzes über wartende Aktionen aufmerksam gemacht werden und es dafür eine geeignete Betätigungsmöglichkeit geben. Hierfür werden verschiedene Möglichkeiten ausgemacht:

- Aufploppen eines nicht-modalen Popup-Dialogs bei Öffnen des Datensatzes: Dies wäre eine prominente aber gleichzeitig sehr aufdringliche Möglichkeit zum Anbieten ausstehender Workflow-Aktionen. Der Dialog könnte zwar seitlich platziert werden, würde aber hierbei ggf. einen Teil der Datensatzmaske überdecken. Nicht immer wird ein Datensatz mit der Intension des Auslösens einer Workflow-Aktion geöffnet, sodass ein solches Vorgehen eventuell als störend empfunden werden könnte.
- Integration als zusätzlicher Reiter in Masken: Diverse Datensatzmasken in FactWork besitzen bereits mehrere Reiter (siehe Abbildung 5). Hier wäre die Einblendung eines zusätzlichen Reiters möglich, der bei Bedarf ausstehende Workflow-Aktionen anzeigen kann. Allerdings sind eine Vielzahl der einfacheren Masken reiterlos, des Weiteren würde die Integration in sämtliche Maskenklassen einen enormen Aufwand provozieren.



Abbildung 5: FactWork-Datensatzmaske mit mehreren Reitern

- Nutzung der neuen FactWork-Ribbon-Oberfläche: Seit der Version 10 besitzt FactWork eine moderne Ribbon-Oberfläche im Stil der Microsoft Office Produkte, wodurch eine komplette strukturelle Neuordnung und Modernisierung der Menüführung erreicht wurde. Ein grundlegendes Feature solcher Ribbon-Oberflächen ist das Anbieten von kontextspezifischer Funktionalität (siehe Abbildung 6). Da ausstehende Workflow-

Aktionen immer kontextspezifisch und vom geöffneten Datensatz abhängig sind, kann bei deren Vorhandensein eine zusätzliche Kontext-Tools-Kategorie eingeblendet werden, die über das Anbieten von Schaltflächen das Auslösen der Aktionen ermöglicht.

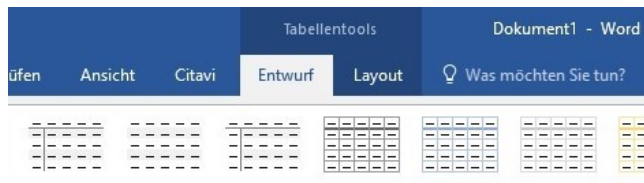


Abbildung 6: Kontextspezifisches Ribbon-Toolsmenü am Beispiel Microsoft Word

Nach Abwägung der Vor- und Nachteile der verschiedenen Methoden wird sich für die Verwendung der letzteren Ribbon-Methode entschieden. Diese ist wenig aufdringlich und nicht störend, aber gleichzeitig informativ und effektiv. Zusätzlich folgt sie der modernen kontextorientierten Bedienführung der neuen Oberfläche des ERP-Systems.

Formulardesign und -darstellung: Auch für die Gestaltung des Formulardesigners und die spätere Anzeige des Formulars sind verschiedene Oberflächentechniken denkbar:

- Schaffung einer webbasierten Oberfläche zur Bedienung aus dem Browser (sowohl für Formulardesign als auch Präsentation): Dies hätte zur Folge, dass prinzipiell auch externe Benutzer in Workflows mit einbezogen werden könnten, die sich nicht innerhalb der Firma befinden oder nicht über die Installation eines FactWork-Clients verfügen. Der Zugang zu Formularen würde durch das Versenden von Links stattfinden, die Formulare wären ggf. durch Zugriffsbeschränkungen geschützt.

Gängige Workflow-Management-Systeme bieten meist nur unzureichende Unterstützung für unternehmensübergreifende (B2B) Geschäftsprozesse, da dies auch nicht deren primäres Designziel darstellt (Bussler 2002). Das Anbieten von B2B und B2C (Business-to-Consumer) Fähigkeiten in Workflows sind aber durchaus wünschenswerte Eigenschaften für automatisierte Geschäftsbeziehungen über Unternehmensgrenzen hinweg (Müller 2006). Die Bereitstellung webbasierter Formularoberflächen aus dem Workflow heraus wäre ein Schritt in diese Richtung, wenn auch nur im Sinne der direkten Einbeziehung von Endnutzern in Geschäftsprozesse (im Gegensatz zu hier nicht behandelte direkter System-zu-System-Kommunikation).

- Direkte Integration und Aufrufbarkeit des Formulardesigners aus dem bestehenden Workflow-Designer im FactWork-Client: Der integrierte Workflow-Designer der WWF verwendet die .NET-Oberflächentechnologie Windows Presentation Foundation (WPF) und deren Auszeichnungssprache Extensible Application Markup

Language (XAML). Für eine nahtlose Anbindung an die bestehende Design-Infrastruktur wäre die Erstellung des Formulardesigners als WPF-Dialog vorteilhaft. Dadurch könnten auch bereits vorhandene Komponenten wie fe.script-Ausdruckseditoren wiederverwendet werden. Das so gestaltete Formular würde direkt im Datenbankobjekt der Workflow-Definition als XAML-Dokument abgespeichert werden, wie auch die Struktur des Workflows selbst.

Die Präsentation der Formulare würde ebenfalls direkt im FactWork-Client auf Basis dieser Technologie stattfinden. Somit wäre nach dem Öffnen eines Datensatzes und dem Betätigen einer Workflow-Aktion sofort das Ausfüllen und Abschicken des Formulars in einem Dialog möglich, was für den Nutzer einen durchgängigen und intuitiven Arbeitsablauf darstellt.

Auch wenn eine webbasierte Formulartechnik die Reichweite und Einsatzmöglichkeiten erhöhen würde, so liegt der Haupteinsatzzweck des Workflow-Moduls doch in ERP-integrierten Geschäftsprozessen, wodurch der Fokus auf die Benutzerfreundlichkeit für unternehmensinterne ERP-Nutzer gelegt wird. Daher fällt die Wahl auf die direkte Integration aller Benutzerinteraktionsfähigkeiten in den FactWork-Client. Eine mögliche zukünftige Realisierung eines Web-Moduls wird aber nicht ausgeschlossen, wenn hierfür Bedarf besteht.

Da auch die Workflow-Historie das Anzeigen von Formularinhalten ermöglichen soll, wird für diese ebenfalls die WPF-Technik gewählt und so bestehende UI-Module wiederverwendet.

REALISIERUNG

Für die Entwicklung der ERP-Software FactWork wird derzeit die Entwicklungsumgebung Microsoft Visual Studio 2015 verwendet. Diese besteht aus einer Vielzahl an Modulen, die in einer Projektmappe zusammengefasst sind. Der Großteil der Module ist in der Programmiersprache C++ verfasst, es existieren aber auch diverse in C# programmierte .NET-Module. Der Workflow-Designer der WWF nutzt die .NET-Oberflächentechnologie WPF, jedoch basiert die FactWork-Oberfläche größtenteils auf C++-Techniken. Das Workflow-Modul ist daher mit Hilfe der Programmiersprache C++/CLI realisiert, welches Standard-C++ um diverse Syntaxerweiterungen ergänzt, damit Komponenten des .NET-Frameworks angesprochen werden bzw. selbst solche Komponenten verfasst werden können (Sivakumar 2007). Für die im Rahmen dieses Projekts entstehenden Erweiterungen wird deshalb hauptsächlich ebenfalls mit dieser Technik gearbeitet.

Datenbank-Schema

FactWork verwendet als Persistenzschicht die objektorientierte Datenbank FastObjects der Firma Actian Corpora-

tion (Actian Corporation 2017). Geschäftsobjekte werden auf diese Weise nicht in relationalen SQL-Tabellen gespeichert, sondern direkt in ihrer Objektform ohne notwendiges Objektrelationales Mapping (ORM). Das Datenbankschema wird direkt aus den in C++-Headerdateien angegebenen Klassendefinitionen über einen Präprozessor abgeleitet, der Austausch von Daten mit der Datenbank erfolgt zur Laufzeit auf Basis von C++-Objekten im Speicher.

Für die Persistenz der Aktions- und Formulardefinitionen wird die Klasse *PtWorkflowDefinition*, welche für die Speicherung einer Workflow-Definition zuständig ist, um zwei zugehörige Binary Large Object (BLOB)-Felder erweitert, in denen die Definitionen abgelegt werden. Eine Abbildung als reine native C++-Klassenstruktur, was dem üblichen Vorgehen im ERP-System bzw. der verwendeten Datenbank entspricht, wäre zwar möglich, hätte jedoch die Erstellung einer Vielzahl an C++-Klassen und ein kompliziertes Mapping zwischen den beiden Technologiewelten zur Folge. Stattdessen wird sich für eine direkte effiziente Speicherung entschieden, indem die .NET-Objektstrukturen mithilfe der XAML-Technik serialisiert werden und in den nativen Datenbankklassen nur als BLOB-Felder platziert werden.

```
persistent class PtWorkflowDefinition
{
    PtString Bezeichnung;
    PtBlob XamlDefinition;
    PtBool Disabled;

    PtBlob Actions;
    PtBlob Forms;
};
```

Listing 1: Klasse PtWorkflowDefinition (Auszug)

Die Klasse *PtWorkflowInstance* repräsentiert eine aktuell ausgeführte, sich im wartenden Zustand befindliche Workflow-Instanz. Die Klasse wird um das Set-Member *ActionObjects* ergänzt, in welches alle relevanten Datensätze eingetragen werden, für die die Workflow-Instanz ausstehende wartende Aktionen beinhaltet. Damit beim Öffnen eines Datensatzes über eine Abfrage schnell passende Workflow-Instanzen gefunden werden, wird für dieses Feld ein Datenbankindex gesetzt. Nach Identifizierung passender Workflow-Instanzen müssen weitere detaillierte Informationen zu den Aktionen aus den Instanzdaten und der Workflow-Definition nachgeladen werden.

```
persistent class PtWorkflowInstance
{
    PtString InstanceId;
    PtWorkflowDefinitionOndemand WorkflowDefinition;

    WorkflowStatus WorkflowStatus;
    PtBlob InstanceData;
    PtBlob InstanceMetaData;

    PtToolBaseOndemandSet ActionObjects;
    // ...
};
```

Listing 2: Klasse PtWorkflowInstance (Auszug)

Eine neue Klasse *PtWorkflowHistory* wird zur Speicherung der Workflow-Historien-Einträge verwendet. Diese enthält alle nötigen Nachverfolgungsinformationen wie das zugeordnete Datensatzobjekt, Datum/Uhrzeit, auslösender Mitarbeiter, Infotext, Zuordnung zu Workflow-Instanz und Workflow-Definition sowie ggf. vom Benutzer eingegebene serialisierte Formulardaten.

```

persistent class PtWorkflowHistory
{
    PtToolBaseOndemand TargetObject;
    PtDateTime DateTime;
    PtMitarbeiterOndemand User;
    PtString Info;

    PtWorkflowDefinitionOndemand WorkflowDefinition;
    PtWorkflowInstanceOndemand WorkflowInstance;
    PtString WorkflowInstanceId;

    PtString ActionId;
    PtString FormId;
    PtBlob FormData;
};

```

Listing 3: Klasse PtWorkflowHistory (Auszug)

Aktionseeditor

Zur Definition der Workflow-Aktionen wird ein neuer Dialog erstellt, der als Aktionseeditor das Anlegen und die Bearbeitung dieser ermöglicht (siehe Abbildung 7). Neben wichtigen Eigenschaften wie Bezeichnung und Beschreibung, welche später dem Benutzer bei der Präsentation ausstehender Aktionen angezeigt werden, ist optional die Zuordnung eines Formulars vorgesehen. Beabsichtigt ein Benutzer das Auslösen einer solchen Aktion, so ist zunächst das Formular erfolgreich auszufüllen. Des Weiteren können an dieser Stelle bereits als globale Vorgabe fe.script-Ausdrücke zur Bestimmung des Zieldatensatzes der Aktion sowie der Berechtigungsvorgaben hinterlegt werden.

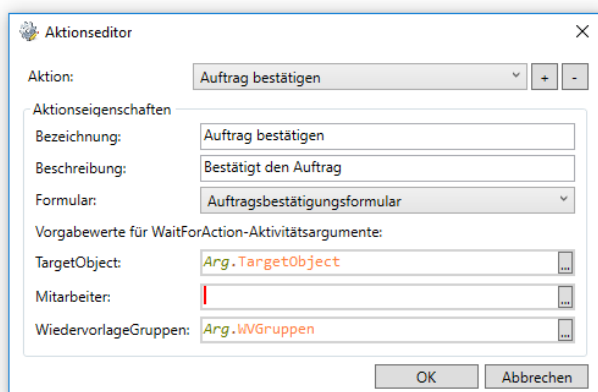


Abbildung 7: Aktionseeditor zur Definition von Workflow-Aktionen

Die Abbildung von Workflow-Aktionen erfolgt durch eine neue verwaltete Klasse *WorkflowAction*, die alle zu treffenden Optionen als Eigenschaftsmitglieder (sog. *Properties*)

enthält. Diese werden mit üblicher WPF-Technik über Datenbindung direkt an die Dialogelemente gebunden. Alle auf diese Art und Weise definierten Aktionen werden aus bereits erläuterten Gründen zur Persistenz als XAML-Dokumente serialisiert und im zugehörigen BLOB-Feld der *PtWorkflowDefinition*-Klasse abgelegt. Die gewählten Vorgehensweisen minimieren einerseits die nötige Programmierarbeit, zudem lehnen sie sich an die Arbeitsweise des Frameworks sowie bisherige Konzepte innerhalb des FactWork Workflow-Moduls an.

```

public ref class WorkflowAction
{
public:
    property Guid ID;
    property String^ Name;
    property String^ Description;

    property WorkflowForm^ Form;

    property InArgument<Object^>^ TargetObject;
    property InArgument<IEnumerable<Object^>>^ WiedervorlageGruppen;
    property InArgument<IEnumerable<Object^>>^ Mitarbeiter;
};

```

Listing 4: Klasse WorkflowAction (Auszug)

Formulareditor

Ein neuer Formulareditor-Dialog dient zur Gestaltung von Workflow-Formularen (siehe Abbildung 8). Dieser erlaubt zunächst die Spezifizierung allgemeiner Eigenschaften wie Bezeichnung und Beschreibung. Die Angabe einer fe.script-Validierungsroutine ermöglicht die zusammenhängende Prüfung aller eingegebenen Formularwerte auf Gültigkeit. Ohne erfolgreiche Validierung wird später das Absenden des Formulars verhindert.

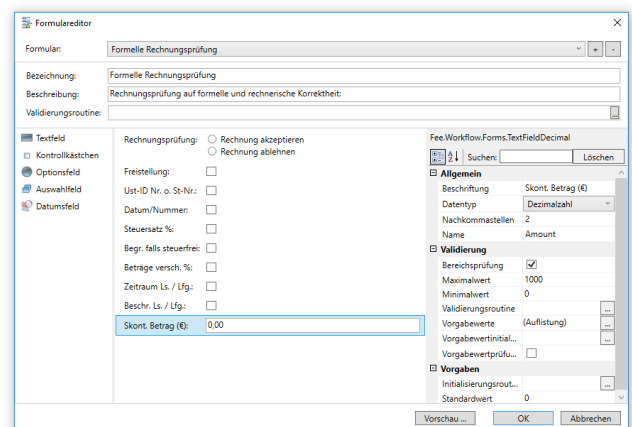


Abbildung 8: Formulareditor zur Gestaltung von Benutzer-Formularen

Die wichtigste Aufgabe des Formulardesigners ist die freie Gestaltungsmöglichkeit des Formularaufbaus. Dazu kann auf

der linken Seite aus verschiedenen verfügbaren Formularfeldtypen ausgewählt werden. Via Drag&Drop kann durch Ziehen eines ausgewählten Feldtyps in den Gestaltungsbereich in der Mitte ein neues Formularfeld hinzugefügt werden. Ebenso ist durch Ziehen mit der Maus die Anordnung der Felder auf einfache Weise zu ändern.

Auf der rechten Seite sind über einen Eigenschaftseditor die zahlreichen Einstellungsmöglichkeiten eines Formularfeldes zu ändern. Je nach Feldtyp stehen unterschiedliche Optionen zur Verfügung. Diese reichen beispielsweise von zugrundeliegendem Datentyp über Vorgabewerte, Mehrzeiligkeit, Bereichsangaben, Nachkommastellen bis hin zu weiteren zusätzlichen Validierungsmöglichkeiten.

Die Speicherung eines Formulars erfolgt in der Klasse *WorkflowForm*, welche alle genannten Eigenschaften abbildet:

```
public ref class WorkflowForm
{
public:
    property Guid ID;
    property String^ Name;
    property String^ Description;

    property FormFieldCollection^ Fields;
    property Activity<bool>^ ValidationRoutine;
};
```

Listing 5: Klasse WorkflowForm (Auszug)

Für jeden Formularfeldtyp existiert eine eigene Klasse, welche jeweils die verschiedenen Eigenschaften und Optionen eines Feldtyps abdeckt. Diese leiten alle von der Klasse *FormField* ab, welche alle gemeinsamen Charakteristiken von Formularfeldern beinhaltet. So hat jedes Formularfeld einen technischen Namen und eine Beschriftung, Einzel-Initialisierungs- und Validierungsroutinen sowie einen Standardwert und einen aktuellen Wert. Die Klasse *FormField* enthält einen generischen Typparameter *TValue*, welches den zugrundeliegenden Datentyp eines Feldes darstellt, der üblicherweise bei der Ableitung angegeben wird.

```
generic <typename TValue>
public ref class FormField
{
public:
    property String^ Name;
    property String^ Label;

    property Activity^ InitializationRoutine;
    property Activity<bool>^ ValidationRoutine;

    property TValue DefaultValue;
    property TValue Value;
};
```

Listing 6: Klasse FormField (Auszug)

Die Gestaltung der Formulare mit den gewählten Methoden erfolgt aus denselben Gründen wie bei den bereits vorgestellten Workflow-Aktionen, nämlich eine nahtlose Integration in und Adaption der bestehenden Infrastruktur. Weiterhin bietet die gewählte generisch arbeitende Klassenstruktur für

Formularfelder eine solide Basis für Formularfeldtypen verschiedenster komplexer Art, die über die Erstellung weiterer Ableitungen beliebige Ergänzungen zulassen und daher eine gute Grundlage für zukünftige Erweiterungen bilden.

WaitForAction-Aktivität

Eine neue benutzerdefinierte Aktivität *WaitForAction* wird als gleichnamige Klasse erstellt, indem von der hierzu im WWF-Framework vorhandenen Klasse *NativeActivity* abgeleitet wird. Diese Aktivität ist später im Workflow-Designer zur Platzierung in einer Workflow-Struktur verfügbar. Trifft die Workflow-Engine in einem Ausführungszweig auf diese, so wird der Workflow an dieser Stelle pausiert, bis ein berechtigter Anwender die Aktion bestätigt.

Primär ist für die Aktivität die Spezifikation einer vorher definierten Workflow-Aktion möglich. Des Weiteren sind der Zieldatensatz und Berechtigungsoptionen anzugeben, falls diese von der Aktionsvorgabe abweichen sollen. Zusätzlich sind Ein- und Ausgabeparameter zum Austausch von Formularinhalten verfügbar, falls die Aktion mit einem Formular verknüpft wurde.

Damit eine benutzerdefinierte Aktivität einen Wartezustand des Workflows einleiten kann, muss dies durch passende Überschreibung der virtuellen Eigenschaft *CanInduceIdle* bekanntgegeben werden. Ansonsten wird das Verhalten der Aktivität hauptsächlich durch Implementierung zweier virtueller Methoden bestimmt (White 2012):

- In *CacheMetadata* werden Aktivitätseigenschaften und -argumente auf Gültigkeit validiert und Strukturdetails der Implementierung bekanntgegeben.
- *Execute* beinhaltet die eigentliche Ausführungslogik der Aktivität. Diese besteht im Wesentlichen aus der Bekanntgabe der Informationen über die ausstehende neue Workflow-Aktion und Hinterlegung dieser in der Datenbank sowie Erzeugung eines Workflow-Historien-Eintrags.

```
public ref class WaitForAction : public
    NativeActivity
{
public:
    property WorkflowAction^ Action;

    property InArgument<Object^>^ TargetObject;
    property InArgument<IEnumerable<Object^>>^
        WiedervorlageGruppen;
    property InArgument<IEnumerable<Object^>>^
        Mitarbeiter;

    property InArgument<IEnumerable<KeyValuePair<
        String^,Object^>>>^ FormInput;
    property OutArgument<Dictionary<String^,Object
        ^>>^ FormData;

protected:
    virtual void CacheMetadata(
        NativeActivityMetadata) override;
    virtual void Execute(NativeActivityContext^
        context) override;
```

```

property bool CanInduceIdle {
    virtual bool get() override {
        return true;
    }
};

```

Listing 7: Klasse WaitForAction (Auszug)

Insgesamt bringt die neue Aktivität alle bereits vorgestellten Benutzerinteraktionskonzepte unter einen Hut und erlaubt die einfache und intuitive Einbindung dieser in den Prozessablauf über den vom Framework vorgesehenen Weg.

Ribbon-Erweiterungen für ausstehende Aktionen

Damit dem Benutzer ausstehende Aktionen signalisiert werden können, wird die FactWork-Ribbon-Oberfläche um einen neuen kontextspezifischen Tools-Reiter „Workflow“ erweitert. Dieser wird nur angezeigt, wenn der Mitarbeiter für den aktuell geöffneten Datensatz ausstehende Workflow-Aktionen betätigen kann (siehe Abbildung 9). Prinzipiell können mehrere Workflows auf einen bestimmten Datensatz warten, diese werden in mehreren Spalten mit dem jeweiligen Workflow-Namen angezeigt. Zusätzlich ist bei entsprechender Berechtigung des Nutzers der Aufruf der Workflow-Historie des Datensatzes möglich, falls hierfür bereits Einträge bestehen.



Abbildung 9: Ribbon-Buttons für ausstehende Workflow-Aktionen

Technisch erfolgt die Bekanntgabe der einzelnen Elemente sowie die Ereignisbehandlung bei Betätigung dieser über die dafür vorgesehenen Schnittstellen der verwendeten Oberflächenbibliothek. Zusammenfassend werden die Möglichkeiten der neuen Ribbon-Oberfläche des FactWork-Clients optimal ausgenutzt. Das realisierte Bedienkonzept ist zudem für zukünftige ähnliche Ergänzungen des Clients als Beispiel zu sehen und richtungsweisend, von der ursprünglich flachen Menüführung immer mehr hin zu kontextspezifischen adaptiven Menüs.

Workflow-Historie

Die Anzeige der Workflow-Historie erfolgt in einem neu erstellten zweiteiligen Dialog (siehe Abbildung 10). Auf der einen Seite stellt eine mehrspaltige Liste alle Historieneinträge des Datensatzes mit allen relevanten Informationen

wie Datum/Uhrzeit, ausführender Benutzer, Informationstext und erzeugender Workflow bereit. Daneben erscheint bei angeklicktem Listeneintrag ein Abbild des Formulars inkl. eingegebener Daten, sofern der ausgewählten Aktion ein Formular zugeordnet war.

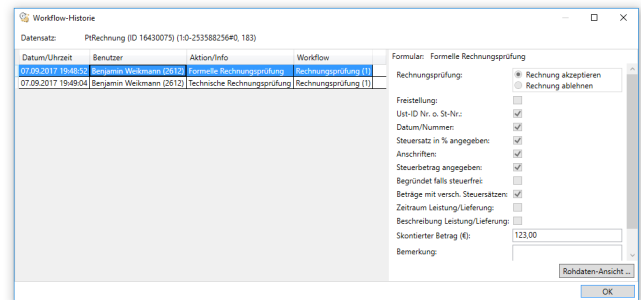


Abbildung 10: Workflow-Historie zeigt Details zu ausgeführten Workflow-Aktionen und eingegebene Formulare

Alles in allem ermöglicht die Workflow-Historie einen übersichtlichen Überblick über alle im Rahmen von Workflow-Benutzerinteraktion entstandener Geschäftsvorfälle an einem Datensatz inkl. sämtlicher relevanter Details hierzu.

ENTWICKLUNG EINES BEISPIEL-WORKFLOWS

Durch die Entwicklung eines Beispiel-Workflows sollen die Funktionsfähigkeit und die Einsatzmöglichkeiten der neu gewonnenen Fähigkeiten aufgezeigt werden.

Ausgangsbasis

Zur Demonstration der bisherigen Fähigkeiten des Workflow-Moduls existiert bislang ein rudimentärer Beispiel-Workflow, der einen einfachen möglichen Prozess der Rechnungsprüfung abbildet. Dieser nutzt die vormalig ausschließlich vorhandenen Funktionen zur Benutzereinbindung, also das FactWork-Wiedervorlagensystem sowie den Versand von E-Mails.

Der Prozess wird im Hintergrund gestartet, sobald eine neue Rechnung im ERP-System angelegt wird. Er besteht zum einen aus der Station Zahlungsfreigabe, in der entweder ein Projektleiter, sofern dies für die Rechnung zutrifft, oder ein Mitarbeiter der Einkaufsabteilung die Aufgabe des Prüfens der Rechnung zugeteilt bekommt und sein Einverständnis zur Zahlung der Rechnung erteilen muss. Dazu wird für den Mitarbeiter bzw. die Wiedervorlagegruppe Einkauf (≡ Rolle) eine Wiedervorlage angelegt, welche die betreffenden Benutzer an prominenter Stelle im FactWork-Client über die ausstehende Arbeit informiert. Öffnet dieser den zugehörigen Datensatz (z.B. direkt aus der Wiedervorlageliste heraus), so kann dieser nach erfolgreicher Prüfung das in der

Rechnungsmaske standardmäßig vorhandene Feld Freigabestatus (siehe Abbildung 11) auf den entsprechenden Wert setzen und die Rechnung anschließend abspeichern.

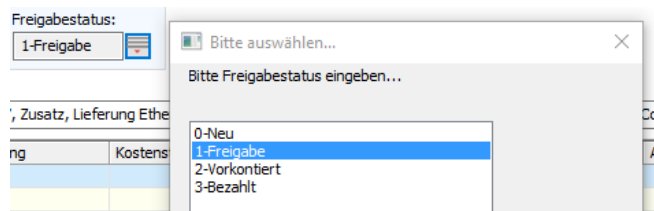


Abbildung 11: Rechnungsfeld Freigabestatus

Vom Workflow wird eine solche Änderung an der Rechnung erkannt, da dieser eine Datensatzüberwachung für das Rechnungsobjekt initiiert hat und vom Datenbanksystem aktiv über die Speicherung des Objekts informiert wird. Nach einer Prüfung des Freigabestatusfeldes kann so der geänderte fachliche Zustand festgestellt und in den nächsten Zustand gewechselt werden. Erfolgt die Zahlungsfreigabe nicht innerhalb einer bestimmten Zeit, werden die Nutzer zusätzlich per E-Mail über die zu erledigende Tätigkeit informiert. In einem weiteren Schritt erfolgt die sog. Vorkontierung durch die Finanzbuchhaltung, deren Ablauf aber identisch mit dem hier vorgestellten Ablauf der Zahlungsfreigabe ist.

Dieses Beispiel zeigt zwar auf, dass mit den zunächst vorhandenen Möglichkeiten durchaus sinnvolle Geschäftsprozesse zu modellieren waren, macht aber auch die Grenzen des Systems deutlich:

- Die Übermittlung von Daten an den Workflow war nur möglich, da es in der Stammdatensatzmaske für Rechnungen ein passendes Datenfeld gibt, das die gewünschte Information abbildet. Die Bereitstellung weiterer Daten seitens des Nutzers, v.a. exklusiver im Kontext des Workflows relevanter Daten, war nicht möglich.
- Die Ereignisse der erfolgten Zahlungsfreigabe und Vorkontierung konnten vom Workflow auch nur passiv über eine Datensatzüberwachung und durch Berücksichtigung regulärer Datensatzfelder erkannt werden. Für eine aktive Einflussnahme oder sogar das Treffen von kontextspezifischen Workflow-Entscheidungen durch den Nutzer gab es keine Möglichkeiten.

Geschäftsprozess-Analyse

Anhand eines neuen Beispiel-Workflows, der alle nun zur Verfügung stehenden Möglichkeiten der Benutzerinteraktion berücksichtigt, sollen die Vorteile dieser gegenüber dem bisherigem System aufgezeigt werden. Dies soll wieder am Beispiel der Rechnungsprüfung stattfinden, dabei aber wesentlich vertieft und weiter ausgebaut werden. Hierzu wird der in der Firma F.EE tatsächlich im Einsatz befindliche

gelebte Prozess der Rechnungsprüfung als Vorlage herangezogen, der aktuell über das Dokumentenmanagementsystem DocuWare abgewickelt wird.

In DocuWare werden alle schriftlich oder digital eingehenden Rechnungen elektronisch archiviert. Die Rechnungsprüfung findet auf Basis dieser erfassten Rechnungen statt und erfolgt in zwei Schritten:

- Die Rechnung wird anhand einer Liste mit diversen Kriterien auf formelle und rechnerische Korrektheit geprüft.
- In der anschließenden technischen Rechnungsprüfung wird die Rechnungsstellung auf deren Berechtigung und sachliche Korrektheit überprüft.

Einem für eine Station zuständigen Sachbearbeiter werden in einer Liste alle ausstehenden Rechnungen präsentiert. Dieser nimmt für eine Rechnung die entsprechenden Prüfungen vor und dokumentiert bei Erfolg die Korrektheit durch die Platzierung eines sog. Stempels auf der elektronischen Rechnung (siehe Abbildung 12). Anschließend erfolgt die Zuteilung der Rechnung an den zugehörigen Bearbeiter für den nächsten Schritt. Bei der Feststellung von Unstimmigkeiten muss dagegen Kontakt mit dem Lieferanten aufgenommen werden, sodass die Rechnung ggf. korrigiert werden kann oder u.U. ganz zurückgezogen wird.

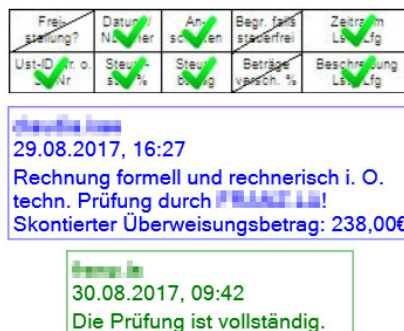


Abbildung 12: Stempel auf elektronisch archivierter Rechnung dokumentieren erfolgte Rechnungsprüfung

Implementierung

Der bisher extern durchgeführte Rechnungsprüfungsprozess soll unter Nutzung der nun zur Verfügung stehenden Möglichkeiten als Workflow realisiert werden, der komplett innerhalb des FactWork-ERP-Clients abgewickelt wird. Für die Interaktion mit den Benutzern wird insbesondere das Konzept der wartenden Aktionen an Datensätzen (in diesem Fall die betreffende Rechnung) und zur Angabe nötiger zusätzlicher Informationen im Laufe des Prozesses die Formularfunktion verwendet. Die Dokumentation und Nachverfolgungsmöglichkeit getätigter Rechnungsprüfungen wird durch die Workflow-Historie abgedeckt.

Für die beiden Teilstationen der formellen/rechnerischen und der technischen Rechnungsprüfung wird jeweils eine

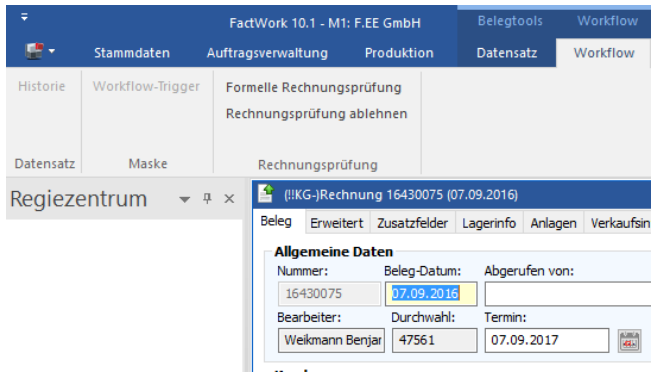


Abbildung 13: Wartende Aktionen bei geöffneter Rechnung

Workflow-Aktion angelegt, die später einem zuständigen Sachbearbeiter beim Öffnen der Rechnung zur Bestätigung angezeigt wird (siehe Abbildung 13). Die Zuordnung zu Benutzern wird über zwei Wiedervorlagegruppen realisiert, die die entsprechenden Rollen widerspiegeln. Eine dritte Aktion „Rechnungsprüfung ablehnen“ nimmt als Ausnahme eine Sonderrolle ein: Soll eine Rechnungsprüfung endgültig abgelehnt werden, da ihre Forderung unberechtigt ist oder die Rechnung zurückgezogen wurde, dann wird durch Auslösen dieser Aktion der Workflow abgebrochen und die Rechnung entsprechend gekennzeichnet.

Den beiden Aktionen zur Bestätigung einer Teil-Rechnungsprüfung wird jeweils ein Formular zugeordnet, in welchem der Nutzer zusätzliche Angaben zum getätigten Schritt machen muss. Abbildung 14 zeigt das Formular für die formelle/rechnerische Rechnungsprüfung, welches folgende Felder beinhaltet:

Abbildung 14: Formular für formelle Rechnungsprüfung

- Radio-Buttons „Rechnung akzeptieren“ und „Rechnung ablehnen“: Die hier zusätzlich zu treffende Auswahl soll die Intention des Bearbeiters explizit und verbindlich bestätigen. Eine an dieser Stelle abgelehnte Rechnungsprüfung führt nicht zur endgültigen Ablehnung, sondern nur zur Zurückstellung der Rechnungsprüfung zur späteren erneuten Vorlage (ggf. zwischenzeitliche Kontaktaufnahme mit Lieferanten).
- Diverse Kontrollhäkchen zur Angabe und Bestätigung verschiedener Merkmale einer geprüften Rechnung
- Textfeld „Skontierter Rechnungsbetrag“ zur Währungseingabe des auf der Rechnung angegebenen Gesamtbetrags
- Feld Bemerkung für zusätzliche Anmerkungen, hier eingegebener Text wird zudem weiteren Sachbearbeitern im Laufe des Workflows ebenfalls vorgelegt

In Abbildung 15 wird das erstellte Formular zur technischen Rechnungsprüfung dargestellt. Dieses enthält neben Bestätigungs-/Ablehnungsoptionen ebenso wieder das Bemerkungsfeld, das die Eingaben vorhergehender Sachbearbeiter zeigt bzw. welches um weitere Angaben ergänzt werden kann.

Abbildung 15: Formular für technische Rechnungsprüfung

Abbildung 16 beschreibt den im FactWork-Workflow-Designer erstellten finalen Ablauf der Zahlungsfreigabe. Die Prozesslogik wird innerhalb einer sog. *Flowchart*-Aktivität modelliert. Diese erlaubt mit Hilfe ihres zugehörigen Designers die Abbildung von Prozessteilen im Stil von Ablaufdiagrammen. Aktivitäten können innerhalb des Designerfelds frei platziert werden, deren logische Abfolge kann über das Setzen von Verbindungspfeilen bestimmt werden. Des Weiteren werden Verzweigungen unterstützt, deren einschlagende Richtung zur Laufzeit über die Auswertung von angegebenen Bedingungen bestimmt wird (Collins 2010).

Zunächst erfolgt die Erstellung einer Wiedervorlage zur formellen und rechnerischen Prüfung. Anschließend wird auf das Auslösen der entsprechenden Aktion gewartet. Wird die Rechnungsprüfung an dieser Stelle abgelehnt, so wird diese zunächst zurückgestellt. Nach einer Kontaktaufnahme mit dem Lieferanten und einer ggf. erfolgten Korrektur erfolgt eine erneute Prüfung. Wird die Rechnung akzeptiert, so geht diese an den nächsten Bearbeiter zur technischen

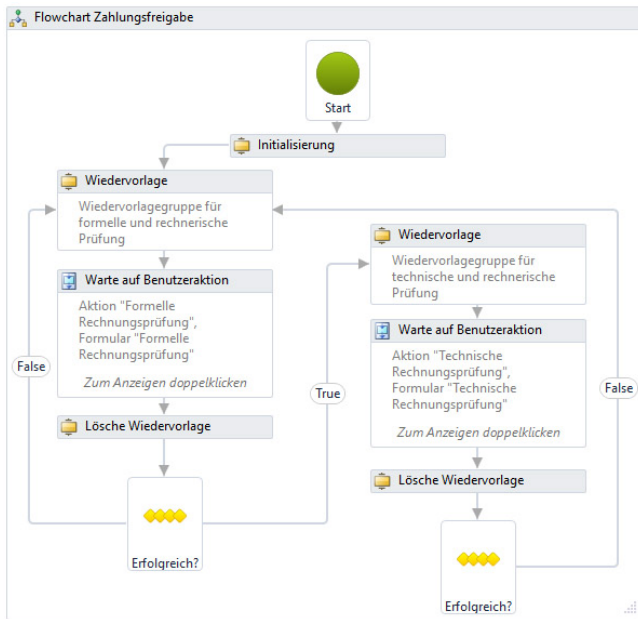


Abbildung 16: Flowchart Ablauf Zahlungsvergabe

Prüfung. Ist diese nicht erfolgreich, so wird sie erneut zurück an den vorhergehenden Bearbeiter verwiesen. Etwaige Begründungen können über das Bemerkungsfeld der jeweiligen Formulare ausgetauscht werden. Nach Akzeptanz beider Prüfungen ist die Zahlungsvergabe abgeschlossen.

In Abbildung 17 wird der detaillierte Ablauf des Wartens auf eine Benutzeraktion dargestellt. Neben der eigentlichen *WaitForAction*-Aktivität, welche das Warten auf die primäre Workflow-Aktion realisiert, gibt es innerhalb der umgebenden *Parallel*-Aktivität zwei weitere parallel ausgeführte Ausführungszweige: Zum einen wird auf eine weitere Workflow-Aktion zur endgültigen Rechnungsprüfungsablehnung gewartet. Wird diese betätigt, so wird an dieser Stelle der Workflow sofort beendet und die Rechnung als abgelehnt gekennzeichnet. Daneben findet eine E-Mail-

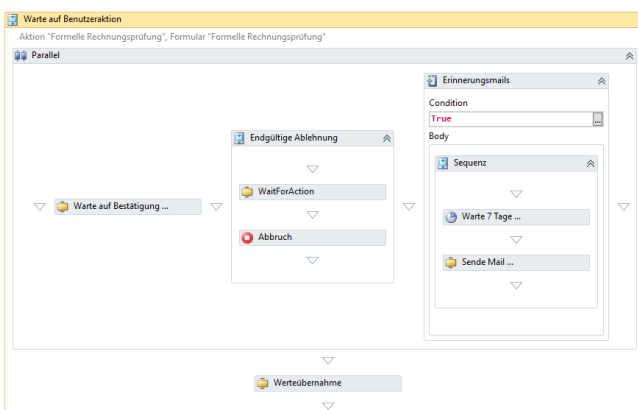


Abbildung 17: Ablauf des Wartens auf formelle Rechnungsprüfung

Erinnerungssequenz statt: Wird innerhalb von 7 Tagen (und danach alle weitere 7 Tage) keine Aktion betätigt, so werden die zuständigen Mitarbeiter über die ausstehende Tätigkeit per E-Mail informiert.

Test & Fazit

Nach erfolgter Modellierung wurde der so abgebildete Prozess erfolgreich in einer Testumgebung evaluiert. Dabei wurden alle beteiligten Nutzerrollen eingenommen und sämtliche Prozessschritte besonders im Hinblick auf die neu geschaffenen Funktionen zur Benutzerinteraktion überprüft. Der wesentliche Vorteil des auf diese Art und Weise realisierten Workflows im Vergleich zur bestehenden Lösung ist, dass dieser komplett innerhalb der ERP-Software abgewickelt wird. Der Einsatz externer Tools ist für solche Arten von Prozessen nicht mehr nötig, was einen erheblichen Zugewinn darstellt.

ZUSAMMENFASSUNG

Die Einbeziehung des Benutzers, wenn dies fachlich notwendig ist, ist eines der Kernaspekte von automatisierten Geschäftsprozessen. Umso wichtiger ist es, dass dies auf eine möglichst intuitive Art und Weise erfolgt und sich nahtlos in die bestehende Systemlandschaft eingliedert. Durch dieses Projekt konnte das Workflow-Modul der Unternehmenssoftware FactWork wesentlich um Fähigkeiten der Benutzerinteraktion erweitert werden, die genau diese Eigenschaften erfüllen. Dadurch konnte die Leistungsfähigkeit des Moduls und die breitere Verwendbarkeit für diverse Einsatzszenarien erheblich gesteigert werden. Insbesondere können nun Arten von Geschäftsprozessen innerhalb des FactWork-Clients abgebildet werden, welche vorher nicht möglich waren, was einen erheblichen Zugewinn für das Workflow-Modul und das ERP-System insgesamt darstellt. Die geschaffenen Erweiterungen sind dabei aber nicht als final anzusehen, gerade der Formulardesigner bietet eine gute Grundlage für die zukünftige Erstellung weitergehender und komplexerer Eingabemöglichkeiten in Workflows. Auch die Funktionalitäten des Workflows-Moduls an sich sind noch lange nicht als vollständig und als ausreichend für sämtliche jemals auftretende Anwendungsfälle zu bezeichnen. Die Abbildung von Geschäftsprozessen in Computersystemen ist ein komplexes und umfangreiches Thema, das für unterschiedlichste Anforderungen auch verschiedenste Ansprüche an die ausführende Workflow-Umgebung stellt, welche ggf. dahingehend erweitert werden muss.

LITERATUR

- Aalst, Wil van der (2013). "Business process management: a comprehensive survey". In: *ISRN Software Engineering* 2013.
- Actian Corporation (2017). *Actian NoSQL: Handle Complex Data Models with Ease - Actian*. URL: <https://www.actian.com/data-management/versant-nosql-object-database/> (besucht am 20.09.2017).
- Bussler, Christoph (Sep. 2002). "The Application of Workflow Technology in Semantic B2B Integration". In: *Distributed and Parallel Databases* 12.2, S. 163–191.
- Collins, Mark (2010). *Beginning WF - Windows Workflow in .NET 4.0*. New York: Apress.
- F.EE GmbH (2018). *Über uns - F.EE Partner für Automation, Schaltschrankbau, Hardwareplanung, Energietechnik*. URL: <https://www.fee.de/unternehmen/ueber-uns.html> (besucht am 22.02.2018).
- Kossak, Felix et al. (2016). "A Typed Approach to User Interaction Modelling". In: *Hagenberg Business Process Modelling Method*. Springer, S. 85–116.
- Microsoft Corporation (März 2016). *Windows Workflow Foundation*. URL: [https://msdn.microsoft.com/de-de/library/dd489441\(v=vs.140\).aspx](https://msdn.microsoft.com/de-de/library/dd489441(v=vs.140).aspx) (besucht am 02.09.2017).
- Müller, Joachim (2006). *Workflow-based Integration: Grundlagen, Technologien, Management*. Springer.
- Neumann, Juliane et al. (2015). "Surgical workflow and process modeling - An evaluation of modeling languages and process modeling tools". In: *M2CAI Workshop, Medical Image Computing and Computer-Assisted Intervention - MICCAI*. Bd. 2015.
- Penicina, Ludmila (2010). "Towards the mapping of multidimensional bpmn models to process definition standards". In: *Scientific Journal of Riga Technical University. Computer Sciences* 41.1, S. 76–83.
- Ramasamy, R. Kanesaraj, Fang-Fang Chua und Su-Cheng Haw (2015). "Web Service Composition Using Windows Workflow for Cloud-Based Mobile Application". In: *Advanced Computer and Communication Engineering Technology: Proceedings of the 1st International Conference on Communication and Computer Engineering*. Hrsg. von Hamzah Asyrani Sulaiman et al. Cham: Springer International Publishing, S. 975–985.
- Rupp, Chris, Stefan Queins und die SOPHISTen (2012). *UML 2 glasklar - Praxiswissen für die UML-Modellierung*. HANSER.
- Sivakumar, Nishant (2007). "Introduction to C++/CLI". In: *C++/CLI in Action*. Birmingham: Manning, S. 3–45.
- White, Bayer (2012). *Pro WF 4.5*. Apress.

AKTUELLE HERAUSFORDERUNGEN VON ENTWICKLUNGSPROJEKTEN UND DIE LÖSUNG DURCH AGILE SKALIERUNGSFRAMEWORKS

Prof. Dr. Jörg Puchan
Hochschule München
Lothstr. 34, 80335 München
Joerg.puchan@hm.edu

Simon Stieber
INVENSITY GmbH
Giselastr. 3a, 80802 München
Simon.stieber@invesity.com

Janine Strube
INVENSITY GmbH
Brahmsallee 48, 20144 Hamburg
Janine.strube@invesity.com

KEYWORDS

Scaled Agile, Skalierung, agile Skalierungsframeworks, Entwicklungsmethoden, Agilität, Herausforderungen der Entwicklung, Entwicklungsprojekte, agile Methoden

ABSTRACT

Um die Vorteile agiler Methoden abseits reiner Softwareentwicklungen, disziplinübergreifend, mit mehreren agilen Teams und im ganzen Unternehmen zu nutzen, steht eine Reihe an agilen Skalierungsframeworks zur Verfügung, welche darauf ausgelegt sind, agile Methoden zu skalieren. Sie basieren auf den Werten aus dem agilen Manifest, unterscheiden sich jedoch in ihrer Umsetzung. Die (anwendungsnahe) Forschung befasst sich aktuell stark mit dem Vergleich dieser agilen Skalierungsframeworks. Agilität breitet sich zudem auf Branchen und Bereiche aus, die typischerweise nach klassischen Vorgehensmodellen arbeiten, da der klassische Ansatz den Herausforderungen nicht mehr gerecht wird. In dieser Veröffentlichung sollen die Herausforderungen in der Entwicklung von komplexen Produkten definiert und kurz erörtert werden. Basierend darauf werden Kriterien abgeleitet, anhand derer die agilen Skalierungsframeworks verglichen werden können. Dabei soll ein wissenschaftlicher, generell gültiger Ansatz verfolgt werden. Ausgehend davon sollen die möglichen Lösungen der Frameworks auf die Herausforderungen der Entwicklung erläutert werden. Folgendes sind die Kernfragen: Welche Herausforderungen gibt es in Entwicklungsprojekten? Welche können durch agile Skalierungsframeworks gelöst werden? Wie lösen agile Skalierungsframeworks diese Herausforderungen?

HERAUSFORDERUNGEN VON ENTWICKLUNGSPROJEKTEN

Branchenübergreifend begegnen komplexen Entwicklungsprojekten ähnliche Herausforderungen, die durch interne wie externe Faktoren getrieben werden. Die externen Faktoren sind geprägt durch Marktanforderungen und Regulierungen, welche für die jeweilige Branche gelten. Der Markt treibt branchenübergreifend Entwicklungsprojekte durch immer dynamischere Kundenanforderungen, kürzer werdende Technologielebenszyklen sowie den Kosten- und Effizienzdruck (Adelberger und Haft-Zboril 2015;

Artelt und Leonhard 2017; Breu 2018; Gelec und Wagner 2014; Haller 2014; Matharu et al. 2015; Niederer 2003; Stelzhammer und Wolter 2017).

Hinzu kommen Trends wie die Digitalisierung, die zur Folge haben, dass die Komplexität in Entwicklungsprojekten steigt (Etezadzadeh 2016; Gelec und Wagner 2014; Hanna und Kuhnert 2014; Lachmann & Rink o. J.; Matharu et al. 2015; Strumberger 2016; Thommen und Ruoff 2016).

