

Editorial

Liebe Leserinnen und Leser,

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

Diesmal werden viele charakteristische Themen der Wirtschaftsinformatik behandelt. So ist es wenig überraschend, dass SAP-Produkte vertreten sind. Die derzeit sehr hohe Bedeutung von SAP S/4HANA für betriebliche Belegen drei Artikel. Im ersten wird untersucht, inwieweit sich die neue Produktgeneration von SAP SE (SAP S/4HANA) als Enabler zur Smart Factory der AUDI AG eignet. Der zweite befasst sich mit der Ablösung vom ERP-System SAP ERP Central Component 6.0 durch die (SAP Business Suite 4) SAP HANA (kurz: SAP S/4HANA). Die grundlegende Schwierigkeit war ein hoch komplexes und nur noch schwer überschaubares System an Schnittstellen. Es werden Entwicklungsschritte einer Migrationsstrategie zur Konsolidierung einer bestehenden Schnittstellen-Landschaft auf ein SAP S/4HANA-System in Kombination mit SAP Process Orchestration aufgezeigt. Im dritten wird untersucht, inwieweit sich ein graphisches, interaktives Prozess Mining Tool mit Technologien, die über die Entwicklungsplattform im Standard einer aktuellen SAP S/4 HANA Version mit ausgeliefert werden, erstellbar ist. Eher klassisch ist die Teilautomatisierung von Akzeptanztests im Rahmen der Webentwicklung in einem agilen Umfeld, wodurch Überprüfungen von Anforderungen in hohem Tempo erreicht werden und zugleich der manuelle Prüfungsaufwand auf ein Minimum reduziert wird. Ebenfalls eine hohe ökonomische Bedeutung hat die bereichsübergreifende Personalsteuerung in Form von Leihungen und Verleihungen, einem Teilbereich der monatlichen Personalplanung. Sehr aktuelle Themen werden in drei weiteren Artikeln behandelt. Ein Beitrag im Umfeld von KI behandelt den Einsatz von Text Analytics zur Unterstützung literaturintensiver Forschungsprozesse. Leserinnen und Leser dürften Blockchain erwarten, obwohl ihre Bedeutung nach neueren Pressemeldungen abzunehmen scheint. In dieser Ausgabe geht es um die Potenziale von Blockchain 2.0 in der Energiewirtschaft. Als Beispiel zu Predictive Analytics wird die Nutzerbindung durch verhaltensbasierte Big-Data-Analyse erläutert. Was dies für die Menschen bedeutet wird im Artikel „Wie sieht denn nun die Zukunft der Arbeit aus? Aktivitäten des interdisziplinären Zukunftslabors CreaLab im Rahmen des Schwerpunktthemas «Zukunft der Arbeit» diskutiert.

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

Regensburg, Fulda, Wildau und Luzern, im Dezember 2018

Frank Herrmann, Norbert Ketterer, Konrad Marfurt und Christian Müller

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 <https://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

Einsatz von Text Analytics zur Unterstützung literaturintensiver Forschungsprozesse – Konzeption, Realisierung und Lessons Learned

Frank Bensberg
Fakultät Wirtschafts- und
Sozialwissenschaften
Hochschule Osnabrück
Caprivistrasse 30a
49076 Osnabrück
E-Mail:
f.bensberg@hs-osnabrueck.de

Gunnar Auth
Department Wirtschaft
Hochschule für
Telekommunikation Leipzig
Gustav-Freytag-Str. 43-45
04277 Leipzig
E-Mail:
auth@hft-leipzig.de

Christian Czarnecki
Department Wirtschaft
Hochschule für
Telekommunikation Leipzig
Gustav-Freytag-Str. 43-45
04277 Leipzig
E-Mail:
czarnecki@hft-leipzig.de