Gleichzeitig erhöht sich auch das Regulierungsniveau aufgrund von steigenden Qualitäts-, Sicherheits- oder Prozessstandards, die Entwicklungsprojekte erfüllen müssen. Konkret können dies Prozessreifegradmodelle wie SPICE und CMMI sein oder Sicherheitsnormen wie die IEC 61508 und die entsprechenden branchenspezifischen Implementierungen wie z.B. die ISO 26262 in der Automobilindustrie (Allesch et al. 2009; Hillenbrand 2012; Stelzhammer und Wolter 2017; Tarnowski 2007).

Die internen Herausforderungen ergeben sich vor allem durch die notwendige Zusammenarbeit mehrerer Teams in großen Entwicklungsprojekten. Diese Teams sind national oder auch international verteilt und setzen sich aus verschiedenen Disziplinen zusammen. In heutigen Entwicklungsprojekten arbeiten z.B. Systementwickler, Hardware-, Mechanik-, Software- und Testteams international zusammen (Dvir et al. 1998; Lee-Kelley und Sankey 2008; May und Carter 2001; Miller 2006; Müller et al. 2017; Picot und Baumann 2007; Schäuuffe 2016; Sekitoleko et al. 2014; Torry-Smith et al. 2014).

Diese Kooperation der verschiedenen Disziplinen hat zur Folge, dass Abhängigkeiten zwischen den Teams koordiniert werden müssen (Ambler 2015b; Malone und Crowsten 1994; Sekitoleko et al. 2014; Torry-Smith et al. 2014). Dazu gehört unter anderem, die unterschiedlichen Entwicklungszyklen der einzelnen Teams zu synchronisieren und die Integration der einzelnen Subprodukte zu planen und zu koordinieren (Ambler 2015c, 2015d; cPrime. Inc. 2014; Edwards 2018; Heikkilä et al. 2013; Lima et al. 2015; Müller et al. 2017). Darüber hinaus wird die Gesamtplanung in komplexen Entwicklungsprojekten aufgrund des Umfangs und der möglichen Vielzahl der Veränderung immer herausfordernder (Bennett und Lemoine 2014; Johansen et al. 2016; Mathis 2016; Roock und Wolf 2016; Suomalainen et al. 2015).

Klassische Vorgehensmodelle bieten keine Antwort auf diese Herausforderungen (Matharu et al. 2015; Nerur et al. 2005; Sutherland 2017; Weber 2015). Agile Methoden und Frameworks wie Scrum lösen diese Herausforderungen auf Teamebene (Larman et al. 2017; Sekitoleko et al. 2014; Sutherland und Scrum Inc. 2018). Die Größe der aktuellen, komplexen Entwicklungsprojekte erfordert jedoch eine Skalierung der agilen Methoden (it-agile GmbH o. J.; Mathis 2016; Sekitoleko et al. 2014).

SKALIERUNG AGILER METHODEN

In den ersten Jahren nach dem agilen Manifest (2001) lag der Fokus der Forschung der agilen Methoden auf einzelne Teams in der Softwareentwicklung. Das Wissen zu agilen Methoden hat sich im Laufe der Zeit jedoch erweitert und die Vorteile, welche mit einer agilen Arbeitsweise einhergehen, wollen auch von größeren und komplexeren Vorhaben genutzt werden. Auf der XP2010 Konferenz wurde „Agil im Großen“ schließlich zur dringlichsten Forschungsfrage gewählt (Mathis 2016, S. 2; Moe et al. 2016, S. 1).

Diese Thematik wird auch unter dem Begriff „Skalierung“ geführt. Im agilen Umfeld bezeichnet Skalierung die Situation: „wenn mehrere Teams am selben Produkt arbeiten und/oder Agilität für das ganze Unternehmen verwendet werden soll“ (it-agile GmbH o. J.). Dabei kann zwischen vertikaler und horizontaler Skalierung unterschieden werden (siehe Abbildung 1).

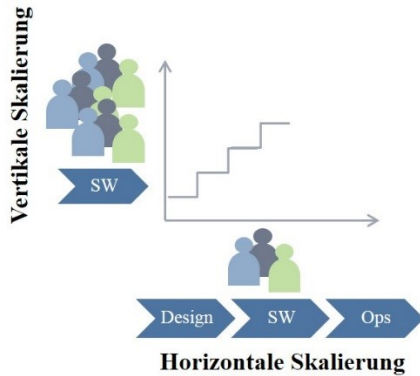


Abbildung 1: Vertikale und Horizontale Skalierung (in Anlehnung an it-agile GmbH o.J.)

Demnach bezeichnet vertikale Skalierung, wenn mehrere Teams für den gleichen Teil der Wertschöpfung eines Unternehmens verantwortlich sind, also beispielsweise, wenn mehrere Teams an einem Softwareprodukt arbeiten. Horizontale Skalierung beschreibt, wenn ein Team einen größeren Teil der Wertschöpfung übernimmt, also z.B. neben der reinen Softwareentwicklung, auch den Betrieb der Software verantwortet (ebd.).

Das Scaling Agile Model, welches im Rahmen des Scalare Projekts entwickelt wurde, bezeichnet die vertikale Skalierung als „Size“ und die horizontale Skalierung als „Value Stream“. Weiterhin beschreibt das Scaling Agile Model eine dritte Skalierungsebene

„Offerings“, welche das Ziel verfolgt weitere Wertströme zu installieren, um weitere Produkte oder Dienstleistungen anzubieten (Morin 2015, S. 8f.).

In diesem Artikel bezeichnet Skalierung die Ausdehnung agiler Methoden auf mehrere Teams und/oder das ganze Unternehmen, in Anlehnung an die Definition von it-agile GmbH o. J.

AGILE SKALIERUNGSFRAMEWORKS

Agile Methoden, wie beispielsweise Scrum, bieten keine Ansätze die Herausforderungen der Skalierung zu lösen (Czudek 2015). Daher wurden agile Skalierungsframeworks entwickelt: agile Rahmenwerke, welche in einem skalierten Umfeld zur Anwendung kommen. Sie fassen Methoden und Praktiken zusammen, um mit mehreren agilen Teams eine agile Entwicklung durchzuführen (Daut 2015, 2016; Schiller 2016). Übergreifend wird das Thema unter Scaled Agile zusammengefasst (Laanti 2014). Obwohl Skalierung agiler Methoden ein relativ junges Forschungsgebiet ist, findet sich eine große Anzahl an agilen Skalierungsframeworks. Im Rahmen der Recherche für diese Arbeit wurden insgesamt 18 Skalierungsframeworks identifiziert (siehe Tabelle 1), welche zum Großteil öffentlich auf ihren Homepages zugänglich sind. Neben offiziellen Konferenzen und Artikeln wird auch zunehmend auf Internetplattformen oder Blogs über Skalierung diskutiert (Arnold 2015; Francino 2016; Hastie 2014).

Tabelle 1: Skalierungsframeworks

Werte	Transformation	Konkrete Vorgehensweise
ScALeD (Beck et al. o. J.)	Agility Path / Evidence-Based Change (Verheyen 2013)	Scaled Agile Framework (SAFe) (Scaled Agile, Inc. 2017a)
	Agile Scaling Cycle (Roock 2014)e	Large-Scale Scrum (LeSS) (The LeSS Company B.V. 2017d)
	LeadingAgile (LeadingAgile 2018)	Nexus (Schwaber und Scrum.org 2018b)
	Scrum Lean in Motion (SLIM) (Laing 2013)	Scrum@Scale (Sutherland und Scrum Inc. 2018)
	Enterprise Transition Framework (agile42 2018)	Disciplined Agile (DA) (Lines und Ambler 2017a)
	SCARE (Heusser 2014)	Spotify Engineering Culture (Kniberg und Ivarsson 2012)
		FAST Agile Scaled

		Technology (Cron Technologies LLC 2017)
		Enterprise Scrum (Beedle und Enterprise Scrum Inc 2010)
		Matrix of Services (Maxos 2016)
		Enterprise Unified Process (Ambler 2013b)
		XSCALE (Merel 2016)

Die recherchierten, agilen Skalierungsframeworks können in ihrer Ausprägung unterschieden werden. ScALeD behandelt ausschließlich die einer agilen Skalierung zugrundeliegenden Werte und Prinzipien (Beck et al. o. J.). Sechs der 18 recherchierten Skalierungsframeworks, wie beispielsweise Agility Path, beschäftigen sich mit dem Entwurf eines individuellen Skalierungsframeworks (Verheyen 2013). Die Vielzahl jedoch, insgesamt elf Skalierungsframeworks wie z.B. SAFe oder Nexus, beschreiben (teilweise zusätzlich zu den Werten, Prinzipien und Implementierungshinweisen) eine Vorgehensweise oder Struktur zur agilen, skalierten Produktentwicklung (Scaled Agile, Inc. 2017a; Schwaber und Scrum.org 2018b).

Nachfolgend werden fünf Frameworks aus der Kategorie „konkrete Vorgehensweise“ vorgestellt und behandelt: Disciplined Agile (DA) Framework, Large-Scale Scrum (LeSS), Nexus, Scaled Agile Framework (SAFe) und Scrum@Scale.

Gründe für die Auswahl dieser fünf Skalierungsframeworks aus dieser Kategorie sind die Bekanntheit und Verbreitung der Frameworks, was sich auch dadurch zeigt, dass sie vermehrt in Vergleichen thematisiert werden (Czudek 2015; Heusser 2015; Alqudah und Razali 2016; Mathis und Fish 2015).

Informationen zu den fünf betrachteten Frameworks sind ebenfalls online erhältlich. SAFe, DA und LeSS bieten informative Websites mit intelligenten Infografiken, aber auch Bücher und Whitepaper, welche teilweise noch mehr ins Detail gehen (Ambler und Lines 2012, 2017; Larman et al. 2017; Lines und Ambler 2017a; Mathis 2016; Scaled Agile, Inc. 2017a; The LeSS Company B.V. 2017d).

Nexus und Scrum@Scale werden wie Scrum in einem schlanken Guide beschrieben (Schwaber und Scrum.org 2018a; Schwaber und Sutherland 2016)).

Alle Frameworks bieten zudem offizielle Trainings und Zertifizierungen an, veröffentlichen Case Studies und betreiben eine Community (Disciplined Agile

Consortium 2017; Scaled Agile, Inc. 2017a; Scrum Inc. 2017; Scrum.org 2018; The LeSS Company B.V. 2017d).

Verbreitung und Nutzung der Skalierungsframeworks in der Praxis

Laut dem „Status Quo Report 2017“ der Hochschule Koblenz nutzen momentan 22% der Befragten ein Skalierungsframework oder eine Skalierungsmethode. Davon nutzen die Hälfte SAFe, gefolgt von LeSS und einem individuell gestalteten Framework. Weniger oft – mit jeweils 8% der Befragten – werden Scrum@Scale oder Nexus genutzt (Komus 2017, S. 125).

Der „11th Annual State of Agile Report“ aus dem Jahr 2017 gibt andere Werte an, jedoch ist auch hier SAFe mit 28% das populärste agile Framework. LeSS nannten 3%, DA und Nexus wurde von jeweils 1% der Befragten genannt (siehe Abbildung 2) (VersionOne 2017, S. 14).

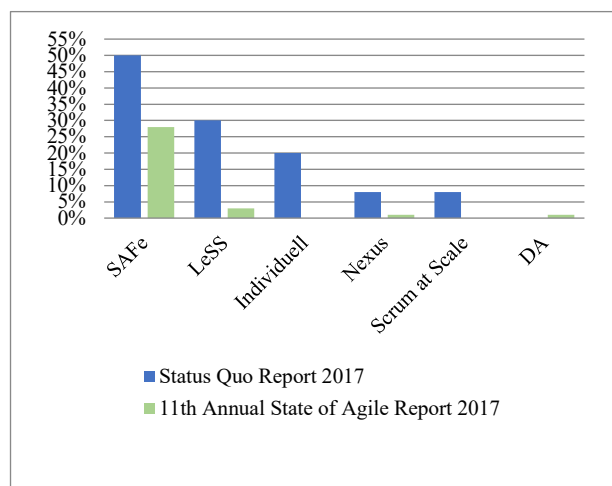


Abbildung 2: Verbreitung der agilen Frameworks (Komus 2017, S. 125; VersionOne 2017, S. 14)

Kurzvorstellung Skalierungsframeworks

Scaled Agile Framework – SAFe

SAFe ist ein freizugängliches Framework, das Rollen, Artefakte und Events beschreibt, und dadurch Unternehmen hilft, schlanke und agile Prinzipien auf das ganze Unternehmen auszubreiten, wodurch die zunehmende Systemkomplexität beherrscht werden kann. Das Skalierungsframework basiert auf vier Kernwerten, einem Lean-Agile Mindset, SAFe Prinzipien sowie Lean-Agilen Leadern (Brenner und Wunder 2015; Mathis 2016; Prowareness GmbH 2015; Scaled Agile, Inc. 2017b).

SAFe ist seit der Version 4.5 konfigurierbar und daher anpassbar auf die jeweilige Unternehmensstruktur. Es besteht aus vier Ebenen (Team, Program, Large Solution und Portfolio), die in vier Konfigurationen verknüpft werden können: Vom „Essential SAFe“ für Projekte von kleinerer Skalierung (50-125 Beteiligten) bis hin zum „Full SAFe“ für mehrere hundert oder tausend Beteiligte,

indem alle vier Ebenen im Unternehmen vorhanden sind (Prowareness GmbH 2015; Scaled Agile, Inc. 2017b). Zentrales Element bei allen Konfigurationen ist der „Agile Release Train“ der Program-Ebene, in welchem mehrere agile Teams, Stakeholder und andere Beteiligte (50-125 Personen) zusammenkommen und gemeinsam inkrementell eine Lösung entwickeln und ausliefern. Synchronisiert werden die Teams und Beteiligten des Agile Release Trains über die gemeinsame Iteration, die zwischen acht bis zwölf Wochen bzw. typischerweise auf fünf Iterationen der agilen Entwicklungsteams festgesetzt werden und bei SAFe als „Program Increment“ bezeichnet wird (Brenner und Wunder 2015, S. 1; Scaled Agile, Inc. 2017j, 2017n).

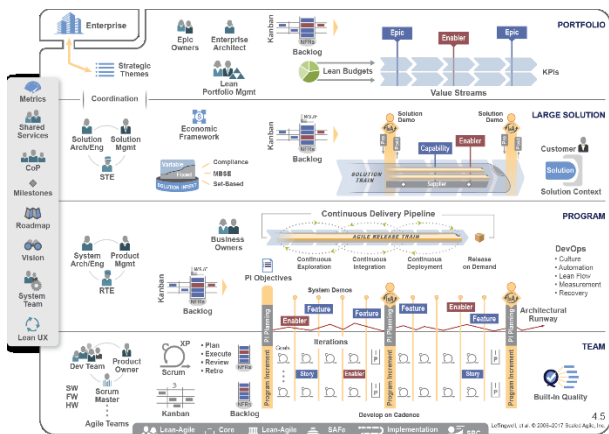


Abbildung 3: Scaled Agile Framework (Scaled Agile, Inc. 2017a)

Large-Scale Scrum – LeSS

Large-Scale Scrum (LeSS) beruht auf Prinzipien, Regeln und Guidelines. Die Regeln definieren die grundlegende Struktur des Skalierungsframeworks, die Verantwortlichkeiten und den Ablauf (Prowareness GmbH 2015; The LeSS Company B.V. 2017c).

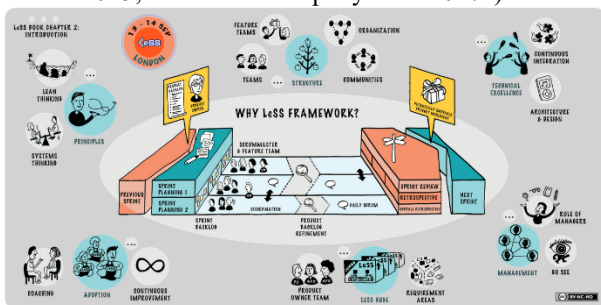


Abbildung 4: Large-Scale Scrum (LeSS) (The LeSS Company B.V. 2017d)

Es gibt zehn Prinzipien, welche die Implementierung von LeSS in einem spezifischen Kontext erleichtern sollen. Ein zentrales Prinzip ist „Large-Scale Scrum is Scrum“, wodurch die zentrale Bedeutung von Scrum für das Skalierungsframework ausgedrückt wird, denn LeSS erweitert Scrum nur um wenige Skalierungselemente., wie die Aufteilung des Sprint Plannings und des Product Backlog Refinements in einen teamübergreifenden Teil

und einen nachfolgenden teaminternen zweiten Teil, das Daily Scrum, bei welchem sich die Teams gegenseitig beobachten können, Regeln der Koordination, das gemeinsame Sprint Review und die gemeinsame Retrospektive (Prowareness GmbH 2015; The LeSS Company B.V. 2017e, 2017b).

Zwei Varianten des Frameworks werden vorgeschlagen: LeSS und LeSS Huge. LeSS ist für Produktentwicklungen von bis zu acht Teams mit jeweils acht Mitgliedern geeignet, LeSS Huge ist für größere Entwicklungen von bis zu mehreren Tausend Personen, die an einem Produkt arbeiten, ausgelegt (The LeSS Company B.V. 2017b).

LeSS wurde bereits bei Produktentwicklungen mit 2 Teams bis hin zu großen Unternehmen mit 2500 Personen angewendet (The LeSS Company B.V. 2017a).

Disciplined Agile Framework (DA)

Das Disciplined Agile (DA) Framework ist ein Entscheidungsframework, welches Anleitung bietet, die Prozesse kontextspezifisch anzupassen und damit eine Grundlage für Agilität im ganzen Unternehmen zu schaffen. Dafür beschreibt es das Zusammenspiel der verschiedenen Bereiche eines Unternehmens wie Produktentwicklung, DevOps, IT, aber auch Portfolio Management oder die Unternehmensarchitektur. Für alle Aktivitäten gibt das DA Framework mögliche Methoden vor und beschreibt die Vor- und Nachteile (Ambler und Lines 2012; Lines und Ambler 2017a, 2017c).

DA kann in vier Skalierungsbereiche aufgeteilt werden (siehe Abbildung 5). Ausgehend von Disciplined Agile Delivery (DAD), welches den End-to-End-Lebenszyklus von der Entwicklung und Lieferung von IT-Lösungen definiert, über Disciplined DevOps und Disciplined Agile IT (DAIT) bis zum gesamtheitlichen Disciplined Agile Enterprise (DAE), welches das ganze Unternehmen mit einer agilen Kultur und schlanken sowie agilen Prozessen umfasst, die eine schnelle Reaktion des Unternehmens auf Veränderungen des Marktes erleichtert (Lines und Ambler 2017b).

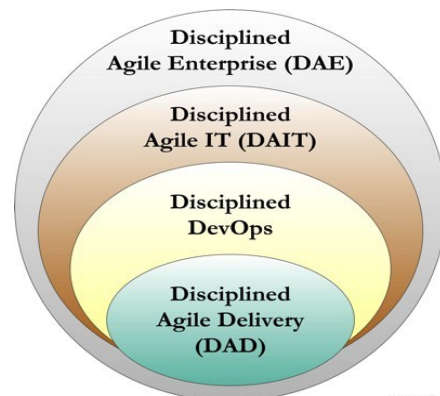


Abbildung 5: DA Framework (Lines und Ambler 2017c)

Nexus

Das Nexus-Framework wird als Exoskelett bezeichnet, welches mehrere Scrum Teams zusammenfasst, die

gemeinsam an einem Produkt arbeiten. Es ist für eine skalierte Entwicklungsumgebung von 3-9 Teams geeignet (Schwaber und Scrum.org 2018a).

Basierend auf Scrum besteht Nexus aus Rollen, Events und Artefakten sowie den Regeln, welche die einzelnen Elemente miteinander verknüpfen (Schwaber und Scrum.org 2018a; Scrum.org 2018).

Das Nexus Framework verwendet einen iterativen und inkrementellen Ansatz, um Produkt- oder Softwareentwicklung zu skalieren und ergänzt Scrum nur minimal durch das Integrationsteam als zusätzliche Rolle und die Nexus-Events und –Artefakte, welche die Scrum Events und Artefakte ergänzen oder ersetzen (Prowareness GmbH 2015; Schwaber und Scrum.org 2018a; Scrum.org 2018).

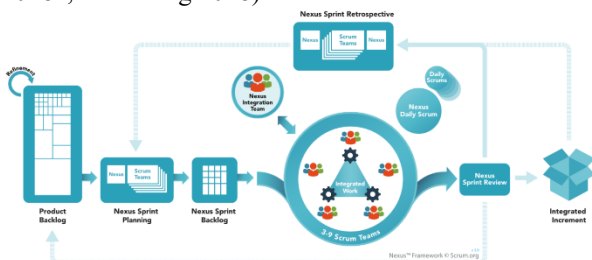


Abbildung 6: Nexus Framework (Scrum.org 2018)

Scrum@Scale

Scrum@Scale ist ein high-level Framework, das ebenso auf Scrum beruht und einen modularen Ansatz verfolgt. Es besteht aus zwei Zyklen – den Scrum Master Zyklus und dem Product Owner Zyklus – welche sich an zwei Stellen treffen, beim Modul „Team-Level Process“ und beim Modul „Product & Release Feedback“. Insgesamt besteht dieses Skalierungsframework aus zwölf Modulen (siehe Abbildung 6), welche lose miteinander verknüpft sind, was es erlaubt, diese inkrementell einzuführen und sich dabei auf jedes unabhängige Modul einzeln zu fokussieren. Erfolgreiche Ansätze für die Module werden gesammelt, die in verschiedenen Kontexten verwendet werden können (Sutherland 2014; Sutherland und Brown 2014).

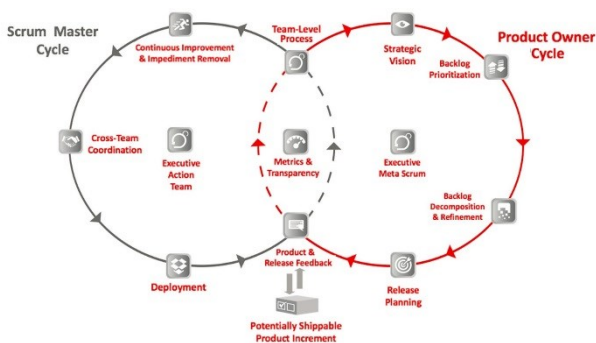


Abbildung 6: Scrum@Scale Framework (Sutherland und Scrum Inc. 2018, S. 4)

Jedes Modul wird durch seine Ziele, die benötigten Inputs und die zu generierenden Outputs definiert und darüber auch mit den anderen Modulen verbunden. Wie die Inhalte der Module umgesetzt werden, bleibt dem

Team überlassen (Sutherland 2014; Sutherland et al. 2015).

LÖSUNGEN FÜR DIE HERAUSFORDERUNGEN DURCH DIE SKALIERUNGSFRAMEWORKS

Extern

Die externe Beeinflussung von Entwicklungsprojekten durch den Markt, durch vorhandene Regulierung und durch neue Technologien, können durch die Einführung von agilen Skalierungsframeworks nicht geändert werden, da sie nicht im Einflussrahmen eines einzelnen Unternehmens liegen.

Dennoch bieten die Skalierungsframeworks Ansätze und Vorgehensweisen, um den Herausforderungen aus externen Faktoren besser begegnen zu können.

Um schneller auf dynamische Kunden- und Marktanforderungen zu reagieren, sind agile Methoden prädestiniert (Maruping et al. 2009).

Auch die agilen Skalierungsframeworks nutzen agile Methoden, wie Scrum, auf der Entwicklungsebene und bieten zudem noch Strukturen und Methoden, um auch die anderen Unternehmensbereiche agiler zu gestalten. Damit kann das ganze Unternehmen agil und flexibel auf sich verändernde und dynamische Anforderungen des Kunden oder des Markts reagieren.

SAFe bindet den Kunden während der Entwicklung als ein zentrales Mitglied ein, und der Kunde ist aktiver Teilnehmer an verschiedenen Events. Er nimmt in der Rolle des Business Owners am Product Increment Planning (Teamübergreifendes Planungsevent) teil, unterstützt die Evaluierung der Produktinkremente bei System Demos und nimmt an den Inspect&Adapt (I&A) Workshops teil. Zudem arbeitet er durchgehend eng mit dem Solution und Program Management zusammen und unterstützt dieses beim Managen von Umfang, Zeit und bei der Erstellung von Roadmaps. Dadurch hat der Kunde einen starken Einfluss auf die Vision des Produkts und auf die Priorisierung der umzusetzenden Arbeit (Scaled Agile, Inc. 2017p).

Zudem fordert SAFe in einem gewissen Rhythmus sogenannte „Innovation & Planning“-Iterationen, in denen die Teams intensiv zu neusten Trends und Technologien recherchieren und sich mit den Markt- und Kundenanforderungen auseinandersetzen (Scaled Agile, Inc. 2017g).

Auch beim Disciplined Agile (DA) Framework sollen alle Stakeholder in den Entwicklungsablauf involviert sein. DA bezeichnet sich als Entscheidungsframework, weshalb es generell viele Möglichkeiten vorgibt, die Prozesse auszugestalten (Lines und Ambler 2017a, 2017c). Daher ist es mit dem DA-Framework möglich, durch eine flexible Work Item Liste Anforderungen, Prioritäten und Umfänge jederzeit im Projekt anzupassen, sogar während der aktuellen Iteration (Ambler und Lines 2012). Auch Nexus und LeSS binden

den Kunden aktiv in das übergeordnete Sprint Review ein, welches am Ende der gemeinsamen Sprints aller Entwicklungsteams stattfindet, um direkt ein Feedback zum aktuellen Entwicklungsstand des Produktinkrements zu erhalten und auch entsprechende Anpassungen durchzuführen (Schwaber und Scrum.org 2018b; The LeSS Company B.V. 2018i).

Bei Scrum@Scale erfolgt die Abstimmung über MetaScrums – Events, die mindestens einmal pro Sprint stattfinden und in welchen alle Produkt Owner, Stakeholder und der Kunde zusammenkommen, um die Prioritäten des Product Backlogs festzulegen. Insbesondere der Chief Product Owner, welcher die Anforderungen an das gesamte Produkt über alle Teams hinweg koordiniert, überwacht das Kundenfeedback und lässt dieses in das Product Backlog einfließen (Sutherland und Scrum Inc. 2018).

Auch beim Thema einer kürzeren Time-to-Market spielt Agilität an sich eine große Rolle, da durch agile Methoden die Time-to-Market häufig verkürzt wird, nachdem in kleineren Einheiten entwickelt wird und die Entwicklungsphasen parallelisiert werden (Rahimian und Ramsin 2008; Rook und Wolf 2016).

Alle Skalierungsframeworks basieren auf einer Entwicklungsmethode wie Scrum oder Kanban auf der Entwicklungsebene und empfehlen dort die häufige bis hin zur kontinuierlichen Integration, wodurch Fehler direkt entdeckt und behoben werden können. Zudem soll mindestens zum Ende des Sprints ein integriertes und getestetes Inkrement zur Verfügung stehen, welches potenziell auslieferbar ist, wodurch die Time-to-Market erheblich verkürzt wird. Durch die kurzen Feedbackschleifen mit dem Kunden im Sprint Review, können Anpassungen früh erfolgen und dadurch der gewünschte Zustand des Produkts schneller erreicht werden (Ambler und Lines 2017; Scaled Agile, Inc. 2017k, 2017m; Schwaber und Scrum.org 2018b; Sutherland und Scrum Inc. 2018; The LeSS Company B.V. 2018b, 2018i).

Eine kürzere Time-to-Market durch den Einsatz der Skalierungsframeworks wird auch durch Implementierungsbeispiele der Skalierungsframeworks gestützt. In diesen werden die Verbesserungen, welche durch die Einführung des jeweiligen Skalierungsframeworks erzielt wurden, in Erfahrungsberichten zusammengefasst (Disciplined Agile Consortium 2018; Scaled Agile, Inc. 2018; Scrum.org 2018; Scrum@Scale 2018; The LeSS Company B.V. 2018d). Nexus berichtet anhand von vier konkreten Use Cases, dass in diesen Fällen häufiger integrierte Inkremente erstellt, diese leichter ausgeliefert und dadurch auch die Time-to-Market verkürzt wurde (Scrum.org 2018). Ebenso geben LeSS, DA und Scrum@Scale, welche jeweils mehrere Beispiele aus verschiedensten Branchen bereitstellen, an, die Time-to-

Market verkürzt zu haben. So z.B. LeSS bei Agfa Healthcare, DA bei Barclays und Scrum@Scale bei Bosch (Howard 2017; Linders 2016; Smet 2018). Scaled Agile, Inc. fasst die Ergebnisse der SAFe Implementierungsbeispiele zusammen und gibt in konkreten Werten an, dass Unternehmen, die SAFe implementieren, ihre Time-to-Market zwischen 30% und 75% reduzieren (Scaled Agile, Inc. 2017d).

Zu den Themen Kostenminimierung und Effizienz nimmt Scaled Agile, Inc. ebenso sehr konkret Stellung und gibt an, dass sich die Produktivität um 20% bis 50% erhöht (Scaled Agile, Inc. 2017d). Die anderen Frameworks quantifizieren die Erfolge zwar nicht, jedoch finden sich in ihren Case Studies oder in den Beschreibungen zu den Frameworks Bezüge zur Verbesserung der Effizienz bzw. eine Erhöhung der Produktivität (Schwaber und Scrum.org 2018b; Scott Ambler + Associates 2016; Sofer 2018; Sutherland und Scrum Inc. 2018).

Besonders sind an dieser Stelle die häufigen Abstimmungen zwischen den Teams, aber auch mit den koordinierenden Teams oder Ebenen zu nennen. Dadurch wird die Transparenz der Artefakte erhöht, es werden Abstimmungsfehler vermieden und Herausforderungen und „Impediments“ können angesprochen und schnell und direkt beseitigt werden. Insgesamt können so alle Teams besser planen und effizienter arbeiten, wodurch auch die Zufriedenheit der Mitarbeiter und schlussendlich auch des Kunden erhöht wird (Scaled Agile, Inc. 2017d, 2017q; Schwaber und Scrum.org 2018b; Sutherland und Scrum Inc. 2018).

Generell können Abstimmungen zwischen den Teams zu Beginn und am Ende der gemeinsamen Iterationen, täglich im Daily Scrum und auch ad-hoc bei Bedarf stattfinden. Ein gemeinsamer Austausch über die Teams hinweg findet bei allen Skalierungsframeworks an den Start- bzw. Endmeetings der Iterationen statt. Nexus und Scrum@Scale planen darüber hinaus ein tägliches teamübergreifendes Abstimmungsevent ein – Nexus nennt dies ein „Nexus Daily Scrum“, Scrum@Scale ein „Scaled Daily Scrum“ im Rahmen eines „Scrum of Scrums“ – in welchem die Scrum Master oder sonstige Vertreter der Teams zusammenkommen und über Hindernisse und Abhängigkeiten zwischen den Teams sprechen (Schwaber und Scrum.org 2018a, S. 9; Sutherland und Scrum Inc. 2018, S. 5). LeSS verfolgt hier einen flexibleren Ansatz, denn die Teams können den Daily Scrums anderer Teams als Zuhörer beiwohnen und die Erkenntnisse in ihr Team zurücktragen. Generell wird bei LeSS ein Kommunizieren nach Bedarf empfohlen (The LeSS Company B.V. 2018b). DA gibt als Entscheidungsframework auch eine Auswahl an Strategien zur Abstimmung zwischen den Teams. So kann eine Ad-hoc-Strategie verfolgt werden, ebenso wie ein tägliches Koordinationsmeeting im Team (Daily

Coordination Meeting) und ein Scrum of Scrums stattfinden (Ambler und Lines 2012).

Durch die Kombination der Vorteile der Skalierungsframeworks – kürzere Time-to-Market, höhere Produktivität sowie zufriedenerer Mitarbeiter und Kunden – werden auch die wirtschaftlichen Ziele von skalierten Entwicklungsprojekten besser erreicht (Scaled Agile, Inc. 2017d; Roock und Wolf 2016).

Häufig wird der Standpunkt vertreten, dass agile Methoden nicht geeignet sind, sollte die Einhaltung von strikten Standards nachgewiesen werden müssen. Dieser Nachweis wird meist in Form von Dokumentation erbracht (Kittel 2013; Theunissen et al. 2003; Wolfig 2016b). Da es eine Vielzahl an Regulierungen gibt, welche sich in den Branchen und auch in den geforderten Nachweisen unterscheiden, wird nun die prinzipielle Kombination der Skalierungsframeworks mit der Einhaltung von gesetzlichen Standards oder Vorgaben der Industrie überprüft (Ambler 2013a).

In diesem Bereich zeichnen sich große Unterschiede zwischen den Skalierungsframeworks ab. Während LeSS und Nexus keine Angabe bezüglich der Einhaltung eines Standards machen, stellen SAFe und DA konkrete Hinweise als auch konkrete Beispiele bereit. SAFe installiert für den Umgang mit Normen und Standards ein agiles Qualitätsmanagementsystem und DA gibt verschiedene Strategien vor, wie mit Standards umgegangen werden kann. Beispielsweise soll der gesamte Lebenszyklus betrachtet werden, da auch die Standards häufig den gesamten Lebenszyklus abdecken, und es wird empfohlen einen zielgerichteten Ansatz zu verfolgen – beides sind Kernelemente von DA (Ambler 2013a; Lines und Ambler 2012; Scaled Agile, Inc. 2017i). Scrum@Scale bindet den Bereich „Legel / Compliance“ als eigenes Scrum Team in die Gesamtorganisation ein, gibt jedoch keine konkreten Hinweise. Die Anwendung von Scrum@Scale in einem regulatorischen Umfeld wird durch die Case Studies bestätigt, z.B. durch die Entwicklung eines Jets (Furuhjelm et al. 2017; Scrum@Scale 2018).

Eine weitere externe Herausforderung ist die hohe Komplexität der Entwicklungsprojekte, die sich durch die Digitalisierung in vielen Bereichen ergibt (Peters et al. 2016; Schuh et al. 2017).

Diese steigende Komplexität lässt sich nur schwer mit klassischen Methoden beherrschen, daher liegt es nahe, die Vorteile von agilen Methoden für komplexe Projekte zu untersuchen. Der Zusammenhang agiler Methoden, wie z.B. Scrum, mit komplexen Produktentwicklungsprojekten kann mit der Stacey-Matrix erklärt werden, welche als Entscheidungsgrundlage für die Wahl eines geeigneten Vorgehensmodells dienen kann (siehe Abbildung 7) (Bergen 2016; Gelec und Wagner 2014; Roock und Wolf 2016; Wolfig 2016a).

Dort werden Projekte als komplex bezeichnet, wenn die Anforderungen unklar und der Weg der Durchführung (Technologie) unsicher sind. Agile Vorgehensweisen sind für diese Projekte am besten geeignet, denn im Vergleich zu komplizierten Projekten kann der Ursache-Wirkungszusammenhang bei komplexen Projekten erst im Nachhinein sicher festgestellt werden. Langfristige Planung (wie bei komplizierten Projekten) funktioniert nicht, sondern eine kurzfristige Planung, mit einer anschließenden Analyse sowie einer darauf basierenden Neuplanung der agilen Frameworks sind hier geeignet (Roock und Wolf 2016).

Dieses Konzept wird auch in den betrachteten agilen Frameworks umgesetzt, in dem die kontinuierliche Verbesserung auf Basis des erworbenen Wissens ermöglicht wird – sowohl auf Teamebene als auch teamübergreifend in gemeinsamen Retrospektiven am Ende der Iterationen (Lines und Ambler 2018; Scaled Agile, Inc. 2017g; Schwaber und Scrum.org 2018b; Sutherland und Scrum Inc. 2018; The LeSS Company B.V. 2017b).

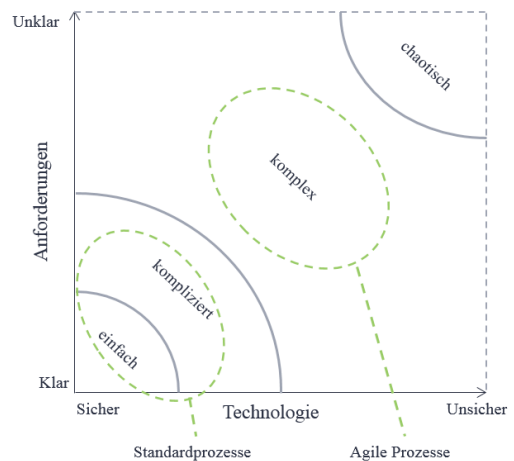


Abbildung 7: Stacey-Matrix (in Anlehnung an Bergen 2016; Roock und Wolf 2016)

Die technische Komplexität durch Digitalisierung kann durch einen fachlichen Austausch über die cross-funktional besetzten Teams hinweg in Communities of Practice adressiert werden. In diesen Communities kommen Personen auf freiwilliger Basis zusammen, welche ein gemeinsames Interesse an einem bestimmten technischen oder rollengebundenen Thema haben. Diese Communities of Practice sind sowohl bei LeSS, SAFe und DA in das Skalierungsframework integriert (Lines und Ambler 2018; Scaled Agile, Inc. 2017r; The LeSS Company B.V. 2018a).

Intern

Im Gegensatz zu den externen können die internen Herausforderungen durch die Entwicklung nach einem agilen Skalierungsframework verbessert oder gelöst werden, da sie geeignete Ansätze bieten.

Seit Jahren werden Teile von Entwicklungsprojekten ausgelagert – auch an internationale Standorte. Der erhöhte Kommunikationsaufwand zwischen den Entwicklungsteams wird jedoch in einem globalen Kontext durch die unterschiedlichen Zeitzonen und kulturellen Unterschiede erschwert (Lee-Kelley und Sankey 2008; May und Carter 2001; Picot und Baumann 2007). Nachdem diese dezentralen und verteilten Teams hauptsächlich über elektronische Informations- und Kommunikationsmedien wie Telefon, E-Mail oder Videokonferenzen kommunizieren und sich koordinieren, werden sie auch als „virtuelle Teams“ bezeichnet (Anderson et al. 2007; Hertel et al. 2005; May und Carter 2001).

Auch die Skalierung von agilen Methoden in einem stark verteilten Kontext ist herausfordernd (Lee-Kelley und Sankey 2008; May und Carter 2001; Moe et al. 2016).

LeSS unterscheidet bei der verteilten Entwicklung, ob ein Entwicklungsteam verstreut ist oder ob es verschiedene Entwicklungsteams an mehreren Orten gibt. Ein Team soll bei LeSS immer an einem Ort sein. Verteilten Teams, welche selbst immer an einem Ort zusammensitzen, steht LeSS offen gegenüber und beschreibt den Ablauf der teamübergreifenden Meetings in einer Story, welche den Einsatz von elektronischen Hilfsmitteln wie eine Videoübertragung und geteilte Dokumente, die gemeinsam bearbeitet werden können, empfiehlt (The LeSS Company B.V. 2018e).

SAFe behandelt das Thema verteilte Teams insoweit, als dass es den Einsatz von elektronischen Hilfsmitteln wie Webcams oder Sofortnachrichtendienste empfiehlt. Dennoch wird die Nähe des Teams bzw. der Teams und die dadurch vereinfachte ständige Kommunikation betont und so soll auch das PI Planning Meeting prinzipiell ein „Face-to-Face“ Meeting sein und nur in Ausnahmefällen die genannten elektronischen Hilfsmittel verwendet werden (Scaled Agile, Inc. 2017f, 2017l, 2017m).

Der Scrum@Scale Guide erkennt die Notwendigkeit einer verteilten Entwicklung, um beispielsweise benötigte Expertise zu erreichen. Die Organisation bei Scrum@Scale soll organisch wachsen und kann ebenso wie das Skalierungsframework komponentenbasiert aufgebaut werden, wodurch eine verteilte Entwicklung möglich ist. Weiter Hinweise lassen sich jedoch nicht finden (Sutherland und Scrum Inc. 2018). Nexus macht keine Angaben zur Verteilung von Teams (Schwaber und Scrum.org 2018a). DA hingegen bindet die geographische Verteilung in die Komplexitätsfaktoren der Skalierung ein und diskutiert Vorteile, Risiken sowie neun Strategien, um die Risiken einer verteilten Entwicklung zu reduzieren, so z.B., dass Kernmitglieder am Projektbeginn zusammenkommen sollen oder dass regelmäßig integriert werden soll (Ambler 2014a, 2015a). Abschließend kann festgestellt werden, dass eine verteilte Entwicklung eine Herausforderung ist, jedoch durch die gemeinsamen Meetings und die Unterstützung

durch elektronische Hilfsmittel, welche von den Skalierungsframeworks vorgegeben werden, kann die Kommunikation zwischen den Teams verbessert werden.

Eine der größten Herausforderungen in einer skalierten Produktentwicklung ist die große Anzahl an Abhängigkeiten zwischen den Aktivitäten und Artefakten der Teams, welche als technische Abhängigkeiten bezeichnet werden können. Herausfordernd hierbei ist die Unvorhersehbarkeit der Abhängigkeiten, unterschiedliche Implementierungsprioritäten von abhängigen Komponenten, ständige Prioritätsänderungen der Teams oder unterschiedliche Releasezyklen. Die Ursprünge der technischen Abhängigkeiten liegen in einer hohen Planungsunsicherheit, Veränderung der Aufgabepriorisierung, eine ungenügende Wissensteilung, in der Codequalität oder in Herausforderungen während der Integration (Sekitoleko et al. 2014).

Leider werden die Abhängigkeiten im skalierten Umfeld oft nicht richtig behandelt und es werden nur wenige Praktiken implementiert, die darauf ausgerichtet sind, Abhängigkeiten zu finden, zu analysieren und anschließend zu managen (Moe et al. 2016). In einem Umfeld von Abhängigkeiten ist daher Koordination von großer Bedeutung, welche als „Managen der Abhängigkeiten zwischen Aktivitäten“ (Malone und Crowsten 1994, S. 90) definiert werden kann, denn sollten keine Abhängigkeiten vorhanden sein, ist auch keine Koordination notwendig (ebd.).

Bei Nexus ist die Koordination von Abhängigkeiten ein Kerngedanke, denn sowohl beim Product Backlog Refinement, beim Nexus Sprint Planning und im Nexus Daily Scrum sollen Abhängigkeiten identifiziert sowie entfernt oder minimiert werden. Weiterhin hat das Nexus Integration Team die Verantwortung Abhängigkeiten aufzudecken und den Entwicklungsteams Werkzeuge bereitzustellen und Praktiken zu erläutern, damit diese die Abhängigkeiten erkennen können. Gefundene Abhängigkeiten werden im Nexus Sprint Backlog visualisiert und dadurch transparent dargestellt (Schwaber und Scrum.org 2018a). Auch bei LeSS führen die Teams die Verfeinerung der Product Backlog Items durch, wodurch diese Items für den kommenden Sprint vorbereitet werden. Während dieser Aktivitäten sollen auch stark vernetzte Items identifiziert werden (The LeSS Company B.V. 2018f). Bei einer Entwicklung nach SAFe werden Abhängigkeiten durchgehend durch die ständige Kommunikation im Team und teamübergreifend behandelt. Ein besonderes Augenmerk auf Abhängigkeiten wird im Program Increment Planning gelegt, bei dem ein gemeinsamer Plan für das kommende Program Increment erstellt wird. Ein Ergebnis dieser Planung ist das Program Board, das aufkommende Lieferdaten, Meilensteine und auch die Abhängigkeiten zwischen den Teams aufzeigt (Scaled Agile, Inc. 2017f, 2017l). Auch bei DA gibt es ein physisches oder elektronisches Board, das die funktionalen und technischen Abhängigkeiten darstellt. Zudem werden die Abhängigkeiten zwischen agilen

Teams, zwischen agilen und traditionell arbeitenden Teams und zwischen agilen Teams und Teams, die Lean arbeiten, diskutiert und mögliche Strategien zum Umgang mit diesen Abhängigkeiten erläutert. Insbesondere der Product Owner und der Architecture Owner eines Disciplined Agile Teams spielen bei der Lösung von Abhängigkeiten eine zentrale Rolle (Ambler 2014b, 2014c, 2014d). Ein Modul des Scrum Master Cycle von Scrum@Scale ist die teamübergreifende Koordination. Ein Ergebnis dieses Moduls ist das Managen von teamübergreifenden Abhängigkeiten, damit diese nicht zu Hindernissen werden. Dafür wird im täglich stattfindenden Scaled Daily Scrum der Scrum Master die Frage nach neu identifizierten oder gelösten Abhängigkeiten gestellt. Zudem gibt es die Rolle des Scrum of Scrums Masters, welcher die vorhandenen Hindernisse priorisiert und dabei einen besonderen Fokus auf teamübergreifenden Abhängigkeiten legt (Sutherland und Scrum Inc. 2018).

Durch die Zusammenarbeit von unterschiedlichsten Disziplinen in einem Produkt treten weitere Herausforderungen wie die Synchronisation durch unterschiedlichste Entwicklungszyklen auf, da Software schneller und mit geringeren Kosten geändert werden kann als Hardware (cPrime. Inc. 2014; Edwards 2018; Lima et al. 2015; Müller et al. 2017).

Bei SAFe sollen die Teams eines Agile Release Trains eine gleiche Iterationsdauer vorweisen, damit am Ende die Inkremente integriert, getestet und Fehler früh gefunden werden können (Scaled Agile, Inc. 2017j). Mehrere Agile Release Trains können in der Large Solution Ebene in einem Solution Train zusammengefasst werden. Dadurch ergeben sich mehr Möglichkeiten, denn die gemeinsame Kadenz auf Solution Train Ebene ist das Program Increment, welches über alle Agile Release Trains die gleiche Dauer besitzen muss. Jeder Agile Release Train kann jedoch seine Sprintdauer innerhalb des Program Increments selbst festlegen. Dadurch können auch längere Entwicklungszyklen von unterschiedlichen Entwicklungsdisziplinen berücksichtigt werden, indem beispielsweise ein Agile Release Train für jede Disziplin eingerichtet wird, und dennoch auf Large Solution Ebene eine Synchronisation stattfindet (Scaled Agile, Inc. 2017k; Yakyma und Koehnemann 2016). Zudem erweitert SAFe reines Scrum um Mechanismen für eine agile Architektur. Dadurch wird eine grobe Architektur für den Agile Release Train bzw. Solution Train vom System Architect bzw. Solution Architect entworfen, um die Schnittstellen besser zu koordinieren ohne den Teams den Freiraum in der konkreten Umsetzung zu nehmen (Scaled Agile, Inc. 2017o). Nexus und LeSS geben keine Hinweise zu unterschiedlichen Entwicklungszyklen und Nexus konzentriert sich generell stark auf die Softwareentwicklung. Bei LeSS und LeSS Huge wird vorausgesetzt alle Teams die gleiche Sprintdauer mit gleichen Anfangs- und Enddaten einhalten, Nexus folgt

prinzipiell der gleichen Regel und nur wenn es absolut notwendig ist, können auch unterschiedliche Sprintlängen gewählt werden, jedoch mit einem gemeinsamen Nenner (Bourk und Kong 2016; The LeSS Company B.V. 2018h; Schwaber und Scrum.org 2018a). Scrum@Scale macht keine Angabe zur Sprintdauer, jedoch basiert Scrum@Scale auf einer empirischen Entscheidungsfindung, welche auf den Säulen Transparenz, Inspektion und Anpassung beruht. Dadurch kann eine kontinuierliche Verbesserung der Organisation angestrebt werden, wodurch auch die Sprintdauer entsprechend den Erfahrungen der Entwicklungsteams angepasst werden kann (Sutherland und Scrum Inc. 2018). Disciplined Agile Delivery (DAD) als Kernbereich von DA auf Entwicklungsebene wird als ein lernorientierter, hybrid-agiler Ansatz für die Lieferung von IT-Lösungen bezeichnet. DAD ergänzt Scrum um Methoden wie Agile Modeling (AM), Extreme Programming (XP), Kanban und viele weitere und beschreibt fünf Entwicklungszyklen, die den vollständigen End-to-End-Lebenszyklus abdecken (Lines und Ambler 2012). Dadurch sind die Teams in der Wahl freier und können auch einen leanen oder kontinuierlichen Ansatz ohne Iterationen verfolgen, je nachdem was für das Team am geeignetsten ist. DA lässt den Anwender daraufhin entscheiden, welchen Ansatz er zur Koordination der verschiedenen Teams verfolgt, ob nun durch gemeinsame Iterationsdauern, durch unterschiedliche Iterationslängen mit einem gemeinsamen Vielfachen oder durch unterschiedliche Iterationslängen, wodurch jedoch Abstimmungs-herausforderungen entstehen können (Ambler 2015b).