ABSTRACT

Das anhaltende Wachstum wissenschaftlicher Veröffentlichungen wirft die Fragestellung auf, wie Literaturanalysen im Rahmen von Forschungsprozessen digitalisiert und somit produktiver realisiert werden können. Insbesondere in informationstechnischen Fachgebieten ist die Forschungspraxis durch ein rasant wachsendes Publikationsaufkommen gekennzeichnet. Infolgedessen bietet sich der Einsatz von Methoden der Textanalyse (Text Analytics) an, die Textdaten automatisch vorbereiten und verarbeiten können. Erkenntnisse entstehen dabei aus Analysen von Wortarten und Subgruppen, Korrelations- sowie Zeitreihenanalysen. Dieser Beitrag stellt die Konzeption und Realisierung eines Prototypen vor, mit dem Anwender bibliographische Daten aus der etablierten Literaturdatenbank EBSCO Discovery Service mithilfe textanalytischer Methoden erschließen können. Der Prototyp basiert auf dem Analyse-System IBM Watson Explorer, das Hochschulen lizenzkostenfrei zur Verfügung steht. Potenzielle Adressaten des Prototypen sind Forschungseinrichtungen, Beratungsunternehmen sowie Entscheidungsträger in Politik und Unternehmenspraxis.

SCHLÜSSELWÖRTER

Text Analytics, Literaturanalyse, Forschungsprozess, EBSCO Discovery Service, IBM Watson Explorer

PROBLEMSTELLUNG

Die Wirtschaftsinformatik ist als wissenschaftliche Disziplin dadurch gekennzeichnet, dass sie über ein hohes Maß an Dynamik in Bezug auf die fokussierten Forschungsthemen verfügt, die letztlich auch durch Moden und Trends geprägt werden [SRRM09]. Als aktuelles Beispiel hierzu ist das Themenfeld der Digitalisierung zu fixieren [BBC18], das mittlerweile auch kritisch reflektiert wird [RBH+17]. Weitere Beispiele für dieses Phänomen gehen auch aus dem Hype Cycle for Emerging Technologies von Gartner hervor, der regelmäßig neue Themenfelder für potenzielle Forschungsaktivitäten im Gegenstandsbereich der Wirtschaftsinformatik identifiziert.

Diese disziplinäre Dynamik stellt besondere Herausforderungen für die wissenschaftliche Bearbeitung solcher

Themenfelder. So erfordert die Bearbeitung eines neuartigen Themenfelds das Erfassen des aktuellen Forschungsstands in der Literatur, um offene Forschungsfragen und Gestaltungsbedarfe identifizieren zu können. Zu diesem Zweck sind systematische Literaturrecherchen durchzuführen, die – insbesondere bei Modethemen – zu einer großen Anzahl zu verarbeitender Literaturquellen führen. Zusätzlich erschwerend wirkt sich dabei der interdisziplinäre Charakter der Wirtschaftsinformatik aus, durch den sich der Suchraum für relevante Literaturquellen weiter vergrößert [SSS15]. Weiterhin sind Literaturquellen nicht ausschließlich akademischen Ursprungs, sondern entstammen bisweilen auch der betrieblichen Praxis und liefern empirische Befunde zur Anwendung und Verbreitung von Informationssystemen sowie deren zugrunde liegenden Informationstechnologien. Wie BORNMANN und MUTZ feststellen, verdoppelt sich generell die Anzahl der wissenschaftlichen Publikationen innerhalb von ca. 24 Jahren bei einer jährlichen Wachstumsrate von etwa 3 % [BoMu15], sodass auch in Zukunft mit weiterhin stark wachsenden Literaturbeständen zu rechnen ist.

Angesichts dieser Entwicklung ist zu konstatieren, dass die Forschungspraxis im Hinblick auf die systematische Verarbeitung des zunehmenden Literaturangebots vor großen Herausforderungen steht. So sind Forschungsprozesse vielfach dadurch gekennzeichnet, dass Aufgaben der Literatursuche und -verwaltung zwar in hohem Maße digitalisiert sind – etwa durch die Nutzung etablierter Literaturdatenbanken und Literaturverwaltungsprogramme – indes die inhaltliche Analyse und Synthese von Fundstellen weitestgehend manuell erfolgen [StSu17].