Bereits im agilen Manifest ist festgehalten, dass die Reaktion auf Veränderung für die Anhänger der agilen Vorgehensweise höher wertgeschätzt wird, als einem Plan zu folgen. Dieser Wert darf jedoch nicht mit „keiner Planung“ gleichgesetzt werden, denn auch bei einem agilen Entwicklungsprojekt wird geplant. Jedoch werden die Grenzen einer Planung in einem sich verändernden Markt erkannt und daher wird nicht wie bei plangetriebenen, klassischen Methoden zu Beginn ein weitreichender Plan erstellt und versucht alle Aufgaben bis ins Detail abzuschätzen und zu planen (Beck et al. 2001; Highsmith 2001; Smits 2008). Alle betrachteten Skalierungsframeworks gliedern daher ein tägliches Abstimmungs- und Planungsevent und ein Event zur Iterationsplanung ein. Die unterschiedlichen Ausprägungen dieser Planungs- und Koordinationsrunden wurden bereits beschrieben (Ambler 2015b; Lines und Ambler 2012; Scaled Agile, Inc. 2017e; Schwaber und Scrum.org 2018a; Sutherland und Scrum Inc. 2018; The LeSS Company B.V. 2018c). Da bei einer agilen Skalierung viele Teams und weitere Beteiligte zusammenarbeiten, ist eine rein iterationsbasierte Planung nicht ausreichend, da dadurch der Blick auf längerfristige Auswirkungen und auf das Gesamtprodukt verloren gehen (Scaled Agile, Inc. 2017h; Smits 2008).

Nexus und LeSS geben keine Hinweise zu einer Planung, welche über die Iterationen hinausgehen. LeSS verankert die Warteschlangentheorie als eines der Prinzipien, wodurch es auf mögliche Warteschlange in der Entwicklung hinweist und gleichzeitig die Länge der ausdefinierten Product Backlog Items verkürzt werden soll. Dadurch zeigt sich, dass bei Nexus und LeSS der Fokus auf kurzfristiger Planung liegt (Schwaber und Scrum.org 2018a; The LeSS Company B.V. 2018g). Scrum@Scale definiert das Modul Release Planning innerhalb des Product Owner Cycle, welches zum Ziel hat, die Lieferdaten der Kernfunktionen zu prognostizieren, Stakeholder über den Release Plan zu informieren und auf Basis des Stakeholder-Feedbacks den Release Plan und die Prioritäten anzupassen. Verantwortlich ist das MetaScrum-Team, welches aus den Product Ownern aller Teams besteht. Der Chief Product Owner, der das MetaScrum koordiniert und die Erstellung eines priorisierten Product Backlogs über alle Teams verantwortet, arbeitet eng mit dem Scrum of Scrum Master zusammen, damit die Teams den Release Plan effizient umsetzen können. Über welchen Zeitraum der Release Plan Daten angibt, wird nichts beschrieben (Sutherland und Scrum Inc. 2018). Konkreter wird SAFe, welches eine Roadmap in die Konfigurationen Large Solution SAFe, Portfolio SAFe und Full SAFe eingliedert. Diese Roadmap spannt sich über einen Zeitraum von drei Program Increments bzw. ca. 30 Wochen auf. Sie enthält aufkommende Meilensteine, die vereinbarten Funktionalitäten des aktuellen Program Increments und gibt einen Überblick über mögliche Inhalte der zwei folgenden Program Increments. Betont wird, dass es sich bei der Roadmap nicht um eine weitreichende Liste abzuarbeitender Features handelt, sondern nur das aktuelle Program Increment verbindlich abgestimmt ist. Bei den beiden nachfolgenden Program Increments handelt es sich lediglich um eine Prognose, bei welcher Änderungen noch stattfinden können. Dennoch bietet diese Grobplanung einen besseren Überblick über das Projekt und lässt gleichzeitig die Reaktion auf Veränderung zu. Ergänzt wird die Roadmap durch eine langfristige Schätzung der Aufgaben, eine grobe Ressourcenallokation und Metriken wie die Agile Release Train Velocity (Scaled Agile, Inc. 2017h, 2017c). Releases können am Ende jedes Program Increments oder entkoppelt von den synchronisierten Entwicklungsiterationen und Program Increments stattfinden. SAFe bietet dazu die Möglichkeit häufiger während der Program Increments, seltener oder nach Bedarf zu releasen. Zudem kann sich die Releasestrategie innerhalb eines Projekts bei den Produktanteilen oder den Entwicklungsebenen unterscheiden (Scaled Agile, Inc. 2017j). Auch DA bietet innerhalb Disciplined DevOps Auswahlpunkte für den Bereich des Release Managements, das den unternehmensweiten Release Plan und die zugrundeliegende Strategie bestimmt. Zusätzlich zu den Strategien von SAFe schlägt DA noch vor, Zeiträume zu identifizieren, in denen Releases freigegeben werden können und in denen keine Releases stattfinden dürfen. Zudem sollen Releaseabhängigkeiten

gemanagt und der Release Plan kommuniziert werden. Weiterhin muss die Häufigkeit der Releases der Teams festgelegt werden, weshalb sich dieser Entscheidungspunkt auch im Program Management innerhalb Disciplined Agile Delivery wiederfindet. Dabei besteht die Wahl aus drei Releasestrategien – eine kontinuierliche Auslieferung, eine inkrementelle Auslieferung oder eine unregelmäßige Auslieferung. Zudem wird durch das Program Management das Programm geplant. Auch hier besteht die Möglichkeit einer jährlichen Planung, einer Ad-hoc Planung oder einer Rolling-Wave Planung, welche von DA präferiert wird (Ambler 2015b, 2015c). Diese Präferenz gilt auch für das Erstellen einer Business und / oder Produkt Roadmap durch das Product Management. Bei diesem Ansatz der Rolling-Wave Planung werden Funktionalitäten, welche zeitnah ausgeliefert werden, sehr detailliert geplant und zukünftige Aktivitäten und Releases nur grob und auf einem hohen Level geplant. Generell empfiehlt DA, dass Produkte strategisch auf lange Sicht geplant, jedoch taktisch kurzfristig implementiert werden sollten (Ambler 2015d).

FAZIT

Die eingangs gestellten Kernfragen:

- Welche Herausforderungen gibt es in Entwicklungsprojekten?
- Welche können durch agile Skalierungsframeworks gelöst werden?
- Wie lösen agile Skalierungsframeworks diese Herausforderungen?

können wie folgt beantwortet werden.

Die Herausforderungen in aktuellen Entwicklungsprojekten sind bestimmt durch interne und externe Faktoren. Die externen Herausforderungen sind geprägt durch Marktanforderungen und die Regulierungen, welche für die jeweilige Branche gelten. Die internen Herausforderungen ergeben sich vor allem durch die notwendige Zusammenarbeit von mehreren und/oder interdisziplinären Teams in großen Entwicklungsprojekten.

Wie im Hauptteil erläutert, lösen die agilen Skalierungsframeworks nicht direkt die externen Herausforderungen, die durch einen volatilen Markt, neue Technologien und die zu berücksichtigenden Regulierungen entstehen. Jedoch können Unternehmen die agilen Skalierungsframeworks verwenden, um auf die beschriebenen Herausforderungen deutlich besser reagieren zu können.

Die aufgezeigten internen Herausforderungen der Zusammenarbeit in großen Entwicklungsprojekten wie Effizienz, Synchronisation, Komplexitätsbeherrschung, und Abhängigkeiten, denen die interdisziplinären Teams begegnen, können hingegen durch agile Skalierungsframeworks direkt verbessert werden.

Zentrale Elemente, die dies sicherstellen, sind die jeweiligen Rollen, Artefakte und Events, welche die unterschiedlichen Skalierungsframeworks beschreiben.

Abschließend ist kritisch anzumerken, dass der Einsatz eines agilen Skalierungsframeworks voraussetzt, dass die einzelnen Teams bereits die grundlegenden agilen Techniken wie Scrum anwenden, da dies in den meisten Fällen die Basis für die Skalierung ist. Somit müssen Unternehmen im ersten Schritt die grundlegenden agilen Ansätze und Methoden teamübergreifend einführen, um im zweiten Schritt die Verbesserungspotentiale durch den Einsatz agiler Frameworks heben zu können.

LITERATURVERZEICHNIS

- Adelberger, Werner; Haft-Zboril, Nicole (2015): Systematischer Ansatz zur projekthaften Steuerung von Entwicklungskosten. In: *Controlling* 27 (1), S. 49–56.
- agile42 (2018): agile42 Enterprise Transition Framework. Online verfügbar unter <http://www.agile42.com/en/agile-transition/etf/>, zuletzt geprüft am 16.05.2017.
- Allesch, Raimund; Hosp, Josef; Prostednik, Daniel; Steiner, Martin (2009): EMV und funktionale Sicherheit. In: *e & i Elektrotechnik und Informationstechnik* 126 (6), 21–26. DOI: 10.1007/s00502-009-0649-z.
- Alqudah, Mashal; Razali, Rozilawati (2016): A Review of Scaling Agile Methods in Large Software Development. In: *International Journal on Advanced Science Engineering Information Technology* 6 (6), S. 828–837. Online verfügbar unter https://www.researchgate.net/profile/Mashal_Alqudah/publication/311916796_A_Review_of_Scaling_Agile_Methods_in_Large_Software_Development/links/58bc5de692851c471d5638f3/A-Review-of-Scaling-Agile-Methods-in-Large-Software-Development.pdf, zuletzt geprüft am 06.09.2017.
- Ambler, Scott (2013a): Agile and Regulatory Compliance. Online verfügbar unter <http://www.disciplinedagiledelivery.com/regulatorycompliance/>, zuletzt aktualisiert am 09.10.2013, zuletzt geprüft am 29.03.2018.
- Ambler, Scott (2014a): Geographically Distributed Agile Teams. Online verfügbar unter <http://www.disciplinedagiledelivery.com/agility-at-scale/geographically-distributed-agile-teams/>, zuletzt aktualisiert am 16.06.2016, zuletzt geprüft am 07.04.2018.
- Ambler, Scott (2014b): Managing Requirements Dependencies Between Agile Teams. Online verfügbar unter <http://www.disciplinedagiledelivery.com/managing-requirements-dependencies-between-agile-teams/>, zuletzt geprüft am 08.04.2018.
- Ambler, Scott (2014c): Managing Requirements Dependencies Between Agile and Lean Teams. Online verfügbar unter <http://www.disciplinedagiledelivery.com/managing-requirements-dependencies-between-agile-and-lean-teams/>, zuletzt geprüft am 08.04.2018.
- Ambler, Scott (2014d): Managing Requirements Dependencies Between Agile/Lean Teams and Traditional/Waterfall Teams. Online verfügbar unter <http://www.disciplinedagiledelivery.com/dependencies-agile-traditional/>, zuletzt geprüft am 08.04.2018.
- Ambler, Scott (2015a): Tactical Agility at Scale. Online verfügbar unter <http://www.disciplinedagiledelivery.com/agility-at-scale/tactical-agility-at-scale/>, zuletzt aktualisiert am 21.03.2018, zuletzt geprüft am 07.04.2018.
- Ambler, Scott (2015b): Program Management. Online verfügbar unter <http://www.disciplinedagiledelivery.com/agility-at-scale/program-management/>, zuletzt aktualisiert am 24.10.2016, zuletzt geprüft am 08.04.2018.
- Ambler, Scott (2015c): Release Management. Online verfügbar unter <http://www.disciplinedagiledelivery.com/release-management/>, zuletzt aktualisiert am 16.06.2017, zuletzt geprüft am 10.04.2018.
- Ambler, Scott (2015d): Product Management. Online verfügbar unter <http://www.disciplinedagiledelivery.com/agility-at-scale/product-management/>, zuletzt aktualisiert am 05.01.2018, zuletzt geprüft am 10.04.2018.
- Ambler, Scott W. (2013b): Enterprise Unified Process (EUP): Strategies for Enterprise Agile. Amblysoft Inc. Online verfügbar unter <http://www.enterpriseunifiedprocess.com/>, zuletzt aktualisiert am 28.01.2018, zuletzt geprüft am 28.03.18.
- Ambler, Scott W.; Lines, Mark (2012): *Disciplined Agile Delivery. A Practitioner's Guide to Agile Software Delivery in the Enterprise.* Foreword by Dave West. Upper Saddle River, N.J., London: IBM Press.
- Ambler, Scott W.; Lines, Mark (2017): *An Executive's Guide to Disciplined Agile: Winning the Race to Business Agility.* Winning the Race to Business Agility: CreateSpace Independent Publishing Platform.
- Anderson, A. H.; McEwan, R.; Bal, J.; Carletta, J. (2007): Virtual team meetings. An analysis of communication and context. In: *Computers in Human Behavior* 23 (5), S. 2558–2580. DOI: 10.1016/j.chb.2007.01.001.
- Arnold, Woody (2015): What's the difference between the Nexus Framework and other Scaled Scrum Frameworks? Online verfügbar unter <https://www.quora.com/Whats-the-difference-between-the-Nexus-Framework-and-other-Scaled-Scrum-Frameworks>, zuletzt geprüft am 11.04.2018.
- Artelt, Dirk; Leonhard, Sebastian (2017): F&E zwischen Kreativität und Wirtschaftlichkeit. In: *Controlling & Management Review* 61 (3), S. 8–15.
- Beck, Kent; Beedle, Mike; van Bennekum, Arie; Cockburn, Alistair; Cunningham, Ward; Fowler, Martin et al. (2001): *Manifesto for Agile Software Development.* Online verfügbar unter <http://agilemanifesto.org/>, zuletzt aktualisiert am 01.09.2016, zuletzt geprüft am 01.08.2017.
- Beck, Peter; Gärtner, Markus; Mathis, Christoph; Roock, Stefan; Schliep, Andras (o. J.): *ScALeD Agile Lean Development – Die Prinzipien.* Online verfügbar unter <http://scaledprinciples.org/de/>, zuletzt geprüft am 05.10.2017.
- Beedle, Mike; Enterprise Scrum Inc (2010): *Enterprise Scrum.* Enterprise Scrum Inc. Online verfügbar unter <http://www.enterprisescrum.com/enterprise-scrum/>, zuletzt geprüft am 30.05.2017.
- Bennett, Nathan; Lemoine, G. James (2014): What a difference a word makes: Understanding threats to performance in a VUCA world. In: *Business Horizons* 57 (3), S. 311–317.
- Bergen, Katja von (2016): *Projekt-Management: Agil ja - aber nicht um jeden Preis.* Online verfügbar unter <https://www.computerwoche.de/a/agil-ja-aber-nicht-um-jeden-preis,3325568>, zuletzt aktualisiert am 25.10.2016, zuletzt geprüft am 24.08.2017.
- Bourk, Simon; Kong, Patricia (2016): An Introduction to the Nexus™ Framework. In: *Scrum.org Whitepapers.* Online verfügbar unter https://s3.amazonaws.com/scrumorg-website-prod/drupal/2016-06/An%20Introduction%20to%20the%20Nexus%20Framework%20-%20June%202016_0.pdf, zuletzt geprüft am 13.04.2017.
- Brenner, Richard; Wunder, Stefan (2015): Scaled Agile Framework: Presentation and real world example. In: 2015 IEEE Eighth International Conference on Software Testing, Verification, and Validation Workshops (ICSTW). Proceedings : April 13-17, 2015, Graz, Austria. 2015 IEEE Eighth International Conference on Software Testing, Verification and Validation Workshops (ICSTW). Graz, Austria. [Piscataway, New Jersey]: IEEE, S. 1–2.

- Breu, Leo (2018): Wie Investments keine eigene "Kohle" kosten. In: *Produktion - Technik und Wirtschaft für die deutsche Industrie 57* (5), S. 6–7.
- cPrime. Inc. (2014): Agile Processes for Hardware Development. Unter Mitarbeit von Kevin Thompson, John Carter und Scott Elliott. Online verfügbar unter https://www.cprime.com/wp-content/uploads/woocommerce_uploads/2015/10/Agile-Processes-for-Hardware-Development-cPrime.pdf, zuletzt geprüft am 08.04.2018.
- Cron Technologies LLC (2017): FAST Agile™ Scaled Technology. Home. Online verfügbar unter <http://www.fast-agile.com/>.
- Czudek, Sacha (2015): Agile Modelle im Vergleich: Wo passt welches? SwissQ Consulting AG. Online verfügbar unter <http://swissq.it/de/agile/unternehmensweite-agilitaet-ein-muss/>, zuletzt geprüft am 31.05.2017.
- Daut, Patrick (2015): agile@scale: Do more with LeSS or be SAFe? Ansätze zur Skalierung - ein Überblick. In: Martin Engstler, Masud Fazal-Baqaie, Eckhart Hanser, Martin Mikusz und Alexander Volland (Hg.): *Projektmanagement und Vorgehensmodelle 2015. Hybride Projektstrukturen erfolgreich umsetzen. Gemeinsame Tagung der Fachgruppen Projektmanagement (WI-PM) und Vorgehensmodelle (WI-VM) im Fachgebiet Wirtschaftsinformatik der Gesellschaft für Informatik e.V. Elmshorn, 22.10.2015-23.10.2017. Gesellschaft für Informatik e.V. (GI). Bonn: Gesellschaft für Informatik e.V. (GI) (Lecture Notes in Informatics (LNI) Proceedings, Volume P-250)*, S. 159–167. Online verfügbar unter <https://subs.emis.de/LNI/Proceedings/Proceedings250/159.pdf>, zuletzt geprüft am 05.10.2017.
- Daut, Patrick (2016): Scaled Agile Framework - eine Entscheidungshilfe. Agil im Großen: Das richtige Framework für Sie. In: *Projekt Magazin* 14. Online verfügbar unter https://www.projektmagazin.de/artikel/agil-im-grossen-das-richtige-framework-fuer-sie_1111385, zuletzt geprüft am 19.05.2017.
- Disciplined Agile Consortium (2017): Disciplined Agile Consortium. Online verfügbar unter <https://disciplinedagiledelivery.wildapricot.org/>.
- Disciplined Agile Consortium (2018): Case Studies. Online verfügbar unter <https://disciplinedagileconsortium.org/Disciplined-Agile-Case-Study>, zuletzt geprüft am 29.03.2018.
- Dvir, Dov; Lipovetsky, Stan; Shenhar, Aaron; Tishler, Asher (1998): In search of project classification: a non-universal approach to project success factors. In: *Research policy* 27 (9), S. 915–935.
- Edwards, Dibbe (2018): Connecting hardware and software lifecycles to build the Internet of Things. Online verfügbar unter <https://www.ibm.com/blogs/internet-of-things/hardware-software-lifecycle/>, zuletzt geprüft am 08.04.2018.
- Etezadzadeh, Chirine (2016): Digitalization. In: Chirine Etezadzadeh (Hg.): *Smart City – Future City?* Wiesbaden: Springer Fachmedien Wiesbaden (essentials), S. 37–45.
- Francino, Yvette (2016): Large-scale agile frameworks compared: SAFe vs DAD. Online verfügbar unter <https://techbeacon.com/large-scale-agile-frameworks-compared-safe-vs-dad>, zuletzt aktualisiert am 16.10.2017, zuletzt geprüft am 16.10.2017.
- Furuhjelm, Jörgen; Segertoft, Johan; Justice, Joe; Sutherland, J. J. (2017): *Owning the Sky with Agile*. Scrum Inc.; Saab Aeronautics. Online verfügbar unter https://www.scruminc.com/wp-content/uploads/2017/02/Release-version_Owning-the-Sky-with-Agile.pdf.
- Gelec, Erdem; Wagner, Frank (2014): Future Trends and key challenges in R&D Management - Results of an empirical study within industrial R&D in Germany. In: *The R&D Management Conference. Management of Applied R&D. Connecting High Value Solutions with Future Markets. Proceedings. R&D Management Conference. Stuttgart, 03.06.2014-06.06.2014: Fraunhofer IAO; IAT Universität Stuttgart* (6), S. 920–926.
- Haller, Dominik (2014): „Agiles Projektmanagement – Projektentwicklung mit Scrum, Kanban & Co.“ – das Whitepaper zum Download. Online verfügbar unter <https://www.techdivision.com/blog/agiles-projektmanagement-projektentwicklung-mit-scrum-kanban-co-das-whitepaper-zum-download/>, zuletzt aktualisiert am 23.06.2014, zuletzt geprüft am 08.10.2017.
- Hanna, Rick; Kuhnert, Felix (2014): How to be No. 1. Facing future challenges in the automotive industry. PwC. Online verfügbar unter <http://www.pwc.com/gx/en/automotive/industry-publications-and-thought-leadership/assets/pwc-how-to-be-no-1-facing-future-challenges-in-the-automotive-industry.pdf>, zuletzt geprüft am 31.05.2017.
- Hastie, Shane (2014): Examining Different Approaches to Scaling Agile. Online verfügbar unter <https://www.infoq.com/news/2014/07/compare-agile-scaling>, zuletzt aktualisiert am 08.07.2014, zuletzt geprüft am 25.07.2017.
- Heikkilä, Ville T.; Paasivaara, Maria; Lassenius, Casper; Engblom, Christian (2013): Continuous Release Planning in a Large-Scale Scrum Development Organization at Ericsson. In: Wil van der Aalst, John Mylopoulos, Michael Rosemann, Michael J. Shaw, Clemens Szyperski, Hubert Baumeister und Barbara Weber (Hg.): *Agile processes in software engineering and extreme programming. 14th International Conference, XP 2013, Vienna, Austria, June 3-7, 2013. Proceedings, Bd. 149. 1st edition. New York: Springer (Lecture Notes in Business Information Processing, 149)*, S. 195–209, zuletzt geprüft am 25.04.2017.
- Hertel, Guido; Geister, Susanne; Konradt, Udo (2005): Managing virtual teams. A review of current empirical research. In: *Human Resource Management Review* 15 (1), S. 69–95. DOI: 10.1016/j.hmr.2005.01.002.
- Heusser, Matt (2014): Introducing the SCARE Method. Online verfügbar unter <http://itknowledgeexchange.techtarget.com/uncharted-waters/introducing-the-scare-method/>, zuletzt aktualisiert am 11.08.2014, zuletzt geprüft am 28.03.2018.
- Heusser, Matt (2015): Comparing scaling agile frameworks. CIO. Online verfügbar unter <http://www.cio.com/article/2974436/agile-development/comparing-scaling-agile-frameworks.html>, zuletzt aktualisiert am 21.08.2015, zuletzt geprüft am 31.05.2017.
- Highsmith, Jim (2001): *History: The Agile Manifesto*. Agile Alliance. Online verfügbar unter <http://agilemanifesto.org/history.html>, zuletzt aktualisiert am 01.09.2016, zuletzt geprüft am 11.08.2017.
- Hillenbrand, Martin (2012): Funktionale Sicherheit nach ISO 26262 in der Konzeptphase der Entwicklung von Elektrik/Elektronik Architekturen von Fahrzeugen: Universität Karlsruhe Universitätsbibliothek. Online verfügbar unter <https://books.google.de/books?id=IsUxPfoqjRoC>.
- Howard, Annie (2017): Case Study: Bosch Embracing Agility. Online verfügbar unter <https://www.scrumatscale.com/wp-content/uploads/Annie-Howard-Bosch-Slides.pdf>, zuletzt geprüft am 29.03.2018.
- it-agile GmbH (o. J.): *Agile Skalierung über die Prinzipien*. Online verfügbar unter <https://www.it-agile.de/wissen/agile-skalierung-ueber-die-prinzipien/>, zuletzt geprüft am 30.05.2017.
- Johansen, Agnar; Eik-Andresen, Petter; Dypvik Landmark, Andreas; Ekambaram, Anandasivakumar; Rolstadås, Asbjørn (2016): Value of Uncertainty: The Lost Opportunities in Large Projects. In: *Administrative Sciences* 6 (3), S. 11. DOI: 10.3390/admsci6030011.

- Kittel, Kai (2013): Agilität von Geschäftsprozessen trotz Compliance. In: *Wirtschaftsinformatik*, S. 967–981, zuletzt geprüft am 29.03.2018.
- Kniberg, Henrik; Ivarsson, Anders (2012): Scaling Agile @ Spotify. with Tribes, Squads, Chapters & Guilds. Online verfügbar unter <https://dl.dropboxusercontent.com/u/1018963/Articles/SpotifyScaling.pdf>, zuletzt geprüft am 20.04.2017.
- Komus, Ayelt (2017): Abschlussbericht: Status Quo Agile 2016/2017. 3. Studie über Erfolg und Anwendungsformen von agilen Methoden. Unter Mitarbeit von Scrum.org und GPM - Deutsche Gesellschaft für Projektmanagement e.V. Hochschule Koblenz University of Applied Sciences. Online verfügbar unter https://www.hs-koblenz.de/fileadmin/media/fb_wirtschaftswissenschaften/Forschung_Projekte/Forschungsprojekte/Status_Quo_Agile/Studie_2016/SQA-Abschlussbericht-de_V.1.01_-_Interessenten.pdf, zuletzt geprüft am 20.06.2017.
- Laanti, Maarit (2014): Characteristics and Principles of Scaled Agile. In: Torgeir Dingsøy, Nils Brede Moe, Roberto Tonelli, Steve Counsell, Cigdem Gencel und Kai Petersen (Hg.): *Agile Methods. Large-Scale Development, Refactoring, Testing, and Estimation*, Bd. 199. Cham: Springer International Publishing (Lecture Notes in Business Information Processing), S. 9–20.
- Lachmann & Rink (o. J.): Iterative Entwicklung. Online verfügbar unter <https://www.lachmann-rink.de/index.php/iterativ-entwickeln.html>, zuletzt geprüft am 08.10.2017.
- Laing, Sam (2013): SLIM - an agile scaling pattern. SLIM – Scrum Lean In Motion framework. Online verfügbar unter <https://www.growingagile.co.za/2013/08/slim-an-agile-scaling-pattern/>, zuletzt aktualisiert am 29.08.2013.
- Larman, Craig; Vodde, Bas; Jensen, Björn; Marquart, Alexander (2017): *Large-Scale Scrum. Scrum erfolgreich skalieren mit LeSS*. Heidelberg: dpunkt.verlag.
- LeadingAgile (2018): Considering Agile? Let us show you how to safely and pragmatically introduce agile into any size organization. Online verfügbar unter <https://www.leadingagile.com/>, zuletzt aktualisiert am 2018.
- Lee-Kelley, Liz; Sankey, Tim (2008): Global virtual teams for value creation and project success. A case study. In: *International Journal of Project Management* 26 (1), S. 51–62. DOI: 10.1016/j.ijproman.2007.08.010.
- Lima, Glaydson Luis Bertoze; Ferreira, Guilherme, Augusto Lopes; Saotome, Osamu; Cunha, Adilson Marques da; Dias, Luis Alberto Vieira (2015): Hardware Development: Agile and Co-Design. 2015 12th International Conference on Information Technology - New Generations. In: Shahram Latifi (Hg.): 2015 12th International Conference on Information Technology - New Generations (ITNG). 13 - 15 April 2015, Las Vegas, Nevada, USA. International Conference on Information Technology - New Generations; ITNG. Piscataway, NJ: IEEE.
- Linders, Ben (2016): Benefits of Agile Transformation at Barclays. Online verfügbar unter <https://disciplinedagileconsortium.org/resources/Pictures/Case%20studies/Benefits%20of%20Agile%20Transformation%20at%20Barclays.pdf>, zuletzt geprüft am 29.03.2018.
- Lines, Mark; Ambler, Scott (2012): Introduction to Disciplined Agile Delivery (DAD). Disciplined Agile Consortium. Online verfügbar unter <http://www.disciplinedagiledelivery.com/introduction-to-dad/>, zuletzt aktualisiert am 02.08.2017, zuletzt geprüft am 07.08.2017.
- Lines, Mark; Ambler, Scott (2017a): The Disciplined Agile (DA) Framework. A Foundation for Business Agility. Home. Disciplined Agile Consortium. Online verfügbar unter <http://www.disciplinedagiledelivery.com/>, zuletzt geprüft am 07.08.2017.
- Lines, Mark; Ambler, Scott (2017b): The Disciplined Agile Enterprise (DAE). Disciplined Agile Consortium. Online verfügbar unter <http://www.disciplinedagiledelivery.com/dae/>, zuletzt geprüft am 07.08.2017.
- Lines, Mark; Ambler, Scott (2017c): The Disciplined Agile (DA) Framework. Disciplined Agile Consortium. Online verfügbar unter <http://www.disciplinedagiledelivery.com/agility-at-scale/disciplined-agile-2/>, zuletzt aktualisiert am 05.10.2017, zuletzt geprüft am 21.10.2017.
- Lines, Mark; Ambler, Scott (2018): Continuous Improvement. Online verfügbar unter <http://www.disciplinedagiledelivery.com/agility-at-scale/continuous-improvement/>, zuletzt aktualisiert am 22.01.2018, zuletzt geprüft am 29.03.2018.
- Malone, Thomas; Crowsten, Kevin (1994): The Interdisciplinary Study of Coordination. In: *ACM Computing Surveys (CSUR)* 26 (1), S. 87–119. Online verfügbar unter <https://dspace.mit.edu/bitstream/handle/1721.1/2500/SWP-3630-31204001-CCS-157.pdf?sequence=1>, zuletzt geprüft am 10.08.2017.
- Maruping, Likoebe M.; Venkatesh, Viswanath; Agarwal, Ritu (2009): A Control Theory Perspective on Agile Methodology Use and Changing User Requirements. In: *Information Systems Research* 20 (3), S. 377–399. DOI: 10.1287/isre.1090.0238.
- Matharu, Gurpreet Singh; Mishra, Anju; Singh, Harmeet; Upadhyay, Priyanka (2015): Empirical Study of Agile Software Development Methodologies. In: *SIGSOFT Softw. Eng. Notes* 40 (1), S. 1–6. DOI: 10.1145/2693208.2693233.
- Mathis, Christoph (2016): SAFe. Das Scaled Agile Framework: Lean und Agile in großen Unternehmen skalieren. Unter Mitarbeit von Dean Leffingwell. 1. Auflage. Heidelberg: dpunkt.verlag.
- Mathis, Christoph; Fish, Stuart (2015): *Scaling Frameworks*. imprevu. München, 27.01.2015, zuletzt geprüft am 31.05.2017.
- Maxos (2016): Continuous Enterprise. Matrix of Services. Maxos. Online verfügbar unter http://www.continuousagile.com/unblock/ea_matrix.html, zuletzt aktualisiert am 19.12.2016.
- May, Andrew; Carter, Chris (2001): A case study of virtual team working in the European automotive industry. In: *International Journal of Industrial Ergonomics* 27 (3), S. 171–186. DOI: 10.1016/S0169-8141(00)00048-2.
- Merel, Peter (2016): XSCALE. Blueprint for an Agile Organization. Online verfügbar unter <http://xscale.wiki/#Solution%20Constraint>, zuletzt aktualisiert am 04.09.2017, zuletzt geprüft am 28.03.2018.
- Miller, Stefan (2006): Rückwärts- und Vorwärtsgerichtete Verfolgung von Fehlern für die modellbasierte Entwicklung eingebetteter Systeme. In: *GI Jahrestagung* (2), S. 210–214.
- Moe, Nils Brede; Olsson, Helena Holmström; Dingsøy, Torgeir (2016): Trends in Large-Scale Agile Development: A Summary of the 4th Workshop at XP2016. In: Peggy Gregory und Katie Taylor (Hg.): *Proceedings of the XP2016 Scientific Workshops*. Edinburgh, Scotland, May 24, 2016. the Scientific Workshop XP2016. Edinburgh, Scotland, UK, 24.05.2016 - 24.05.2016. New York, NY, USA: ACM (ICPS: ACM international conference proceeding series), S. 1–4, zuletzt geprüft am 07.07.2017.
- Morin, Ola (2015): Get your big organization up to speed. The Scaling Agile Model. In: *Scalare Magazine* (1), S. 7–9, zuletzt geprüft am 13.07.2017.
- Müller, Markus; Hörmann, Klaus; Dittmann, Lars; Zimmer, Jörg (2017): Stufenweise. Automotive SPICE: Agilität bei Autobauern. In: *iX Special. Magazin für professionelle Informationstechnik - Sonderheft*. iX. Hannover: Heise, Christian; Heise, Ansgar, 96-100.

- Nerur, Sridhar; Mahapatra, RadhaKanta; Mangalaraj, George (2005): Challenges of migrating to agile methodologies. In: *Commun. ACM* 48 (5), S. 72–78. DOI: 10.1145/1060710.1060712.
- Niederer, H. (2003): Von der Idee zur Produktion. Contributor-Konzept. In: *MegaLink* 10, S. 28–29.
- Peters, Steven; Chun, Jung-Hoon; Lanza, Gisela (2016): Digitalization of automotive industry – scenarios for future manufacturing. In: *Manufacturing Rev.* 3, S. 1. DOI: 10.1051/mfreview/2015030.
- Picot, Arnold; Baumann, Oliver (2007): Modularität in der verteilten Entwicklung komplexer Systeme: Chancen, Grenzen, Implikationen. In: *Journal für Betriebswirtschaft* 57 (3), S. 221–246. DOI: 10.1007/s11301-007-0029-8.
- Prowareness GmbH (2015): Agil skalieren. Online verfügbar unter <https://www.scrum.de/agil-skalieren/>, zuletzt aktualisiert am 28.09.2015, zuletzt geprüft am 30.05.2017.
- Rahimian, Vahid; Ramsin, Raman (2008): Designing an Agile Methodology for Mobile Software Development: A Hybrid Method Engineering Approach. In: Colette Rolland, Martine Collard, Oscar Pastor, André Flory und Jean Louis Cavarero (Hg.): *Research Challenges in Information Science. The Second International Conference on. RCIS 2008. Marrakesch, Marokko, 03.06.2008-06.06.2008*: IEEE, S. 337–342. Online verfügbar unter http://sharif.edu/~ramsin/index_files/Publications_PDF/Rahimian_Ramsin_RCIS_2008_Methodology_Mobile_Software_Hybrid.pdf, zuletzt geprüft am 17.10.2017.
- Rook, Stefan (2014): Agile Skalierung. Was Sie als Führungskraft wissen müssen. Version 2. Online verfügbar unter https://www.it-agile.de/fileadmin/docs/Whitepaper/Agile_Skalierung_f%C3%BCr_F%C3%BChrungskr%C3%A4fte_V2.pdf, zuletzt geprüft am 28.03.2018.
- Rook, Stefan; Wolf, Henning (2016): *Scrum - verstehen und erfolgreich einsetzen*. 1. Aufl. Heidelberg, Neckar: dpunkt.verlag (it-agile).
- Scaled Agile, Inc. (2017a): Scaled Agile Framework – SAFe for Lean Enterprises. Online verfügbar unter <http://www.scaledagileframework.com/#>, zuletzt geprüft am 04.08.2017.
- Scaled Agile, Inc. (2017b): What is SAFe? Online verfügbar unter <http://www.scaledagileframework.com/what-is-safe/>, zuletzt aktualisiert am 21.06.2017, zuletzt geprüft am 04.08.2017.
- Scaled Agile, Inc. (2017c): What's new in SAFe 4.5? Online verfügbar unter <http://www.scaledagileframework.com/whats-new-in-safe-45/>, zuletzt aktualisiert am 22.06.2017, zuletzt geprüft am 04.08.2017.
- Scaled Agile, Inc. (2017d): Why do Businesses Need SAFe? Online verfügbar unter <http://www.scaledagileframework.com/why-safe/>, zuletzt geprüft am 17.10.2017.
- Scaled Agile, Inc. (2017e): Iterations. Online verfügbar unter <http://www.scaledagileframework.com/iterations/>, zuletzt aktualisiert am 08.06.2017, zuletzt geprüft am 09.08.2017.
- Scaled Agile, Inc. (2017f): PI Planning. Online verfügbar unter <http://www.scaledagileframework.com/pi-planning/>, zuletzt aktualisiert am 14.07.2017, zuletzt geprüft am 09.08.2017.
- Scaled Agile, Inc. (2017g): Innovation and Planning Iteration. Online verfügbar unter <http://www.scaledagileframework.com/innovation-and-planning-iteration/>, zuletzt aktualisiert am 17.07.2017, zuletzt geprüft am 16.10.2017.
- Scaled Agile, Inc. (2017h): Roadmap. Online verfügbar unter <http://www.scaledagileframework.com/roadmap/>, zuletzt aktualisiert am 19.07.2017, zuletzt geprüft am 21.10.2017.
- Scaled Agile, Inc. (2017i): Achieving Regulatory and Industry Standards Compliance with the Scaled Agile Framework (SAFe). A Scaled Agile, Inc. White Paper. Online verfügbar unter https://www.scaledagileframework.com/wp-content/uploads/delightful-downloads/2017/10/White_Paper_Compliance_04-08-17-1.pdf, zuletzt geprüft am 29.03.2017.
- Scaled Agile, Inc. (2017j): Agile Release Train. Online verfügbar unter <http://www.scaledagileframework.com/agile-release-train/>, zuletzt aktualisiert am 12.09.2017, zuletzt geprüft am 15.10.2017.
- Scaled Agile, Inc. (2017k): Solution Train. Online verfügbar unter <http://www.scaledagileframework.com/solution-train/>, zuletzt aktualisiert am 16.09.2017, zuletzt geprüft am 19.10.2017.
- Scaled Agile, Inc. (2017l): Agile Teams. Online verfügbar unter <http://www.scaledagileframework.com/agile-teams/>, zuletzt aktualisiert am 19.09.2017, zuletzt geprüft am 16.10.2017.
- Scaled Agile, Inc. (2017m): Iteration Execution. Online verfügbar unter <http://www.scaledagileframework.com/iteration-execution/>, zuletzt aktualisiert am 26.09.2017, zuletzt geprüft am 17.10.2017.
- Scaled Agile, Inc. (2017n): Program Increment. Online verfügbar unter <http://www.scaledagileframework.com/program-increment/>, zuletzt aktualisiert am 26.09.2017, zuletzt geprüft am 15.10.2017.
- Scaled Agile, Inc. (2017o): Architectural Runway. Online verfügbar unter <http://www.scaledagileframework.com/architectural-runway/>, zuletzt aktualisiert am 11.10.2017, zuletzt geprüft am 16.10.2017.
- Scaled Agile, Inc. (2017p): Customer. Online verfügbar unter <http://www.scaledagileframework.com/customer/>, zuletzt aktualisiert am 12.10.2017, zuletzt geprüft am 15.10.2017.
- Scaled Agile, Inc. (2017q): Core Values. Online verfügbar unter <http://www.scaledagileframework.com/safe-core-values/>, zuletzt aktualisiert am 21.10.2017, zuletzt geprüft am 23.10.2017.
- Scaled Agile, Inc. (2017r): Communities of Practice. Online verfügbar unter <http://www.scaledagileframework.com/communities-of-practice/>, zuletzt aktualisiert am 25.10.2017, zuletzt geprüft am 27.10.2017.
- Scaled Agile, Inc. (2018): Case Studies. Online verfügbar unter <https://www.scaledagileframework.com/case-studies/>, zuletzt geprüft am 29.03.2018.
- Schäuffele, Jörg (2016): *Automotive Software Engineering. Grundlagen, Prozesse, Methoden und Werkzeuge effizient einsetzen*. 6. Auflage. Wiesbaden: Springer Vieweg (ATZ/MTZ-Fachbuch).
- Schiller, Fabian (2016): Agile Skalierung? Kein Problem! - Das LeSS-Framework. Online verfügbar unter <https://www.informatik-aktuell.de/management-und-recht/projektmanagement/agile-skalierung-kein-problem-das-less-framework.html>, zuletzt aktualisiert am 12.04.2016, zuletzt geprüft am 05.10.2017.
- Schuh, Günther; Hoffmann, Jörg; Gruber, Marie; Zeller, Violett (2017): Managing IT complexity in the manufacturing industry: an agenda for action. In: *Journal on Systemics, Cybernetics and Informatics* 15, S. 61–65.
- Schwaber, Ken; Scrum.org (2018a): Nexus™ Guide. Der gültige Leitfaden zur Skalierung von Scrum mit dem Nexus: Die Spielregeln. Unter Mitarbeit von Stefan Mieth, Pascal Naujoks und Florian Sauter. Scrum.org. Online verfügbar unter <https://scrumorg-website-prod.s3.amazonaws.com/drupal/2018-01/2018-Nexus-Guide-German.pdf?nexus-file=https%3A%2F%2Fscrumorg-website-prod.s3.amazonaws.com%2Fdrupal%2F2018-01%2F2018-Nexus-Guide-German.pdf>, zuletzt geprüft am 13.04.2017.
- Schwaber, Ken; Scrum.org (2018b): Online Nexus Guide. Nexus™ Guide. The Definitive Guide to Nexus: The Rules of the Game. Scrum.org. Online verfügbar unter <https://www.scrum.org/resources/online-nexus-guide>, zuletzt geprüft am 28.03.2018.
- Schwaber, Ken; Sutherland, Jeff (2016): *Der Scrum Guide. Der gültige Leitfaden für Scrum: Die Spielregeln*. Online verfügbar unter

- <http://www.scrumguides.org/docs/scrumguide/v2016/2016-Scrum-Guide-German.pdf>, zuletzt geprüft am 24.05.2017.
- Scott Ambler + Associates (2016): ENTERPRISE AGILE TRANSFORMATION: A PRODUCT COMPANY'S SUCCESSFUL ADOPTION OF DISCIPLINED AGILE. Better Quality | Quicker Time to Market | Dependable Delivery. Online verfügbar unter <https://disciplinedagileconsortium.org/resources/Pictures/Case%20studies/Approved%20Open%20Link%20Case%20Study.pdf>, zuletzt geprüft am 29.03.2018.
- Scrum Inc. (2017): Scrum Training & Certification. Online verfügbar unter <https://www.scruminc.com/>, zuletzt geprüft am 30.10.2017.
- Scrum.org (2018): Scaling Scrum with Nexus™. Online verfügbar unter <https://www.scrum.org/resources/scaling-scrum>, zuletzt aktualisiert am 04.08.2017, zuletzt geprüft am 07.08.2017.
- Scrum@Scale (2018): Scrum@Scale Case Study Library. Latest Scrum@Scale Case Studies. Online verfügbar unter <https://www.scrumatscale.com/case-study-library/>, zuletzt geprüft am 29.03.2018.
- Sekitoleko, Nelson; Evbota, Felix; Knauss, Eric; Sandberg, Anna; Chaudron, Michel; Olsson, Helena Holmström (2014): Technical Dependency Challenges in Large-Scale Agile Software Development. In: Wil van der Aalst, John Mylopoulos, Michael Rosemann, Michael J. Shaw, Clemens Szyperski, Giovanni Cantone und Michele Marchesi (Hg.): Agile processes in software engineering and extreme programming, 15th International Conference, XP 2014, Rome, Italy, May 26-30, 2014, Proceedings, Bd. 179. 1st edition. New York: Springer (Lecture Notes in Business Information Processing, 179), S. 46–61. Online verfügbar unter <https://pdfs.semanticscholar.org/be84/33ce71d15c5ea93c0a1f6c29d89a373f6835.pdf>, zuletzt geprüft am 10.08.2017.
- Smet, Jurgen de (2018): Agfa Healthcare. Online verfügbar unter <https://less.works/case-studies/agfa-healthcare.html>, zuletzt geprüft am 29.03.2018.
- Smits, Hubert (2008): 5 Levels of Agile Planning: From Enterprise Product Vision to Team Stand-up. Whitepaper. Rally Software Development Corporation. Online verfügbar unter <http://121.199.48.50/downloads/Five%20Levels%20of%20Agile%20Planning.pdf>.
- Sofer, Elad (2018): VeSecurity. LeSS Adoption for a Safety & Security Management Product. Online verfügbar unter <https://less.works/case-studies/vsecurity.html>, zuletzt geprüft am 29.03.2018.
- Stelzhammer, Markus; Wolter, Olaf (2017): Praxisbeispiel: Agiles Qualitätsmanagement der Siemens AG – Wie wir künftig Qualität managen. In: Peter F.-J. Niemann und Andre M. Schmutte (Hg.): Managemententscheidungen: Methoden, Handlungsempfehlungen, Best Practices. Wiesbaden: Springer Fachmedien Wiesbaden, S. 463–474.
- Strumberger, Klaus (2016): IT-Strategie für Unternehmenserfolg. Das ist die "IT der Zukunft". In: *marconomy.de*.
- Suomalainen, Tanja; Kuusela, Raija; Tihinen, Maarit (2015): Continuous planning: an important aspect of agile and lean development. In: *IJASM* 8 (2), S. 132–162. DOI: 10.1504/IJASM.2015.070607.
- Sutherland, Jeff (2014): Scrum Inc @ Agile2014. Scrum Inc. Online verfügbar unter <https://www.scruminc.com/agile2014/>, zuletzt aktualisiert am 27.07.2014, zuletzt geprüft am 07.08.2017.
- Sutherland, Jeff (2017): The Shu Ha Ri of Scaling. 30 Years of Large-Scale Agile Transitions. Scrum Inc. Scrum Gathering San Diego Apr 2017. San Diego, April 2017. Online verfügbar unter <https://www.scruminc.com/wp-content/uploads/2017/04/Scrum-at-Scale-Keynote-Scrum-Gathering-Apr-2017.pdf>, zuletzt geprüft am 19.09.2017.
- Sutherland, Jeff; Brown, Alex (2014): Scrum at Scale. Go Modular for Greater Success. Agile Alliance. Agile2014. Orlando, 30.07.2014. Online verfügbar unter <https://www.scruminc.com/wp-content/uploads/2014/07/Scrum-at-Scale-A-Modular-Approach.pdf>, zuletzt geprüft am 07.08.2017.
- Sutherland, Jeff; Scrum Inc. (2018): The Scrum@Scale Guide. The Definitive Guide to Scrum@Scale: Scaling that Works. Online verfügbar unter <https://www.scrumatscale.com/wp-content/uploads/Scrum@Scale-Guide.pdf>, zuletzt aktualisiert am 10.02.2018, zuletzt geprüft am 28.03.2018.
- Sutherland, Jeff; Sutherland, J. J.; Justice, Joe (2015): Scrum at Scale III. Expanding the Scaling Conversion. Scrum Inc., 05.02.2015. Online verfügbar unter <https://34slpa7u66f159hfp1fh9aur1-wpengine.netdna-ssl.com/wp-content/uploads/2015/02/Scrum-at-Scale-Pt-III-Slides.pdf>, zuletzt geprüft am 26.04.2017.
- Tarnowski, Michael (2007): Das Beste aus unterschiedlichen Welten. Mögliche Kombination von Prozess- und Metrikmodellen. In: *Qualität und Zuverlässigkeit* 52, S. 16–19.
- The LeSS Company B.V. (2017a): About LeSS - Large Scale Scrum (LeSS). Online verfügbar unter <https://less.works/de/resources/about.html#AboutLeSS>, zuletzt geprüft am 07.08.2017.
- The LeSS Company B.V. (2017b): LeSS Framework. Online verfügbar unter <https://less.works/de/less/framework/index.html>, zuletzt geprüft am 07.08.2017.
- The LeSS Company B.V. (2017c): LeSS Rules (April 2017). Online verfügbar unter <https://less.works/de/less/rules/index.html>, zuletzt geprüft am 07.08.2017.
- The LeSS Company B.V. (2017d): Overview - Large Scale Scrum (LeSS). Online verfügbar unter <https://less.works/de>, zuletzt geprüft am 05.10.2017.
- The LeSS Company B.V. (2017e): Prinzipien. Online verfügbar unter <https://less.works/de/less/principles/index.html>, zuletzt geprüft am 07.08.2017.
- The LeSS Company B.V. (2018a): Communities. Online verfügbar unter <https://less.works/less/structure/communities.html>, zuletzt geprüft am 29.03.2018.
- The LeSS Company B.V. (2018b): Coordination & Integration. Online verfügbar unter <https://less.works/less/framework/coordination-and-integration.html>, zuletzt geprüft am 29.03.2018.
- The LeSS Company B.V. (2018c): Daily Scrum. Online verfügbar unter <https://less.works/de/less/framework/daily-scrum.html>, zuletzt geprüft am 10.04.2018.
- The LeSS Company B.V. (2018d): LeSS Case Studies. Online verfügbar unter <https://less.works/case-studies/index.html>, zuletzt geprüft am 28.03.2018.
- The LeSS Company B.V. (2018e): Multi-Site Teams: Terms & Tips. Online verfügbar unter <https://less.works/de/less/framework/introduction.html#%E2%80%A2Multi-SiteTeams:Terms&Tips%E2%80%A2>, zuletzt geprüft am 07.04.2018.
- The LeSS Company B.V. (2018f): Product Backlog Refinement. Online verfügbar unter <https://less.works/de/less/framework/product-backlog-refinement.html>, zuletzt geprüft am 08.04.2018.
- The LeSS Company B.V. (2018g): Queuing Theory. Online verfügbar unter https://less.works/de/less/principles/queuing_theory.html, zuletzt geprüft am 10.04.2018.
- The LeSS Company B.V. (2018h): Sprint. Online verfügbar unter <https://less.works/de/less/framework/sprint.html>, zuletzt geprüft am 08.04.2018.
- The LeSS Company B.V. (2018i): Sprint Review. Online verfügbar unter <https://less.works/less/framework/sprint-review.html>.