Als Unterstützung dieser intellektuell anspruchsvollen Aktivitäten zur Verarbeitung von Literaturdaten eignen sich textanalytische Methoden (Text Analytics) [AABG16], die in der Lage sind, bislang unbekannte Muster und Zusammenhänge in Textdaten zu identifizieren [FeSa06]. Das Spektrum textanalytischer Methoden reicht dabei von einfachen lexikometrischen Verfahren (z. B. Frequenz- und Konkordanzanalysen für unterschiedliche Wortformen) bis hin zu komplexen, multivariaten Ansätzen zur Segmentierung und Klassifikation von Textdokumenten mithilfe maschineller Lernverfahren [DHH17].

Im Rahmen dieses Beitrags wird ein Prototyp zur textanalytischen Erschließung von Literaturdaten aus dem

EBSCO Discovery Service [Bart15] vorgestellt, der von zahlreichen Hochschulbibliotheken als Suchumgebung für Literaturrecherchen eingesetzt wird. Zur Analyse der dort verfügbaren Literaturdaten wird das Textanalyse-system IBM Watson Explorer [ZFG+14] verwendet, das Hochschulen lizenzkostenfrei zur Verfügung steht und Endanwender bei der explorativen Analyse von Fachtexten mit unterschiedlichen Methoden interaktiv unterstützen kann. Zur konzeptionellen Fundierung dieses gestaltungsorientierten Ansatzes werden im Folgenden zunächst die zentralen Ziele und Aufgaben der Literaturanalyse vorgestellt. Darauf aufbauend werden die informatorischen Potenziale der Lösung anhand von Realdaten demonstriert. Der Beitrag schließt mit der Diskussion der Lessons Learned, die aus dem Systemeinsatz resultieren.

Ziele und Aufgaben der Literaturanalyse

Literaturanalysen dienen in Forschungsprozessen grundsätzlich dazu, den aktuellen Stand (State of the Art, State of Research) oder die historische Entwicklung der Forschung in einem thematisch abgegrenzten Forschungsfeld widerzuspiegeln [BoDö16]. Zur zweckorientierten Konfiguration von Literaturanalysen hat sich die Taxonomie von COOPER [Coop88] etabliert, die in Abbildung 1 anhand eines morphologischen Kastens dargestellt wird.

Merkmal	Ausprägung			
	Forschungsergebnisse	Forschungsmethoden	Theorien	Praktiken/Anwendungen
Zielsetzung	Integration	Kritik		
Perspektive	Neutrale Darstellung		Einnahme einer argumentativen Position	
Abdeckungsgrad	Vollständig	Vollständig mit selektiver Zitation	Repräsentativ	Zentral
Organisation	Historisch	Konzeptionell	Methodisch	
Zielgruppe	Einzelwissenschaft	Wissenschaft (allgemein)	Praxis oder Politik	Öffentlichkeit

Abbildung 1: Taxonomie für Literaturanalysen nach [Coop88]

Demzufolge sind die folgenden sechs Merkmale zur Klassifikation von Literaturanalysen heranzuziehen:

- Der *Fokus* ergibt sich durch die Ausrichtung auf unterschiedliche Elemente realwissenschaftlicher Forschung. Hierbei können z. B. Ergebnisse, Methoden, Theorien sowie bestimmte Anwendungsfelder von Forschungsergebnissen im Vordergrund stehen.
- Die *Zielsetzung* kann einerseits in der zusammenführenden Darstellung der verfügbaren Literatur bestehen (Integration), auf die Kritik anhand ex ante formulierter Kriterien abstellen und schließlich auch die Identifikation zentraler Problemfelder in der Forschungslandschaft intendieren.
- Die Erarbeitung einer Literaturanalyse kann einerseits aus einer neutralen *Perspektive* erfolgen, andererseits auch durch eine gegebene, argumentative Positionierung geprägt sein.
- Mit dem *Abdeckungsgrad* wird zum Ausdruck gebracht, in welchem Umfang die existierende

Literatur untersucht wird. Eine vollständige Abdeckung ist in der Regel nur bei hochspezialisierten Forschungsfeldern möglich, während allgemeine Forschungsthemen häufig eine Einschränkung auf zentrale Literaturquellen (z. B. A/B-Journals) erfordern.