- Theunissen, W. H.; Kourie, Derrick G.; Watson, Bruce W. (2003): Standards and Agile Software Development. In: Proceedings of the 2003 annual research conference of the South African institute of computer scientists and information technologists on Enablement through technology: South African Institute for Computer Scientists and Information Technologists.
- Thommen, Jean-Paul; Ruoff, Michèle (2016): Beyond Industrie 4.0. In: *Wenn die Technologie das Managementverständnis verändert* 31 (2), S. 66–72.
- Torry-Smith, Jonas Mørkeberg; Mortensen, Niels Henrik; Achiche, Sofiane (2014): A proposal for a classification of product-related dependencies in development of mechatronic products. In: *Research in Engineering Design* 25 (1), S. 53–74. DOI: 10.1007/s00163-013-0161-5.
- Verheyen, Gunther (2013): Agility Path. Online verfügbar unter https://de.slideshare.net/Ullizee/agility-path/3-Scrumorg_All_Rights_Reserved_33400166127122185 Under, zuletzt aktualisiert am 17.07.2013, zuletzt geprüft am 15.05.2017.
- VersionOne (2017): The 11th Annual State of Agile Report. VersionOne Inc. Online verfügbar unter <https://explore.versionone.com/state-of-agile/versionone-11th-annual-state-of-agile-report-2>, zuletzt geprüft am 19.05.2017.
- Weber, Sergej (2015): Agile in Automotive – State of Practice 2015. Kugler Maag Cie GmbH. Online verfügbar unter http://www.kuglermaag.de/fileadmin/05_CONTENT_PDF/2-22_agile-automotive_survey-2015.pdf, zuletzt geprüft am 21.08.2017.
- Wolfig, Roland (2016a): Agile in the Automotive Industry. BEYA. Online verfügbar unter <https://beya.io/2016/03/agile-in-the-automotive-industry/>, zuletzt aktualisiert am 16.03.2016, zuletzt geprüft am 24.08.2017.
- Wolfig, Roland (2016b): ASPICE and Agile - can it work? | BEYA. Online verfügbar unter <https://beya.io/2016/05/aspice-and-agile-can-it-work/>, zuletzt aktualisiert am 17.05.2016, zuletzt geprüft am 21.09.2017.
- Yakyma, Alex; Koehnemann, Harry (2016): Building Complex Systems with SAFe. Online verfügbar unter <https://blog.versionone.com/building-complex-systems-with-safe-scaled-agile-framework/>, zuletzt aktualisiert am 10.03.2016, zuletzt geprüft am 15.10.2017.

Abbildung einer komplexen Transaktion anhand der Richtlinien von SAP Fiori

Prototypische Abbildung einer individuellen Kundenanfrage

Marcel Möller
Hochschule Fulda
Leipziger Str 123
36037 Fulda
marcel.moeller@cs.hs-fulda.de

Prof. Dr. Norbert Ketterer Hochschule
Fulda
Leipziger Str 123
36037 Fulda
norbert.ketterer@cs.hs-fulda.de

ABSTRACT

In dieser Arbeit wird exemplarisch an Hand des Vorgehensmodells von SAP Fiori die Erstellung einer komplexen Transaktion zur Implementierung einer individuellen Kundenanfrage als Fiori-App dargestellt. Der Fokus der Darstellung liegt dabei an der direkten Gegenüberstellung der Entwicklungsschritte mit dem Vorgehensmodell für die Entwicklung einer Fiori-App. Diese Arbeit basiert auf einer Bachelorarbeit, die unter Betreuung der Hochschule Fulda und der STI Group durchgeführt wurde.

Keywords

SAP-ECC, SAP Fiori, SAP UI5, ODATA, Betriebliche Anwendungen

EINLEITUNG

Nach Englbrecht und Wegelin[1](S.26) betrachten die meisten Entwickler von Benutzeroberflächen die Anwendung oft aus technischer Sicht, sodass Oberflächen mit Funktionen überladen werden, die dann auch dem Endanwender angeboten werden, obwohl dieser die Funktionen oftmals gar nicht alle benötigt. Als Konsequenz werden dann oft Inhalte und Funktionen deaktiviert oder es tauchen gar Fehlermeldungen für fehlende Berechtigungen auf, die dieser Anwender weder besitzt noch benötigt. Die Verlagerung von Anwendungen in die browser-basierten Fioris kann einen Schritt in Richtung Verbesserung der Mensch-Maschine-Kommunikation darstellen, denn es entsteht eine neue Art, wie Anwendungen mit dem Anwender kommunizieren, um dessen Arbeit zu unterstützen.

Weitere Beweggründe für SAP Fiori sind nach Galer [2] zum einen die Attraktivität eines schnellen Zugriffs auf täglich wichtige Information, wodurch zum Beispiel ein Anwender auch außerhalb des Büros auf für ihn relevante Daten zugreifen kann. Zum Anderen sind Wartezeiten auf Genehmigungen somit verkürzbar, weil auch Vorgesetzte von unterwegs

sofortigen Zugriff auf die nötigen Daten besitzen und Transaktionen über Fioris durchführen kann.

In dieser Arbeit wird das Vorgehensmodell vorgestellt, gegen die Infrastruktur eines Unternehmens abgeglichen und dann die Entwicklung einer komplexen Transaktion für das Unternehmen in einer UI5-/ Fiori-Plattform skizziert. Dies beinhaltet auch die Nutzung des MVC-Patterns, der spezifischen UI5-Libraries und die Frage der Mock-Daten.

PROBLEMDEFINITION

Es soll eine Applikation im Fiori-Umfeld erstellt werden, wobei eine komplexe Transaktion des Unternehmens abzulösen ist. Hierbei ist insbesondere auch eine Entscheidung über den technischen Transaktionstyp (wie Fiori-Master-Detail, UI5) zu treffen. Das Problem der Abbildung der Transaktion kann in die folgenden Teilprobleme gegliedert werden:

1. **Integration in die aktuelle Unternehmensinfrastruktur:** Zunächst müssen alle vorhandenen Architekturkomponenten aufgenommen und dann geprüft werden, ob eine Implementierung von SAP Fiori überhaupt möglich ist. Dies ist zwar ein notwendiger Schritt, der in dieser Veröffentlichung aber nicht weiter detailliert werden soll.
2. **Vorgehensmodell ableiten:** Ein wesentliches Problem dieser Arbeit stellt die Ableitung eines Vorgehensmodells mit anschließender Verifikation in Form eines Prototypens dar.
3. **Abbildung der aktuellen Kundenanfrage:** Zur Verifikation des Vorgehensmodells soll die Kundenanfrage implementiert werden. Es muss kritisch betrachtet werden, ob die entwickelte Vorgehensweise eine Abbildung der speziellen Kundenanfrage in aktueller Form als Fiori-Applikation überhaupt möglich ist. Die Einhaltung der Grundsätze und Richtlinien von SAP Fiori und SAP UI5 sind ein zentraler Punkt, aber es sind auch einige technische Fragen abzudecken, beispielsweise werden variable Felder benötigt, um das Produkt zu beschreiben.

ENTWICKLUNG VORGEHENSMODELL

Grundlegende Eigenschaften SAP Fiori

Das Designkonzept von SAP Fiori beruht auf einer Kombination von fünf Kernprinzipien, die eine überzeugende Benutzererfahrung garantieren sollen [3]. Dabei handelt es sich

um die Grundsätze *rollenbasiert, responsive Design, einfach, kohärent* und *ansprechend*.

Dieses Konzept resultiert dann in folgenden Prinzipien [1] (S. 29 f.):

- Herunterbrechen komplexer Transaktionen zu aufgabenorientierten Teileinheiten
- Es werden nur noch Funktionen angeboten, die auch wirklich für den Arbeitsschritt in der jeweiligen Rolle benötigt werden
- Einhaltung der Designrichtlinien sowohl auf mobilem Endgerät sowie auf traditionellem PC
- Bearbeitung genau eines Anwendungsfalls mit einer SAP-Fiori-Anwendung Anwendungsfall und das auf einem von drei möglichen Screens (PC, Tablet, Handy)
- Standardisierte Oberflächengestaltung, die durch definierte konzeptionelle Applikationstypen und Interaktionsmuster sichergestellt wird
- Layoutdefinition durch den konzeptionellen Applikationstyp
- Interaktionsmuster definieren Aufbau und das Layout eines Bildschirms, welcher die Daten erfasst
- Anwendungsprozess muss klar durch die Anwendung abgebildet werden
- Anwendung soll intuitiv bedienbar sein

Der strukturelle Aufbau ist somit prinzipiell vordefiniert - dies drückt sich in drei unterschiedlichen Applikationstypen aus [1] (S. 36 f.):

- **transaktionale Applikationen:** taskorientierte Arbeitsabläufe, die einzelne Arbeitsschritte in wenigen Screens abbilden und letztlich Transaktionen im Backend ausführen
- **Factsheets (Infoblätter):** diese beinhalten Daten und Fakten zu spezifischen Geschäftsvorgängen und erlauben eine Navigation zu diesen Geschäftsvorgängen, wodurch immer detailreichere Information erlangt werden können; diese erfordern eine HANA-Datenbank im Backend
- **analytische Applikationen:** diese Applikationen liefern dem Nutzer Information in Echtzeit und werden über virtuelle Datenmodelle (VDM's) auf dem SAP HANA XS und dem KPI Modeler auf dem ABAP-Frontend-Server konfiguriert, erfordern also eine komplette HANA-Umgebung

Zur Entwicklung einer Fiori-App existieren drei verschiedene Umsetzungsstrategien: **ADOPT**, **ADAPT** und **DEVELOP**, die sich bezüglich des Grades der Anpassung unterscheiden: Nutzung bestehender App, Nutzung eines Extension-Points einer bestehenden App oder Neuprogrammierung einer App ([1](S. 78 f.)). Eine Fiori-Applikation kann dabei direkt bei der Erstellung als Fiori-Applikation ausgewiesen werden und folgt dann einer eher fixen Struktur (Master-Detail oder Worklist) oder kann frei als SAP UI5-Applikation entwickelt werden. Im ersten Fall muss die Verbindung zur Datenquelle (inklusive Datenbindung) bei der Erstellung der Applikation a-priori vorgegeben werden, im zweiten Fall ist dies nicht notwendig, die Applikation wird frei nach MVC-Pattern entwickelt. Das entsprechende Template ist Anfangs auszuwählen (Abbildung 4).

Design Guidelines

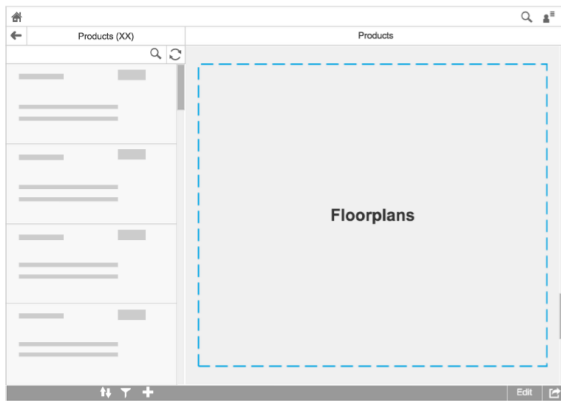
Um eine durchgängige Geräteunabhängigkeit zu gewährleisten, sollten nur UI-Controls verwendet werden, die einen Responsive Charakter haben ([1](S. 87 f.)). Es wird das Grid-Layout verwendet, die Maßeinheit ist künstlich zu *rem* definiert, um eine Pixel-Unabhängigkeit zu erhalten. Eine Schaltfläche ist dann 3x3 *rem* groß. Schriftarten sind nicht-serifal; es werden verschiedene Schriftarten verwendet, um mehrere Browser und Plattformen unterstützen zu können. Icons werden als Zeichen eingefügt - es existiert ein Icon-Explorer (<https://sapui5.hana.ondemand.com/iconExplorer.html>).

Über *Floorplans* wird der visuelle Aufbau der Fiori-Anwendung gesteuert, insbesondere wie die Anwendung aufgebaut, welche UI-Controls verwendet werden und wie die Navigation gestaltet werden soll (Abbildung 1).

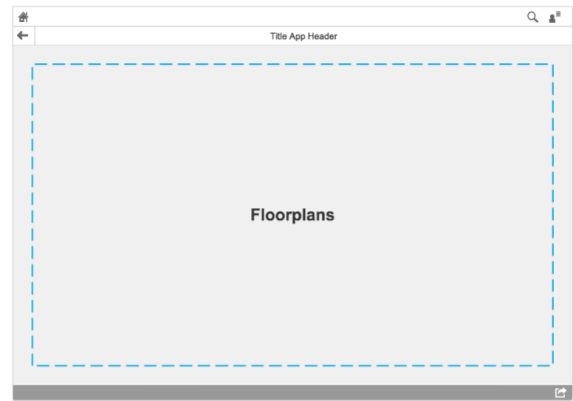
Das Split-Screen-Layout kommt dabei bei Anwendungen zum Einsatz, bei denen zur Navigation Listen verwendet werden. Verwendet wird dabei in aller Regel das Master-List-Designparadigma, bei dem links eine Auswahlliste steht und rechts das ausgewählte Element detailliert wird. In der Dokumentation von SAP zu den Fiori Design Guidelines [4] wird eine Nichtempfehlung für dieses Layout für die folgenden Fälle ausgesprochen: Das Split-Screen-Layout sei nicht zu empfehlen, wenn man verschiedene Attribute eines Objektes aus der Liste sehen will und diese mit Attributen weiterer Objekte vergleichen möchte. Außerdem sollte bei einem Betrachten eines einzigen Objekts aus verschiedenen Sichten auf ein anderes Layout zurückgegriffen werden.

Das Full-Screen-Layout hingegen wird für die Anzeige einer größeren Menge an Information empfohlen, es bietet dem Entwickler durch den komplett freien Bildschirm eine gewisse Flexibilität, da UI-Aspekte relativ frei positioniert werden können. Zu beachten sei jedoch, dass dieses Layout nicht per se responsive sei, weshalb der Entwickler dafür sorgen müsse, dass je nach Endgerät alles korrekt dargestellt wird [1](S. 98 ff.).

Die Dokumentation der SAP beschreibt ergänzend, dass man das Layout nicht verwenden soll, wenn man nur wenig Information darstellen möchte oder wenn man nicht weiß, wie man die darzustellende Information strukturieren soll [5]. Im zweiten Schritt werden durch die speziellen Floorplans der SAP die Layouts mit Inhalt gefüllt, ein Beispiel typischer Fortführungen zeigt Abbildung 2. Der Floorplan wäre bei Auswahl einer Fiori-Applikation bei der „Template Selection“ fix definiert, bei einer SAP UI5-App ist er zu spezifizieren oder wird durch die gewählte API bereits definiert. Die direkte Definition erfolgt über „sap.ui.layout.form.Form“ oder „sap.ui.layout.form.SimpleForm“.

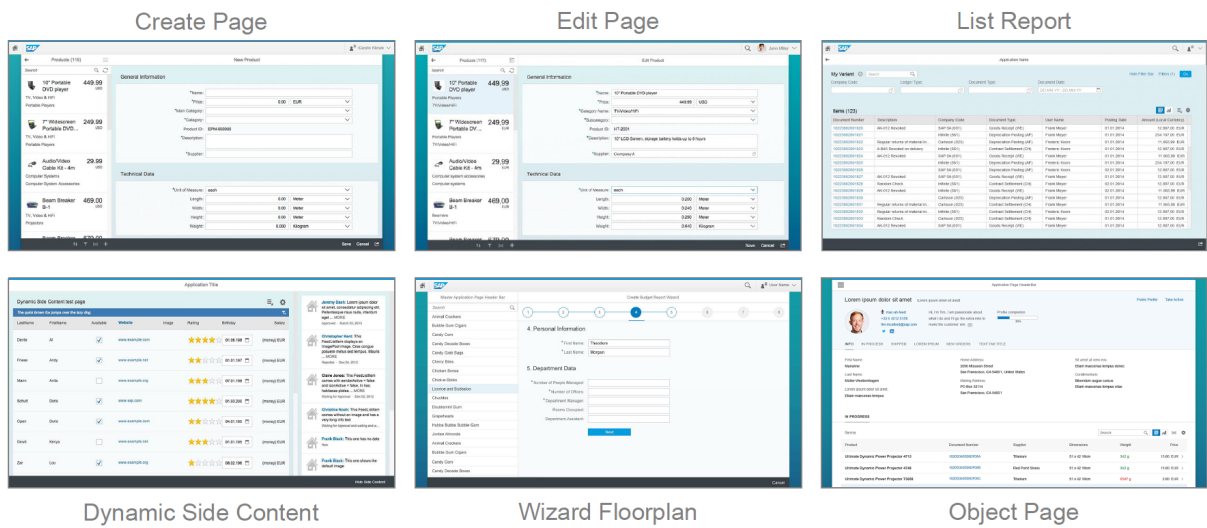


Split Screen Layout



Full Screen Layout

Abbildung 1: Seitenlayouts über Floorplans [6]



Dynamic Side Content

Wizard Floorplan

Object Page

Abbildung 2: Beispiele von Floorplänen [6]

Applikationsentwicklung

Applikationsstruktur

Die Applikationsentwicklung erfolgt via MVC-Pattern, die Nutzung dieses Patterns zeigt Abbildung 3, wobei die Komponenten prinzipiell dem üblichen MVC-Konzept entsprechen. Nach dem SAPUI SDK - Demokit [7] stehen Views und Controller aber oftmals in einer 1:1 - Beziehung zueinander. Dennoch sei die Bildung sog. „Applikationscontroller“ möglich, wenn Controller keine UI besitzen. Ebenfalls können Views ohne eigenen Controller erstellt werden, wie dies auch hier in der Entwicklung der eigenen Applikation erfolgen wird.

Wird eine neue Applikation angelegt, ist ein neues Projekt anzulegen. Dieses kann auf einem Template basieren oder auch auf einer Beispielapplikation. Wenn es sich nur um eine Erweiterung handelt, wird dies als Erweiterung spezifiziert - es muss hierfür in der Plattform der Service der „Web-IDE“ aufgerufen werden.

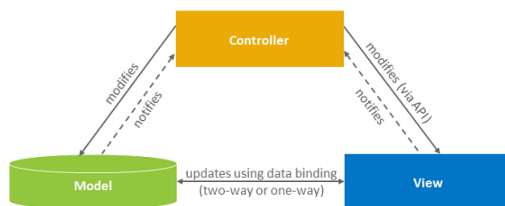


Abbildung 3: MVC Pattern in Fiori [7]

Soll ein Template verwendet werden, werden eine Reihe von Templates angeboten und es wird auch gezeigt, wie die Applikation später aussehen wird - außer es handelt sich um eine SAP UI5-Applikation. Ein Beispiel einer Auswahl des Templates und den prinzipiellen Preview für eine Fiori-Applikation zeigt Abbildung 4.

Danach wird die Datenverbindung angegeben, beispielsweise eine Service-URL oder auch nur eine Datei, je nachdem ob mit einem realen Backend oder nur mit Mock-Daten entwickelt werden soll. Nach Pflege von Applikationsparametern und insbesondere des „Data-Bindings“ wird die Codevorlage erstellt. Wäre statt eines Fiori nur ein SAP UI5-Template ausgewählt worden, wird nach Auswahl des View-Typs (XML, JSON, JavaScript, HTML) dann direkt die Codevorlage erstellt - empfohlen wird in [8] (S. 152 ff.) insbesondere der Viewtyp „XML“ - dieser Viewtyp erlaubt beispielsweise auch eine Nutzung des graphischen Layout Editors.

Soll statt einem Template eine Beispielapplikation verwendet werden, kann eine bestehende Applikation Basis für die Generierung der Codevorlage sein - dies bietet sich insbesondere an, wenn leichte Varianten einer Applikation erstellt werden sollen, da die Applikationen ja benutzerspezifischer zugeschnitten sein sollten. Hier wird dann direkt auf Basis der Vorlageapplikation die neue Codevorlage erstellt - siehe Abbildung 5.

Wird die Applikation ohne Vorlage erstellt, wird sofort die Codevorlage nach dem MVC-Pattern als Skelett erstellt und es kann auf dieser z.B. der Layout-Editor aufgerufen werden,

um dann dort Elemente (wie Buttons) zu platzieren und der Rest des Skeletts ausgefüllt werden. In der Detailebene ist die Applikation dann wie in Abbildung 6 aufgebaut:

- **manifest.json:** App-Einstellungen und wichtige Information, die zum Starten einer Applikation notwendig sind (z.B. auch die zu instanziiierenden Modelle sowie die Libraries) sowie zur Integration in das Launchpad.
- **root view (App.view.xml):** Link zu den Views
- **component.js:** Definition des Applikationssetups, die dort definierte *init*-Funktion wird automatisch beim Applikationsstart aufgerufen. Die Komponentenkategorie (hier „UIComponents“) wird erweitert.

Datenbindung

Um Änderungen synchron zu halten, wird eine Datenbindung verwendet [8] (S. 210 ff.); man kann dabei zwischen einer One-Way-, Two-Way- und One-Time-Datenbindung unterscheiden. Die One-Way-Datenbindung propagiert Änderungen vom Modell zur angebotenen Benutzeroberfläche, die Two-Way-Datenbindung propagiert die Änderung in beiden Richtungen. Bei der One-Time-Datenbindung findet dagegen die Aktualisierung nur einmalig statt.

Die SAP UI5-Basis innerhalb der Fiori-Entwicklung unterstützt bei der Implementierung der Datenbindung vier Modelltypen, wobei die Vorgehensweise bei der Implementierung des Data Bindings immer gleich ist: Nachdem Daten definiert worden sind, muss eine passende Instanz des passenden Modells erzeugt werden. Zuletzt müssen die Modellparameter an das UI-Control gebunden werden. Dabei kann die Datendefinition lokal erfolgen oder aus einem SAP-System stammen. Die vier Modelle haben verschiedene Standardbindungstypen: Das JSON Modell und das XML Modell nutzen das Two-Way-Binding, während das Resource Modell und das OData Modell den One-Way-Bindungstyp aufweisen. Je nach Wahl des Modells wird ein anderes Format für die Datei benötigt, sodass bspw. beim JSON Modell das JSON-Format verwendet wird.

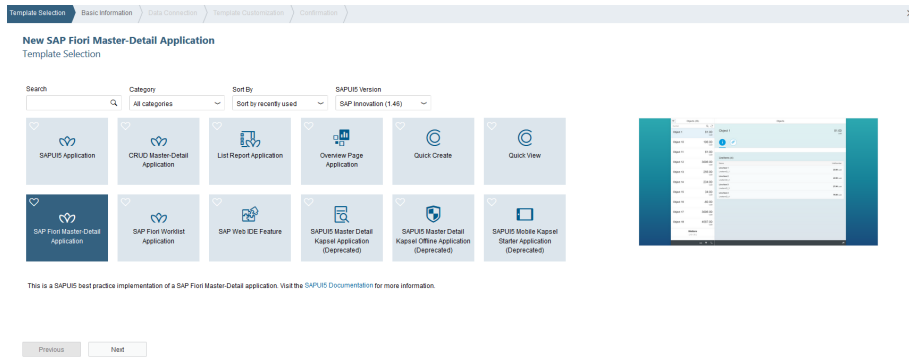


Abbildung 4: Auswahl Template in Fiori

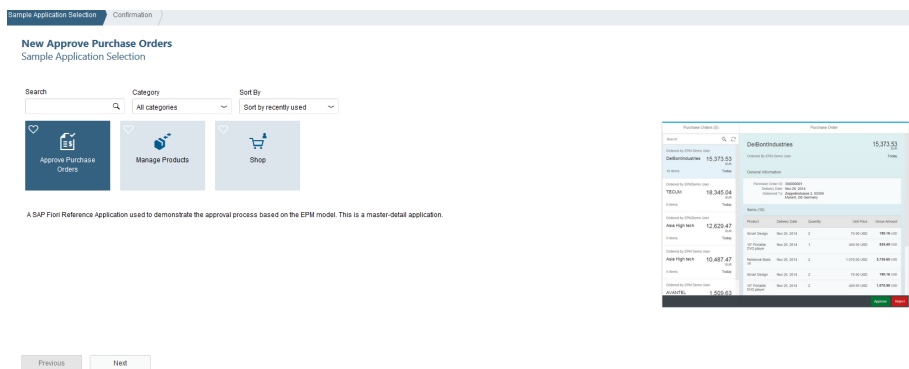


Abbildung 5: Erstellung einer Applikation auf Basis einer Vorlageapplikation

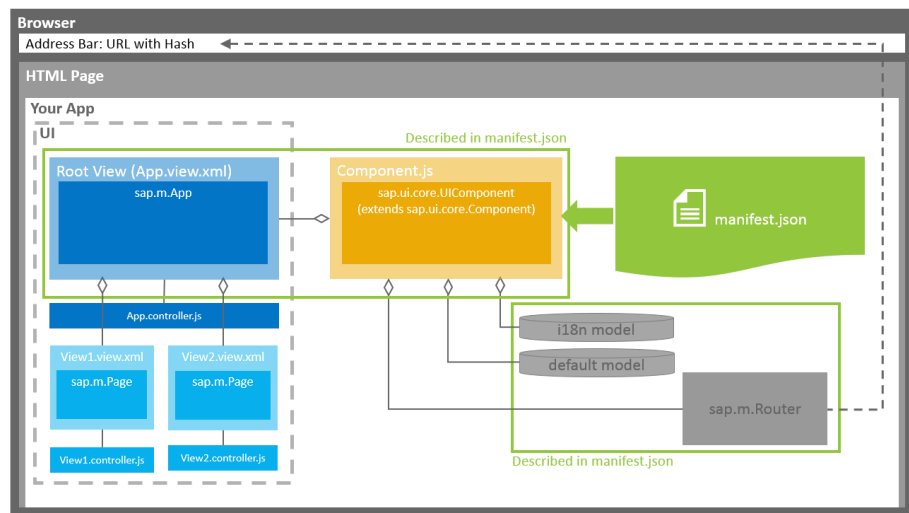


Abbildung 6: Struktur einer Applikation [9]

Bibliotheken

Das „UI5 Demo Kit - UI Development Toolkit for HTML5“ [10] informiert den Programmierer neben allgemeinen Dingen zur SAP UI5 - Entwicklung auch über die verschiedenen Bibliotheken, die während des Erstellens einer Applikation verwendet werden. Unter „API-References“ liefert insbesondere die Library „sap.m“ Responsive Controls, wie sie zur Entwicklung auf touchbasierten Geräten und auch Desktop-Browsern benötigt werden. Für die APIs werden auch Beispiele gegeben sowie Codinggerüste angegeben, die diese APIs nutzen. Ein Beispiel der API „sap.m.List“ zeigt Abbildung 7, die Nutzung von einer Gruppierung in einem Beispielcoding zeigt Abbildung 8.

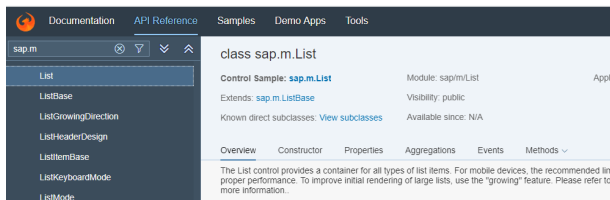
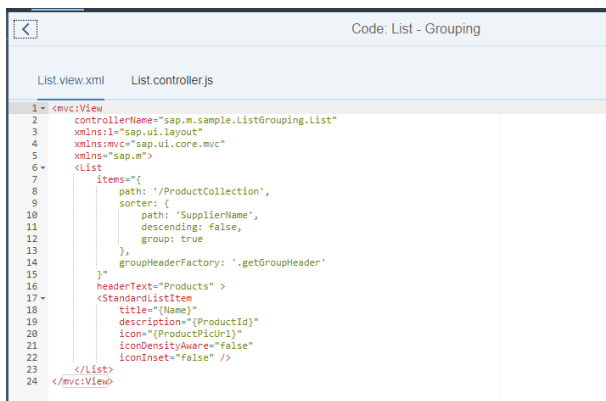


Abbildung 7: Beispiel des sap.m.list APIs



Layout-Editor

Neben einem Code-Editor stellt die SAP Web IDE über den Layout-Editor auch einen Editor zur Verfügung, in dem die View-Elemente für XML-basierte Views direkt graphisch auf dem View platziert (also ähnlich wie bereits bei Dynpros und Web-Dynpros) und für die verschiedenen Devices geprüft werden können. Das Coding des View wird dann generiert - Abbildung 9 zeigt die graphische Darstellung.

Open Data Protocol

Der direkte Zugriff auf die SAP-Backend-Services geschieht durch das SAP Gateway auf Basis des standardisierten OData-Protokolls. Das Open Data Protocol (kurz OData) ist ein auf HTTP basierender, offener Standard. Es ermöglicht die Erstellung von REST-basierten (Representational State Transfer) Datendiensten aufgrund der Standards des Atom Publishing und der Atom Syndication. Diese beiden Formate bieten die Möglichkeit, Webinhalte in XML zu bearbeiten und zu verbreiten [8] (S. 327/328). Zusätzlich existieren noch SAP-Annotationen, die mit dem OData-Protokoll mit Hilfe

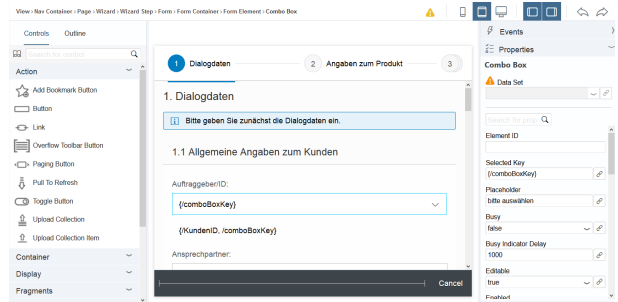


Abbildung 9: Beispiel des Layout-Editors

des SAP Gateway versendet werden können, woraus sich folgende Struktur eines OData-Services innerhalb von SAP ergibt [8] (S. 329) - insgesamt setzt sich ein OData-Service damit aus den folgenden Komponenten zusammen, die in Abbildung 10 dargestellt werden. Mit \$metadata kann ein Servedokument zu einem OData-Service aufgerufen werden, welches Information über den Aufbau des Services, dann welche Entitäten und Entitätstypen angeboten werden und welche Navigationsmöglichkeiten innerhalb des Services möglich sind.

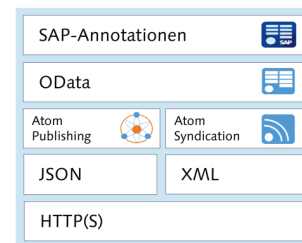


Abbildung 10: Aufbau eines OData-Protokolls innerhalb einer SAP-Umgebung

Verwendung von Mockdaten

Da die Entwicklungen in Backend und Frontend eher von zwei Personenkreisen durchgeführt werden, gibt es in SAP UI5 die Möglichkeit über den Mockserver Mockdaten zu erzeugen, auf dessen Datenbasis mit der Implementierung der Oberfläche begonnen werden kann; ein Frontend-Entwickler muss demnach nicht auf das fertige Backend warten. Es ist hierzu ein Mockdaten-Verzeichnis anzulegen, in welches die EDMX-Datei importiert werden kann. Danach können die Mockdaten editiert werden/ es können Zufallswerte gemäß der EDMX-Datei erzeugt werden, wobei allerdings die Referenzen zwischen Master und Detail-Daten nicht beachtet werden. Die IDE generiert dann daraus eine JSON-Datei mit den eingegebenen Beispieldaten. In der OnInit-Methode des Controllers muss der Mockserver instanziiert werden.

Verwendung des Fiori Launchpads

Nachdem eine Registrierung in der SAP Fiori Cloud Demo [11] durchgeführt wurde, wird dem Benutzer die SAP Fiori Homepage angezeigt. Dort können je nach Berechtigungen Applikationen aus einem Applikationskatalog hinzugefügt werden. Dabei können Gruppen angelegt werden, sodass dort die Applikationen hinzugefügt werden können. Es kann die Oberfläche personalisiert werden, die Benutzer-

Edit Mock Data

Entity Sets		Mock Data					Generate Random Data
		Amount (Decimal)	Currency (String)	CustomerID (String)	CustomerName (String)	NetPriceAmount (D)	
<input type="checkbox"/>	SalesOrderNumber (String)	4,083.98	Currency 1	CustomerID 1	CustomerName 1	3,178.43	
<input type="checkbox"/>	SalesOrderNumber 2	411.3	Currency 2	CustomerID 2	CustomerName 2	7,788.97	
<input type="checkbox"/>	SalesOrderNumber 3	7,247.89	Currency 3	CustomerID 3	CustomerName 3	5,452.76	
<input type="checkbox"/>	SalesOrderNumber 4	5,084.12	Currency 4	CustomerID 4	CustomerName 4	5,558.08	
<input type="checkbox"/>	SalesOrderNumber 5	7,438.51	Currency 5	CustomerID 5	CustomerName 5	9,635.69	
<input type="checkbox"/>	SalesOrderNumber 6	6,225.18	Currency 6	CustomerID 6	CustomerName 6	5,205.19	
<input type="checkbox"/>	SalesOrderNumber 7	2,448.68	Currency 7	CustomerID 7	CustomerName 7	8,772.21	
<input type="checkbox"/>	SalesOrderNumber 8	1,299.71	Currency 8	CustomerID 8	CustomerName 8	8,445.94	
<input type="checkbox"/>	SalesOrderNumber 9	4,140.87	Currency 9	CustomerID 9	CustomerName 9	3,898.76	
<input type="checkbox"/>	SalesOrderNumber 10	5,141.65	Currency 10	CustomerID 10	CustomerName 10	6,310.21	

Use the data above as my mock data source

Abbildung 11: Mockdaten bearbeiten

angaben eingesehen und bearbeitet sowie das Fiori Configuration Cockpit über den Menüpunkt „Website verwalten“ aufgerufen werden. In diesem können sämtliche Optionen des SAP Fiori Launchpads (Abbildung 12) bearbeitet, verwaltet und überwacht werden.

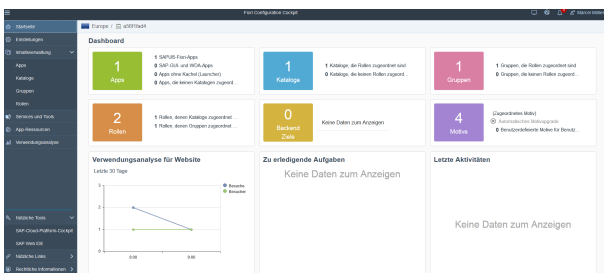


Abbildung 12: Fiori Launchpad

Neben dieser Startseite, die u.a. einen Überblick über aktive Applikationen und die Benutzerverwaltung gibt, können Services und Tools wie z.B. die SAP Web IDE oder das SAP-Cloud-Platform-Cockpit aufgerufen werden. Über die Inhaltsverwaltung können dort alle Benutzer, Gruppen und Rollen verwaltet und zugeordnet werden. Wählt der Nutzer unter Services das Tool SAP Web IDE, so kann dieser beginnen, eine SAP Fiori Applikation zu entwickeln. Ist eine Applikation für einen ersten Test fertiggestellt, kann diese dem SAP Fiori Launchpad hinzugefügt werden. Dafür wählt der Nutzer den root-Ordner der Applikation und navigiert mit einem Rechtsklick auf DEPLOY und dann auf DEPLOY TO SAP CLOUD PLATFORM. Eine Applikation muss immer zunächst in der SAP Cloud Platform registriert werden, damit diese dann in einem zweiten Schritt dem SAP Fiori Launchpad hinzugefügt werden kann. Nun müssen noch Angaben zum Account, Projekt und Version der Applikation gemacht werden um das Hinzufügen abzuschließen. Dabei füllt der Wizard schon die Felder standardmäßig aus.

ENTWICKLUNG DER TRANSAKTION

Die Fiori-Transaktion soll die aktuelle Kundenanfrage ablesen, die klassisch als Dynpro-Transaktion als digitale Aktenlösung realisiert ist.

Aktuelle Kundenanfrage

Die aktuelle Kundenanfrage soll hier nicht detailliert dargestellt werden, jedoch sind die wesentlichen Dinge, die die Fiori-Entwicklung betreffen, festzuhalten:

- Es werden auf einem Einstiegsdynpro Angaben zum Kunden sowie zur Art der Verpackung festgelegt, speziell auch, ob die Verpackung Lebensmittelkontakt besitzt
- Danach wird ein Word-Dokument erzeugt, in welchem bereits einige Daten vorbelegt sind und in dem weitere Daten ausgefüllt werden können
- Wichtig ist, dass sich die auszufüllenden Daten abhängig von der ausgewählten Verpackungsart ändern

Voraussetzungen

Für SAP Fiori Applikationen sind neuere Produktversionen am Backend nötig, die Details hängen dann vom Typ der Fiori-Applikation ab.

Transaktionale Apps

Transaktionale Applikationen benötigen keine besonderen Softwarevoraussetzungen, lediglich irgendeine betriebsfähige Datenbank wird benötigt sowie ein aktueller Netweaver Stack (entweder 7.4 oder 7.31, wenn Komponenten hinzuinstalliert werden).

Factsheets (Infoblätter)

Als Voraussetzungen werden in Bezug auf die Softwarekomponenten die gleichen Komponenten benötigt (SAP Netweaver 7.4, ...). Der einzige aber entscheidende Unterschied liegt in der Wahl der Datenbank: Es bedarf einer SAP-HANA-Datenbank, mindestens die Platform Edition 1.0 SPS 8. Es wird von SAP empfohlen, den Dispatcher als Reverse-Proxy zu verwenden, da sämtliche HTTP-Requests für die UI's und des Backends mit einer Internetadresse kommunizieren, sodass der Reverse-Proxy der einzige Einstiegspunkt für HTTP-Requests darstellt, sonst wäre die „Same-Origin“-Policy von Standardbrowsern verletzt.

Analytische Applikationen

Für die analytischen Applikationen wird neben des SAP-HANA-Systems noch die SAP HANA XS - Erweiterung benötigt. SAP HANA XS stellt nach [1] (S. 183) einen leichtgewichtigen Anwendungsserver dar, „der die Anwendungsdaten in Form von virtuellen Datenmodellen (VDMs) für die Fiori-Apps in vereinfachter und optimierter Form zur Verfügung stellt“. Erneut gilt als Voraussetzung mindestens die Installation der SAP HANA Platform Edition 1.0 SPS 8. Ein Beispiel einer solchen Landschaft zeigt Abbildung 13. Für die übrigen Fälle entfällt dann die HANA XS Komponente bzw. auch die HANA-Datenbank und der Dispatcher.

In dem vorliegenden Fall war eine transaktionale Applikation zu entwickeln, denn es soll ein Formular ausgefüllt und an den Backend zurück geschickt werden, so dass die Systemvoraussetzungen keine HANA-Datenbank implizieren.

Skizze der Verwendung des Vorgehensmodells

Die Applikation und deren Entwicklung soll hier nicht zu detailliert dargestellt werden, es soll jedoch skizziert wer-

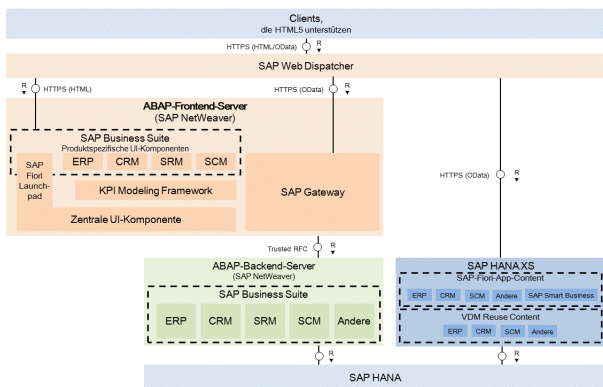


Abbildung 13: minimale Systemvoraussetzung für analytische Applikationen [12]

den, wie die wesentlichen Punkte des Modells Anwendung fanden.

Wahl des Templates

Es musste entschieden werden, welches Template in der Entwicklung verwendet werden soll. Es wird eine einzelne Anfrage angelegt, so dass Master-Detail-Ansichten/ Splitscreens nicht geeignet scheinen, zudem sollen eine Reihe von Daten eingebaubar sein. Es ist somit eine SAP UI5-Applikation zu wählen, als Viewtyp wurde aus den weiter oben genannten Gründen der Typ XML verwendet.

Implementierung der Datenverbindung

Wie oben erläutert, gibt es verschiedene Möglichkeiten, eine Datenbindung herzustellen. Sinnvoll ist dabei ein Modell, welches eine Two-Way-Datenbindung unterstützt, damit eingegebene Daten angezeigt und aktualisiert werden. Testweise wurde als Modell im Sinne des MVC-Patterns das JSON-Modell verwendet - insbesondere, da es einen übersichtlicheren Eindruck macht, als das XML-Modell. Die Implementierung in die Applikation kann in einem ersten Schritt mit dem Erstellen der Model-Datei: `kunden.json` erfolgen. Diese liegt dann in dem „Model-Ordner“ der Applikation und es können dann selbst ausgedachte Test-Kunden eingepflegt werden. Es wurde hierzu der Pfad `KundenCollection` angelegt (Abbildung 14).

Zur Instanziierung muss das Modell noch in den Controller eingebunden werden (Abbildung 15). Um das synchrone Laden einzustellen, wird der Parameter `bAsync` auf „false“ gesetzt was aus der API-Referenz zum JSON-Modell hervorgeht. Ursprünglich war geplant, die Datenverbindung mit einem MockServer zu simulieren. Im Rahmen des Prototypens hat dies aber leider nicht korrekt funktioniert. Das Erstellen der xml-Datei (metadata.xml) im Model-Ordner sowie auch das Erzeugen der Mockdaten war erfolgreich, jedoch ist beim Starten der Applikation eine Fehlermeldung aufgetreten, dass keine metadata.xml-Datei gefunden werden könne. Für dieses Problem wurde keine funktionsfähige Lösung gefunden, sodass die Datenanbindung mit dem JSON-Modell hergestellt wurde. Es muss in Zukunft noch untersucht werden, welches Problem mit dem Mock-Server bestand.

```

1 - {
2 -   "KundenCollection": [{
3 -     "KundenID": "001",
4 -     "Name": "Testfirma1",
5 -     "PLZOrt": "11111 Testenhausen",
6 -     "Kundenklassifikation": "Intressent",
7 -     "Telefon": "0123123",
8 -     "Email": "abc@def.de",
9 -     "Projektname": "Projekt N",
10 -    "Bonusvereinbarung": "Ja",
11 -    "Planzeit": "8",
12 -    "Vertriebsorganisation": "74"
13 -  }, {
14 -    "KundenID": "003",
15 -    "Name": "Heinz GmbH",
16 -    "PLZOrt": "22223 Ballen",
17 -    "Kundenklassifikation": "Intressent & Kunde",
18 -    "Telefon": "0512312",
19 -    "Email": "ageabc@dvf.de",
20 -    "Projektname": "Projekt X",
21 -    "Bonusvereinbarung": "Nach Erfolg",
22 -    "Planzeit": "5",
23 -    "Vertriebsorganisation": "21"
24 -  }],
25 - }

```

Abbildung 14: Befüllung kunden.json

```

//Instanz des JSON-Modell erzeugen
this.model = new sap.ui.model.json.JSONModel();
//JSON Modell laden
this.model.loadData("model/kunden.json", null, false);
//JSON Model an View binden
this.getView().setModel(this.model);

```

Abbildung 15: Einbindung JSON-Modell „kunden.json“ im Controller

Verwendung des UI5 Demo Kit

Es sollen für verschiedene Arten von Verpackungen spezifische beschreibende Daten eingegeben werden, die sich je nach Verpackungstyp unterscheiden. Hierzu soll der Wizard auf dem Demo Kit verwendet werden. Der Wizard hat nämlich den Vorteil, dass bis zu acht Schritte implementiert werden können, sodass zu Übersichtlichkeitszwecken eine kleinschrittige Einteilung der relativ umfassenden Kundenanfrage vorgenommen werden kann. Am Ende des Wizards erscheint ein zusammenfassender Bildschirm, der alle zuvor eingegebenen Daten anzeigt. Für die Entität „Wizard“ [10] sind neben einer kurzen Beschreibung drei Code-Beispiele angegeben. Die Dokumentation beschreibt den Wizard als geeignet bei der Vervollständigung und Erfüllung einer komplexen Nicht-Standardanwendung, indem es die Aufgabe in Teileinheiten gliedert und so den Nutzer durch die Abschnitte führt. Das Code-Beispiel Wizard `standard use case` schien für die Kundenanfrage besonders gut geeignet, sodass die drei Code-Dateien (view, controller und `ReviewPage.fragment.xml`) übernommen und angepasst werden können. Ein Beispiel einer Anwendung des Wizards direkt aus dem UI5 Demo Kit heraus zeigt Abbildung 16 (Bemerkung: der Wizard `branching use case` scheint nun für die Aufgabe besser geeignet, jedoch war er bei Erstellung der Arbeit nicht verfügbar).

Die „View-Datei“ bzw. die „Controller-Datei“ des Wizards sind in den „View“ bzw. „Controller“-Ordner zu kopieren und anzupassen. Die „ReviewPage.fragment.xml“ des Wizards ist die abschließende Seite, in der die zuvor eingegebenen Daten überprüft und ggf. durch Betätigen des Edit-Buttons nochmal geändert werden können, bevor sie an das SAP-System abgeschickt werden. Fragments stellen eigentlich auch eine

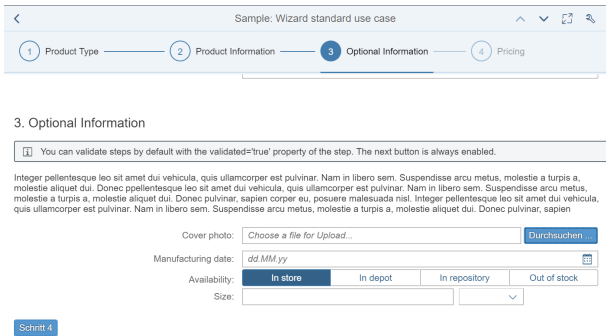


Abbildung 16: Wizard - direkt in UI5-Demo Kit

„View-Datei“ dar, besitzen jedoch aber keinen eigenen Controller, sondern den der anderen „View-Datei“.