- Das Merkmal *Organisation* liefert Ankerpunkte für die Gruppierung von Literaturquellen im Zuge der Analyse, z. B. über deren historische Entwicklung, die gemeinsame theoretisch-konzeptionelle Fundierung sowie das eingesetzte Methodenspektrum.
- In Bezug auf die *Zielgruppe* von Literaturanalysen kommen nicht nur wissenschaftliche Akteure infrage, sondern vielmehr auch Praktiker, politische Entscheidungsträger sowie die breite Öffentlichkeit.

Zur operativen Durchführung von Literaturanalysen sind eine Reihe von Aktivitäten zu verknüpfen, die auch Aufgaben der Recherche und Beschaffung von relevanter Literatur zum Gegenstand haben. Abbildung 2 zeigt diese Aktivitäten aufbauend auf der Darstellung in [BoDö16] als BPMN 2.0-Prozessdiagramm.

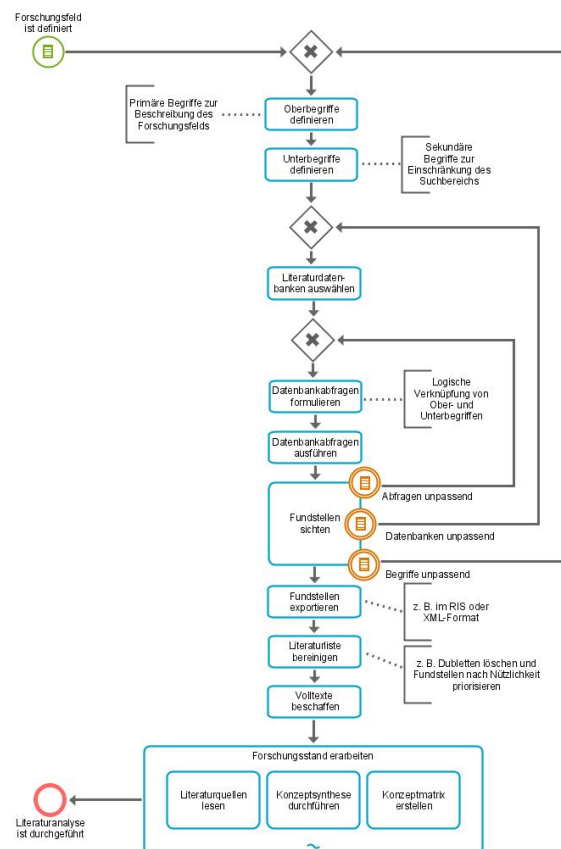


Abbildung 2: Literaturanalyseprozess in Anlehnung an [BoDö16] (BPMN 2.0-Prozessdiagramm)

Der Literaturanalyseprozess beginnt mit der Abgrenzung eines Forschungsfelds, das anschließend mithilfe eines Sets thematischer Schlagwörter bzw. Stichwörter zu beschreiben ist. Oberbegriffe sind primäre Suchbegriffe, die das Forschungsfeld generell beschreiben, während

Unterbegriffe als sekundäre Suchbegriffe das Forschungsfeld einschränken. Anschließend sind geeignete Literaturdatenbanken auszuwählen, in denen die Recherche nach relevanter Literatur erfolgen soll (z. B. Google Scholar, EBSCO Discovery Service, SpringerLink). Für diese Literaturdatenbanken werden geeignete Datenbankabfragen formuliert und anschließend ausgeführt. Die Sichtung der resultierenden Fundstellen kann dazu führen, dass die gewählten Begriffe zur Konzeptualisierung des Forschungsfelds zu überarbeiten oder aber das Set an Literaturdatenbanken bzw. deren Abfragen zu modifizieren sind.