Ein Beispiel der „View-Datei“, direkt aus dem Demo-Kit für den Wizard zeigt Abbildung 18.

```

1 <mvc:View
2     height="100%"
3     controllerName="sap.m.sample.Wizard.C"
4     xmlns:form="sap.ui.layout.form"
5     xmlns:core="sap.ui.core"
6     xmlns:u="sap.ui.unified"
7     xmlns:mvc="sap.ui.core.mvc"
8     xmlns="sap.m"
9     <NavContainer id="wizardNavContainer">
10         <pages>
11             <Page
12                 id="wizardContentPage"
13                 showHeader="false">
14                 <content>
15                     <Wizard id="CreateProductWizard"
16                         complete="wizardCompletedHandler">
17                         <WizardStep id="ProductTypeStep"
18                             title="Product Type"
19                             validated="true">
20                             <MessageStrip class="sapUiSmallMarginBottom"
21                                 text="The Wizard control is supposed to
22                                 the user to work with."
23                                 showIcon="true"/>
24                             <Text class="sapUiSmallMarginBottom"
25                                 text="Sed fermentum, mi et tristique ul
26                                 nibh lorem malesuada diam. Nulla q
27                                 Nam vitae ante posuere, molestie ne
28                                 lorem. Mauris vitae elementum mi, :

```

Abbildung 17: Wizard - View direkt aus UI5-Demo Kit

Beide „View-Dateien“ müssen im Controller (Abbildung 18) verarbeitet werden. Es wird der Controller des UI5-Kits angepasst, hier soll aber lediglich wieder der Code des unangepassten Controllers des UI5-Kits gezeigt werden. Es wäre in Zeile 10 die eigene App einzutragen, in Zeile 12 die View für die Kundenanfrage zu referenzieren. Zeile 13 und 14 beziehen sich auf unveränderte Teile der View und können übernommen werden, Zeile 15 müsste sich dann auf die Review-Page der Kundenanfrage beziehen. Selbstverständlich enthält der angepasste Controller auch die benötigten Feldvalidierungen.

Als zweite Entität wird die „ComboBox“ vorgestellt. Die Besonderheit hierbei ist, dass es in der Kundenanfrage „Combo-Boxen“ gibt, die sich eigentlich der Daten aus dem Backend bedienen bzw. in diesem Fall aus dem JSON-Modell. Als Beispiel wird dafür die Auswahl des Auftraggebers verwendet, welches das erste Textfeld der Kundenanfrage darstellt. In diesem Feld sollen Daten aus dem SAP-System übernommen werden. Gelöst wurde das Problem mit einer doppelten ComboBox, die neben dem Namen auch die ID des Kunden sucht, einliest und abbildet.

```

1 sap.ui.define([
2     'jquery.sap.global',
3     'sap/ui/core/mvc/Controller',
4     'sap/ui/model/json/JSONModel',
5     'sap/m/MessageToast',
6     'sap/m/MessageBox'
7 ], function(jQuery, Controller, JSONModel, MessageToast, MessageBox) {
8     "use strict";
9
10    var WizardController = Controller.extend("sap.m.sample.Wizard.C", {
11        onInit: function () {
12            this._wizard = this.getView().byId("CreateProductWizard");
13            this._oNavContainer = this.getView().byId("wizardNavContainer");
14            this._oWizardContentPage = this.getView().byId("wizardContentPage");
15            this._oWizardReviewPage = sap.ui.xmlfragment("sap.m.sample.Wizard.ReviewPage", this);
16
17            this._oNavContainer.addPage(this._oWizardReviewPage);
18            this._model = new sap.ui.model.json.JSONModel();
19            this._model.setData({
20                productNameState:"Error",
21                productWeightState:"Error"
22            });

```

Abbildung 18: Wizard - Controller direkt aus UI5-Demo Kit

Eine Vereinheitlichung von für den Nutzer sichtbaren Textelementen bietet den Vorteil, dass diese direkt übersetzt werden, wenn die Sprache, in der der Browser gerade ausgeführt wird, von der Applikation unterstützt wird. Für jede Sprache wird deshalb eine eigene i18n-Datei erstellt. Im Fall dieser Applikation wurde die Basisdatei i18n erstellt und dort beispielhaft die Überschriften sowie die Werte des ersten Schritts des Wizards verknüpfend implementiert (es werden beispielsweise der Titel der Applikation gepflegt, die Schritte des Wizards, die Überschriften der einzelnen Steps sowie die Texte des Layouts).

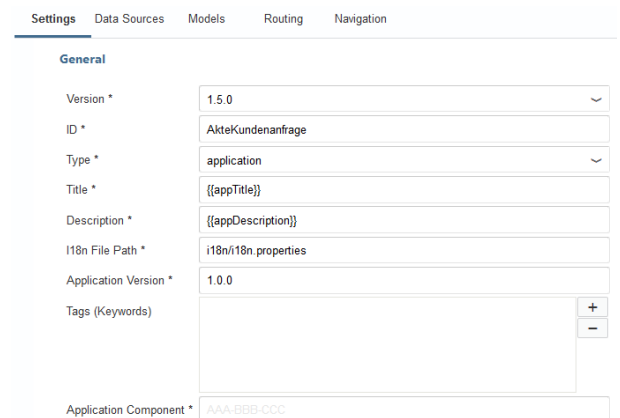


Abbildung 19: Wizard - Controller direkt aus UI5-Demo Kit

Anpassung der Manifest-Datei

Wie weiter oben ausgeführt, dient die manifest.json-Datei dazu, App-Einstellungen sowie Konfigurationseinstellungen vorzunehmen. Neben Models werden auch Data-Sources und Einstellungen zum User-Interface vorgenommen. Dazu bietet die SAP Web IDE neben dem Programmieren im Editor auch einen Descriptor Editor an - ein Beispiel für beide Optionen zeigen die Abbildungen 19 und 20.

Resume und Ausblick

Die wesentliche Idee dieser Arbeit bestand darin, das Entwicklungsmodell für Fiori und SAP UI5-Apps zu zeigen und exemplarisch über die Entwicklung einer Anwendung unter der Hana Cloud-Plattform zu dokumentieren. Die Hauptproblematik der App bestand in der Abbildung einer dynamischen Dateneingabe, was technisch über den Wizard der UI5-Bibliothek gelöst wurde.

```

1 {
2   "_version": "1.5.0",
3   "sap.app": {
4     "id": "AkteKundenanfrage",
5     "type": "application",
6     "i18n": "i18n/i18n.properties",
7     "applicationVersion": {
8       "version": "1.0.0"
9     },
10    "title": "{{appTitle}}",
11    "description": "{{appDescription}}",
12    "sourceTemplate": {
13      "id": "ui5Template.basicSAPUI5ApplicationProject",
14      "version": "1.40.12"
15    }
16  },
17 }

```

Abbildung 20: Wizard - Controller direkt aus UI5-Demo Kit

Das technische Hauptproblem bestand darin, dass die Datenanbindung zum ERP-Backend nicht betrachtet werden sollte und somit mit Mock-Daten gearbeitet werden musste, wobei die Mock-Daten nicht direkt über die Mock-Daten-Funktion der Cloud-Plattform, sondern über eine JSON-Datei im Model der Applikation bereitgestellt wurden. Als nächstes ist zu untersuchen, wie die Probleme mit dem Mock-Datenserver behoben werden können bzw. nun die Einbindung direkt über einen OData-Service im Backend zu realisieren.

LITERATUR

- [1] Michael Englbrecht and Michael Wegelin. *SAP Fiori - Implementierung und Entwicklung*. Rheinwerk Verlag GmbH, Bonn, 1. Aufl. edition, 2016.
- [2] Susan Galer. Was sap fiori bringt, 2013. zuletzt eingesehen am 22.06.2017.
- [3] SAP SE. Benutzererfahrung (ux), 2017. zuletzt eingesehen am 07.07.2017.
- [4] SAP SE. Split-screen layout | sap fiori design guidelines, 2016. zuletzt eingesehen am 12.07.2017.
- [5] SAP SE. Full screen layout | sap fiori design guidelines, 2016. zuletzt eingesehen am 12.07.2017.
- [6] SAP SE. Anatomy of sap fiori apps (week3, unit1), 2015. zuletzt eingesehen am 12.07.2017.
- [7] SAP SE. Model view controller (mvc). zuletzt eingesehen am 20.07.2017.
- [8] Miroslav Antolovic. *Einführung in SAPUI5*. Rheinwerk Verlag GmbH, Bonn, 2. Aufl. edition, 2016.
- [9] SAP SE. App overview: The basic files of your app. zuletzt eingesehen am 20.07.2017.
- [10] SAP SE. Ui5 demo kit - ui development toolkit for html5 - "about", 2017. zuletzt eingesehen am 04.09.2017.
- [11] SAP SE. Sap fiori cloud demo, 2017. zuletzt eingesehen am 21.08.2017.
- [12] SAP SE. Sap dokumentation || einrichten der sap-fiori-systemlandschaft mit sap hana xs, 2015. zuletzt eingesehen am 26.07.2017.

Konzeption und Implementierung automatisierter Last- und Performancetests im Rahmen des Testens von non-functional Requirements

Marlis Teufel (B.Sc) und Professor Dr.-Ing. Frank Herrmann
Labor für Informationstechnik und Produktionslogistik (LIP)
Ostbayerische Technische Hochschule Regensburg
E-Mail: marlis.teufel@st.oth-regensburg.de und frank.herrmann@oth-regensburg.de

ABSTRACT

Nicht-funktionale Anforderungen an Software jeglicher Art nehmen aktuell kontinuierlich zu, weswegen gerade ihre Performance- und Belastungsqualitäten sich gleichermaßen den gestiegenen Erwartungen anpassen müssen. Diese Arbeit befasst sich mit den Möglichkeiten, die Leistungsfähigkeit von Systemen in diesem Sinne zu überprüfen, was sich im untersuchten Beispiel einer Web-App als dringend nötig herausgestellt hat: Weder Performance noch Belastbarkeit der Applikation werden den zuvor definierten Testzielen gerecht, wodurch sogleich ein empirisch belegtes Argument für die verstärkte Einführung solcher Tests noch vor dem Release-Zeitpunkt gegeben wird. Denn nur in Form von belastbarem und validem Datenmaterial lässt sich entweder eine reibungslose Funktionsfähigkeit eines Systems oder aber der Bedarf einer Überarbeitung belegen. Der vorliegende Artikel plädiert dafür, diesen zusätzlichen, aber überschaubaren kosten- und zeittechnischen Aufwand in Kauf zu nehmen, da der Nutzen der Testverfahren umso größer ist.

SCHLÜSSELWÖRTER

Non-functional Requirements, Lasttest, Performancetest, Open-Source-Tool, Apache JMeter

Einleitung

In der heutigen Zeit ist das Smartphone unser permanenter Wegbegleiter. Die von ihm gebotene Vielfältigkeit, für jede alltägliche Situation eine App zur Verfügung zu haben, ist kaum noch aus dem Alltag wegzudenken.

Software soll vielfältige Funktionalität bieten, mit zunehmender Komplexität wird die Dringlichkeit nach leistungsstarker Performance immer größer.

Das Testen von nicht-funktionalen Anforderungen an eine Software erhöht dessen Qualität und somit auch die Kundenzufriedenheit. Ein breites Angebot an Testing-Tools ermöglicht eine Vielfalt an Testmöglichkeiten.

Ausgangssituation

Diese Arbeit wird bei der Firma intive GmbH realisiert, welche mobile Applikationen konzeptioniert, designt und entwickelt.

Auch Qualitätssicherung spielt bei intive GmbH eine sehr große Rolle. Bislang lag der Fokus vor allem auf funktionalem Testen. Nun soll auch der Bereich des Testens von non-functional Requirements verstärkt erforscht und vor allem mehr Wissen über Performance- und Lasttests aufgebaut werden.

Gleichwohl bietet die intive GmbH ihren Kunden auch die Möglichkeit an, das Test-Management für deren Applikationen zu übernehmen. Somit sind nicht nur für die Firma selbst die Ergebnisse der Performance- und Lasttests von Wichtigkeit: Der Kunde hat ebenfalls hohes Interesse daran, zu wissen, wie „stabil“, ergo wie leistungs- und belastungsfähig, sein Produkt ist.

Für diese Arbeit wird eine Webapplikation getestet, die als Rechnungs- und Zahlungsservice dient. Es ist möglich, Konten anzulegen und diesen Zahlungsmöglichkeiten zuzuweisen. Das System ist mit Zahlungsdienstleistern, sogenannten PSP, verbunden, welche Zahlungsverfahren, z.B. Kauf auf Rechnung, Kauf mit Kreditkarte oder PayPal bereitstellen.

Bislang dient die subjektive Wahrnehmung als Indikator, ob die Performance und Belastbarkeit des Produkts den Kundenerwartungen entspricht. Es wurde die Vermutung angestellt, dass die Belastbarkeit und Performance der Webanwendung nicht im Akzeptanzbereich liegt. Es werden daher messbare Werte benötigt, um eine Bewertung vornehmen zu können.

Hierfür gibt es eine Reihe von verschiedenen Tools, mit denen man Performance- und Lasttests umsetzen kann. Neben den kommerziellen Test-Tools, die oft mit hohen Kosten verbunden sind, gibt es auch eine Auswahl von Open-Source-Werkzeugen, die für Entwickler und Unternehmen frei zur Verfügung stehen.

Die nachfolgende Abbildung zeigt die Darstellung der Arbeitsschritte, die vorgenommen werden, um die Performance und Belastbarkeit einer Webapplikation testen zu können.



Abbildung 1 Workflow (Eigene Darstellung)

Grundlagen

In diesem Abschnitt werden die begrifflichen und methodischen Grundlagen für das konkrete Projekt gelegt.

Softwarequalität

Softwarequalität ist eine Begrifflichkeit, die nicht immer eindeutig expliziert werden kann, da Entwickler und Projektleiter des Öfteren unterschiedliche Auffassungen darüber besitzen, wie dies zu tun sei. Softwarequalität wird von der ISO/IEC 25000 (Software-Engineering – Qualitätskriterien und Bewertung von Softwareprodukten) wie folgt festgelegt [Fran14]:

„Software-Qualität ist die Gesamtheit der Merkmale und Merkmalswerte eines Software-Produkts, die sich auf dessen Eignung beziehen, festgelegte oder vorausgesetzte Erfordernisse zu erfüllen.“

Durch diese Definition wird klar, dass sich Softwarequalität anhand verschiedener Kriterien ermitteln lässt und es auf das Zusammenspiel eben dieser einzelnen Bewertungskategorien ankommt.

Laut der Norm wird in sechs Qualitätsmerkmale unterschieden, eines davon ist die Effizienz. Sie beschreibt, wie sich das Leistungsniveau des Anwendungsprogramms zu den eingesetzten Betriebsmitteln unter zuvor festgelegten Bedingungen verhält. Ein Teilmerkmal hiervon wäre das Zeitverhalten, die sogenannte Performanz [Fran14].

Nicht-funktionale Anforderungen

Um die Softwarequalität zu steigern, ist es wichtig nicht nur die Funktionalität eines Programms zu testen, sondern auch die nicht-funktionalen, sogenannten technischen Anforderungen.

Diese betreffen in der Regel mehrere oder alle funktionalen Anforderungen, und sie beeinflussen sich außerdem oft auch gegenseitig. Funktionale Anforderungen beantworten immer die Frage, *was* ein Softwareprodukt tun soll, nicht-funktionale Anforderungen stellen dagegen fest, *wie* ein Programm arbeitet. [BaLi11]

Zu den meistgenannten nicht-funktionalen Anforderungen gehören nach Balzert [BaLi11]:

Leistung (performance)

Wie schnell reagiert das System auf z.B. einen Button-Klick? Hängt das System bei zu vielen Zugriffen? Wird es im Laufe der Zeit langsamer?

Zuverlässigkeit (reliability)

Werden die Daten zwischen den Komponenten richtig übermittelt? Läuft die Software auf verschiedener Hardware fehlerfrei?

Benutzbarkeit, Gebrauchstauglichkeit (usability)

Wie benutzerfreundlich ist die Oberfläche dieser Software? Sind Vorkenntnisse notwendig um diese Software zu nutzen?

Sicherheit (security)

Sind Daten vor Verlust gesichert? Und gleichermaßen von Manipulation? Konkreter gefragt: Wird nicht-autorisierte Datenmanipulation verhindert?

Wartbarkeit (maintainability)

Ist es möglich am System Änderungen oder Verbesserungen vorzunehmen?

Da es den Rahmen dieser Arbeit sprengen würde, auf jede der nicht-funktionalen Anforderungen einzugehen, liegt der Fokus auf dem Leistungsaspekt, was heißt, dass zum einen die Performance, zum anderen die Belastbarkeit getestet werden.

Performance- und Lasttests

Die Performance gewinnt immer mehr an Bedeutung, da die Endnutzer in der Regel nur sehr kurze Antwortzeiten erwarten, laut [Walt08] gilt ein Wert von fünf Sekunden als Orientierungsmaß.

In der Literatur werden Performance- und Lasttests oft als Synonyme verwendet. Die Grundidee dahinter verfolgt das Ziel, ermitteln zu können, ob ein System, wenn es unter großer Belastung zur Anwendung kommt, selbst dann noch immer reibungslos funktioniert.

Eine Software wird durch eine große Zahl gleichzeitiger Anfragen oder auch komplexer Datenbankabfragen an ihre Kapazitätsgrenzen gebracht, was in der Folge möglich machen soll, Performance-Probleme zu lokalisieren und zu beheben. [Pilo12]

Der Performance-Test im Speziellen geht der Frage nach, wie viel Ressourcen (Zeit und Speicherplatz) des getesteten Systems unter normalen Bedingungen verbraucht werden. Dagegen soll der Lasttest überprüfen, wie sich das Gesamtsystem bei steigender Systemlast verhält. Dadurch sollen Schwachstellen – sogenannte *Bottlenecks* – im System feststellbar gemacht werden. [Fran14]

Somit sind Performance- und Lasttests ein wichtiges Instrument, um die Stabilität und Funktionsfähigkeit

einer Software sicherzustellen. Damit stellen sie, um es noch einmal etwas anders zu formulieren, ein nützliches und sinnvolles Hilfsmittel dar, um einerseits einen fundierten Eindruck bezüglich der Leistungsfähigkeit eines Anwendungssystems zu erhalten, andererseits um sichtbar zu machen, ob in Hinblick darauf Verbesserungen möglich – wenn nicht gar nötig – sind. Durch diese nicht-funktionale Testmethode soll garantiert werden, dass auch bei hoher Kundenlast die Server im Stande sind, den anfallenden Datenverkehr in einem akzeptablen Maße verarbeiten zu können [Hoff08].

Testautomatisierung

Da es beim Performance- und Last-Testen darum geht, eine Vielzahl von Benutzern über einen längeren Zeitraum auf eine Software zugreifen und Aktionen ausführen zu lassen, liegt es nahe, die Testdurchführung automatisiert durchzuführen [Fran14].

Performance- und Lasttests lassen sich mit verschiedensten Lasttestwerkzeugen testen. Durch das Automatisieren der Tests kann überprüft werden, ob sich das Verhalten der Anwendung nach wiederholter Ausführung verändert oder die Belastbarkeit sinkt, da aussagekräftige Parameter wie Antwortzeiten, übertragene Datenmengen und verbrauchte Ressourcen aufgezeichnet werden [Fran14]. So kann herausgefunden werden, ob temporäre Daten gespeichert werden und es dadurch ebenfalls zu einer Überlastung kommen kann.

Nun gibt es verschiedene kommerzielle sowie Open-Source-Produkte um Performance- sowie Lasttests durchzuführen. Des Weiteren soll sich auf die kostenlosen Varianten beschränken, da mittlerweile genügend Open-Source-Test-Tools auf dem Markt verfügbar sind, die den Anforderungen entsprechen.

Anforderung Tool-Unterstützung

In diesem Abschnitt sollen verschiedene Tools, die für Last- und Performancetests in Frage kommen, untersucht und evaluiert werden. Die Evaluierung beschränkt sich auf Open-Source-Produkte, da der Quellcode öffentlich zugänglich und individuelle Anpassungen möglich sind. Dies macht das System für den Nutzer flexibel. Da verschiedene Anwender ihre Lösungen mit ein bringen, ist die Weiterentwicklung dieser Tools sehr kundenorientiert.

Die Auswahl basiert auf der Auflistung der Top 20 Lasttestwerkzeuge 2017 der Homepage Easy QA, die als Grundlage verwendet wurde. Diese beschränkt sich nicht nur auf Open-Source-Produkte, sondern evaluiert die Top 20 aller Performance- und Lasttesttools die 2017 am Markt zu finden sind. Die Open-Source-Tools werden dennoch separiert von den kostenpflichtigen Tools dargestellt. Demnach zählen zu den besten Open-Source Load-Testing-Tools 2017 [Easy17]:

Apache JMeter

Das am häufigsten verwendete kostenfreie Werkzeug für Lasttests. Ursprünglich wurde es zum Testen von

Webanwendungen und FTP-Anwendungen entwickelt, mittlerweile ist kann es beispielsweise auch für Funktionstest und Datenbank-Server-Tests verwendet werden [Easy17]. Eine Besonderheit des Tools ist die breite Protokollunterstützung, so können nicht nur die typischen Webprotokolle wie http, SOAP, FTP, SMTP, POP3, IMAP verwendet werden, sondern auch JAVA EE-Standardprotokolle, dazu zählen JDBC, LDAP und JMS [Apac17].

JMeter simuliert das Senden von Anfragen einer vielfachen Anzahl von Benutzern, es unterstützt somit das sogenannte *Multithreading* und gibt die Performance-Ergebnisse zurück. Um JMeter besser zu verstehen wird kurz der Arbeitsprozess laut Easy QA [Easy17] erklärt:

Schritt 1: Erzeugen einer Anfrage an den Ziel-Server

Schritt 2: Reaktion des Servers

Schritt 3: Speichern aller Rückmeldungen

Schritt 4: Sammeln und Berechnen statistischer Informationen

Schritt 5: Erstellen eines Testreports

The Grinder

The Grinder ist ein gängiges Java-basiertes Framework für Lasttests, welches plattformübergreifend ist; das heißt, sofern eine JVM eingerichtet ist, läuft es von überall [Easy17].

Grinder stellt die sogenannte Grinder-Konsole zur Verfügung, diese steuert verschiedene Grinder-Agenten und überwacht die Ergebnisse in Echtzeit. Die Konsole kann als grundlegende interaktive Entwicklungsumgebung (IDE) zum Bearbeiten oder Entwickeln der Testfälle verwendet werden. Grinder-Agenten sind Lastgeneratoren ohne graphische Oberfläche, welche eine Reihe von Arbeiten ausführen um Last zu erzeugen. [AsFi13]

Gatling

Gatling ist ein leistungsstarkes, auf Scala basiertes Tool für Belastungstests. Seine Besonderheit ist, dass es zwei ausführbare Programme zur Verfügung stellt, eines für die Testfallaufnahme und eines für die Testfallausführung [Easy17].

Es ist eine rein Kommandozeilen-orientierte Lösung zum Testen von Last und Performance. Durch die eigene domänenspezifische Sprache (DSL) sind die Szenarien für jedermann lesbar. Technische Basis für das Werkzeug ist die Programmiersprache Scala, daher ist Gatling eher für Programmierer als für reine Testingenieure geeignet. Um das Lasttesttool starten zu können, wird als Ablaufumgebung ein JDK 8 benötigt. Testberichte, denen die Auswertungen der Ergebnisse entnommen werden können, werden im HTML-Format ausgegeben. [Gatl17]

Die Struktur von Gatling lässt sich in vier Teile aufgliedern [Easy17]:

Die *HTTP-Protokollkonfiguration* hilft dabei, die Basis-URL zu definieren, mit der die Tests durchgeführt werden.

Die *Header-Definition* stellt die Header für die Anfrage bereit, die an den Server gesendet wird.

Die *Szenario-Definition* gibt eine Gruppe von Aktionen an, die ausgeführt werden sollen, um eine Benutzerinteraktion mit der Anwendung zu simulieren.

Die *Simulation-Definition* soll die Anzahl der Benutzer angeben, die gleichzeitig das Last-Szenario für einen bestimmten Zeitraum ausführen.

Locust

Dies ist ein code-driven, verteiltes Lasttestwerkzeug. Der häufigste Anwendungsbereich ist das Testen von Websites hinsichtlich Belastbarkeit [Easy17].

ApacheBench

wird als das einfachste Werkzeug für Performance- und Lasttests gehandelt. Ursprünglich wurde es als Kommandozeilen-Programm für das Testen des Apache HTTP Servers entwickelt [Easy17].

Taurus

die von BlazeMeter entwickelte kostenlose Multi-Tool-Testplattform, die im Grunde eine Abstraktionsschicht über JMeter, The Grinder oder Gatling ist. Hauptziel ist eine reibungslose Testautomatisierung [Easy17].

Siege

wird speziell für den Belastungstest des HTTP- und HTTPS-Protokolls ausgelegt. Es kann auch als Webserver-Benchmarking-Tool verwendet werden [Easy17].

Bewertung der Tool-Unterstützung

Bei der Bewertung wurde sich auf drei ausgewählte Tools fokussiert, hierzu zählen Apache JMeter, The Grinder und Gatling. Gründe hierfür sind die hohe Bandbreite an Funktionalitäten, welche diese Tools bieten sowie der Aspekt, dass diese Produkte auch kontinuierlich von der Open-Source-Community weiterentwickelt werden.

Die Testfälle im Tool The Grinder werden in Jython geschrieben., dies ist eine Migration der Programmiersprache Python in die JVM. Bei der Ausgabe der Ergebnisse ist man sehr beschränkt, da dies nur über die Konsole möglich ist. Da The Grinder mit Testskripten arbeitet, ist eine gewisse Einarbeitungszeit erforderlich.

JMeter wird als „Alleskönner“ unter den Open-Source-Tools gehandelt, da es eine große Bandbreite an zu testenden Protokollen vorlegt, so unterstützt es nicht nur die typischen Webprotokolle, sondern auch Java-EE-Standardprotokolle. Würden der zu testenden Webapplikation noch Features hinzugefügt werden, die von anderen Protokollen unterstützt werden, ist man mit dem Lasttestwerkzeug JMeter auf der sicheren Seite.

Des Weiteren ist zu sagen, dass Apache JMeter wohl das etablierteste Open-Source-Tool ist, das es momentan auf

dem Markt gibt. Alleine die Vielzahl an Literatur ermöglicht einen schnellen Kompetenzaufbau. Die hohe Anzahl an Plug-Ins, die für JMeter angeboten werden, sprechen ebenfalls für die Auswahl dieses Werkzeugs. So sind verschiedene Zusatzfunktionen zur graphischen Darstellung der ausgewerteten Parameter verfügbar. [Pokh17] Daher wird in für diese Arbeit empfohlen, JMeter als Lasttestwerkzeug zu benutzen.

Gatling ist ein noch sehr „junges“ Testwerkzeug und vermag vor allem durch seine zeitgemäße Architektur, welche auf Scala, Akka und Netty basiert, zu überzeugen. Es ist möglich asynchron und nicht-blockierend zu arbeiten. Ein weiterer Pluspunkt ist die Darstellung der Testberichte, diese wirkt modern und übersichtlich. Jedoch ist der Umfang der unterstützenden Protokolle sehr überschaubar, d.h. es muss vorher geprüft werden, ob Gatling die jeweils verwendeten Protokolle auch unterstützt.

Letzten Endes ist die Auswahl des Lasttestwerkzeugs jedoch eine subjektive Entscheidung und hängt auch von den Kompetenzen des Benutzers ab. Gatling spricht sicherlich eher Java- und Scala-Programmierer an, JMeter hingegen kann nach kurzer Einarbeitungszeit auch von Testern, die über wenig beziehungsweise keine Expertise auf dem Gebiet des Programmierens verfügen, verwendet werden.

Anwendung

In diesem Kapitel wird zunächst die zu testende Software beschrieben. Danach werden alle Komponenten erklärt, die es braucht, um einen Performance- bzw. Lasttest mit dem ausgewählten Open-Source-Tool durchzuführen. Anschließend soll die Implementierung und Ausführung der Tests erläutert werden.

Testobjekt

Bei der zu testenden Software handelt es sich um eine Web-Applikation. Diese wird als internes Rechnungserstellungs- und Zahlungssystem vom Kunden genutzt. Sogenannte *Operations Manager* haben einen autorisierten Zugriff auf diese Webapplikation. In der Hauptnavigation findet man *Billing*, von hier aus ist es möglich zu der Unternavigation *Accounts* und *Invoices* zu gelangen.

Unter *Accounts* findet man eine Aufführung aller bisweilen angelegten Kunden-Accounts. Es ist auch möglich verschiedene Filter anzuwenden um die Suche nach einer Kundengruppe oder einem einzelnen Kunden zu erleichtern. Es ist möglich Kundenkonten anzulegen, entweder ein persönliches Konto, das von einer Privatperson genutzt wird oder ein Firmenkonto für Geschäftskunden. Dabei spielen festgelegte Pflichtfelder eine wichtige Rolle, werden diese nicht ausgefüllt, ist die Erstellung eines Kundenkontos nicht machbar. Bei einem Firmenkunden-Account ist der Firmenname ein „Muss“, während bei privaten Konten der Vor- und Nachname auszugeben sind. Um sich den Ablauf besser vorstellen zu können, wird die Erstellung eines Kunden-Accounts nun in einem Sequenzdiagramm dargestellt.

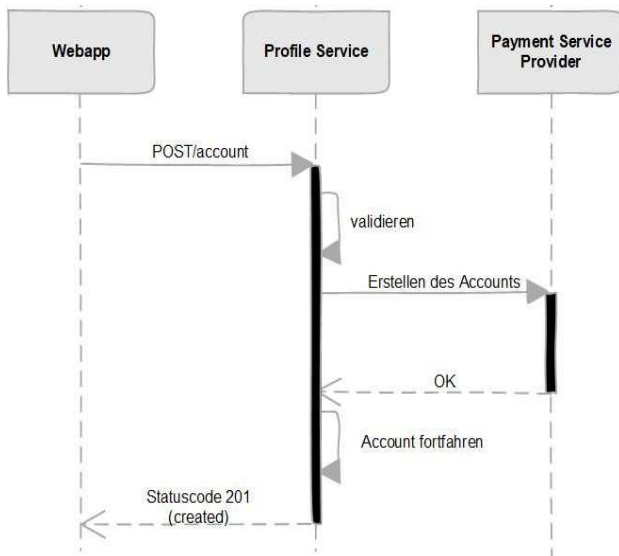


Abbildung 2: Sequenzdiagramm Erstellen eines Kunden-Accounts (eigene Darstellung)

nach einer bestimmten Rechnung oder einer Rechnungsgruppe zu erleichtern. Um diesen Vorgang besser zu verstehen, wird dieser anhand eines Sequenzdiagramms dargestellt.

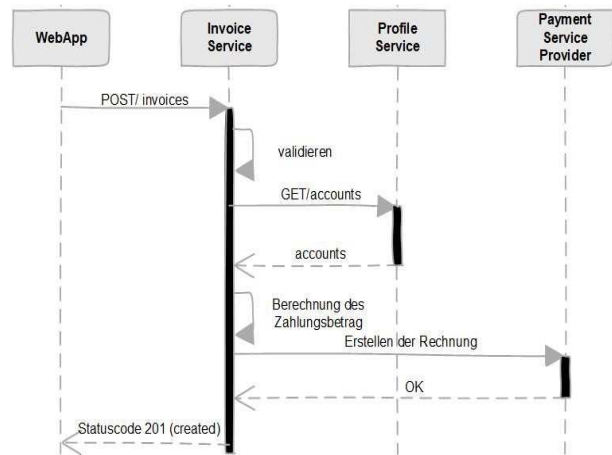


Abbildung 3: Sequenzdiagramm Erstellen einer Rechnung (eigene Darstellung)

Ein Kunden-Account kann verschiedene Status annehmen. Ein Kunde hat den Status „aktiv“ wenn mindestens eine Zahlungsmethode hinterlegt wurde. Den Status „unvollständig“ besitzt ein Kunde, wenn noch keine Zahlungsmethoden hinterlegt wurden.

Für jedes Kundenkonto können ein oder mehrere Profile angelegt werden. Ein Profil weist im Wesentlichen einen Rechnungskontakt, zusätzlich gegebenenfalls einen Versandkontakt, auf. Der Rechnungskontakt enthält die rechtsverbindliche Adresse des Kunden für das angegebene Profil, einschließlich des Namen und ggf. der Firma und eine optionale E-Mail-Adresse. Diese Daten sind ein wesentlicher Bestandteil jeder Rechnung, die ein Kreditgeber seinen Kunden ausstellt. Der Versandkontakt ist notwendig, sobald die Rechnung eines Kunden nicht an die Adresse des Rechnungskontakts, sondern an eine andere Adresse geschickt werden soll. Hat eine Firma beispielsweise ihre Buchhaltung an eine Drittfirma übergeben, wäre dies der Fall

Ein Account braucht immer ein voreingestelltes *default profile*, dieses ist zunächst immer automatisch das erstangelegte Profil. Es ist möglich, Zahlungsmethoden einem Profil zuzuweisen, es gibt hier fünf standardisierte Zahlungsmöglichkeiten: Lastschrift, Debitkarte, Kreditkarte, Kauf auf Rechnung, Vorauszahlung.

Den Debit- und Kreditkarten können *Authorization holds* hinzugefügt werden, so wird das Konto vorab mit einem festgelegten Betrag belastet, um die Kreditwürdigkeit zu überprüfen und dann bei der Bezahlung mit dem Rechnungsbetrag verrechnet. Auch bei den Zahlungsmethoden muss eine Zahlungsmethode immer auf *default* gesetzt sein. Die Webapplikation ist mit einem Payment Service Provider verbunden, über den die Zahlungen abgewickelt werden.

Die zweite Kategorie ist mit *Invoice* benannt. Hier findet man eine Übersicht über alle angelegten Rechnungen, auch hier sind Filteroptionen eingebaut, um die Suche

Es besteht die Möglichkeit mehrere Rechnungspositionen anzulegen, Umsatzsteuer sowie Beträge festzulegen und das Fälligkeitsdatum der Zahlung zu wählen. Des Weiteren muss eine der Zahlungsmethoden ausgewählt werden, welche wiederum selbst über einen Status verfügen. Nur Zahlungsmethoden mit dem Status *aktiv*, können in Rechnungen benutzt werden. Hat die Zahlungsmethode den Status *ungültig*, da beispielsweise die Kreditkarte verfallen ist oder den Status *gelöscht* hat, ist sie nicht verfügbar. Eine Rechnung ist eindeutig identifizierbar durch die ihr zugewiesene Rechnungsnummer. Die Rechnungen werden in Typen unterschieden, eine neu angelegte Rechnung ist vorerst vom Typ *reguläre Rechnung*: da die Möglichkeit besteht, eine Rechnung ganz oder teilweise zu stornieren, kann der Typ auf *Stornierung* oder *Teilstornierung* abgeändert werden. Rechnungen haben wie Accounts einen Status, welcher wie folgt beschrieben werden kann:

- *offen*, eine Rechnung wurde erfolgreich erstellt
- *storniert*, es wurde eine Teil- oder Stornierung vorgenommen
- *bezahlt*, die Zahlungsabwicklung lief erfolgreich seitens des PSP
- *Fehler*, es tritt ein Fehler bei der Zahlung auf

Testszzenarien

Die Aktionen bilden die möglichen Vorgänge ab, die ein Benutzer mit dem System ausführen kann. Damit kann die Anwendung des Systems praxisnah simuliert werden. [Fran14]. Vor allem Szenarien, die oft wiederholt werden, sollten getestet werden, da hier die Wahrscheinlichkeit eines Absturzes des Systems am größten ist. Es wurden für die zu testende Webanwendung drei Testszzenarien ausgewählt.

Szenario 1: Einloggen eines Operations Managers in das System und Erstellen eines neuen Accounts: Dieses Szenario, so wird empfohlen, sollte vor dem Release getestet werden, da in der Eingangsphase verstärkt Kundenkonten angelegt werden. So kann einem unerwarteten Zusammenbruch vorgebeugt werden.

Da die Webapplikation des Weiteren für die Zahlungsabwicklung und Rechnungserstellung verwendet wird, sollten Szenarien gewählt werden, die oft ausgeführt und somit wiederholt werden.

Szenario 2: Einloggen eines Operations Managers in das System und Hinzufügen einer Zahlungsmethode zu einem Account.

Szenario 3: Einloggen eines Operations Manager in das System, Auswählen eines Kundenkontos und Erstellen einer Rechnung.

Testziele

Nun werden die Ziele des Performance- und Lasttestens festgelegt. Diese Ziele sollen die Grundlage für die spätere Auswertung des Erfolgs der Testergebnisse sein.

Stabilität

Das System soll nur bei gewollter Überlastung abstürzen, ansonsten wird erwartet, dass das Programm stabil läuft und keine unvorhersehbaren Zusammenbrüche erfolgen. Das heißt, das System soll nur bei einem Wert, der größer als die Hochlast ist, abstürzen. Die Hochlast wurde auf den Wert 50 Threads pro Sekunde festgelegt.

Erst bei einem gleichzeitigen Aufruf von mehr als 50 Threads pro Sekunde - wobei in diesem Fall jeder Threadaufruf das Anlegen eines Accounts, einer Rechnung oder das Hinzufügen einer Zahlungsmethode darstellt - darf das System zusammen brechen.

Antwortzeitverhalten

Die vorgegebene Antwortzeit wird dauerhaft eingehalten und nicht überschritten. Dies bedeutet, das System soll bei wiederholter Durchführung eines festgelegten Testfalls eine solche im 90. Perzentil von unter 1.000 Millisekunden erreichen.

Laufzeitverhalten

Das Programm darf nicht die Reaktionszeit überschreiten und es soll ausgeschlossen werden, dass zu viel Arbeitsspeicher verbraucht wird. Das System soll bei andauernder Belastung von drei Minuten durch Anfragen in Normallastbereich die Antwortzeit von unter 1.000 Millisekunden erreichen.

Entwicklungsumgebung

RubyMine ist eine IDE für reine Ruby-Implementierung sowie Webanwendungen, die auf Ruby und Rails basieren. Für dieses Projekt wird die Version 2017.2.4 benutzt. Die Entwicklungsumgebung bringt eine Vielfalt an attraktiven Vorteilen mit sich. So wird schnelleres Arbeiten mit einem Smart Editor versprochen. Features wie die sprachspezifische Syntax- und Fehlerhervorhebung, die Codeformatierung, die

Codevervollständigung und die schnelle Dokumentation machen das Arbeiten mit dieser IDE sehr angenehm. Es verfügt über ein intelligentes Suchsystem, mit dem zu einer beliebigen Klasse, Datei oder einem Symbol gesprungen werden kann. [Jetb17]

Bibliothek ruby-jmeter

Die integrierte Bibliothek, *ruby-jmeter* ermöglicht das Schreiben von JMeter-Testplänen unter der Verwendung der Ruby Sprache. Es ist also nicht zwingend notwendig, die Benutzeroberfläche von JMeter zu verwenden. Dafür stellt Ruby sogenannte RubyGems zur Verfügung, dies ist die Paketverwaltung von Ruby und macht es dem Nutzer möglich, neue Programmbibliotheken zu installieren, verwalten und auch wieder zu entfernen. [Koop17]

Die nachfolgenden Methoden beschreibt Tim Koopmans wie folgt auf GitHub [Koop17].

Ein JMeter-Plan kann ausgeführt werden, indem die *run*-Methode des Tests aufgerufen wird. Die Methode startet JMeter *headless*, das heißt ohne den Aufruf der graphischen Benutzeroberfläche und führt den Testplan aus. Es ist möglich einige Parameter festzulegen, wie den Dateipfad bzw. Dateinamen für die JMX-Datei und den Protokollpfad bzw. Protokollnamen zur Ausgabe von JMeter-Protokollen.

Es steht die Thread-Methode zur Verfügung, diese kann verwendet werden um eine Gruppe von Benutzern zu definieren. Ein Thread ist eine Ausführungseinheit, die in einem Prozess läuft; es ist möglich gleichzeitig mehrere dieser Einheiten agieren zu lassen. Da sich alle Threads des jeweiligen Prozesses dessen Adressraum teilen, können sie gleichermaßen auf Prozessdaten zugreifen. [Mand13]

Die zur Verfügung gestellte Methode ermöglicht das sogenannte Multithreading, das heißt mehrere Threads – wobei in diesem Fall ein Thread einen Benutzer simuliert - können parallel abgearbeitet werden.

Jenkins

Da an einem Programmcode oftmals viele Entwickler über mehrere Standorte verteilt arbeiten und der einzelne Programmierer nicht garantieren kann, dass seine Änderungen Auswirkungen an anderer Stelle des Programmes haben, wird kontinuierliche Integration von neugeschriebenen Codes immer wichtiger. Jenkins ist ein eigenständiger, kostenloser Automatisierungsserver, der alle Arten von Aufgaben im Zusammenhang mit dem Erstellen, Testen und Bereitstellen von Software automatisieren kann, womit die kontinuierliche Integration von Software durch Computer steuerbar wird. Es soll dem Entwickler ermöglichen, frühzeitig Störungen und Fehler im Code zu erkennen und diesen somit schneller Abhilfe leisten zu können. Der Server kann über native Systempakete oder Docker installiert werden oder sogar eigenständig von jedem Rechner mit installierter JRE ausgeführt werden [Behr11].

Somit können die implementierten Performance- und Lasttests automatisch durch Anlegen eines neuen Jobs in Jenkins abgespielt werden.

Performance Plug-In für Jenkins

Mit einem Zusatzprogramm für Jenkins ist die Ausgabe der Testergebnisse der Performance- und Lasttests möglich. Die Leistungstests können als Build-Schritt für einen Jenkins-Job ausgeführt oder Berichte aus bereits vorhandenen Testergebnisdateien erstellt werden [Gith17].

Jenkins kann grafische Diagramme mit dem Trendbericht über Leistung und Robustheit erstellen. Außerdem enthält es eine Funktion, welche das Festlegen des endgültigen Build-Status als gut, instabil oder fehlgeschlagen, basierend auf dem gemeldeten Fehlerprozentsatz, ermöglicht. Das Plug-In unterstützt das Berichtsformat Apache JMeter XML und CSV-Format [Gith17].

Um die neueste Plug-In-Version verwenden zu können, muss es heruntergeladen, kompiliert und installiert werden. Als Voraussetzung muss auf dem verwendeten Computer Git, Maven und Java installiert sein [Gith17].

Der Performance Breakdown im Speziellen stellt graphisch die Entwicklung der Antwortzeit nach wiederholter Durchführung eines Tests dar. Aus der Tabelle sind verschiedene Metriken ablesbar, die unter anderem eine differenzierte Darstellung der Antwortzeiten erlauben:

- *Durchschnittliche Antwortzeit*: Summe aller Antwortzeiten geteilt durch die Anzahl der Antwortzeiten
- *Median*: Mittlerer Zahlenwert aller Antwortzeiten
- *90 Prozent Marke*: Unter diesem Wert liegen 90 Prozent aller Antwortzeiten
- *Minimum*: kürzeste Antwortzeit
- *Maximum*: längste Antwortzeit

Erstellung und Durchführung der Testfälle

Im nächsten Schritt werden die Testfälle anhand der festgelegten Testszenarien erstellt. Es werden in der Entwicklungsumgebung RubyMine diese Testfälle implementiert und mit Hilfe des Automatisierungsservers Jenkins ausgeführt. Exemplarisch wird jeweils ein Last- und ein Performancetest vorgestellt.

Performancetest: Erstellen eines Kunden-Accounts

Testfall	PT_CreateUser
Testobjekt	Erstellen eines Accounts
Voraussetzung	Autorisierter Zugriff auf die Homepage. Der eingeloggte Operations Manager besitzt Schreibrechte auf die Homepage, d.h. er ist

	befugt, ein neues Kundenkonto anzulegen
Testdaten	x = 30, y = 180
Testbeschreibung	x Operations Manager erstellen pro Sekunde gleichzeitig jeweils einen Kunden-Account. Dies wird über y Sekunden lang wiederholt. Bei der Erstellung sind nur die Pflichtfelder auszufüllen. Diese sind der Typ des Accounts sowie die Kundennummer.
Soll-Ergebnis	90 Prozent der Antwortzeiten unter 1.000 Millisekunden über drei Minuten hinweg.
Ist-Ergebnis	90% Linie: 4.153 Millisekunden
Bestanden	Nicht bestanden
Kommentar	<i>Das Testergebnis ist viermal höher als das zu erwartende Ergebnis.</i>
Tester	Marlis Teufel
Datum/ Uhrzeit	15.01.2018, 13:36

Lasttests: Erstellen eines Kunden-Accounts

Testfall	LT_CreateUser
Testobjekt	Erstellen eines Accounts
Voraussetzung	Autorisierter Zugriff auf die Homepage. Der eingeloggte Operations Manager besitzt Schreibrechte auf die Homepage, d.h. er ist befugt, ein neues Kundenkonto anzulegen.
Testdaten	x = 10, y = 180, z = 30
Testbeschreibung	Es erstellen x Operations Manager pro Sekunde gleichzeitig jeweils einen Kunden-Account. Dies wird über y Sekunden lang wiederholt. Es wird alle z Sekunden die Anzahl der Threads um 10 Stück erhöht bis eine Überlast von 51 Threads erreicht ist. Bei der Erstellung sind nur die Pflichtfelder auszufüllen. Diese sind der Typ sowie die Kundennummer des Accounts.
Soll-Ergebnis	Erst bei einer Überlast von 51 Threads pro Sekunde wird das System signifikant langsamer und bricht zusammen. Die durchschnittliche Antwortzeiten liegt bei unter 1.000 Millisekunden.
Ist-Ergebnis	Average: 2585 Millisekunden
Bestanden	Nicht bestanden

Kommentar	System bricht nicht zusammen, vereinzelt 500 – HTTP Statuscode. Die Antwortzeit ist fast 1,5-fach höher als erwartet.
Tester	Marlis Teufel
Datum/ Uhrzeit	15.01.2018, 14:17 Uhr

Ergebnisanalyse

Bei dem ersten Testfall *PT_CreateUser* wurde eine gleichmäßige, dauerhafte Last von 30 Threadaufrufen pro Sekunde auf das System über drei Minuten hinweg ausgeübt.

Bei der Betrachtung der Abbildung 4 fällt sofort ins Auge, dass die Antwortzeit während des Testablaufs geringer wird. Dies kann bedeuten, dass das System sich auf die Last eingestellt hat und diese nun besser regulieren kann. Natürlich muss auch mit einbezogen werden, dass die Last nach drei Minuten langsam abnimmt, so schließen alle zehn Sekunden fünf Threads ihren Job ab. Jedoch sind signifikante Ausreißer durchgehend vorhanden, hier liegt die Antwortzeit bei bis zu 10.000 Millisekunden. Es wurde eine Antwortzeit von höchstens 1.000 Millisekunden bis zur 90% Linie erwartet. Das Ist-Ergebnis zeigt jedoch einen weit höheren Wert. So liegt die Antwortzeit bei der 90% Linie schon bei 4.153 Millisekunden. Anders ausgedrückt bedeutet dies, dass die Reaktionsspanne viermal so lange wie erwartet ist.

Auch die durchschnittliche Antwortzeit liegt bei fast 2.000 Millisekunden. Der Testfall ist somit nicht bestanden und es wird dringend angeraten an dem Performance-Problem zu arbeiten.

Vereinzelt tritt außerdem der Fehler 500 - Internal Server Error auf, somit wird nicht jeder Kunden-Account auch wirklich angelegt.

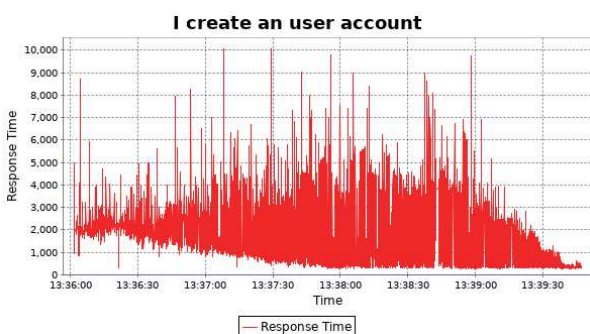


Abbildung 4: Darstellung der Antwortzeiten des Performancetests(Jenkins)

Betrachtet man nun den Lasttest *LT_CreateUser* (Abbildung 5) zu diesem Szenario, stellt man fest, dass die Ergebnisse noch defizitärer sind. In diesem Testfall werden alle 30 Sekunden zehn Threads hinzugefügt. Somit steigt die Anzahl an Threads, die pro Sekunde abgearbeitet werden müssen, gemächlich an. Die Anzahl an Ausreißer, gegenüber dem vorher durchgeführten Performance-Test, ist gestiegen. Die durchschnittliche

Antwortzeit beträgt 2.585 Millisekunden, das heißt sie ist 1,5-fach höher als erwartet. Auch hier kommt es zum Fehlercode 500, obschon sehr selten (0.79%). Der Wert der 90% Linie liegt hier mittlerweile bei 5.809 Millisekunden. Maximal ist mit einer Antwortzeit von 10.353 Millisekunden zu rechnen. Positiv bewertet wird die Tatsache, dass das System nicht wie erwartet abstürzt, sondern nur sehr vereinzelt Fehler auftreten.

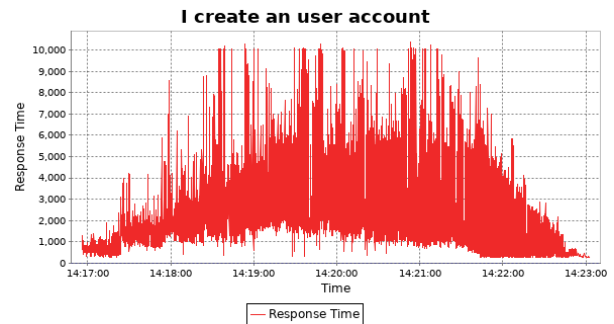


Abbildung 5: Darstellung der Antwortzeiten des Lasttests (Jenkins)

Bewertung des Nutzens

Durch die Einführung von Performance- und Lasttests wurde die Dringlichkeit nach Verbesserungen festgestellt. Nun kann durch frühzeitige Erkennung die Antwortzeit von Anfragen verkürzt werden. Ohne die Durchführung dieser Test wäre es nicht möglich eine notwendige Performanceverbesserung anzustoßen, da keine Messwerte als Belegung des Leistungsdefizits vorhanden waren. So können Änderungen an der Software vorgenommen, und erneut Tests durchgeführt werden. Dies ist solange wiederholbar bis das Testergebnis als zufriedenstellend festgehalten wird.

Es gibt verschiedene Möglichkeiten Leistung und Performance einer Software zu messen, somit ist es nicht zwingend notwendig das die Person über solide Programmierkenntnisse verfügt, da beispielsweise Apache JMeter auch über eine graphische Oberfläche bedienbar ist.

Durch die große Auswahl an zuverlässigen Open-Source Produkten ist das Preis-Leistungs-Verhältnis sehr gut. Die Einführung solcher Tests wird somit als sehr sinnvoll und nützlich betrachtet.

Das resultierende Proof of Concept kann nun auch auf Webanwendungen anderer Projekte adaptiert werden.

Schluss

Im Verlauf der Arbeit wurde die Notwendigkeit der Einführung von Performance- und Lasttest deutlich. Funktionales testen von Software hat sich längst auf dem Markt etabliert und wird in den Arbeitsprozess längst mit einbezogen. Jedoch das Testen von nicht funktionalen Anforderungen wird oft vernachlässigt oder gar weg gelassen. Jedoch muss Software auch diesen Anforderungen gerecht werden um langfristig gesehen am Markt wettbewerbsfähig zu bleiben. Stürzt eine Mobile App oder Webanwendung oft ab oder hat lange

Antwortzeiten, wird der Kunde unzufrieden und wechselt, wenn möglich, zu einer Alternative.

Im Fall der beschriebenen Webapplikation können nun Änderungen vorgenommen werden, um die Leistung und Belastbarkeit zu verbessern, damit die Qualität des Produkts sowie die Kundenzufriedenheit gesteigert werden.

Literaturverzeichnis

- [Apac17] Apache Software Foundation: Apache JMeter, 2017, <http://JMeter.apache.org/>. Abruf am 2017-11-06.
- [AsFi13] Aston, P.; Fitzgerald, C.: The Grinder, a Java Load Testing Framework, 2013, <http://grinder.sourceforge.net>. Abruf am 2017-11-06.
- [BaLi11] Balzert, Helmut; Liggesmeyer, Peter: Lehrbuch der Softwaretechnik. 2: Entwurf, Implementierung, Installation und Betrieb. Spektrum Akad.Verl., Heidelberg, 2011.
- [Behr11] Behrendt, Mario: Jenkins - kurz & gut. O'Reilly, Beijing, 2011
- [Easy17] EasyQA: Top 20 tools for load testing in 2017, 2017. <https://geteasyqa.com/blog/best-tools-load-testing/>. Abruf am 2017-12-08.
- [Fran14] Franz, Klaus: Handbuch zum Testen von Web- und Mobile-Apps: Testverfahren, Werkzeuge, Praxistipps. Springer Vieweg, Berlin Heidelberg, 2014.
- [Gatl17] Gatling Corp: Gatling Load Testing, 2017, <https://gatling.io/performance-testing/>. Abruf am 2017-11-18.
- [Gith17] GitHub Pages GitHub, Inc.: Running Performance Tests, 2017. <http://jenkinsci.github.io/performance-plugin/>. Abruf am 2017-11-24.
- [Hoff08] Hoffmann, Dirk W.: Software-Qualität. Springer, Berlin, 2008.
- [Jetb17] JetBrains s.r.o: WHY RUBYMine, 2017, <https://www.jetbrains.com/ruby/?fromMenu>. Abruf am 2017-11-20.
- [Koop17] Koopmans, Tim: flood-io/ruby-jmeter, 2017, <https://github.com/flood-io/ruby-jmeter>. Abruf am 2017-11-25.
- [Mand13] Mandl, Peter: Grundkurs Betriebssysteme: Architekturen, Betriebsmittelverwaltung, Synchronisation, Prozesskommunikation. Springer Vieweg, Wiesbaden, 2013.
- [Pilo12] Pilorget, Lionel: Testen von Informationssystemen: integriertes und prozessorientiertes Testen. Vieweg + Teubner, Wiesbaden, 2012.
- [Pokh17] Pokhilko, Andrey: Custom Plugins for Apache JMeter, 2017, <https://jmeter-plugins.org>. Abruf am 2017-11-11.
- [Walt08] Walter, Thomas: Kompendium der Web-Programmierung: dynamische Web-Sites. Springer, Berlin, 2012.

Editorial

Digitalisierung im Automobilbereich - Produkte und Prozesse auf dem Weg zum autonomen Fahren

Liebe Leserinnen und Leser,

der Wandel zur Informationsgesellschaft stellt auch die Automobilindustrie vor enorme Herausforderungen. Die Digitalisierung sowohl im Fahrzeug als auch der begleitenden Prozesse bietet viele Chancen, birgt aber zugleich auch Risiken. So weckt zum Beispiel das Thema "Autonomes Fahren" große Erwartungen, wirft aber auch zahlreiche neue Fragestellungen auf. Seit 2016 findet an der Technischen Hochschule Wildau jährlich das Automobil Symposium statt, um sich mit diesen und anderen Fragen rund um die Digitalisierung von Prozessen und Produkten im Automobilbereich zu beschäftigen.

Das Automobil Symposium Wildau versteht sich als Diskussionsplattform für Vertreter aus Wissenschaft und Wirtschaft, insbesondere für Akteure aus dem Raum Berlin und Brandenburg. Aus dem ersten Automobil Symposium ist beispielsweise die Gründung des proITCar e.V. hervorgegangen, der die Interessen der regionalen Unternehmen der IT- als auch der Automobilzuliefererbranche bündelt.

Das diesjährige Automobil Symposium Wildau beschäftigt sich mit folgenden drei Themenkomplexen:

- Virtualisierung in der Entwicklung software-basierter Funktionen sowie Qualifizierung von Fachkräften im Bereich der Digitalisierung
- Erprobung von autonomen Fahrfunktionen auf realen Teststrecken, Absicherung von Kommunikationsverbindungen autonomer Fahrzeuge durch Einsatz von Blockchain-Technologie sowie Fehlertoleranz solcher Systeme
- Einsatz Mobiler Services (Car2X) für Sicherheitsfunktionen und digitale Bezahldienste für digitale Geschäftsmodelle

Ich wünsche Ihnen interessante Einblicke in diesen spannenden Bereich der Digitalisierung!

Stefan Kubica
Vorsitzender ASW-Programmkomitees



Prof. Dr.-Ing. Stefan Kubica



Prof. Dr.-Ing. Jörg Reiff-Stephan



Prof. Dr.-Ing. Marius Schlingelhof



Prof. Dr. Hagen Ringshausen

Blockchain-gestütztes verteiltes Maschinelles Lernen für autonomes Fahren

Felix Reichel

XAIN AG

Zentrum für Luft- & Raumfahrt III
Schmiedestraße 2A
15745 Wildau
E-Mail: felix.reichel@xain.io

ABSTRACT

Bei der Entwicklung von Modellen für das autonome Fahren gilt als verbreitete Praxis das primäre Machine Learning nicht lokal, sondern an einem zentralen Ort durchzuführen. Das Resultat ist die Speicherung, Verwaltung und Auswertung einer riesigen Menge an personenbezogenen Daten, welche das Fahrverhalten und das Fahrzeug selbst betreffen. Dieser Aspekt ist bezogen auf die Privatsphäre und die Wirtschaftlichkeit kritisch zu betrachten.

Der Ansatz verteiltes Maschinelles Lernen mit der Blockchain Technologie zu kombinieren ist eine Möglichkeit der massiven zentralen Datenverwaltung entgegenzuwirken.

Obwohl globale Anpassungen des generellen Modells erfolgen und lokale Modelle unter den Netzwerkteilnehmern ausgetauscht werden, wird die Gesamtheit der Informationen nicht im Netzwerk geteilt.

Als praktischer Anwendungsfall wird ein Testnetzwerk mit geringerer Skalierung beschrieben, welches mit elektrisch betriebenen Modellfahrzeuge im Maßstab 1:10 ausgestattet wird. Die Fahrzeuge zeichnen sich durch eine vollständig autonome Fahrweise aus, welche durch das Machine Learning auf Basis des lokal im Fahrzeug integrierten Embedded-Moduls ermöglicht wird.

Das Ziel besteht zum einen darin die Privatsphäre des Fahrzeugnutzers durch begrenzte Datenspeicherung zu wahren und zum anderen eine gezieltere lokale Auswertung der Daten zu erreichen. Zusätzlich verfolgt der Ansatz die Einhaltung der EU-Datenschutzgrundverordnung, welche unter anderem festlegt, dass personenbezogene Daten nicht um ihrer selbst willen erhoben werden sollten, sondern nur wenn es zur Erbringung eines Dienstes wirklich erforderlich ist.

SCHLÜSSELWÖRTER

Verteiltes Maschinelles Lernen, Deep Learning, Blockchain, Autonomes Fahren, Automobiltechnik

1. EINFÜHRUNG

Die Entwicklung autonomer Fahrzeuge schreitet stetig voran. Gegenwärtig findet ein regelrechtes Rennen zwischen einzelnen Automobilkonzernen und IT-Firmen statt, welches Unternehmen als erstes ein autonomes Fahrzeug der Stufe 5 (fahrerlose Fortbewegung) auf den Markt bringt.

Deep Learning als Untergruppe vom Maschinellen Lernen stellt im Zusammenhang mit der Erhebung und Nutzung jeglicher Formen von Daten als Eingabeparameter einen zentralen Grundbaustein zur Umsetzung des autonomen Fahrens dar. Dieser Aspekt birgt jedoch hinsichtlich der Erfassung und Speicherung von personenbezogenen Daten Risiken in Bezug auf die Privatsphäre der Fahrzeughalter. Die ab Mai 2018 in Kraft tretende EU-Datenschutzgrundverordnung (EU-DSGVO) stellt komplett neue Anforderungen an die Verarbeitung personenbezogener Daten. Demnach

dürfen die Daten lediglich für festgelegte Zwecke erhoben werden und nur auf eine nachvollziehbare Weise verarbeitet werden. Im Kontext mit autonomen Fahren bedeutet dies für den Großteil der Systeme eine Selektierung der Daten, welche Informationen tatsächlich für eine autonome Fortbewegung erhoben werden müssen.

In dem Artikel wird durch die Kombination der Blockchain Technologie mit verteiltem Maschinellen Lernen (ML) eine Lösung vorgestellt, welche die EU-DSGVO einhält, die Privatsphäre des Fahrzeughalters schützt, auf ML und Blockchain bezogen skalierbar ist und dennoch die Bildung effektiver ML-Modelle für autonomes Fahren zulässt.

2. DEEP LEARNING

Deep Learning bezeichnet eine Gruppe von Methoden zur Optimierung künstlicher neuronaler Netze mit komplexen Strukturen. Die Komplexität entsteht durch zahlreiche Zwischenlagen zwischen der Ein- und Ausgabeschicht.

Während der Mensch Aufgaben wie Sprach- oder Gesichtserkennung intuitiv löst, wurde die künstliche Intelligenz anfänglich vor eine Herausforderung gestellt, da sich diese Aufgaben nur schwer durch mathematische Regeln abbilden lassen. Die Lösung besteht für computerbasierte Systeme in der Lernfähigkeit von Erfahrungen und die Welt in Bezug auf eine Hierarchie von Konzepten zu verstehen. Die Grundidee: jedes Konzept ist durch seine Beziehung zu einfacheren Konzepten definiert. Auf diese Weise wird durch die Ansammlung von Wissen aus der Erfahrung die Notwendigkeit einer vorherigen formalen Spezifizierung des Wissens vermieden. Durch die Hierarchie der Konzepte sind Computersysteme in der Lage komplizierte Konzepte zu erlernen, indem diese aus einfacheren zusammengesetzt werden. Die Gesamtheit der übereinander aufgebauten Konzepte weist eine tiefe Schichtenstruktur auf. Dementsprechend wird dieser Ansatz in der künstlichen Intelligenz als „Deep Learning“ bezeichnet [1][2].

Der Automobilbereich bietet für Maschinelles Lernen und Deep Learning eine Vielzahl von Anwendungsfällen.

- **Autonomes Fahren:** Insbesondere die Verarbeitung von riesigen von den Sensoren bereitgestellten Daten (zum Beispiel LiDAR), das Lernen des Fahrverhaltens und das Meistern von bestimmten Situationen resultiert in der Notwendigkeit von Techniken des Maschinellen Lernens. Gegenwärtig werden neuronale Netzwerke in Fahrerassistenzsystemen (ADAS) zur Sicht, Sonar und Radar eingesetzt. Die Sicherheitskomponente wird unter anderem über KI-basierte Software-Lösungen durch visuelle Daten von Kamerasensoren sichergestellt.
- **Intelligente Robotersysteme:** Deep Learning findet in Bezug auf die Erkennung von Merkmalen in Kamerabildern und in Sensordaten zur Maschinensteuerung Anwendung. Weiterhin werden Deep Neural Networks (DNN), insbesondere im Zusammenhang mit Robotersystemen, zur Objekterkennung und als Schlüsselkomponente für eigenständiges Lernen über die Lebensdauer hinweg genutzt.
- **Visuelle Prüfung in Herstellungsprozessen:** Die stetig voranschreitende Weiterentwicklung von Mobilgeräten und IoT-Sensoren führt zu einer Flut von Bild- und Videodaten. Diese werden weitestgehend per Hand ausgewertet. Deep Learning kann helfen bestimmte Muster zu erkennen und die Daten nach erfolgter Analyse organisiert abzulegen [3][4].

3. HERAUSFORDERUNG: Modell-Skalierbarkeit

Die Möglichkeit neuronale Netze zu skalieren, ist eine notwendige Voraussetzung um Netzwerke, basierend auf großen Datenmengen in kurzer Zeit zu trainieren. In diesem Zusammenhang setzt der Begriff „Big Data“, welcher eine Vielzahl an Datenmengen zu unterschiedlichsten Bereichen beschreibt neue Anforderungen an Systeme, welche Maschinelles Lernen unterstützen. DNNs umfassen je nach Anwendung Millionen von Parametern und sind daher rechenintensiver als andere Lernalgorithmen. Der Umfang des Modells variiert je nach Aufbau und steigt mit der Tiefe und der Anzahl der Parameter. Damit die ML Algorithmen in dieser Skalierung betrieben werden können, ist die technische Planung des Aufbaus und der Architektur des Systems von entscheidender Bedeutung.

4. VERTEILTES MASCHINELLES LERNEN

Das Trainieren umfangreicher Datensätze innerhalb tiefer ML Modellstrukturen erfordert eine Form der Verteilung des Trainingsprozesses, wodurch die Zeitspannen für Forschungs- und Produktionszyklen möglichst gering gehalten werden können. Verteiltes Maschinelles Lernen setzt zusätzlich ein sorgfältiges

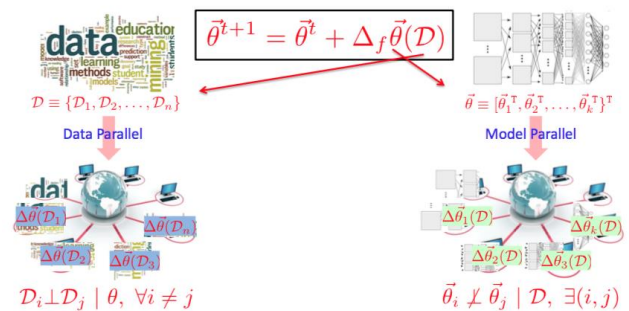


Abbildung 1: Unterschied zwischen Datenparallelität und Modellparallelität [5]

Management der Rechenleistung und der Kommunikationsintervalle, sowie eine verteilte systematische Koordination voraus.

Diesbezüglich existieren im Allgemeinen zwei näher zu betrachtende wesentliche Arten der Parallelisierung: Parallelität der Daten und Parallelität des von Maschinellen Lernen genutzten Modells.

Bei der vielgenutzten und weit verbreiteten Anwendung der datenparallelen Strategie wird der Datensatz mehrfach unterteilt und den verschiedenen parallelen angelegten Arbeitern oder direkt den Rechnern als übergeordnete Instanz zugewiesen. Jeder Arbeiter führt Aktualisierungen der Parameter speziell für seinen Datenabschnitt durch. Nach jeder Trainingsepoche wird das Modell nach vorhergehender globaler Aggregation aller Parameter aktualisiert. Der Ansatz beinhaltet die Sammlung zahlreicher Aufgaben innerhalb eines Arbeiterjobs mit dem Ziel ein und dasselbe ML Modell

auf Grundlage von verschiedenen Datenteilstücken zu trainieren.

Im modellparallelen Training wird das Modell in einzelne Stücke unterteilt und anschließend den Arbeitern zugewiesen. Die Updates des Modells laufen über diverse Aktualisierungsfunktionen ab, welche parallel ausgeführt werden.

Im Gegensatz zu datenparallelem Training wird jeder Aktualisierungsfunktion zusätzlich eine Funktion zur zeitlichen Regelung und Koordinierung zugeteilt, die die Aktualisierungen insofern beeinträchtigt und begrenzt, dass nur eine Teilmenge der Modellparameter erneuert wird.

Hierdurch werden Updates derselben Parameter und somit ein ständiges Überschreiben durch verschiedene Arbeiter verhindert. Generell bestehen zwischen den Modellparametern Abhängigkeiten. Es hat sich jedoch herausgestellt, dass ein modellparalleler Algorithmus ausschließlich effektiv arbeitet, wenn jede Trainingsepoche und die damit einhergehenden parallelen Parameterupdates genau auf eine Teilmenge von gegenseitig unabhängigen Parametern begrenzt werden [5][7].

Beide Strategien werden heutzutage in vielfältigen Arten verwendet. Die Variationen der Systeme treten vor allem zum einen in der Art der Aktualisierung und Speicherung der Modelle und zum anderen in der Koordinierung der Arbeiter zur Abarbeitung der Aufgabenliste auf. Die Modellspeicherung kann zentral über einen Master-Knoten, eine Reihe von einzelnen Netzwerkknoten oder ausdrücklich für diesen Zweck vorgesehene Parameter-Server-Knoten erfolgen. Darüber hinaus existiert die Möglichkeit das Modell zu entlang der Arbeiterknoten aufzuteilen. Die Aktualisierung des Modells kann synchron oder asynchron durchgeführt werden [6].

Die meisten Bibliotheken zum verteilten tiefen Maschinellen Lernen stellen bereits eine verteilte Integrierung des Gradientenabstiegsverfahren speziell für paralleles Lernen zur Verfügung. Im Framework Tensorflow, einer Open-Source-Programmbibliothek für künstliche Intelligenz, werden die Aufgaben je nach Anspruch der Rechenleistung entweder als Parameter Server Job (ps) oder als Arbeiterjob (worker) deklariert. Während der rechenintensive Teil des Modells, beispielsweise die Optimierung der Parameter, im Arbeiterjob kreiert wird, werden geteilte Parameter in einem oder mehreren Aufgaben innerhalb eines Parameter Server Jobs aktualisiert und gespeichert. Da alle Aufgaben gewöhnlicherweise auf verschiedenen Maschinen ausgeführt werden, erlaubt diese Art der Aufgabenzuordnung einen kontinuierlichen Datenaustausch zwischen den Jobs.

5. HERAUSFORDERUNG: Privatsphäre / Schutz der personenbezogenen Daten

An dieser Stelle soll nicht weiter auf die theoretische Funktionalität des verteilten Maschinellen Lernens und der derzeit in diesem Zusammenhang existierenden

Programmbibliotheken eingegangen werden. Im Folgenden wird näher betrachtet, welche Anwendungsfälle von datenparallelen und modellparallelen Training sich in Bezug auf eine autonome Fortbewegungsweise ergeben. Dazu wird als aktuelles Beispiel zu Maschinellen Lernen in der Automobilindustrie konkret das Unternehmen Tesla aufgegriffen.

Tesla nutzt im Bereich autonomen Fahren einen Autopiloten, welcher durch den Einsatz von Algorithmen des Maschinellen Lernens kontinuierlich lernt. Die Gesamtheit der Tesla Fahrzeuge fungiert als ein Netzwerk. Die Unternehmen sind bestrebt so viele Informationen wie möglich zur Optimierung der Autopilot-Systeme im Netzwerk zu sammeln. Dies beinhaltet die lokale Anhäufung an Daten in jedem Fahrzeug wie Informationen zum Fahrverhalten über die drahtlose Verbindung des Fahrzeugs, detaillierte GPS- und Kartenkoordinaten, Sensoren und direkte Daten von den unternehmenseigenen Forschungsfahrzeugen. Diese Datensätze bilden die Grundlage für das Training des ML-Modells. Es handelt sich hierbei um „Supervised Learning“ -überwachtes Lernen, bei welchem jeder Datenpunkt in der vorhandenen Datenmenge aus einem Eingabe- und Ausgabewert besteht. Dementsprechend lernt der Autopilot von dem Fahrzeugführer eine korrekte Fahrweise.

Damit der Autopilot nicht nur von dem individuellen Fahrverhalten des Fahrers abhängig ist, wird zuvor ein computerbasiertes Vokabular rund ums Fahren erstellt. Dazu durchlaufen Videos und Daten von bis zu

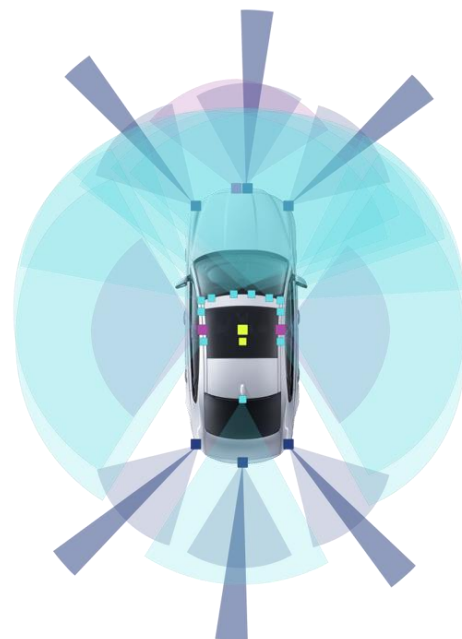


Abbildung 2: Typischer Aufbau eines selbstfahrenden Fahrzeugs bestehend aus einer Reihe von Sensoren: Kameras, Radar, Lidar zur Sicherstellung eines 360° Blickwinkels [9]

Millionen von zurückgelegten Kilometern ein Computer-Datenmodell. Die Algorithmen nutzen visuelle Techniken um die Videos aufzuschlüsseln und den Inhalt verstehen zu können. Der Hintergrundgedanke ist eine zielführende augenblickliche Reaktion des Fahrzeugs in einer unerwarteten Situation.

Das Fahrvokabular wird anschließend auf leistungsfähige Rechenhardware geladen, welche im Fahrzeug verbaut ist. Automobilunternehmen wie Tesla nutzen das Konzept als Grundbaustein um später das Modell über die Zeit hinweg durch weitere Anbindungen von Daten unterschiedlichster Natur aus vielfältigen Quellen zu prägen.

Die Daten des Fahrverhaltens werden über die Wahl der verbauten Hardware greifbar. Ein Fahrzeug, welches zur

Datenanreicherung im Anwendungsfall autonomes Fahren genutzt wird, ist mit zahlreichen Sensoren ausgestattet. Die Fahrzeugausstattung schließt typischerweise Technologien wie Radar, Kameras, Lidar, Ultraschallsensoren und ein breites Spektrum an Fahrzeugsensorik verteilt über die Netzwerk-Steuereinheit des Fahrzeugs, Flexray, Ethernet und andere Netzwerktypen ein.

Der Nutzen der Verwendung von Kameras, Radars und anderen Sensoren liegt darin das Computersystem mit einer Art Sicht und Redundanz zu versehen, welche das Fahrzeug gegen widrige Wetterbedingungen oder Fehlverhalten einzelnen Komponenten schützt. Die Komponenten erfassen und sammeln kontinuierlich Daten zur Verbesserung des selbstfahrenden Assistenzsystems, aber auch zur Datenanreicherung um in Zukunft eventuell Optimierungen an Modellen durch neue Trainingsdurchläufe zu erzielen. Tesla's Fahrzeugflotte ist daher mit dauerhaft eingeschalteten drahtlosen Netzwerkverbindungen ausgerüstet, welche die Datenmengen zum Fahrverhalten sammeln und zur Unternehmens-Cloud senden. Im Anschluss erfolgt mittels Software eine Analyse und Auswertung. Die daraus resultierenden Modelle werden getestet und in die zukünftig erfolgenden Software Updates integriert. Jene werden in regelmäßigen Abständen von den Servern zu den Kundenfahrzeugen kopiert. Diese Praxis wird allgemein als „over-the-air“ Update betitelt.

Die zentrale Speicherung der personenbezogenen Daten hinsichtlich der Fahrweise, der genauen Fahrzeugpositionen und der zurückgelegten Strecken ist an diesem Punkt kritisch zu betrachten. Im Gegensatz zu Anwendungen, denen der Nutzer explizit Berechtigungen zur Ausführung bestimmter Funktionen erteilt, weiß der Fahrzeughalter weder welche Daten genau erhoben werden noch wofür jene Informationen Verwendung finden. Dies stellt insbesondere für den Fahrzeughalter eine Beeinträchtigung der Privatsphäre dar.

6. BLOCKCHAIN TECHNOLOGIE

Bei der Blockchain Technologie handelt es sich stark vereinfacht um eine Art dezentraler Datenbank, welche

wie eine Liste an Datensätzen kontinuierlich erweitert wird („Blöcke“). Mithilfe kryptographischer Verfahren werden die Blöcke miteinander verbunden. Damit eine Transaktion zum Beispiel in Form einer Information der Blockchain hinzugefügt werden kann, muss diese vorher durch die Netzwerkteilnehmer verifiziert werden. Über ein Konsensverfahren wird sichergestellt, dass alle Netzwerkteilnehmer über die gleiche Datenbasis verfügen.

7. MASCHINE LEARNING & BLOCKCHAIN

Im nachfolgenden Abschnitt wird eine Variante vorgestellt der massiven Datenspeicherung entgegenzuwirken und eine gezieltere lokale Auswertung der Daten zu ermöglichen.

Die Grundlage hierfür bilden die bereits zuvor beschriebenen Strategien des datenparallelen und modellparallelen Trainings des verteilten Maschinellen Lernens. Der Ansatz verfolgt das Ziel Maschine Learning Modelle noch vor einer gesamten Aggregation der Datensätze der einzelnen Fahrzeuge zu trainieren. Im Gegensatz zu Tesla's Ansatz die Daten lokal zu sammeln und nach erfolgter Übertragung an einem zentralen Ort zu analysieren und auszuwerten, findet das Maschinelle Lernen direkt lokal in den Fahrzeugen statt. Dazu werden die erfassten Daten im Speicher des Fahrzeugs für das Training der autonomen Fortbewegungsweise verwendet. Durch gezielt parallel stattfindende Trainingsdurchläufe werden voneinander unterschiedliche Modelle gebildet. Auch hier existieren je nach verfolgtem Ziel zwei voneinander abweichende Grundideen: die Bildung von Modellen mit ein und demselben Ziel auf ähnlicher Datenlage oder die Bildung von Modellen mit unterschiedlichen Zielen mit komplett grundverschiedenen Daten für das Machine Learning Training. Letztere Idee spielt im Zusammenhang mit der Entwicklung mehrerer Modelle zur Kombination miteinander in einem Gesamtsystem eine übergeordnete Rolle. Auf die Praxis bezogene Anwendungsfälle sind das Erlernen eine Fahrspur zu halten, im Detail die Fahrbahnmarkierungen nicht zu überschreiten, und den Sicherheitsabstand zum vorausfahrenden Fahrzeug je nach Geschwindigkeit, Wetter- und Straßenbedingungen einzuhalten. Beide Modelle werden auf Grundlage von verschiedenen Datentypen unabhängig voneinander in zwei unterschiedlichen Fahrzeugen trainiert. Anschließend werden die Modelle in einer Gesamtstruktur integriert.

Unabhängig von der Vorgehensweise ist die Validierung des erlernten Modells, in welcher Qualität die Aufgabe ausgeführt oder ein bestimmtes Ziel erreicht wird von großer Bedeutung. Dies beschreibt in erster Linie, welche Aspekte das ML-Modell zufriedenstellend, mittelmäßig oder nur unzureichend erlernt hat. Dies ist entweder direkt über das Fahrverhalten des Fahrers oder über Fahrsimulationen möglich.

Der Austausch der Modellparameter erfolgt unter den jeweiligen Fahrzeugen über Fahrzeugknoten innerhalb

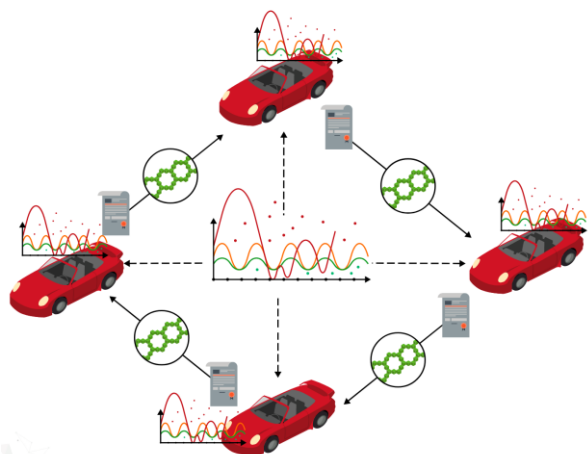


Abbildung 3: Lokales Machine Learning im Blockchain Netzwerk

des Netzwerks. Um einer etwaigen Manipulation des Informationsaustausches durch fremde und externe V2X und IoT Objekten zu blockieren, findet eine Verifizierung der Kommunikation auf Basis der Blockchain Technologie statt. Weiterhin wirkt das Blockchain Netzwerk als vertrauenswürdige Plattform zur Einhaltung der Privatsphäre der personenbezogenen Daten, da nicht alle Daten im Netzwerk geteilt werden müssen. Das bedeutet, dass das durch ML lokal erlernte Wissen ohne die Notwendigkeit von Vertrauen unter den Netzwerkteilnehmer geteilt werden kann, welches der DSGVO entspricht die Daten privat zu halten. Des weiteren können bestimmte Netzwerkeffekte erzielt und Innovationen implementiert werden. Besonders für hochgradig lokale Probleme ist die Kombination von lokalen und globalen ML-Modellen erstrebenswert.

8. NETZWERK AUS MODELLFAHRZEUGEN ALS PRAKTISCHER ANWENDUNGSFALL

Um die Kombination der Blockchain Technologie mit verteilten Maschinellem Lernen in einem greifbaren Praxiseinsatz näher zu beleuchten und einzelne Funktionalitäten zu testen, werden innerhalb eines Fahrzeug-Testnetzwerks mit geringer Skalierung elektrisch betriebene Modellfahrzeuge aufgesetzt. Die Grundarchitektur des Netzwerks baut auf der Blockchain Technologie auf, wodurch die Fahrzeuge miteinander vernetzt werden. Die Vorteile, welche sich aus der dezentralen Netzstruktur ergeben, werden später im Zusammenhang mit Maschinellern näher betrachtet.

Die Fahrzeuggröße richtet sich nach der Anzahl und der zur Erfüllung der Anforderungen vorausgesetzten Leistungen der zu verbauenden Hardwarekomponenten. Der Maßstab wird somit auf 1:10 festgelegt. Von der Hardwareseite werden Kernkomponenten wie Prozessorsteuereinheit, Sensorik (Kameramodul & Ultraschall) zur Erfassung der Straßenführung und der statischen und dynamischen Objekte im Straßenverkehr, Motorantrieb, sowie Energieversorgung (Lithium-Ionen-

Akkumulatoren) in den Fahrzeugen montiert. Die Bauteile werden zwecks gegenseitiger Abschirmung auf mindestens zwei übereinander montierten Plateauplatten angeordnet. Die räumliche Trennung erfolgt auf Grundlage von elektromagnetischer Verträglichkeit (EMV). Während im unteren Chassis die Grundausrüstung zur Umsetzung der Fortbewegung platziert wird, erfolgt die Anordnung der für zusätzliche Anwendungen erforderlichen technischen Bestandteile (Sensorik, Steuereinheit, Kommunikationsmodul) auf den oberen Plateaus. Die Nachstellung von für die Technologien relevanter Testfälle setzt eine vollständig autonome Fortbewegungsweise der Modellfahrzeuge voraus. Dazu wird die Straßenführung in den von der Kamera erfassten Bildern vorgeprägt, welche anschließend als Eingabeparameter für das Training eines neuronalen Netzwerks für die autonome Steuerung dienen.

Zum allgemein besseren Verständnis ist anzumerken, dass die Algorithmen des Maschinellen Lernens lokal im Fahrzeug selbst durch den Einsatz von Embedded-Modulen ausgeführt werden. Es wird ein globales Modell für die grundautonome Fahrweise trainiert, welches auf der Erkennung und der Orientierung der Straßenlinien beruht. Zu Beginn wird das Modell auf allen Fahrzeugen gleichermaßen ausgerollt. Über das Blockchain Netzwerk können die Modellparameter im Laufe der Zeit modifiziert und an alle Fahrzeugteilnehmer, welche Knotenpunkte darstellen, über „over-the-air“ Updates verteilt werden. Neben den globalen Aktualisierungen lernen die Fahrzeuge komplett unabhängig voneinander eigene Modelle je nach Infrastrukturbedingungen wie in etwa die Seitenabstände ohne Straßenführung einzuhalten oder gar mit Feldwegen umzugehen. Zusätzlich ist durch verstärkendes Lernen (Reinforcement Learning) eine auf den Energieverbrauch optimierte Fahrweise zur Senkung von Energieverschwendungen und Materialverschleiß und zur Erhöhung der Verkehrssicherheit denkbar.

Der Grundgedanke ist, Modelle mit dem Ziel des autonomen Fahrens zu bilden, welche nicht in optimalen Umgebungen entstanden sind und somit einen realitätsnahen Fall widerspiegeln. Auf das lokale Lernen von den Umgebungsbedingungen zu verzichten ist ausgeschlossen, da kein globales Modell entwickelt werden kann, welches alle existierenden Infrastrukturzustände abdecken kann. Dabei handelt es sich um hochgradig lokale Probleme, welche von Land zu Land und Kontinent zu Kontinent sehr differierend voneinander sind. Um dennoch autonomes Fahren in möglichst jeder denkbaren Situation sicherzustellen, fungiert die Blockchain Technologie als zentrale Rolle, indem das verifizierbare „Wissen“ der Fahrzeuge untereinander geteilt wird. Dazu fragen die Netzwerkteilnehmer je nach Situation und Position nach einem im Netzwerk befindlichen Modell an. Die Freigabe eines Modells kann für einen bestimmten Zeitraum erfolgen ohne alle Daten transferieren oder tauschen zu müssen. Hierdurch werden Netzwerkeffekte

des Lernens erzielt ohne der Notwendigkeit von zentralen Datenbanken.

Ferner findet auf Basis der Blockchain eine Verifizierung der Kommunikation statt um eine etwaige Manipulation des Informationsaustausches durch fremde externe V2X und IoT Objekte zu blockieren.

Folgende Testfälle gilt es in Bezug auf die autonome Fahrweise an sich und das Netzwerk selbst zu untersuchen:

- Einhaltung der Straßenmarkierungen
- Beachtung von Verkehrsschildern, Ampeln und anderen Verkehrsteilnehmern
- Reaktion auf veränderte Infrastruktur
- Simulation einer Cyberattacke von außen auf die Blockchain zur Beeinflussung der Netzwerkstabilität
- Flexibilität der Integrierung weiterer IoT-Funktionen

Da die Testfälle und Rahmenbedingungen mit der Zeit variieren, ist eine dynamisch anpassbare Fahrzeuginfrastruktur erstrebenswert.

Zusätzlich zu den bereits erwähnten Faktoren erlaubt das Netzwerk das Testen alternativer Machine Learning Modelle, wodurch neue Anwendungsfälle erschlossen werden können. Dabei sind die Grenzen und demzufolge die Menge der möglichen Ereignisse durch die kleinere Skalierung begrenzt.

Über diesem Netzwerk gestellt sind weitere intelligente Systeme wie ein automatisiert geregelter Verkehrsfluss durch die Übermittlung von Parametern zum Verkehrsstand und zur Straßenbeschaffenheit zwischen den Fahrzeugen und registrierten IoT-Objekten denkbar.

9. ZUSAMMENFASSUNG

Der Artikel präsentierte eine Möglichkeit das heutzutage zentral angewandte Machine Learning zum Zweck einer autonomen Fahrweise auf eine Vielzahl an Endgeräten lokal zu verteilen. Zugleich wurden die Herausforderungen des Datenschutzes in Bezug auf personenbezogene Daten im digitalen Wandel der Automobilindustrie unter Einhaltung der EU-DSGVO näher betrachtet. Als Kommunikationsverifizierung zur Sicherung des Modellaustausches eignete sich ein eigens optimiertes Blockchain Framework. Der Nutzen der Kombination der beiden Technologien wurde anhand eines praktischen Anwendungsfalls herausgestellt. In jenem werden verschiedenen Szenarien zur testweisen Untersuchung in einem dynamischen Umfeld angesprochen und analysiert.

10. LITERATUR

- [1] Ian Goodfellow, Yoshua Bengio und Aaron Courville: Deep Learning (Adaptive Computation and Machine Learning), MIT Press, Cambridge (USA), 2016
- [2] Michael A. Nielsen: Neural Networks and Deep Learning, Determination Press, 2015
- [3] A. Luckow, M. Cook, N. Ashcraft, E. Weill, E. Djerekarov und B. Vorster: Deep learning in the automotive industry: Applications and tools, in Big Data, IEEE International Conference on. IEEE, 2016
- [4] F. Falcini, G. Lami, A. M. Costanza: Deep Learning in Automotive Software, IEEE Computer Society, 2017
- [5] Eric P. Xing, Qirong Ho, Pengtao Xie, and Dai Wei: Strategies and principles of distributed machine learning on big data. Engineering (179-195), 2016
- [6] F. Niu, B. Recht, C. Re, and S. J. Wright. HOGWILD!: A Lock-Free Approach to Parallelizing Stochastic Gradient Descent, ArXiv e-prints, 2011
- [7] S Lee, JK Kim, X Zheng, Q Ho, GA Gibson, EP Xing: On model parallelization and scheduling strategies for distributed machine learning, in Proceedings of the Neural Information Processing Systems, 2014
- [8] Iandola, F.N., Moskewicz, M.W., Ashraf, K., Han, S., Dally, W.J., Keutzer, K.: Squeezenet: alexnet-level accuracy with 50x fewer parameters and 1mb model size, ArXiv preprint (arXiv:1602.07360), 2016
- [9] Adam Grzywaczewski: Training AI for Self-Driving Vehicles: the Challenge of Scale, NVIDIA Developer Blog, verfügbar unter: <https://devblogs.nvidia.com/training-self-driving-vehicles-challenge-scale>, 2017
- [10] L.-N. Lundbæk, D. J. Beutel, M. Huth, S. Jackson, L. Kirk, S. Schwerin: Practical Proof of Kernel Work & Distributed Adaptiveness, verfügbar unter: https://www.xain.io/pdf/XAIN_Yellow_Paper.pdf, 2017
- [11] Codie Thompson: Why driverless cars will be safer than human drivers, verfügbar unter: <http://www.businessinsider.de/why-driverless-cars-will-be-safer-than-human-drivers-2016-11?r=US&IR=T>, 2016

KONTAKT

Felix Reichel
XAIN AG
Schmiedestraße 2A, 15745 Wildau
Email: felix.reichel@xain.io

Wie werden wir erfolgreich digital?

Kurzvorstellung einer praxisorientierten, zertifizierten Weiterbildungsinitiative für die regionalen Automobilzulieferer (KMU) in Berlin / Brandenburg

Prof. Dr. Hagen Ringshausen
DRC Consulting GmbH, Berlin

Fachbereich: Wirtschaft, Informatik, Recht
Technische Hochschule Wildau
Hochschulring 1
15745 Wildau
E-Mail: ringshausen@th-wildau.de

ABSTRACT

Die kleinen und mittleren Betriebe der Automobilzulieferindustrie (KMU) in Berlin / Brandenburg sehen sich mit der fortschreitenden Digitalisierung besonderen Herausforderungen gegenüber. Auch wenn für alle Beteiligten unstrittig ist, dass Geschäftsprozesse und -modelle sich ändern müssen, vor allem, um effizienter produzieren zu können und um anschlussfähig an die Automobilhersteller zu bleiben, so fehlt doch oftmals der konkrete, auf die KMU zugeschnittene Umsetzungsplan und vor allem die qualifizierten Mitarbeiter für diese Transformation.

Ein neu entwickeltes, zertifiziertes Weiterbildungsprogramm der IHK Potsdam unter Schirmherrschaft des aBB Verbandes (Automotive Berlin Brandenburg) richtet sich als praxisorientierte Qualifizierungsoffensive genau an diese Zielgruppe, um Anschluss- und Wettbewerbsfähigkeit der regionalen KMU systematisch zu unterstützen.

Schlüsselwörter:

KMU – Qualifizierung für Digitalisierungsprojekte – Ressourcenknappheit – IHK zertifizierte Weiterbildung – hohe Praxisrelevanz – deutschlandweit einzigartiges Angebot – regionale Wirtschaftsförderung für Berlin/ Brandenburg.

I. Zur Ausgangssituation der KMU in Berlin und Brandenburg

Die Digitalisierung der Automobilindustrie schreitet voran. Es ist eine Alltagserscheinung geworden, dass sich OEMs (Automobilhersteller) mit der nötigen finanziellen Ausstattung mehr und mehr um innovative, dynamische Startups bemühen, aus deren kreativer Kooperation häufig neue digitale Anwendungen, Produkte oder ganze Geschäftsmodelle hervorgehen. Demgegenüber stellt die digitale Transformation die meisten kleinen und mittelständischen Betriebe der Automobilzulieferindustrie organisatorisch vor eine deutlich andere Situation.

Wie wir aus der Verbandsarbeit von aBB (Automotive Berlin-Brandenburg) und des proTICar e.V. berichten können, bestätigen uns die Mehrheit der KMU Geschäftsführer: Es existiert ein unverändert hoher Orientierungs- und Qualifizierungsbedarf unter permanenter Ressourcenknappheit. Dabei sind es vor allem folgende offene Fragen, die den Einstieg bzw. die

konsequente Verfolgung der Digitalisierung als KVP-Thema erschweren:

1. Welches WISSEN wird benötigt?
2. Wieviel PERSONAL mit welchem Background muss eingesetzt bzw. eingestellt werden?
3. Welche RECHTLICHEN Rahmenbedingungen sind relevant?
4. Wie verändern sich BETRIEBSABLÄUFE / ORGANISATIONSTRUKTUREN?
5. Welche finanziellen FÖRDERMÖGLICHKEITEN stehen zur Verfügung?

Die Digitalisierung als gesellschaftlicher Megatrend hat vielfältige Facetten und Folgen hinsichtlich zu verändernder Betriebsabläufe und -strukturen. Im Folgenden möchte ich einen immanenten Themenkomplex der Digitalisierung eingehender betrachten, der im Kontext des allgemeinen Fachkräftemangels und Generationenwechsels bisweilen übersehen wird: das Thema der Personalgewinnung, das zusätzliche Synergien und betriebswirtschaftliche Anreize für KMU bietet.

II. Digitalisierung ist auch eine Chance zur nachhaltiger Erhöhung der Arbeitgeberattraktivität

Jobsuchende Absolventen der Hoch- und Berufsschulen – soweit sind sich alle Studien zum Arbeitsverhalten der Generation Y und Z einig – sind bei der Auswahl des Arbeitgebers mehr denn je darauf bedacht, in der Heimatregion zu verbleiben, da soziale Lebensbezüge und eine realisierbare Work-Life-Balance deutlich an Relevanz gewonnen haben.

Damit einher geht der Trend, dass vielfach kleine, eher überregional unbekannt Unternehmen („hidden champions“) zum „employer of choice“ werden. So ist feststellbar, dass es auch in Berlin-Brandenburg nicht mehr die klangvollen Namen internationaler Großkonzerne sind, die die Listen der beliebtesten Arbeitgeber anführen, sondern mehr und mehr „der EDEKA um die Ecke“ oder der „familiengeführte Fertigungsbetrieb neben dem Sportplatz“, der es regional rechtzeitig verstanden hat, sich als technisch modernes Unternehmen aufzustellen und sich in den sozialen Medien bzw. auf Arbeitgeberbewertungsportalen oder schlicht durch Mundpropaganda transparent, authentisch und attraktiv zu präsentieren.

Insofern besitzt die digitale Transformation von KMU in Zeiten des Fachkräftemangels vor dem Hintergrund des Jobsuchverhaltens der Generation Y und Z ein besonderes Potenzial, wertvolle Wettbewerbsvorteile im Kampf um die besten Bewerber zu generieren. Allerdings muss hier für die Planung des digitalen Umbaus der Betriebsstrukturen auch bedacht werden, dass flache Führungsstrukturen und ein partnerschaftliches Betriebsklima ebenso im Erwartungsfokus stehen wie flexible Arbeitszeiten und -orte (Arbeitszeit- und -ortsouveränität des Mitarbeiters).