Nach erfolgreicher Ausführung der Abfragen liegen Fundstellen vor, die zur Weiterverarbeitung – z. B. mithilfe gängiger Literaturverwaltungssoftware – exportiert werden. In der Regel werden dabei die zentralen bibliografischen Angaben sowie die Kurzzusammenfassung (Abstract) exportiert, zudem stehen bisweilen auch Volltexte in Literaturdatenbanken zur Verfügung. An den Export schließen sich Aktivitäten zur Bereinigung der Literaturliste (z. B. Dubletteneliminierung, Priorisierung) und zur Beschaffung fehlender Volltexte an. Abschließend ist der Forschungsstand zu erarbeiten und zu dokumentieren, wobei in hohem Maße strukturierende und bewertende Aktivitäten erforderlich sind.

Eine Kernaufgabe bei der Erarbeitung des Forschungsstands besteht in der Identifikation und Interpretation forschungsleitender Konzepte, die zur Artikulation und Präzisierung weiterführender Forschungsbedarfe erforderlich sind. Zur Schaffung eines strukturierten Gesamtüberblicks über die Konzepte des Forschungsfelds schlagen Webster und Watson die Konstruktion einer Konzeptmatrix vor [WeWa02], die mittlerweile auch in Literaturanalysen zur Wirtschaftsinformatik Verbreitung findet (siehe z. B. [SeNi16], [LEZ13]). Eine Konzeptmatrix bildet in ihrer einfachsten Form die Unterstützung unterschiedlicher Konzepte durch die untersuchten Literaturquellen eines Forschungsfelds ab (Abbildung 3).

Literaturquellen	Konzepte			
	A	B	C	[...]
Quelle 1	•	•	•	
Quelle 2		•		•
[...]			•	

Abbildung 3: Struktur einer Konzeptmatrix nach [WeWa02]

Zur Konstruktion der Konzeptmatrix ist ein systematisches Lesen der Literaturquellen durchzuführen, sodass sämtliche relevanten Konzepte identifiziert werden können. Zu diesem Zweck werden Lesetechniken eingesetzt, wie z. B. die SQ3R-Methode [Robi70]. Nach Abschluss der Lese-Phase findet die Synthese der identifizierten Konzepte statt, die nach fachlogischen Gesichtspunkten in einem Bezugsrahmen zu integrieren sind.

Auf der sprachlichen Ebene handelt es sich bei Konzepten um Fachausdrücke als Elemente von *Fachterminologien*, die durch Substantive bzw. komplexere Substantivkonstruktionen (z. B. Substantivfolgen oder Adjektiv-

Substantiv-Kombinationen wie etwa *Smart Service Engineering*) gebildet werden [HQW12]. Mithilfe textanalytischer Verfahren kann die explorative Identifikation solcher sprachlicher Strukturen unterstützt werden, sodass die Erarbeitung von Konzeptmatrizen durch geeignete Software potenziell effizienter und effektiver realisiert werden kann. Im Folgenden wird daher ein Prototyp präsentiert, der textanalytische Methoden zur Erschließung von Literaturdaten bereitstellt.

Demonstration des Prototypen

Der Prototyp für die Anwendung von Text Analytics zur Unterstützung literaturintensiver Forschungsprozesse basiert auf einer datenbasierten Kopplung der beiden Softwareprodukte EBSCO Discovery Service (EDS) und IBM Watson Explorer (WEX). Im Literaturrechercheprozess kommen die beiden Komponenten nacheinander zum Einsatz. Zunächst wird mit EDS eine themenspezifische Literaturdatenbasis erzeugt, die anschließend mit WEX durch Anwendung von Text Analytics-Funktionalitäten verarbeitet wird.