III. In 2017 wurde der „Digitalisierungsbeauftragte“ bzw. der „Digital Transformation Manager“ als Weiterbildungskonzept aus der Taufe gehoben

Über die beiden Branchenverbände des aBB und proITCar e.V. fanden 2017b viele Einzelgespräche mit KMU Geschäftsführern aus der Region statt, ebenso wurden auf entsprechenden Mitgliederversammlungen rege diskutiert und Befragungen durchgeführt, wie denn ein Weiterbildungskonzept inhaltlich und organisatorisch gestaltet sein müsste.

Es sollte aus Sicht der Teilnehmer sichergestellt werden, dass die bekannten Schwierigkeiten der digitalen Transformation „betriebsgerecht“, d.h. vor allem anwendungsbezogen, praxistauglich, schnell, kompakt und finanzierbar überwunden werden können.

Nachdem die Bedarfe analysiert, geclustert und digitale benötigte Fach- und Methodenkompetenzen definiert worden sind, wurde das Curriculum entwickelt. Hier war es von größter Wichtigkeit, nur solche Partner als Referenten zu gewinnen, die nachweislich langjährige

Praxiserfahrungen im KMU Umfeld gesammelt haben, um ihre Expertise entsprechend „kundengerecht“ vermitteln zu können. Ebenso wurde Wert darauf gelegt, dass eine pädagogisch-didaktische Vermittlungskompetenz bei den Referenten nachweislich vorhanden sein muss, um den „Wissenstransfer im Klassenraum“ sicherzustellen.

Kurzcharakteristik des Weiterbildungsprogramms	
Weiterbildungs-Zertifikatsprogramm	Ausbildung zum Digitalisierungsbeauftragten (IHK) (Digital Transformation Manager)
Träger	IHK Potsdam
Schirmherrschaft	aBB, Harald Bleimeister
Curriculum	Prof. Dr. Hagen Ringshausen
Lehrgangsumfang / Dauer	96 UE (Unterrichtseinheiten) – 3 Monate
Start	Herbst 2018 (tbd)
Abschluss	IHK Zertifikat (Projektarbeit / mündl. Fachgespräch)
Leitung IHK Potsdam	Kerstin Poloni
Organisation	Sven Fischer (IHK) / Bianca Hesse (aBB)
Teilnehmer	6 - max. 12 pro Kurs
Kosten pro Teilnehmer	2.880 EUR

Abbildung 1: „Steckbrief“ der IHK Weiterbildung zum Digitalisierungsbeauftragten

Sicherlich sind Formen des distance learning / eLearning als perspektivische Variante der Weiterbildung denkbar und sinnvoll. Im ersten Schritt ist die Entscheidung allerdings bewusst dagegen ausgefallen, da davon auszugehen ist, dass die Teilnehmer auch aus dem Altersegment 35-55 Jahre Lebensalter stammen, die möglicherweise mit virtuellen Lernumgebungen weniger vertraut sind. Zudem ist die vorgesehene Projektarbeit im persönlichen Kontakt zwischen Referent und Teilnehmer logistisch einfacher zu organisieren.

Eine besondere Herausforderung ist sicherlich auch darin zu sehen, dass diese Betriebsfunktion – analog dem Qualitätsmanagementbeauftragten (QMB) vor 20-30 Jahren – als Stabsstelle der Geschäftsführung in der Regel noch gar nicht eingerichtet ist. Das heißt, dass zunächst Personen, die bereits funktional definierte Vollzeitstellen ausfüllen, diese Weiterbildung besuchen werden, bevor der „Digitalisierungsbeauftragte“ neu im Organigramm des KMU Unternehmens auftaucht.

Die Zielgruppe der Weiterbildung sind solche Personen, die den Betrieb schon mindestens 3 Jahre kennen, die heute eine Querschnittsfunktion bekleiden bzw. Interesse an gesamtbetrieblichen Abläufen besitzen und die ein solides Grundwissen aus dem IT Bereich mitbringen. Ein akademischer Hintergrund ist wünschenswert, aber nicht zwingend. Diese Personen besitzen bereits in ihren heutigen Verantwortlichkeiten eine hohe Bedeutung für den Geschäftserfolg, deshalb ist das Curriculum so ausgelegt, dass nach jedem der 13 Module konkrete Verbesserungsideen in den Betrieb zurückfließen und nicht erst am Ende der dreimonatigen Weiterbildung.

Die Weiterbildung findet in 4 Blöcken à 3 Tage statt, wobei der Samstag eingerechnet ist, um die Ausfallzeiten im Betrieb zu minimieren.

Die richtige Teilnehmerauswahl und Freistellung für 8 bzw. 12 Weiterbildungstage seitens der KMU ist nur eine Facette des typischen Ressourcenmangels, unter denen eben nicht nur das laufende Tagesgeschäft, sondern auch die strategische Veränderung von Geschäftsprozessen und -modellen stattfinden (können) muss.

Um daher auf der einen Seite eine gewissen Homogenität der Weiterbildungsgruppe zu gewährleisten und um auf der anderen Seite das Programm organisatorisch kompakt zu halten, werden die Interessenten im Vorfeld detailliert nach ihren Vorkenntnissen und -erfahrungen befragt, um eine möglichst hohe Nutzenwirksamkeit für alle Teilnehmer zu erreichen und die Lerngruppen entsprechend optimal zusammenzustellen.

IV. Der kompakte Weg zum Digitalisierungsbeauftragten (IHK) – das Curriculum in 13 Modulen

Die modularisierte Weiterbildung besteht aus 11 thematischen Elementen (eintägige Module), daneben sind 2 Betriebsbesuche bei solchen Partnerunternehmen des aBB bzw. des proITCar e.V. vorgesehen, die bereits über erfolgreiche Digitalisierungsanwendungen verfügen, um eine konkrete Anschauung von Digitaltechnik im Regelbetrieb vermitteln bzw. einen praktischen Erfahrungsaustausch anbieten zu können. Einer der Partner ist die Bundesdruckerei, die in Berlin-Brandenburg eines der führenden Unternehmen in Bezug auf Digitalisierung darstellt und zu branchenübergreifenden Lösungen und Anwendungen berät.

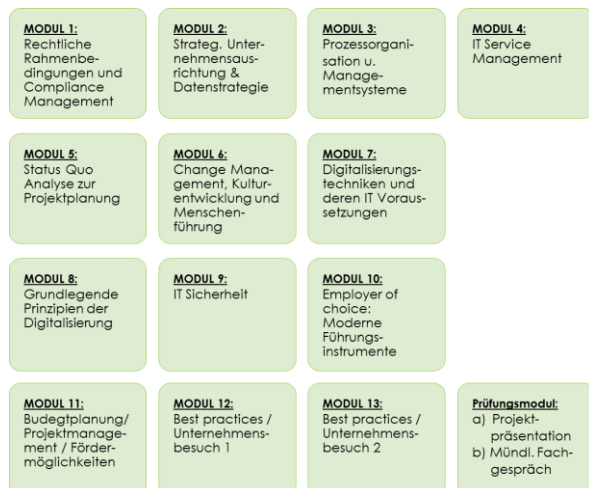


Abbildung 2:
Das Curriculum zum Digitalisierungsbeauftragten (IHK)

Die in Deutschland in dieser Form bislang einzigartige Weiterbildung endet mit einer IHK zertifizierten Prüfung, die aus einem mündlichen Fachgespräch zu den Inhalten der 11 Module besteht sowie der Präsentation eines Projektplanes, der als reales Implementierungsvorhaben im Betrieb über die Dauer der Ausbildung zu erstellen ist. Insofern ist es unabdingbar, dass die KMU Geschäftsführer der entsendenden Teilnehmer diese

Chance frühzeitig erkennen, um nicht nur die nötigen Fragestellungen ihren Teilnehmern mit auf den Weg geben, sondern auch die erforderlichen Informationen bereit stellen, die eine konkrete Projektplanung zur Digitalisierung von Geschäftsprozessen oder Produkten als Ergebnis ermöglichen.

V. Die Besonderheiten des Programms im Überblick

Der Curriculumsplanung ging ebenfalls eine Marktanalyse des Weiterbildungsmarktes voraus. Diese hatte u.a. zum Ergebnis, dass sich der Reifegrad der Automobilhersteller im industriellen Branchenvergleich etwa mit der Pharmaindustrie oder dem Anlagen- und Maschinenbau auf einem hohen Niveau befindet, so dass der konsequente Praxisbezug passend zu diesem Niveau ein leitendes Gestaltungsprinzip wurde. Allgemeine theoretische Lerninhalte über „big data, IoT und cloud-Lösungen“, wie sie vielfach in Weiterbildungsgeboten diverser Anbieter aktuell angeboten werden, sind nicht in der Lage, die betriebswirtschaftliche und technische Anschlussfähigkeit der KMU an die Branchenentwicklung der Automobilindustrie effektiv zu unterstützen.

Insgesamt ist das Profil des Weiterbildungsprogramms durch folgende Qualitätsmerkmale gekennzeichnet:

- (1) Hohe Professionalität und Kundenorientierung: Gesicherte Anschlussfähigkeit an die KMU Bedingungen, da alle Referenten Praxiserfahrungen mit derartigen Unternehmensgrößen und -bedingungen besitzen.
- (2) Leitprinzip „Von Unternehmern für Unternehmer“: Die deutliche Mehrheit der Referenten sind Unternehmer und konnten aus den Reihen von Mitgliedern und Netzwerkpartnern des aBB/proITCar bzw. des Automotive Cluster Ostdeutschland (ACOD) gewonnen werden, so dass hier referentenseitig nicht nur fachlich, sondern auch betriebswirtschaftlich die erforderliche Sensibilität sichergestellt ist.
- (3) Enge Abstimmung zwischen den Referenten. Es wurde Wert darauf gelegt, dass die Erstellung des Curriculums als eine Gemeinschaftsaufgabe verstanden wurde. D.h., die Referenten kennen sich untereinander und haben ihre Inhalte so geplant, dass sie unmittelbar aufeinander aufbauen und für die Teilnehmer der „rote Faden“ sichergestellt sind.
- (4) Fokus auf best practices: Durch die Vermittlung von vor allem best-practices wie der ITIL Methode als IT Service Management Methode wird eine durchgehende hohe Praxisverwertbarkeit erreicht.

- (5) Starker Projektbezug durch die Anforderung der Abschlussprüfung einen dezidierten Projektplan vorzulegen und zu verteidigen.
- (6) Weiterbildung dient gezielt dem Aufbau einer neuen Stabsfunktion „Digitalisierungsbeauftragter“. Darüber werden die entsendenden KMU Geschäftsführer rechtzeitig aufgeklärt und bei Bedarf professionell unterstützt.
- (7) Hohe Wertigkeit der Weiterbildung für den Teilnehmer durch den zertifizierten, anerkannten IHK Abschluss.
- (8) Nutzung von Fördergeldern für die spätere Projektkomplementierung durch die professionelle Finanzierungsplanung im Modul 11.

VI. Ausblick: Erfolgsdimensionen der Weiterbildung zum Digitalisierungsbeauftragten für die Branche und die Region

Es kann davon ausgegangen werden, dass die Unternehmen, die diese Weiterbildung in Anspruch nehmen werden, im hohen Maße dadurch profitieren, dass sie eine systematische Anleitung erhalten, wie sie konkret ihre digitale Strukturen und Produkte aufbauen bzw. weiter professionalisieren. Die Projektplanung als zentrales Element sichert den unmittelbaren Praxisbezug und ist angelegt als reales Implementierungsvorhaben.

Zudem erhalten die Teilnehmer bzw. deren Unternehmen konkrete Hilfestellungen, wie sie eine geeignete Stelle im Betrieb einrichten können, die analog dem QMB als Stabsstelle der Geschäftsleitung dauerhaft Digitalisierungsthemen verantwortet.

Das Programm bietet darüber hinaus den Vorteil, dass die Prüfung und Beantragung entsprechender Fördermittel für die Umsetzung der Projektideen integrativer Bestandteil des Weiterbildungsprogramms darstellt:

Dies wird zum einen durch Angebote der IHK Potsdam ermöglicht und darüber hinaus durch die professionelle Bearbeitung aller Projektthemen durch die Firma ATeNe (<https://www.atene-gmbh.de/>) im Modul 11.

Für die Teilnehmer ist diese Weiterbildung deshalb besonders attraktiv, da sie ihren persönlichen Arbeitsmarktwert durch den anerkannten IHK Abschluss erhöhen und die interessante Aussicht erwerben, für eine neue Betriebsfunktion „Digital Transformation Manager“ / Digitalisierungsbeauftragter eine ideale Besetzung zu werden.

Die geistigen Väter und Mütter dieses Programms sind insgesamt davon überzeugt, dass dieses Vorhaben einen wertvollen Beitrag für die Weiterentwicklung der KMU in Berlin Brandenburg leisten wird und damit auch ein

innovativer Impuls gesetzt wird zur Förderung der regionalen Wirtschaft.

Für weitergehende Fragen oder Anmeldungen bitten wir darum, sich direkt an den aBB zu wenden: info@ac-bb.de

Literatur:

- Axel Springer Digital Classfields / meinstadt.de (2017): Employer Branding Studie 2017 – darauf kommt es Fachkräften mit Berufsausbildung bei zukünftigen Arbeitgebern an. Köln. https://www.hcm-magazin.de/files/smfiledata/2/0/1/6/7/8/3/Whitepaper_Employer-Branding-Studie-2017.pdf
- Pollety, Wolfgang / Pastohr, Mandy (2017): Strategische Personalarbeit: Erfolgswege für kleine und mittlere Unternehmen. Frankfurter Allgemeiner Buch Verlag.
- Rademacher, Ingo (2017): DIGITALISIERUNG SELBST DENKEN: Eine Anleitung, mit der die Transformation. BusinessVillage Verlag.
- Ringshausen, Hagen (2016): Kritische „Change Readiness“ der Automobilindustrie angesichts der neuen IT-Eco-Systeme: Wie die digitale Transformation dennoch gelingen kann? In: Kubica, Stefan / Ringshausen, Hagen / Reiff-Stephan, Jörg / Schlingenhof, Marius (HRSG)(2016): Tagungsband des 1. Automotive Symposiums Wildau, S. 1-5, Technische Hochschule Wildau. https://books.google.nl/books/about/1_Automobil_Symposium_Wildau.html?id=caFwnQAACAAJ&redir_esc=y

Kontakt:

Prof. Dr. Hagen Ringshausen
www.ringshausen.com
 Email: ringshausen@drc-consulting.de

Professor für internationales Personalmanagement
 Technische Hochschule Wildau
 Email: hagen.ringshausen@th-wildau.de

Phone: +49 160 4452519

Bezahlösungen für digitale Geschäftsmodelle in der Automobilindustrie

Klaus Schöpflin

Executive Consultant

SHC Stolle & Heinz Consultants
GmbH & Co. KG
Konrad-Adenauer-Allee 15
86150 Augsburg
k.schoepflin@stolleundheinz.com

Lukas Zühlke

Consultant

SHC Stolle & Heinz Consultants
GmbH & Co. KG
Konrad-Adenauer-Allee 15
86150 Augsburg
l.zuehlke@stolleundheinz.com

Christina Schöpflin

Student Employee

SHC Stolle & Heinz Consultants
GmbH & Co. KG
Konrad-Adenauer-Str. 15
86150 Augsburg
c.schoepflin@stolleundheinz.com

Abstract

In einer vernetzten Welt mit umfangreichen, innovativen digitalen Dienstleistungen über alle Industriesektoren hinweg – vor allem aber im Bereich vernetzter Mobilität – wird die Frage nach adäquaten Bezahlösungen immer wichtiger.

Beispielhafte Anwendungsfälle sind:



Abbildung 1: typische Anwendungsfälle von Bezahlösungen rund um das Thema Mobilität

Hierzu passende Bezahlösungen müssen modern, hoch skalierbar und sicher sein sowie alle erforderlichen Customer Touchpoints (Auto, Online, Mobil, Automat, Shop) abdecken.

Solche Lösungen sind heute bereits am Markt zu finden – jedoch recht schwierig. Daher stellt sich die strategische Frage Build, Buy or Partner für wichtige Grundlagenanwendungen (z.B. Payment Gateway).

Offensichtlich scheinen echte Blind Spots in den Initiativen der Automobilhersteller und der großen Beratungsgesellschaften, die typischerweise die Automobilindustrie unterstützen, zu existieren. Hier herrscht noch die Sichtweise vor, dass Payment zu klein und zu komplex ist, um sich damit ernsthaft auseinander zu setzen.

Aus unserer Sicht sind jedoch skalierbare und nutzerfreundliche Paymentlösungen ein Missing Link in der Usability digitaler Mobilitätsdienste.

Grundlagen

Digitale Bezahlösungen für Mobilitätsdienstleistungen müssen multikanal- oder multichannel-fähig sein, um alle Customer Touchpoints mit einer einheitlichen User Experience abdecken zu können.

Aus Sicht eines Payment Experten sind skalierbare und nutzerfreundliche Bezahlösungen nötig, um

- ID-Management
- Personalisierung
- Loyalty und Werbung

anstelle proprietärer Lösungen umzusetzen.

Die regulatorischen und marktspezifischen Hürden für den Erfolg herstellereigener Bezahlösungen sind allerdings sehr hoch. Am Markt erfolgreiche Bezahlösungen sind immer aus einer Kombination von Nutzermobilisierung, einfacher Handhabung und konkreter Mehrwerte für den Kaufprozess entstanden. Zudem verschärfen neue EU-Richtlinien ab 2018 die Anforderungen an den Schutz persönlicher Daten und die Haftung für die unerlaubte Weitergabe dieser Daten.

Ein erfolgversprechender Ansatz zur Bewältigung von Startschwierigkeiten beim Rollout von Bezahlösungen für digitale Angebote und Geschäftsmodelle kann eine herstellerübergreifende Herangehensweise sein. Diese erlaubt Automobilherstellern sich auf die individuelle Gestaltung der wichtigen Customer Front Ends (Online, Mobil, Auto, Shop) zu konzentrieren. Die eigentliche Bezahlösung – einschließlich der Anbindungen an diese Front Ends und aller Funktionalitäten – rückt dabei als skalierbare Lösung für alle in den Hintergrund.

Dem erhöhten Aufwand bei Design und Implementierung einer solchen Lösung stehen hohe Vorteile hinsichtlich Skaleneffekten und Beherrschung regulatorischer Anforderungen gegenüber. Insbesondere bei der Entwicklung gesamtheitlicher

Mobilitätslösungen bietet eine solche Herangehensweise strategische Vorteile.

Beobachtungen aus Nutzersicht

Im Vergleich zu typischen Angeboten aus dem Online oder Mobile Commerce gibt es in der automobilen Welt noch wenige multichannel-fähige Angebote und Dienstleistungen, die zudem im Vergleich zu anderen Branchen deutliche Schwächen in der Handhabung von Registrierungs- und Bezahlprozessen aufweisen.

Andererseits haben Automobilhersteller bereits viel Geld und Aufwand in die Entwicklung von eigenen Bezahlverfahren gesteckt - ohne sichtbaren Erfolg. Zudem stehen weitaus mehr technische Möglichkeiten zur Verfügung als heute genutzt werden. Warum?

Betrachtet man die am Markt verfügbaren Bezahlösungen von Automobilherstellern für die oben genannten Einsatzzwecke, so lassen sich generell deutliche Schwächen bei der Usability dieser Anwendungen feststellen, insbesondere:

- Umständliche Registrierungsprozesse
- Keine einheitliche Nutzeroberfläche
- Viele Medienbrüche
- Keine einheitlichen bzw. fehlende bargeldlose Bezahlmittel
- fehlende Funktionalitäten, beispielsweise einfache Zusatzbestellungen oft nicht möglich,

Typische Nutzeranforderungen lassen sich aus vergleichbaren Anwendungen in anderen Branchen, wie im Online Handel, leicht ableiten. Diese betreffen nicht nur die User Experience und Customer Journey bei der Abwicklung von Bezahlvorgängen, sondern ebenso

- einheitliche Nutzeroberflächen über alle Touchpoints hinweg (Mobil, Online, Automaten, Auto, Telefon),
- das Angebot an sofort nutzbaren multichannel-Angeboten,
- die Nutzung einheitlicher Identifizierungsmerkmale,
- Schutzmechanismen für persönliche Daten.

Aus diesen Grundanforderungen von Anwendern und den Erfahrungen mit digitalen Bezahlösungen in anderen Branchen lassen sich wichtige und für die grundlegende Architektur von Bezahlösungen für Mobility entscheidende Rückschlüsse ziehen.

Payment ist kein Selbstzweck, sondern ein Mittel zum Zweck. Der Konsum digitaler Dienstleistungen muss im Vordergrund stehen: niemand bezahlt gerne. Deshalb sollte eine für Nutzer attraktive Payment Infrastruktur über folgende Merkmale verfügen:

- ID-Management und Verknüpfung mit Bezahlarten und -funktionen,

- Anbindung aller Buchungs-, Bestell- und Bezahlprozesse an multichannel-fähige Bezahlmittel,
- Nutzung einer ID in der gesamten Mobilitätsumgebung,
- Starker Datenschutz entsprechend neuer EU-Richtlinie.



Abbildung 2: Typische Nutzeranforderungen und Anforderungen an eine Payment-Infrastruktur

Die technische Realisierung einer solchen Architektur ist heute bereits möglich, da die grundlegenden Teilanwendungen am Markt eingeführt sind. Bei der Beschaffung und der Integration solcher Teilanwendungen stellt sich die strategische Frage Build, Buy or Partner für wichtige Grundlagenlösungen (z.B. Payment Gateway).

Der entscheidende Erfolgsfaktor ist jedoch weniger die IT-Architektur als vielmehr die Business Architektur einer hoch skalierbaren Bezahllösung. Hierfür ist die Suche nach erfolgreichen Vorbildern in der Payment-Industrie und das Verständnis der dort vorherrschenden Marktbedingungen und Erfolgsfaktoren von zentraler Bedeutung.

Payment – eine eigene Welt

„Bezahlen“ ist eine eigene Welt mit eigenen Spielregeln und Erfolgsfaktoren. Die wichtigsten sind:

- User Experience,
- Nuttermobilisierung,
- Skalierung.

Neueinsteiger in der Payment-Industrie sehen sich mit einer Vielzahl von Hindernissen und Herausforderungen beim Design, der Implementierung und dem erfolgreichen Rollout eigener, proprietärer Bezahlösungen konfrontiert:

- Regulierungs- und Lizenzierungsanforderungen für Anbieter, Verarbeiter, Bezahlverfahren und Akzeptanzlösungen stellen hohe Markteintrittsbarrieren dar (Zeit, Knowhow, Kosten)
- National unterschiedliche gesetzliche Anforderungen und eine Vielzahl an proprietären, nationalen Bezahlverfahren (z.B. girocard oder Carte Bleue)
- Wenige am Markt verfügbare Lösungen, die über alle Customer Touchpoints eine

Datenverarbeitung ermöglichen (Shop, Automat, Online, Mobil, Telefon).

Zudem ist festzustellen, dass der Markt an Bezahlverfahren gesättigt ist. Seitens der Nutzer besteht nur noch ein geringer Bedarf an gänzlich neuen Bezahlverfahren. Das Bedürfnis nach Bezahlösungen die die oben genannten Nutzeranforderungen erfüllen, ist dafür umso größer.

Bei einer Analyse der weltweit erfolgreichsten Bezahlverfahren kann man erkennen, dass sie durch eine Kombination folgender Erfolgsfaktoren entstanden sind:

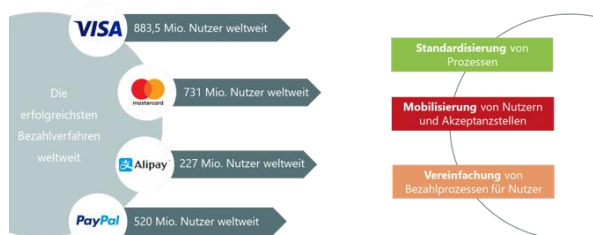


Abbildung 3: Weltweit erfolgreiche Bezahlverfahren und grundlegende Erfolgsfaktoren

Die Ausbreitung bereits vorhandener Lösungen in der Automobilindustrie wird zusätzlich erschwert durch die Umsetzung neuer, für Bezahl- und Loyaltylösungen relevanter EU-Richtlinien.



Abbildung 4: Neue EU-Richtlinien für Bezahlverfahren und Datenschutz in 2018

Mit diesen neuen Richtlinien, die 2018 in nationales Recht umgesetzt werden, erhöht sich die Komplexität und das Haftungsrisiko für Anbieter von eigenen Bezahlösungen beträchtlich.

Von proprietären Lösungen zu hoch skalierbaren Mobilitäts-Plattformen

Aus den oben dargestellten Anwendungsfällen, den Nutzeranforderungen und den Merkmalen erfolgreicher Bezahlösungen lässt sich eine grundlegende Business Architektur für eine hoch skalierbare Payment-Lösung

für Automobilhersteller erstellen. Wichtigste Kriterien hierfür sind:

- Eine klare Aufgabentrennung zwischen Automobilherstellern (Design und Integration von Front Ends und digitalen Inhalten) und
- einer zentral betriebenen Paymentplattform (Backend und Integration von Bezahlverfahren bzw. ID-Verfahren, die allen Beteiligten zur Verfügung stehen).
- Die Integration beider Lösungselemente durch multichannel-fähige Schnittstellen (Payment Gateways), die in der Lage sind alle Arten von Transaktionen über alle Front Ends hinweg zu verarbeiten.

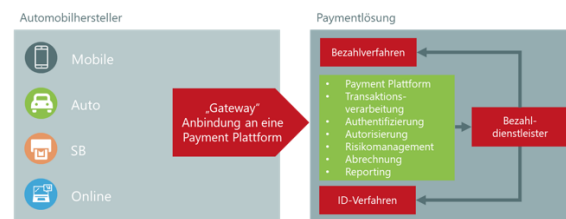


Abbildung 5: Grundarchitektur einer einheitlichen Payment Plattform in der Automobilindustrie

Auch wenn die Schaffung einer einheitlichen Payment-Plattform für mehrere Automobilhersteller auf den ersten Blick angesichts bereits vorhandener, herstellereinspezifischer Bezahlösungen nicht unbedingt sinnvoll erscheinen mag, bietet die gemeinsame Entwicklung und Nutzung einer zentralen Payment Plattform große mittel- und langfristige Synergie- und Skalierungseffekte.

Wendet man die für die Payment-Industrie üblichen Bewertungsmaßstäbe an, so erscheint eine intensive herstellerübergreifende Analyse dieses Konzepts notwendig.



Abbildung 6: Vorteile hersteller- bzw. industrieübergreifender Payment-Plattformen gegenüber proprietären Bezahlösungen.

Insbesondere industrieübergreifende Lösungen für Mobilitätsanwendungen über die gesamte Mobilitätskette hinweg führen zu beträchtlichen Synergieeffekten für alle beteiligten Anbieter, da über gemeinsame, standardisierte Registrierungs-, Identifizierungs- und Bezahlprozesse die meisten Nutzer mobilisiert werden können.

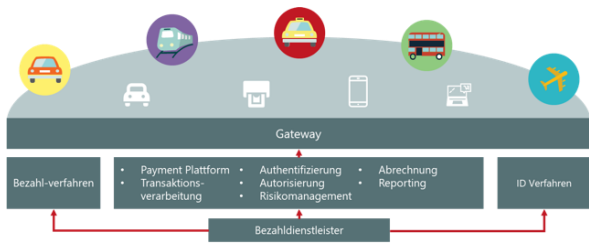


Abbildung 7: Aufbau und Wirkungsweise einer Paymentplattform für ganzheitliche Mobilitätslösungen

Zusammenfassung

Digitale Bezahlösungen für Mobilitätsdienstleistungen müssen multichannel-fähig sein, um alle Customer Touchpoints mit einer einheitlichen User Experience abdecken zu können.

Aus Sicht eines Payment Experten sind skalierbare und nutzerfreundliche Bezahlösungen ein Missing Link in der Usability digitaler Mobilitätsdienste, die man für die Umsetzung von

- ID-Management
- Personalisierung
- Loyalty und Werbung

anstelle proprietärer Lösungen verwenden könnte.

Eine gemeinsame, unternehmensübergreifende Erarbeitung wichtiger Grundlagen und Standards für Bezahlvorgänge rund um das Auto verspricht strategische Vorteile und Sicherung künftiger Investitionen für die beteiligten Unternehmen, insbesondere geringere Entwicklungskosten und eine schnellere Time-to-Market.

Ein solches Netzwerk könnte Automobilhersteller, Parkraumbewirtschafter, Betreiber von Raststätten, Schienenverkehr, Flottenkartenbetreiber und Dienstleister für moderne Bezahlverfahren umfassen.

Der Nutzen solcher Lösungen für Endkunden ist hauptsächlich durch eine einfache Handhabung und die Vermeidung von Medienbrüchen bestimmt.

Über SHC

Die SHC GmbH & Co. KG (www.stolleundheinz.com) mit Sitz in Augsburg ist ein unabhängiges, international tätiges Beratungsunternehmen mit einem europaweiten Partnernetzwerk.

Seit 2007 unterstützt SHC unter anderem Banken, Finanzdienstleister sowie Industrie- und Handelsunternehmen beim strategischen Aufbau, der Umsetzung und dem Betrieb innovativer Geschäftsfelder sowie bei der Optimierung ihres Bestandsgeschäftes. Unsere fachlichen Kompetenzschwerpunkte liegen dabei in den Segmenten Zahlungsverkehr und eHealth.

In den letzten fünf Jahren waren SHC Mitarbeiter erfolgreich an den wichtigsten europäischen Innovationsprojekten im Bereich Payment beteiligt.

SHC steht für Menschen, die sich exzellent mit Transaktionen und Vernetzungen in den Branchen Zahlungsverkehr und eHealth auskennen und individuelle Lösungen gemeinsam mit ihren Kunden erarbeiten und umsetzen.

SHC arbeitet seit mehreren Jahren erfolgreich mit Unternehmen zusammen, die Key Player in der Mobilitätskette in Deutschland sind, im beispielsweise in den Bereichen Schienenverkehr, Flottenkarten, Parkraumbewirtschaftung, Raststationen an Autobahnen, ÖPNV und erweitert ihre Wertschöpfungskette durch Konzentration auf Design und Implementierung von Speziallösungen, die sich nahtlos in strategische Initiativen oder komplexe Systemlandschaften einfügen.

Virtualisierung – Das zentrale Werkzeug für kürzere Entwicklungs- und Releasezyklen von software-basierten Kundenfunktionen in der Automobilindustrie

Streng, Alexander

Carmeq GmbH

Carnotstr. 4

10587 Berlin

E-Mail:

alexander.streng@carmeq.com

ABSTRACT

Die digitale Vernetzung des Automobils (Connected Car) verstärkt die bereits eingesetzte Verschiebung der Wertschöpfung in der Automobilindustrie. Weg von der Fokussierung der Hardware-Entwicklung und der Fahrzeugproduktion bis End-of-Production hin zu Software bzw. software-basierten Kundenfunktionen über den gesamten Lebenszyklus des Fahrzeugs. Die Fahrzeughersteller (OEMs) haben auf die Digitalisierung des Fahrzeugs mit einer neuen End-to-End Elektrik-/Elektronik-Architektur (E/E-Architektur) reagiert, welche das Fahrzeug insbesondere für Online Remote Updates und -Upgrades befähigt. Neben der Veränderung der E/E-Architektur müssen für die Ermöglichung von kürzeren Release- und somit Entwicklungszyklen von software-basierten Funktionen neue Entwicklungsmethoden und -prozesse eingeführt werden.

Die Virtualisierung der Entwicklung und Absicherung von software-basierten Kundenfunktionen ist das zentrale Werkzeug, um kürzere Entwicklungszyklen zu realisieren. Die frühzeitige Funktionserlebbarkeit durch virtuelle Funktionsintegration und schneller abgesicherte Funktionshübe durch Software-in-the-Loop-Verfahren können erreicht werden. Weiterhin braucht es ein zyklisches Entwicklungsvorgehen zur Erreichung einer reduzierten Time-to-Market und, um auf auftretende Fehler im Feld, z.B. bei sicherheitskritischen automatisierten Fahrfunktionen, kurzfristig und flexibel reagieren zu können.

Für die virtuelle Entwicklung und Absicherung software-basierter Funktionen soll ein Überblick an Methoden und Prozessen gegeben werden. Die Virtualisierung soll weiterhin in Einklang mit einem zyklischen Entwicklungsvorgehen für kurze Releasezyklen gebracht werden.

SCHLÜSSELWÖRTER

Connected Car, Digitalisierung, Simulation, Virtuelle Entwicklung und Absicherung, Software-basierte Funktionen, Zyklische Entwicklung, E/E-Architektur, Software-in-the-Loop, Digital Twin

AKTUELLE HERAUSFORDERUNGEN:

ANNÄHERUNG DER KUNDENBEFÜRDNISSE

AN MOBILE DEVICES

Die digitale Vernetzung des Automobils (Connected Car) verstärkt die bereits eingesetzte Verschiebung der Wertschöpfung in der Automobilindustrie. Weg von der Fokussierung der Hardware-Entwicklung und der Fahrzeugproduktion bis End-of-Production hin zu Software bzw. software-basierten Kundenfunktionen über den gesamten Lebenszyklus des Fahrzeugs. Der Megatrend der Digitalisierung wird begleitet vom Eindringen der New Economy aus der Consumer Electronics Branche in die klassische Automobilindustrie. Die neuen Player (z.B.

Google (Waymo)) bringen das Kundenbedürfnis nach kürzeren Releasezyklen von Software-Updates und -Upgrades over-the-Air mit. So zeigt sich, dass die Maßstäbe der Welt der Mobile Devices zunehmend auch ihre Gültigkeit für den Automobil-Sektor beanspruchen.

VERÄNDERUNG DER E/E-ARCHITEKTUR FÜR UPDATE- UND UPGRADEFÄHIGKEIT UND DIE NEUE ROLLE DES OEM

Die OEMs stehen vor der großen Herausforderung, hochvernetzte software-basierte Kundenfunktionen sicher auf die Straße zu bringen, eine große Breite an Modellreihen und Ausstattungsvarianten über den gesamten Lebenszyklus der Fahrzeuge effizient darstellen zu können. Dies impliziert auch software-basierte Funktionen durch Software-Updates bzw. -Upgrades über den Lebenszyklus eines Fahrzeugs in kurzen Releasezyklen nachbessern bzw. nachladen zu können.

In technischer Hinsicht haben einige OEMs auf diese Erwartung mit einer neuen E/E-Architektur – in Zusammenarbeit mit AUTOSAR – reagiert. Die bisher üblichen bauteilorientierten Einzelsysteme in der E/E-Architektur (AUTOSAR Classic) werden somit zunehmend durch eine Hochintegration verteilter software-basierter Funktionen auf Hochleistungsrechnern abgelöst (AUTOSAR Adaptive).

Bei AUTOSAR Classic sind die einzelnen Steuergeräte im Fahrzeug statisch in das Gesamtsystem eingebunden. Die Verbindungsbeziehungen wurden also bereits zum Zeitpunkt der Konfiguration festgelegt. Zur Laufzeit können nur bedingt Änderungen vorgenommen werden. Die auf AUTOSAR Adaptive basierenden Anwendungen haben hier einen entscheidenden Vorteil: Sie können zur Laufzeit in das System eingebunden werden und die neue service-orientierte Kommunikation ermöglicht es zudem, Anwendungen zu jedem beliebigen Zeitpunkt in das Gesamtsystem zu integrieren. Dadurch können die Softwarekomponenten unabhängig voneinander entwickelt, getestet und verteilt bzw. aktualisiert werden.

Die neue E/E-Architektur trennt damit einerseits das Fahrzeug funktional noch deutlicher zwischen Hardware und Software, andererseits befähigt es das Fahrzeug bzw. den Kunden zu Online Remote Updates und Upgrades durch die End-to-End-Wirkkette zwischen Fahrzeug und Backend. Weiterhin können dadurch rechenintensive Funktionen aus der Sensor-Aktor-Ebene ins Backend verlagert werden.

Neben der technischen E/E-Architektur ändert sich damit jedoch auch das Zusammenarbeitsmodell zwischen Zulieferer und OEM. So werden Zulieferer in Zukunft nicht zwingend vollständig Hardware-/Software-integrierte Bauteile liefern. Stattdessen wird die Lieferung von Hardware (HW) und Software (SW) getrennt von unterschiedlichen Lieferanten erfolgen. Die Software kann dabei aus OEM-Eigenentwicklung stammen oder auch von Drittanbietern, die ihre Inhalte in die OEM-Ökosysteme einspeisen. In Zukunft müssen die OEMs die E/E-Integration und -Absicherung von SW-/SW- und SW-/HW-Verbänden auf E/E-Systemverbund- und E/E-Gesamtverbundebene bedienen und beherrschen.

VIRTUALISIERUNG DER ENTWICKLUNG UND ABSICHERUNG SOFTWARE-BASIERTER FUNKTIONEN

Neben der neuen technischen E/E-Architektur bedarf es einer erheblichen Veränderung der Entwicklungsmethoden und -prozesse für software-basierte Kundenfunktionen. Eine lineare Produkt- bzw. Funktionsentwicklung ohne konsistente Trennung von Hardware- und Software-Entwicklung ist nicht mehr hinreichend. Während früher Bauteile separat entwickelt und zunächst einzeln auf ihre Funktionalität überprüft und anschließend im Wirkketten- und Fahrzeugverbund getestet wurden, muss heute die Vernetzung der Fahrzeugfunktionen bereits in frühen

Entwicklungsphasen vor Hardwareverfügbarkeit als Entwicklungsaufgabe verstanden werden.

Systems Engineering und Funktionsorientierte Entwicklung als Grundlage

Unter „Systems Engineering“ wird kurz umschrieben, die Gesamtheit der Entwicklungsaktivitäten, die notwendig sind, um ein System zu entwickeln, verstanden. Die zentralen Herausforderungen bestehen darin, eine eindeutige und in sich stimmige Spezifikation zu erstellen, alle relevanten Informationen für alle Beteiligten bereitzustellen, die Rückverfolgbarkeit zwischen allen Aktivitäten zu gewährleisten und das System im geeigneten Umfang zu verifizieren und zu validieren. Die Herausforderung muss dabei konsistent vom Gesamtsystem bis zur kleinsten technischen Einheit und über mehrere Technikdomänen (Hardware bzw. Mechanik, E/E, Software) gemeistert werden (siehe Abbildung 1). Weiterhin rückt neben der Produktentstehung die Betrachtung des Systems Engineering über den gesamten Lebenszyklus durch die digitale Vernetzung des Fahrzeugs in den Fokus.

Die „Funktionsorientierte Entwicklung“ kann als Entwicklungsparadigma für vernetzte software-basierte Funktionen innerhalb des Systems Engineering verstanden werden. Es bezeichnet einen – im Gegensatz zur bauteilorientierten Entwicklung stehenden – domänenübergreifenden und durchgängigen Entwicklungsprozess über mehrere technische Ebenen hinweg. Dabei werden von einem Kundenwunsch ausgehend sogenannte kundenerlebbare Funktionen abgeleitet und schrittweise auf die Ebene der technischen Realisierung heruntergebrochen (siehe Abbildung 1).

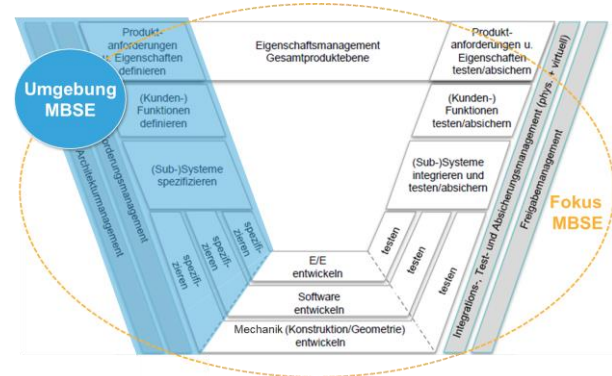


Abbildung 1: V-Modell zum Systems Engineering (mit Fokus Produktentstehung) und Verortung des MBSE

Zur inhaltlichen Darstellung des Entwicklungsvorgehens wird das bekannte V-Modell aus der Software-Entwicklung für die funktionsorientierte Entwicklung eingesetzt und erweitert (siehe Abbildung 1). Der Entwicklungsprozess muss dabei zusätzliche Ebenen durchlaufen: eine Ebene der logischen Funktionsdefinition bzw. Funktionsarchitektur und der technischen Systemdefinition bzw. Systemarchitektur. Damit soll sichergestellt wer-

den, dass die Entwicklung aller mechatronischen Komponenten aufeinander abgestimmt ist und diese als Gesamtsystem funktionieren. Im Fokus der Darstellung stehen hierbei häufig die E/E-Komponenten bzw. die Steuergeräte, auf denen die Software eingebettet ist.

Modellbasiertes Systems Engineering (MBSE)

Modellbasiertes Systems Engineering (MBSE) kann als Virtualisierung der Entwicklung bzw. Spezifikation von software-basierten Kundenfunktionen verstanden werden. Die Entwicklungsumgebung von MBSE lässt sich dementsprechend auf der linken Seite des V-Modells abbilden (siehe Abbildung 1). MBSE kommt die wichtige Aufgabe zu, die unnötige Duplizierung von Informationen und die asynchrone parallele Weiterentwicklung von Daten zwischen den Technikdomänen (Mechanik, E/E, Software) zu vermeiden. Die Entwicklung von Systemen und die Entwicklung von Software findet auf unterschiedlichen Abstraktionsebenen und mit unterschiedlichen Sichtweisen statt. Während sich die Entwicklung auf Systemebene auf die Beschreibung des „Was“ konzentriert, geht es bei der Entwicklung ausführbarer Software um das „Wie“ in Bezug auf dieses „Was“. Beide Aktivitäten können modellbasiert geschehen.

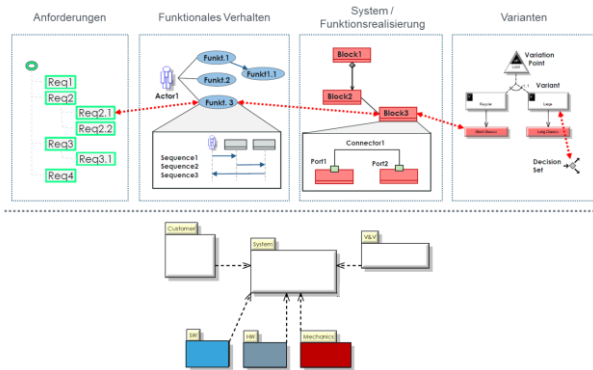


Abbildung 2: Durchgängige (oben) und domänenübergreifende (unten) Modellierung als Ziel des MBSE

Entscheidend ist dabei die Durchgängigkeit der Tools bzw. der Entwicklungsumgebung und eine einheitliche Datenbasis für alle Ebenen (vom Gesamtsystem über Sub-Systeme bis zur kleinsten technischen Einheit) und Technikdomänen (siehe Abbildung 2). Nur so kann die Modellierung bzw. Spezifikation von Funktion, System und Software ineinandergreifen und somit konsistent sein. Hierbei steht insbesondere die Traceability im Fokus. Deswegen ist eine informationsgerechte bzw. spezifische Aufbereitung für verschiedene Rollen innerhalb des MBSE essentiell, um eine handhabbare und zielgerichtete Anwendung zu gewährleisten (siehe Abbildung 3).

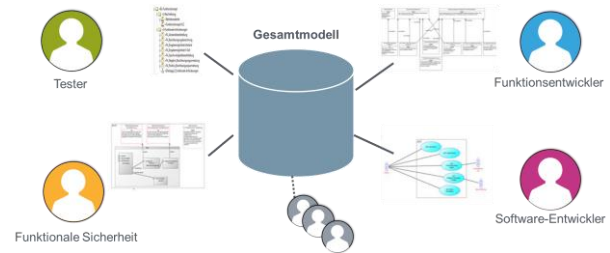


Abbildung 3: Rollen-spezifische Aufbereitung von Informationen innerhalb des MBSE

Bei einer durchgängigen Methodik – und somit auch Toolkette – beim MBSE können bereits in der frühen Entwicklungsphase entwicklungsbegleitend modellbasierte Tests durchgeführt werden. Eine gemeinsame Datenbasis ist essentiell für eine verteilte Entwicklung durch parallele Teams über Unternehmensgrenzen und Technikdomänen hinweg sowie einer agileren Vorgehensweise. Das MBSE – inklusive einer simulationsfähigen Systemspezifikation bzw. -architektur – stellt eine essentielle Eingangsgröße für die virtuelle E/E-Integration und -Absicherung dar.

Virtuelle E/E-Integration und -Absicherung

Die bisherige Abhängigkeit von Erprobungsträgern bzw. HW-Prototypen stellt eine restriktive Beeinflussung der E/E-Integration und -Absicherung von software-basierten Funktionen während des Produktentstehungsprozesses dar. Diese Restriktion wird umso kritischer für eine valide E/E-Integration und -Absicherung von neuen Software-Updates und -Upgrades über den gesamten Lebenszyklus eines Fahrzeugs. Neben der Abhängigkeit zur Hardwareverfügbarkeit verhindert speziell eine geringe Automatisierbarkeit und Skalierbarkeit der bisherigen Vorgehensweise für die E/E-Integration und -Absicherung kurze Entwicklungszyklen. Den genannten Restriktionen kann durch virtuelle Methoden für die E/E-Integration und -Absicherung begegnet werden.

Virtuelle E/E-Integration

Die virtuelle E/E-Integration beschreibt eine Integration vor bzw. ohne Hardwareverfügbarkeit. Hierbei ist zwischen vertikaler (Steuergeräte-Sicht) und horizontaler (Funktionssicht) Integration zu unterscheiden (siehe Abbildung 4). Insbesondere die horizontale Funktionsintegration und dessen Virtualisierung rücken in den Fokus des OEM.

Die vertikale E/E-Integration beschreibt eine Integration von Softwarekomponenten (SWC) auf das HW-Target (Steuergerät bzw. Hochleistungsrechner). Damit wird die SWC mit den Softwarebestandteilen der HW-näheren Schichten (z.B. Laufzeitumgebung (RTE), Basissoftware, Betriebssystem, Micro-Controller Abstraction Layer) integriert. Bei der virtuellen vertikalen Integration werden diese verschiedenen Schichten bzw. Bestandteile simuliert. Die Virtualisierung kann in verschiedenen Detaillierungsgraden ablaufen und schließt selbst eine Virtualisierung bzw. Emulation der Hardware nicht aus.

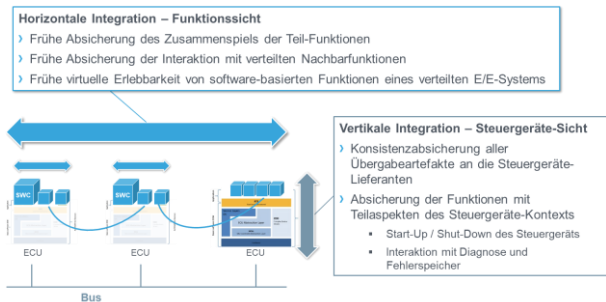


Abbildung 4: Virtuelle E/E-Integration in die Horizontale (Funktionssicht) und Vertikale (Steuergeräte-Sicht)

Die horizontale E/E-Integration stellt eine Funktionsintegration innerhalb eines Steuergeräts oder über verteilte Systemkomponenten, d.h. mehrere Steuergeräte, dar (siehe Abbildung 4). Die virtuelle horizontale Integration beschreibt somit eine rein funktionsorientierte Integration von SWCs mit SWCs durch Abstraktion von den HW-näheren Schichten. Die SW-/SW-Integration auf E/E-Systemebene ist durch Virtualisierung somit der SW-/HW-Integration vorgelagert. Für die Virtualisierung der horizontalen Integration kann es verschiedene Ansätze geben, die maßgeblich durch die Generationen der E/E-Architektur und somit auch durch AUTOSAR geprägt sind. Für frühere E/E-Architekturen mit zahlreichen, verteilten Steuergeräten (Architektur basierend auf AUTOSAR Classic) ist eine virtuelle Integration durch sogenannte virtuelle Steuergeräte (V-ECUs) zu ermöglichen, die durch den Zulieferer dem OEM bereitgestellt werden. Für die neue E/E-Architektur mit Hochleistungsrechnern (Architektur basierend auf der AUTOSAR Adaptive Plattform) kann die virtuelle Integration unabhängig vom HW-Target mittels Bereitstellung der SWCs und einer virtuellen Integrationsplattform bzw. einem Software-Stack bewältigt werden. Grundlage hierfür ist jedoch die Einhaltung von einheitlichen Funktionsarchitekturen und einer strikten Dekomposition von funktionalen Zusammenhängen entsprechend AUTOSAR Adaptive.

Neben der Bereitstellung von E/E-Komponenten als Software- bzw. Simulationskomponenten wird – wie erwähnt – eine virtuelle Integrationsumgebung bzw. -plattform zur Integration der verschiedenen Komponenten benötigt. Diese virtuelle Integrationsplattform muss weiterhin eine Architektur bereitstellen, die eine Umschaltbarkeit zwischen virtueller Integration (SW-/SW-Verbund) und Integration von realen Steuergeräten (SW-/HW-Verbund) für einen E/E-System- bzw. E/E-Gesamtverbund ermöglicht. Dies ist die Basis für die Durchgängigkeit der SW-/SW-Integration zur SW-/HW-Integration und somit für eine effiziente, gemischte Absicherungsstrategie an SiL- und HiL-Prüfständen für die E/E-Absicherung.

Virtuelle E/E-Absicherung

Die virtuelle E/E-Integration ist Eingangsgröße der virtuellen E/E-Absicherung an Software-in-the-Loop (SiL)

und Hardware-in-the-Loop (HiL) Prüfständen (siehe Abbildung 5). Zur virtuellen Absicherung werden zusätzliche Simulationskomponenten benötigt, die teilweise nicht dem eigentlichen Wertschöpfungsprozess dienen, aber essentielle Hilfsmittel für die virtuelle E/E-Absicherung darstellen. Die benötigten Simulationskomponenten lassen sich in die drei Kategorien Virtuelles Fahrzeug, Virtuelle Umwelt und Virtueller Fahrer aufteilen:

- Virtuelles Fahrzeug: Neben der Virtualisierung der E/E-Komponenten (Steuergeräte oder Hochleistungsrechner) als Simulationskomponenten für SiL-Tests müssen auch vereinfachte physikalische Modelle der mechatronischen (Sub-)Systeme (z.B. Lenkung, Bremse) zur virtuellen Absicherung der funktionalen Anforderungen bereitgestellt werden.
- Virtuelle Umwelt: Die Simulationskomponenten dieser Kategorie bilden die physikalische und digitale Umwelt nach. Zur Virtualisierung der Umwelt gehören z.B. Sensormodelle, virtuelle Fahrstrecken und die Simulation von Ladesäulen.
- Virtueller Fahrer: Die Simulationskomponenten dieser Kategorie bilden das Fahrverhalten eines realen Fahrers nach. Die Fahrermodelle bzw. Verkehrssimulationen sind notwendig für eine intelligente, realitätsnahe Closed-Loop-Simulation von virtuellen Fahrzeugen in einer virtuellen Umwelt.

Mithilfe einer funktions- bzw. systemspezifischen Auswahl von Simulationskomponenten der drei Kategorien können anhand von szenarien-basierten Tests virtuell die funktionalen Anforderungen abgesichert werden.

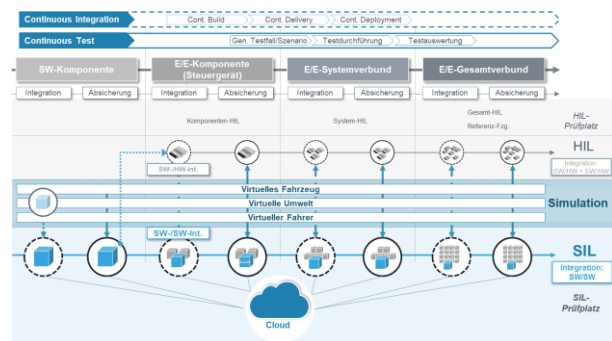


Abbildung 5: Logistischer Prozess für eine virtuelle E/E-Integration und -Absicherung

Die oben beschriebenen Ansätze der Virtualisierung der E/E-Integration und -Absicherung ermöglichen schneller integrierte Funktionshübe und die Sicherstellung von frühzeitiger Freigabefähigkeit durch Effizienzpotentiale. Dies stellt einen wesentlichen Beitrag zur Erreichung einer reduzierten Time-to-Market dar. Dieser Beitrag durch die Virtualisierung sollte durch eine hohe Automatisierung und Skalierbarkeit unterstützt werden. Enorme Effizienzhebel sind hierbei Ansätze wie Continuous Integration, Testautomatisierung und die Verlagerung der

Rechenaktivitäten bzw. Simulation in eine Cloud-Computing Umgebung für einen hohen Skalierungsfaktor.

DIGITAL TWIN: ZYKLISCHES VORGEHEN FÜR UPDATES UND UPGRADES VON SOFTWARE-BASIERTEN KUNDENFUNKTIONEN IN KURZEN ZYKLEN

Ein linearer Produktentstehungsprozess ohne Trennung der Hardware- und Software-Entwicklung ist nicht mehr hinreichend. Der Kunde erwartet kurze Releasezyklen von Software-Updates und -Upgrades und sicherheitskritische automatisierte Fahrfunktionen erfordern eine kurzfristige, flexible Reaktionsfähigkeit auf auftretende Fehler im Feld.

Neben der Entwicklung und Absicherung von software-basierten Kundenfunktionen ist der Einsatz digitaler Modelle in der Automobilindustrie bereits weit verbreitet. Die Modelle werden bei der Produktentwicklung (Konstruktion, z.B. Computer-Aided-Design), bei der Produktabsicherung (Virtueller Crashtest, z.B. Finite-Elemente-Methode), bei der Produktentstehung (Virtueller Versuchsbau, z.B. Digital-Mock-Up) und zur Visualisierung (z.B. hochwertige Renderings) eingesetzt. Allen hier dargestellten Anwendungsfällen ist gemein, dass sie im Vorfeld der konkreten Nutzung des Produkts zum Einsatz kommen. Das Konzept des Digital Twin geht über dieses Verständnis hinaus und betrachtet insbesondere die Betriebsphase eines Produkts. Aufgenommene Daten aus dem laufenden Betrieb fließen in das Modell zurück und können zur permanenten Optimierung genutzt werden.

Durch die Digitalisierung des Fahrzeugs wird das Fahrzeug immer mehr zu einem Software-Produkt. Produkte bzw. Systeme werden beim Digital Twin als Software-Repräsentation auf digitaler Ebene gespiegelt – und können damit folglich genauso wie eine Software über ihren gesamten Lebenszyklus behandelt werden. Der Betrieb und somit die Betrachtung des Fahrzeugs über dessen gesamten Lebenszyklus steht beim Digital Twin Ansatz für software-basierte Kundenfunktionen im Fokus. Die Datenaufnahme von Sensoren aus dem laufenden Betrieb des Kundenfahrzeugs bzw. beim Betrieb eines Erprobungsträgers im Feld fließen in die digitale Repräsentation zurück und können zur permanenten Optimierung der software-basierten Funktionen und somit für Software-Updates und -Upgrades genutzt werden. Eine Annäherung an den Digital Twin Ansatz mit einem zyklischen Entwicklungsvorgehen für Software-Updates und -Upgrades ist in Abbildung 6 dargestellt. Die vorgestellten Ansätze der Virtualisierung der Entwicklung und Absicherung software-basierter Funktionen sind hier eingeordnet (siehe Schritte 2-5).

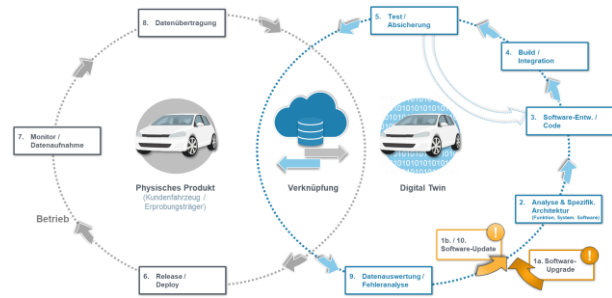


Abbildung 6: Zyklisches Vorgehen für Software-Updates und -Upgrades für software-basierte Funktionen (Digital Twin)

Das zyklische Vorgehen lässt sich vereinfacht in 10 Schritten beschreiben:

- 1a./1b. **Software-Upgrade / Software-Update:** Der zyklische Prozess beginnt mit zwei alternativen Prämissen, dem Software-Upgrade (1a.) oder Software-Update (1b. / 11). Für ein Software-Upgrade beginnt der Zyklus neu, folglich ist die rechte Kreishälfte mit deutlich höherem Aufwand verbunden. Vor Beginn eines neuen Zyklus für ein Software-Update wurde dieser bereits einmal durchlaufen und es wurde ein software-seitiger Fehler bzw. Mangel festgestellt. Dieser soll anschließend innerhalb des erneuten Durchlaufs behoben werden. In den Ausgangspunkten des Prozesses werden folglich die Anforderungen an das Software-Update bzw. Software-Upgrade spezifiziert.
2. **Analyse&Spezifikation Architektur:** Es wird jeweils die Funktions-, System- und Software-Architektur untersucht, ob ein Software-Update bzw. Upgrade realisierbar ist mit der vorhandenen Architektur. Weiterhin wird die Architektur daraufhin analysiert, ob ausreichend Ressourcen-Vorhalt über den gesteckten aktiven Wartungszeitraum des Fahrzeugs bereitsteht. Neue Anforderungen bzw. realisierbare Änderungen können durch den modellbasierten Ansatz des Systems Engineering frühzeitig und konsistent angepasst, simuliert und nachverfolgt werden.
3. **Software-Entwicklung/Code:** Zu verändernde bzw. neue Softwarekomponenten werden entwickelt. Durch die modellbasierte Vorgehensweise für die Entwicklung der Softwarekomponente kann der Software-Code bzw. das Kompilat mit Hilfe von Generatoren aus den Modellen erzeugt werden.
4. **Build/Integration:** Die Funktionsintegration mit den veränderten bzw. neuen Softwarekomponenten findet vorrangig per SW/-SW-Integration statt. Continuous Integration sorgt für eine effiziente virtuelle Integration und kann in einer Cloud-Computing Umgebung hoch skaliert werden.
5. **Test/Absicherung:** Nach der Funktionsintegration kann die software-basierte Funktion virtuell

abgesichert werden. Dafür werden die notwendigen Simulationskomponenten am SiL-Prüfstand bereitgestellt. Die Testautomatisierung dient zur effizienten virtuellen Absicherung und die Simulationsinstanzen können in einer Cloud-Computing Umgebung hoch skaliert werden.

Die Schritte 3 bis 5 werden so lange wiederholt, bis die spezifizierte Anforderung bzw. gewünschte Optimierung erfüllt ist.

6. **Release/Deploy:** Der Funktionshub bzw. die Aktualisierung der Kundenfunktionen findet durch Online Remote Update bzw. Upgrade statt.
7. **Monitor/Datenaufnahme:** Das Fahrzeug bzw. die software-basierte Funktion wird während des Betriebs in Kundenfahrzeugen oder Erprobungsträgern überwacht. Mit Hilfe von Corner-Case-Detektoren, zur Erkennung von kritischen Szenarien, werden relevante Daten aufgenommen, um anschließend Fehler aufzudecken (siehe Schritt 9). In frühen Entwicklungsphasen kann die untersuchte Funktion im Shadow Mode semi-aktiv sein, d.h. die Funktion leitet keine Befehle an die Aktuatoren weiter.
8. **Datenübertragung:** Die aufgenommenen Daten werden per Backend-Anbindung in die Cloud übertragen.
9. **Datenauswertung/Fehleranalyse:** In der Cloud werden per Big Data Analysemethoden die großen Datenmengen mit einem Label versehen und auf Fehler untersucht. Hierfür wird die Integrations- und Testumgebung aus den Schritten 4 und 5 genutzt.
10. **Software-Update:** Nach Aufdecken eines funktionalen software-seitigen Fehlers beginnt der zyklische Prozess erneut (siehe 1a./1b.).

In dem oben dargestellten zyklischen Vorgehen stellt insbesondere die Absicherung der Interaktion von Software und Hardware in SW-/HW-Verbänden für alle möglichen Fahrzeugkonfigurationen eine der zentralen Herausforderungen der Virtualisierung dar. Deshalb wird zeitnah eine gemischte Strategie an SiL- und HiL-Prüfständen für die E/E-Integration und -Absicherung unumgänglich. Weiterhin wird das durchgängige und konsistente Daten-, Konfigurations- und Änderungsmanagement in einem bzw. mehreren Software-Repositories ein wichtiges, aber komplexes Themenfeld bilden.

ZUSAMMENFASSUNG

Die Update- und Upgradefähigkeit von Fahrzeugen per Online Remote Update ist eine Reaktion auf neue Kundenbedürfnisse bzw. -funktionen und stellt eine Herausforderung für die Automobilindustrie dar. Die technische Grundlage wurde durch eine neue End-to-End E/E-Architektur (AUTOSAR Adaptive) geschaffen. Es sind zusätzlich erhebliche Veränderungen des Entwicklungsvorgehens erforderlich. Die Virtualisierung wird ein zentrales Werkzeug zur Beherrschung von Software-

Updates und -Upgrades in kurzen Releasezyklen sein. Dabei kann das modellbasierte Systems Engineering als Methode für eine verteilte, domänenübergreifende und durchgängige Entwicklung dienen. Die Virtualisierung der E/E-Integration und -Absicherung ist essentieller Enabler und Effizienzhebel im Entwicklungsprozess. Das Konzept zur ganzheitlichen Virtualisierung mittels Digital Twin sollte für ein zyklisches Vorgehen bei der Entwicklung von software-basierten Kundenfunktionen in der Automobilindustrie eingebracht werden.

LITERATUR

- Getos, "Virtuelle Absicherung in der Praxis – Funktions-SIL-Stationen bei BMW", 8. dSPACE Anwenderkonferenz, München, 2016
- Haasis, "Systems Engineering for future mobility", REConf 2016, München, 2016
- Holzmann, Hahn, et. al. "Simulation-Based ESC Homologation for Passenger Cars", in: ATZ worldwide, 114(9), pp. 40-43, 2012
- Krause, Timpner, et al. "Methoden zum entwicklungsbegleitenden Testen für automatisierte und vernetzte Fahrfunktionen," in: AAET – Automatisiertes und vernetztes Fahren, pp. 88-109, Braunschweig, 2017
- Markl, "The Adaptive Platform for Future Use Cases", 8. Vector Congress, Stuttgart, 2016
- Martinus, Deicke, Folie, "Virtueller Fahrversuch – Hardwareunabhängige Integration von Seriensoftware", ATZ elektronik 8, pp. 344-349, 2013
- Mikelsons, Samlaus, "Towards Virtual Validation of ECU Software using FMI", in: Proceedings of the 12th International Modelica Conference, Prag, 2017
- Oel, Pohl, et. al. "digital readiness - Virtual Integration and Validation in Volkswagen Development's Sim-LAB", in: VDI-Bericht 2299, ELIV 2017
- Parrott, Warshaw, "Industry 4.0 and the digital twin – Manufactory meets its match", Deloitte University Press, 2017
- Ringler, "Virtuelle Integration zur frühen Absicherung von AUTOSAR-Applikationen", 6. Vector Congress, Stuttgart, 2012
- Schneider, Schick, Palm, "Virtualisation, Integration, and Simulation in the Context of Vehicle Systems Engineering", embedded world 2012, Nürnberg, 2012
- Stadler, Gruber, "Functional Engineering Platform – A Continuous Approach Towards Functional Development", in: 7th Conference on Simulation and Testing for Vehicle Technology, Berlin, 2016
- Vöst, "Die Industrielle Revolution des Testens", 8. IBS-Workshop Automotive SW Engineering – Virtuelle Absicherung, Chemnitz, 2017
- Waymo, "On the road to fully self-driving. Waymo Safety Report", available at: <https://storage.googleapis.com/sdc-prod/v1/safety-report/waymo-safety-report-2017-10.pdf> (accessed 28 February 2018)
- Wille, Krieger, "Ethernet & Adaptive AUTOSAR – Schlüsselemente der neuen E/E-Architektur bei Volkswagen", 3. Vector Automotive Ethernet Symposium, Stuttgart, 2017

KONTAKT

Alexander Streng (Carneq GmbH)
alexander.streng@carneq.com

Fehlertolerante Radarmessungen durch Austausch von Messwerten für hochautomatisiertes Fahren

Markus Ulbricht, Rizwan Tariq Syed, Herman Jalli Ng, Mario Schölzel*, Milos Krstic*

IHP
Im Technologiepark 25
15236 Frankfurt (Oder)

*Universität Potsdam
Am neuen Palais 10
14469 Potsdam

E-Mail:[ulbricht | syed | ng | schoelzel | krstic]@ihp-microelectronics.com

ABSTRACT

Im Bereich des autonomen Fahrens müssen Sensoren und die dazugehörige Datenverarbeitung höchste Ansprüche an Zuverlässigkeit und Fehlertoleranz erfüllen. Gleichzeitig sind jedoch auch möglichst geringe Leistungsaufnahme und minimale Herstellungskosten Ziele des Designs. In diesem Beitrag stellen wir einen Ansatz vor, der diese Ziele, basierend auf einer von uns entwickelten Sensorplattform, sowie verschiedenen Testarten und dem Austausch von Messwerten, erfüllen kann.

SCHLÜSSELWÖRTER

Autonomes Fahren, FMCW, BPSK, Redundanz, Akzeptanztest, m-aus-n System, Zuverlässigkeit, Fehlertoleranz

EINFÜHRUNG

Die steigende Anzahl von Assistenzsystemen und die ambitionierten Pläne für mehr Autonomie stellen hohe Anforderungen an die Fehlertoleranz von digitalen Komponenten im Bereich des hochautomatisierten Fahrens. Um diese Anforderungen zu erfüllen, werden häufig sogenannte *dual-*, *triple-* oder *double-dual-modular redundancy* Systeme eingesetzt, bei denen einzelne Systemkomponenten einfach, zweifach oder sogar gruppenweise kopiert und deren Ausgänge verglichen werden. Damit ist man in der Lage, auftretende Fehler erkennen und teilweise korrigieren zu können ([1], [2]). Dieser Ansatz lässt sich zwar vergleichsweise einfach implementieren und liefert gute Ergebnisse, bedeutet aber hohe zusätzliche Kosten im Stromverbrauch und in der Hardware. Weitergehende Forschung ist notwendig, um ähnlich effektive Möglichkeiten mit besserem Kosten-Nutzen-Verhältnis zu liefern.

Als Teil des EMPHASE Projekts ([3]) entwickeln wir die sogenannte *smart reconfigurable sensor* (SRS) Plattform, die Abstandsmessungen und Kommunikation über das gleiche Radar-Frontend durchführen kann. Wir wollen diese Eigenschaften nutzen, um Messdaten zwischen den verschiedenen Verkehrsteilnehmern auszutauschen und darüber Fehler erkennen und ggf. korrigieren zu können. Ziel ist es, somit auf die Erzeugung von Referenzwerten durch redundante Komponenten verzichten zu können und dadurch Strom und bestenfalls sogar Hardware einzusparen, ohne dabei Einbußen in der Fehlererkennung- und -korrekturrate zu verursachen.

Um dies näher zu ergründen, wird im nächsten Abschnitt der Aufbau und die Funktionsweise der SRS Plattform

eingehender betrachtet. Daran schließt sich die Erläuterung unseres Vorhabens, wie Fehler mit Hilfe des Austauschs von Messwerten erkannt und korrigiert werden sollen. Dazu zuerst eine kurze Einführung über die Abstandsmessung per Radar und welche Werte gemessen werden. Anschließend legen wir die Klassifizierungsmöglichkeiten der Messwerte als Referenzwerte zur Fehlererkennung dar und betrachten Sonderfälle, die beim Messen auftreten können. Zum Ende des Abschnitts folgt eine Beschreibung der Implementierungen die zum Test des vorgeschlagenen Ansatzes und seiner Bewertung vorgesehen sind. Im nächsten Abschnitt erfolgt die Auflistung bisheriger Ergebnisse und anschließend Zusammenfassung und Ausblick.

DIE SRS PLATTFORM

Der schematische Aufbau der SRS Plattform ist in Abbildung 1 gegeben. Sie besteht im Wesentlichen aus drei Domänen (von rechts nach links): der Sensor Domäne, der *analog digital converter* (ADC) Domäne und der *digital signal processor* (DSP) Domäne. Erstere umfasst dabei einen 79GHz Radar Sensor, der, je nach Ansteuerung, entweder als *frequency modulated continuous wave* (FMCW) Radar zur Entfernungsbestimmung genutzt wird oder per *binary phase shift keying* (BPSK) Daten zur Kommunikation auf das Radarsignal moduliert ([4],[5]). In der ADC Domäne werden die komplexen analogen Werte vom Sensor in digitale Werte für die weitere Datenverarbeitung in der DSP Domäne umgewandelt. Die DSP Domäne besteht im Wesentlichen aus einer konfigurierbaren Anzahl von identischen Tensilica Xtensa DSP Prozessoren (drei in Abbildung 1), die zu einem zur Selbstreparatur fähigen *m-aus-n System* verbunden sind. Im vorliegenden Fall müssen sie drei Tasks ausführen: die Bestimmung der Abstandsmenge (Task A - mehr dazu im nächsten Abschnitt), die notwendigen Schritte zur Übertragung der Daten mit Hilfe des Radar

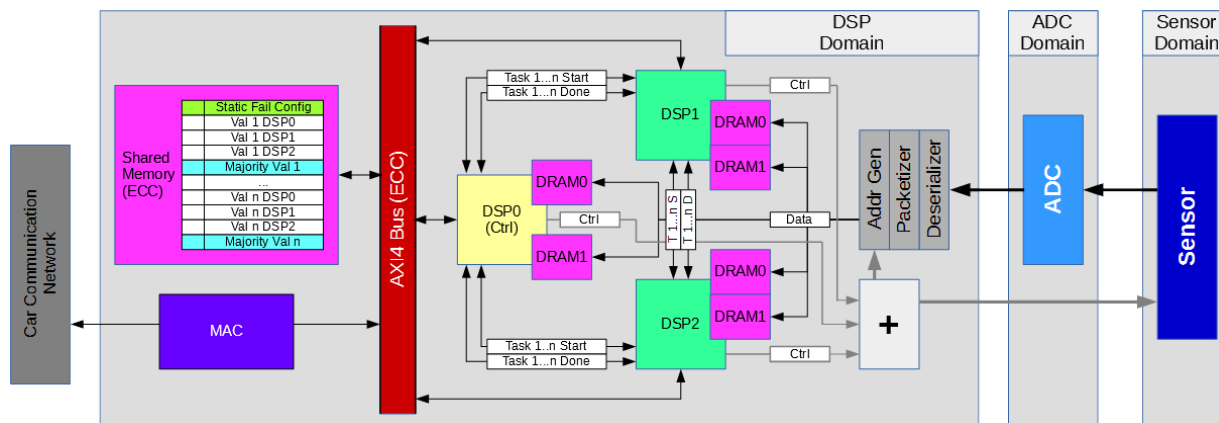


Abbildung 1 Schematischer Aufbau der SRS Komponente

Signals, wie *forward error correction* (FEC), Filtern, Timing-Recovery etc. (Task **D**) und die Kontrolle dieser Abläufe (Task **K**). Task **K** hat weiterhin die Möglichkeit, das System zu rekonfigurieren, Messergebnisse zu vergleichen und einen Mehrheitsentscheid durchzuführen. Dies versetzt ihn in die Lage, als Voter für auf mehreren DSP parallel ausgeführte Task **A** zu fungieren und damit Fehler erkennen und ggf. korrigieren zu können.

Zur Entwicklung eines Prototyps wird die DSP Domäne im Rahmen des Projekts zuerst auf einem FPGA implementiert. Dies birgt einerseits natürlich den Nachteil, dass die Taktfrequenzen mit voraussichtlich deutlich unter 200MHz wesentlich geringer ausfallen werden als bei einem echten ASIC, was deutliche Auswirkungen auf das zeitliche Verhalten des Systems haben wird. Andererseits erlaubt es aber große Freiheiten bei der Gestaltung des *maus-n Systems*, was die Anzahl der DSP und ihre Auslastung betrifft. Somit sind wir in der Lage, das System in Bezug auf Timing und Leistungsaufnahme direkt zu vergleichen, wenn die Redundanz aktiv rechnet, passiv wartet oder komplett von der Stromversorgung getrennt ist.

FEHLERERKENNUNG UND –KORREKTUR DURCH AUSTAUSCH VON MESSWERTEN

Wie bereits angedeutet, ist es bei der Fehlertoleranz im Automobilbereich üblich, eine Komponente zu vervielfachen und die Ausgangswerte zu vergleichen, um aufgetretene transiente Fehler sofort erkennen und, bei Mehrheitsentscheiden, korrigieren zu können. Dies ist auch bei der SRS Komponente durch die parallele Ausführung des Task **A** auf mehreren DSP möglich. Ziel ist es jedoch, den Aufwand an benötigter Energie und Hardware bei gleichem Maß an Fehlertoleranz zu verringern. Aus diesem Grund schlagen wir vor, Referenzwerte über das vorhandene Radar-Frontend zwischen den Fahrzeugen auszutauschen, statt sie über zusätzliche Hardware selbst zu generieren. Die folgenden Abschnitte betrachten nun den Messvorgang selbst, sowie die Fähigkeiten zur Fehlererkennung und möglichen Einsparungen an Energie und Hardware dieses Ansatzes näher.

Abstandsmessungen per Radar

Die Abstandsmessungen werden mit Hilfe eines FMCW Radars durchgeführt. Für den Messvorgang modulieren wir eine in $4 \mu\text{s}$ um 4 GHz ansteigende Frequenzrampe auf das 78 GHz Basissignal. Daraufhin kann mit Hilfe der Frequenzdifferenz zwischen dem originalen und dem vom entfernten Objekt reflektierten Signal und anschließender Fourier Transformation die Entfernung zum Objekt bestimmt werden. Das Ergebnis einer solchen Messung ist exemplarisch in Abbildung 3 dargestellt. Erkennbar sind drei Maxima, die für jeweils ein reflektierendes Objekt in 10, 20 und 25 Metern Entfernung stehen. Die daraus resultierende Menge an Abstandswerten

$$A = \{ 10, 20, 25 \}$$

und ihre Mächtigkeit

$$|A| = 3$$

sind jedoch die einzigen Resultate, die der Messvorgang liefert. Informationen über die Position der Objekte oder der jeweiligen Abstände zwischen ihnen erhalten wir nicht.

Die geringe Komplexität der Messergebnisse erleichtert jedoch die Überprüfung mit geteilten Werten anderer Verkehrsteilnehmer, da nicht erst aufwändig Vektoren transformiert oder Koordinaten ermittelt werden müssen. Die Überprüfung kann, wie auch der Vergleich mit redundanten Werten, direkt auf Ebene der DSP erfolgen und sollte deshalb zügig vonstatten gehen und andere Systemkomponenten nicht belasten.

Akzeptanztests zur Fehlererkennung

Geteilte Messwerte werden im Gegensatz zu redundant erzeugten Werten kleinere Abweichungen zu den selbst gemessenen Abständen besitzen. Deshalb kann man sie nicht direkt gleichsetzen, sondern muss sie mit Hilfe eines Akzeptanztests auf Richtigkeit untersuchen. Dieser kann jedoch eine redundante Komponente ersetzen, falls er die empfangenen Messwerte mit gleicher oder höherer Wahrscheinlichkeit korrekt als richtig oder falsch klassifiziert, wie dies bei einem Vergleich zu redundant erzeugten Werten geschehen würde ([6]). Dies lässt sich anhand des Beispiels in Abbildung 2 erläutern.

Angenommen, die Fahrzeuge F1 und F2 messen während ihrer Task **A** die jeweiligen Abstandsmengen

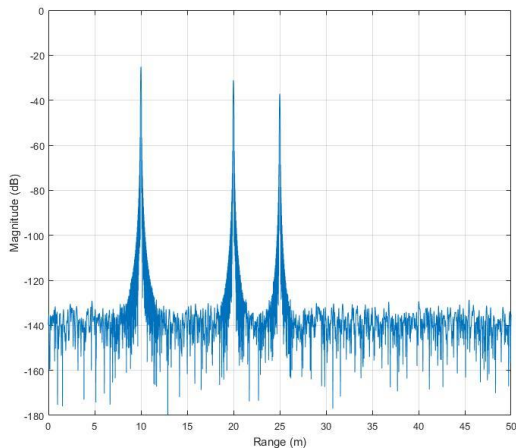


Abbildung 3 Simuliertes Messergebnis des Radars

$$A1 = \{ a1, a2, a4 \} \text{ und} \\ A2 = \{ a1, a3, a5 \}.$$

Anschließend broadcastet F2 diese Menge A2 über sein Radar und F1 vergleicht ihn in seinem Task **K** mit A1. Folgende Klassifizierungen lassen sich unterscheiden:

- **True positive:** Bei jedem Vergleich gibt es exakt ein Element beider Mengen, das übereinstimmt. Dies ist der gegenseitig voneinander gemessene Abstand $a1$.
- **True negative:** Der Vergleich aller anderen Elemente $a2...a5$ ergibt keine Übereinstimmung, da es sich um den Abstand zu anderen Objekten handelt (F3 und F4).

Sind beide Bedingungen erfüllt, war die Messung mit einer gewissen Wahrscheinlichkeit richtig. Diese Wahrscheinlichkeit steigt mit jedem weiteren Vektor, der empfangen und richtig klassifiziert wird (beispielsweise die Messwerte von F3 und F4).

Jedoch können auch andere Fälle eintreten:

- **False positive:** In Einzelfällen kann es dazu kommen, dass mehr als ein Punkt übereinstimmt: Zum Einen, falls F3 und F4 tatsächlich denselben Abstand zu F1 und F2 haben. Zum Anderen, durch fehlerhafte Berechnung und somit fälschlich übereinstimmende Werte.
- **False negative:** Weiterhin ist es auch möglich, dass selbst $a1$ nicht übereinstimmt. Beispielsweise durch kurzzeitige Blockade der Messung eines Fahrzeuges (und damit die einseitige Messung von $a1$) oder fehlerhafte Berechnung.

Durch entsprechend hohe Messgenauigkeit und eine Beobachtung der Werte über einen längeren Zeitraum sollten sich jedoch zufällig falsche Ergebnisse von durch falsche Berechnungen verursachte Fehleinschätzungen unterscheiden lassen. Das heißt, dass als **false positive** und **false negative** klassifizierte Messungen mit hoher Wahrscheinlichkeit auf einen Fehler in der Berechnung hinweisen, somit die oben genannte Bedingung aus [6] erfüllen und deswegen zur Fehlererkennung und -korrektur in der Hardware genutzt werden können.

Oft wird es außerdem der Fall sein, dass nicht alle Punkte klassifizierbar sind. So zum Beispiel, wenn F3 und F4

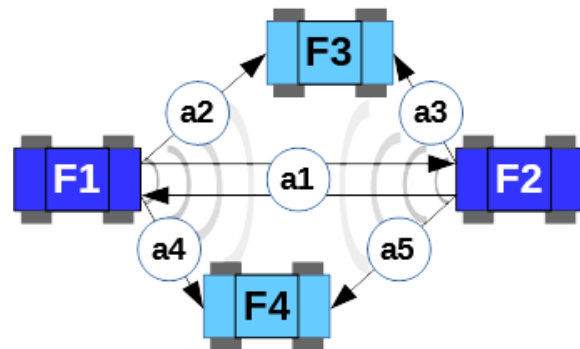


Abbildung 2 Angenommene Verkehrssituation

keinen oder einen Sensor ohne Kommunikationsmöglichkeit besitzen. Ob nun die Verifizierung von nur einem von insgesamt vier Messpunkten ausreicht, um die gesamte Messung als richtig oder falsch zu klassifizieren, ist zu diesem Zeitpunkt noch fraglich. Jedoch sollte ein Vektor mit ausschließlich **true positives** und **true negatives** bei entsprechend hoher Genauigkeit ein sehr deutliches Indiz für korrektes Messen sein.

Zwei weitere Sonderfälle sind das komplette Fehlen von Referenzwerten (wenn keine anderen Verkehrsteilnehmer in der Nähe sind) und der Empfang (absichtlich) falscher Werte. Beides klärt sich schnell, wenn weitere Verkehrsteilnehmer mit korrekten Ergebnissen in die Nähe kommen. Ist dies nicht der Fall, wird der Einsatz von redundanter Hardware zur Erzeugung eigener Referenzwerte aus Sicherheitsgründen unumgänglich sein. Sie könnte beispielsweise im Normalfall von der Stromversorgung getrennt und nur im Bedarfsfall aktiviert werden. Wir wollen die beiden Fälle in den weiteren Betrachtungen jedoch erst einmal zurück stellen um das Potential des vorgeschlagenen Ansatzes besser einschätzen zu können.

Implementierungen

Um die Möglichkeiten zur Fehlererkennung und die Einsparungen an Strom und eventuell Hardware ermitteln zu können, sind eine *fail safe* und eine *fail operational* Implementierung der SRS Komponente vorgesehen. *Fail safe* bedeutet dabei, dass zusätzlich zum originalen Wert immer zumindest ein Referenzwert vorliegt, mit dem Unterschiede in der Berechnung der Werte festgestellt werden können. Dies ermöglicht das Auslösen von speziellen Maßnahmen im Fehlerfall, die das System in einen sicheren Zustand (safe state) versetzen ([7]). Die *fail safe* Implementierung wird dabei aus drei DSP cores bestehen, die in drei unterschiedlichen Modi betrieben werden (siehe Abbildung 4 oben). Im ersten Modus (oben links) führen zwei DSP den Task **A** parallel aus und der dritte Task **K**. Damit erhalten wir ein einfaches DMR System, mit dessen Hilfe der Basiswert zu Fehlererkennung und Stromverbrauch ermittelt wird. Dass Task **K** dabei selbst fehlerfrei abläuft werden wir mit verschiedenen Methoden der Software Fehlertoleranz sicherstellen ([8]). Dies soll in diesem Beitrag jedoch nicht betrachtet werden. Im zweiten Modus (Abbildung 4 oben mitte) führt ein Core den Task **A** zum Messen, einer den Task **K** als Kontrollinstanz und der dritte den Task **D** aus, mit dessen

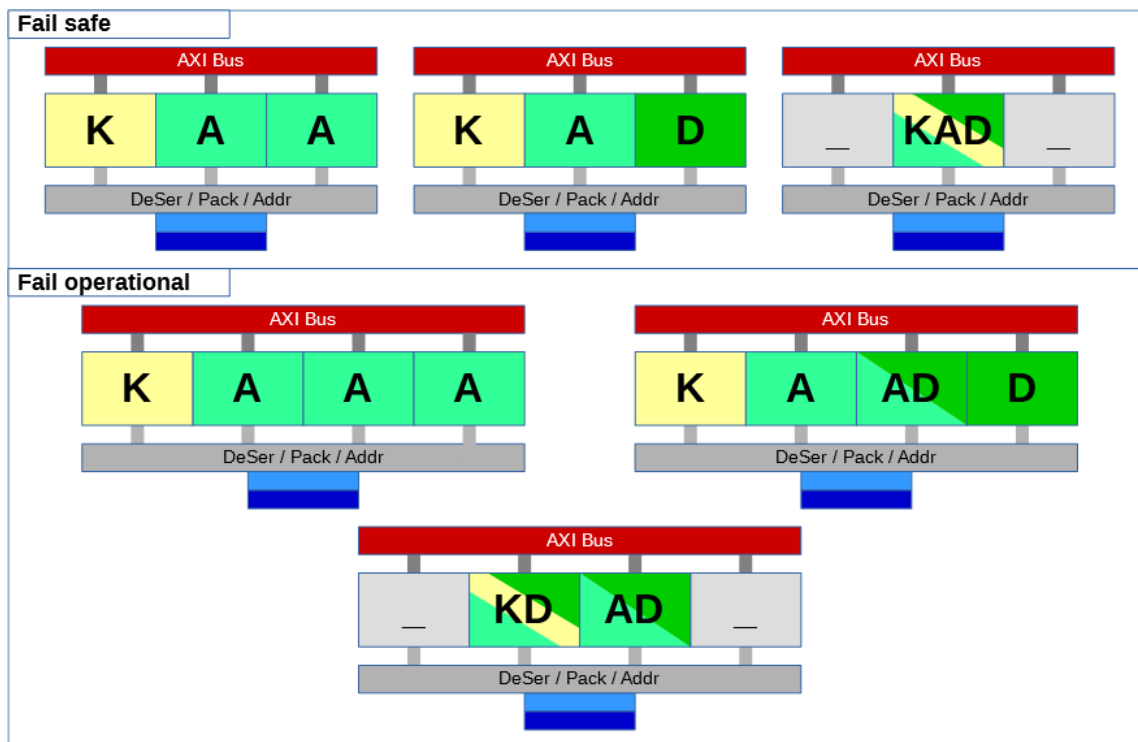


Abbildung 4 Fail Safe und Fail Operational Implementierungen

Hilfe er Referenzwerte empfängt. Hier wird sich zeigen, ob durch Task **D** neue Fehler aktiviert werden, wie gut sie mit dem vorgeschlagenen Ansatz erkennbar sind und welche Unterschiede es im Stromverbrauch zwischen den Tasks gibt. Der dritte Modus (oben rechts) wird zur Untersuchung der maximalen Einsparungen eingesetzt, indem sämtliche noch vorhandene (zeitliche) Redundanz genutzt und die Tasks auf so wenig DSP wie möglich ausgeführt werden. Die restlichen, freien DSP werden dann entweder deaktiviert und als kalte Redundanz genutzt oder, falls sie nicht mehr benötigt werden, aus dem System entfernt.

Fail operational bedeutet, dass das System selbst im Fehlerfall funktionsfähig bleiben muss, da es keinen „safe state“ gibt ([7]). Um dies zu erreichen, werden zusätzlich zum Original zwei weitere Kontrollwerte benötigt, mit deren Hilfe über Mehrheitsentscheid das wahrscheinlich richtige Ergebnis gefunden werden kann. Die *fail operational* Implementierung (Abbildung 4 unten links) wird im Basisfall drei Mal Task **A** parallel ausführen und besitzt damit die notwendigen drei Werte. Beim zweiten Modus tauschen wir ein bis zwei Task **A** durch Task **D** aus und versuchen Referenzwerte von mehreren Verkehrsteilnehmern in den Akzeptanztest einfließen zu lassen, um einen möglichen Einfluss auf dessen Robustheit zu überprüfen. Modus 3 (unten mitte) hilft wieder, durch Konzentration der Aktivität auf so wenige DSP wie möglich, den minimalen Aufwand an Strom und Hardware zu bestimmen.

VORLÄUFIGE ERGEBNISSE

Die Implementierung der Tasks befindet sich noch in einem zu frühen Stadium, um präzise Aussagen über das Timing machen zu können. Geplant ist, dass Task **A** und

D innerhalb von 10 ms nacheinander abgearbeitet werden können; Task **K** läuft dazu parallel. Die Implementierung von Task **A** ist soweit abgeschlossen und besitzt durch die Hardwarebeschleuniger auf den G3 und G6 DSP eine sehr kurze Ausführungszeit. Die Funktionalität von Task **D** ist auch komplett, jedoch in Bezug auf das Timing noch nicht optimiert. Task **K** wurde noch nicht implementiert. Die genauen Laufzeiten auf zwei verschiedenen Konfigurationen von G3 DSP – Typ mit single precision floating point unit (SPFPU) und max mit double precision floating point unit (DPFPU) - bei einer simulierten Taktrate von 150 MHz sind in Tabelle 1 aufgelistet:

Tabelle 1 Laufzeiten von Task A und D

DSP core	Task A	Task D
G3 Typ (SPFPU)	0,55ms	68,7ms
G3 Max (DPFPU)	0,51ms	25,3ms

Die Bestimmung der zusätzlichen Kosten für die Hardware lässt etwas Interpretationsspielraum. Die Hardwarebeschleuniger für Task **A** sind bereits vorhanden und können für Task **D** weitestgehend mit genutzt werden. Zusätzliche Blöcke zur Beschleunigung von Task **D** würden zwar die Hardware insgesamt vergrößern, können aber schwerlich als extra Aufwand für den vorgeschlagenen Ansatz betrachtet werden, da die Kommunikationsfähigkeit des Task **D** eine Grundfunktion des Systems darstellt. Die Einsparungen werden sich jedoch eindeutig zeigen lassen, falls der vorgeschlagene Ansatz so gut funktioniert, dass weniger redundante Hardware ins System eingebaut werden muss.

In Bezug auf die Einsparungen im Strom können nur erste, vorsichtige Schätzungen gemacht werden. Die Energie des Systems E_{SRs} berechnet sich aus der aktiven

Energie der ausgeführten Tasks (E_K , E_A , E_D) innerhalb des 10ms dauernden Messzyklus und der Ruheenergie der DSP E_R , die während dieser Zeit allein dadurch entsteht, dass die DSP nicht von der Stromversorgung entkoppelt sind. Das heißt für die *fail safe* Implementierung im ersten Modus mit einem ausgeführten Task **K**, zwei ausgeführten Task **A** und drei aktiven DSP:

$$E_{SRS-FS1} = E_K + 2 * E_A + 3 * E_R$$

Im dritten Modus mit nur einem aktiven DSP, der alle drei Tasks ausführt, würde sich die Energie wie folgt berechnen:

$$E_{SRS-FS3} = E_K + E_A + E_D + E_R$$

und ist somit nur kleiner, wenn

$$E_{SRS-FS3} < E_{SRS-FS1}$$

$$E_K + E_A + E_D + E_R < E_K + 2 * E_A + 3 * E_R$$

$$E_D < E_A + 2 * E_R$$

Dies gilt jedoch nur unter der Annahme, dass E_K beim Vergleich redundanter Werte und beim Akzeptanztest annähernd gleich bleibt. Für die *fail operational* Implementierung ist die Berechnung unter den gleichen Annahmen analog. Im ersten Modus erhalten wir:

$$E_{SRS-FO1} = E_K + 3 * E_A + 4 * E_R$$

Für den dritten Modus mit zwei aktiven DSP, einem Task **K**, einem Task **A** und zwei Task **D**:

$$E_{SRS-FS3} = E_K + E_A + 2 * E_D + 2 * E_R$$

Woraus folgt:

$$E_{SRS-FO3} < E_{SRS-FO1}$$

$$E_K + E_A + 2 * E_D + 2 * E_R < E_K + 3 * E_A + 4 * E_R$$

$$E_D < E_A + E_R$$

Was sogar noch ein wenig ungünstiger ist, als im *fail safe* Fall.

ZUSAMMENFASSUNG UND DISKUSSION

Der vorgeschlagene Ansatz, durch den Austausch von Messwerten Kosten bei Strom und Hardware einzusparen, ohne dabei Einbußen in der Fehlererkennung- und -korrekturrate in Kauf zu nehmen, erscheint bei ersten Betrachtungen durchaus sinnvoll. Jedoch ist an einigen Stellen noch viel Arbeit nötig, um dies eindeutig zu klären. Dazu gehört als erstes die Fertigstellung der Tasks, um Machbarkeit, Stromverbrauch und Timing zu überprüfen. Weiterhin müssen die bisher nur am Rande betrachteten Sonderfälle wie (absichtlich) falsche Werte und fehlende Verkehrsteilnehmer eingehender untersucht werden. Als drittes werden echte Sensormessungen im Feld benötigt, um beispielsweise Einflüsse wie den Signal-Rausch-Abstand oder nicht-punktförmige reflektierende Objekte mit in die Betrachtungen und speziell den Akzeptanztest einfließen zu lassen.

Trotz dieser Lücken halten wir den Ansatz für wert, weiter verfolgt zu werden. Wir konnten bei unseren Literaturrecherchen keine ähnlichen Ansätze finden, bei denen Referenzwerte auf so einer niedrigen Systemebene ausgetauscht werden können wie hier. Und selbst wenn damit keine Einsparungen in Bezug auf Energie oder Hardware möglich sind, so stellt es doch ein zusätzliches Mittel dar, um die Robustheit des Systems deutlich zu erhöhen. Dies liegt im Wesentlichen an drei Punkten:

- Wir erhalten externe Referenzwerte, bei deren Erzeugung mit hoher Wahrscheinlichkeit nicht

die gleichen Fehler passiert sein können, wie im eigenen Fahrzeug.

- Dadurch, dass sich die Software von Task **A** und **D** unterscheidet, aber gleiche Ergebnisse entstehen, erhalten wir eine Art N-Version-Programmierung, was die Maskierung von Fehlern deutlich erschwert.
- Dieser Unterschied in der Software wird höchstwahrscheinlich auch unterschiedliche Komponenten der Hardware ansprechen und dadurch eventuelle Fehler in diesen Teilen aktivieren, die sonst unentdeckt blieben. Damit erhöht sich die Beobachtbarkeit des Systems, wodurch Fehler schneller gefunden und entsprechende Gegenmaßnahmen, wie etwa Selbstreparatur, eingeleitet werden können.

DANKSAGUNG

Das diesem Bericht zugrunde liegende Vorhaben wurde mit Mitteln des Bundesministeriums für Bildung und Forschung unter dem Förderkennzeichen 16EMO0177K gefördert. Die Verantwortung für den Inhalt dieser Veröffentlichung liegt bei den Autoren.

LITERATUR

- [1] S. Inc., "Dual-core lockstep processors," 03 2017. [Online]. Available: <http://articles.sae.org/15319/>
- [2] L. D. Daniel Wanner, Annika Stensson Trigell and J. Jerrelind, "Survey on fault-tolerant vehicle design," International Battery, Hybrid and Fuel Cell Electric Vehicle Symposium (EVS26), 05 2012.
- [3] IHP, "Emphase project page," 01 2017. [Online]. Available: <http://www.emphase-projekt.de/>
- [4] Maciej Kucharski, Dietmar Kissinger and Herman Jalli Ng, "A Monostatic E-Band Radar Transceiver With a Tunable TX-to-RX Leakage Canceler for Automotive Applications" in Proc. 2018 IEEE MTT-S International Microwave Symposium (IMS), 2018
- [5] Herman Jalli Ng, Maciej Kucharski, Wael Ahmad, and Dietmar Kissinger, "Multi-Purpose Fully Differential 61- and 122-GHz Radar Transceivers for Scalable MIMO Sensor Platforms," IEEE J. Solid-State Circuits, vol. 52, no. 9, pp. 2242–2255, Sept 2017.
- [6] B. Parhami, "Design of reliable software via general combination of n-version programming and acceptance testing," in Software Reliability Engineering, 1996. Proceedings., Seventh International Symposium on, Oct 1996, pp. 104–109.
- [7] Christopher Temple and Antonio Vilela, „Fehlertolerante Systeme im Fahrzeug – von fail-safe zu fail-operational". 07 2014. [Online]. Available: <http://www.elektroniknet.de/elektronik-automotive/assistenzsysteme/fehlertolerante-systeme-im-fahrzeug-von-fail-safe-zu-fail-operational-110612-Seite-2.html>
- [8] Israel Koren and C. Mani Krishna, CHAPTER 5 - Software Fault Tolerance, In Fault-Tolerant Systems, Morgan Kaufmann, Burlington, 2007, Pages 147-191, ISBN 9780120885251