Konfiguration des Prototypen

Als Datengrundlage für den Prototypen werden Literaturdaten genutzt, die mithilfe von EDS-Abfragen gewonnen werden. Die resultierenden Fundstellen können in unterschiedlichen Formaten (z. B. im Research Information System-Format oder XML-Format) exportiert werden. Als praktisches Anwendungsszenario wird dabei das exemplarische Forschungsfeld *Industrie 4.0 im Straßenverkehr* fixiert. Zur Schaffung einer Datenbasis wurde eine entsprechende Abfrage formuliert, die sämtliche Quellen lokalisiert, die in der Kurzfassung (Abstract) neben dem Oberbegriff *Car* auch die Unterbegriffe *Connected Car*, *Car-to-Car*, *C2C*, *C2X* oder *C2I* enthalten. Die entsprechende Abfrage für die Literaturdatenbank lautet somit:

```
(AB "car") AND (AB "connected " OR AB
"car-to-car"
OR AB "C2C" OR AB "C2I" OR AB "C2X")
```

Auf diese Weise wurden mit EDS 17.926 Fundstellen identifiziert und exportiert. Auf die Beschaffung der Volltexte wurde aufgrund des Volumens der Fundstellen verzichtet.

Zur Analyse der resultierenden Literaturdaten wird das Text Analytics-System WEX eingesetzt. Zum Import der Literaturdaten wird eine einfache XML-Struktur verwendet, die für jede Fundstelle folgende Attribute umfasst:

- Typ der Fundstelle (z. B. Journal, Book)
- Haupttitel
- Buchtitel
- Autor(en)
- Publikationsjahr
- Schlagwörter
- Kurzfassung (Abstract)

Abbildung 4 zeigt eine exemplarische Fundstelle im XML-Format.

Nach Import der Literaturdaten stellt dieses System eine Reihe von Analysemethoden zur Verfügung, die im Folgenden dargestellt werden.

```

1 <?xml version="1.0" encoding="UTF-8" ?>
2 <item>
3 <TY>BOOK</TY>
4 <TI></TI>
5 <AU>Jaeger, Attila</AU>
6 <YI>2016</YI>
7 <KW>Vehicular ad hoc networks (Computer networks)
Automobiles--Electronic equipment COMPUTERS / Online Services
SCIENCE / Environmental Science TECHNOLOGY + ENGINEERING /
Automotive</KW>
8 <AB>Attila Jaeger develops an application which notifies a vehicle's
driver of upcoming road weather dangers. This application maps the
information evaluated by in-vehicle sensors in order to draw
conclusions on the current weather condition. Comprehensive data
basis is gained by sharing information with other vehicles using
Car-to-X communication. In order to prove usability of the presented
approaches, the developed application and selected concepts are
implemented and deployed within the context of large scale Car-to-X
field operational trials simTD and DRIVE C2X. Car-to-X communication
is considered as the next major step towards a significant increase
in road safety and traffic efficiency.</AB>
9 <TI>Weather Hazard Warning Application in Car-to-X Communication :
Concepts, Implementations, and Evaluations</TI>
10 </item>

```

Abbildung 4: XML-Struktur einer exemplarischen Fundstelle

Suchanfragen

Die Literaturdaten können mit WEX durch eine Suchmaschine abgefragt werden. Abbildung 5 zeigt die trunkierte Suche nach dem Schlagwort *car service* mit der entsprechenden Ergebnismenge (n=574) und der markierten Verwendung des Schlagworts im Kontext des Abstracts der jeweiligen Literaturquelle (Keyword in Context, KWIC-Analyse). Dabei können auch komplexere Abfragen mit logischen Operatoren (NOT, AND, OR) formuliert werden, wobei die Suche auf einzelne Felder oder auch Dokumentsprachen (z. B. Englisch, Deutsch) beschränkt werden kann. Mithilfe dieser Analysemethode können Literaturdatenbestände in Bezug auf Begriffe für a priori definierte Konzepte überprüft werden, sodass z. B. eine theoriegeleitete Untersuchung der Literaturdaten möglich wird.

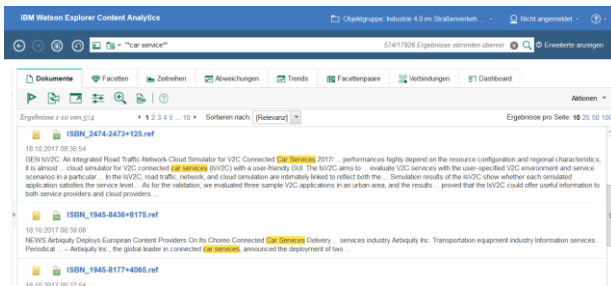


Abbildung 5: Suchanfrage und Trefferliste

Analyse von Wortarten und Subgruppen

Außerdem besteht die Möglichkeit, unterschiedliche Wortarten (z. B. Substantive, Verben) und Satzteile (z. B. Substantivfolgen, Verb-Substantiv- und Adjektiv-Substantiv-Kombinationen) zu identifizieren. Abbildung 6 zeigt einen Ausschnitt der in den Fundstellen enthaltenen Substantivfolgen, in denen der Begriff *car* auftritt, mit Angabe der absoluten Häufigkeiten (Frequenzanalyse). Auf diese Weise können frequente Konzepte (z. B. *car service*, *car platform*) in der Literaturdatenbasis identifiziert werden, sodass ein exploratives Instrument zur induktiven Ableitung potenziell relevanter Konzepte zur Verfügung steht.

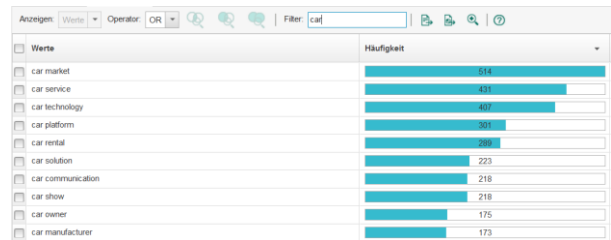


Abbildung 6: Gefilterte Frequenzanalyse von Substantivfolgen

Die Recherche in den Literaturdaten kann auch auf Subgruppen beschränkt werden. In diesem Fall besteht die Möglichkeit, Zusammenhänge zwischen Konzepten in den gebildeten Subgruppen zu identifizieren. Abbildung 7 zeigt Substantivfolgen für sämtliche Literaturquellen (n=301), in denen das Konzept *car platform* auftritt. Diese Liste ist nach der Kennzahl *Korrelation* absteigend sortiert, die mit Werten größer 1 eine besondere Häufung (Dichte) der jeweiligen Substantivfolge in der Subgruppe anzeigt. So wird aus dem Beispiel deutlich, dass das Konzept *car platform* mit Substantivfolgen wie *language understanding*, *voice recognition* und *car service platform* verknüpft ist.

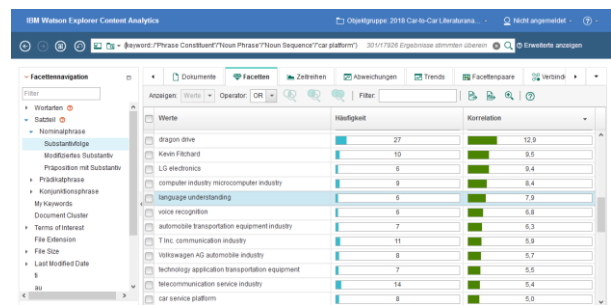


Abbildung 7: Subgruppenanalyse für Literaturquellen mit der Substantivfolge *car platform*

Zeitreihenanalyse

Mithilfe einer Zeitreihenanalyse kann die Fragestellung beantwortet werden, wie sich Publikationen im Zeitablauf entwickelt haben, wobei als Datumsattribut das Publikationsjahr verwendet wird. Dabei kann nach beliebigen Begriffen gefiltert werden, sodass die zeitliche Diffusion einzelner Konzepte transparent wird. Abbildung 8 verdeutlicht als Balkendiagramm die Zunahme an Publikationen für das hier untersuchte Forschungsfeld im Zeitablauf.

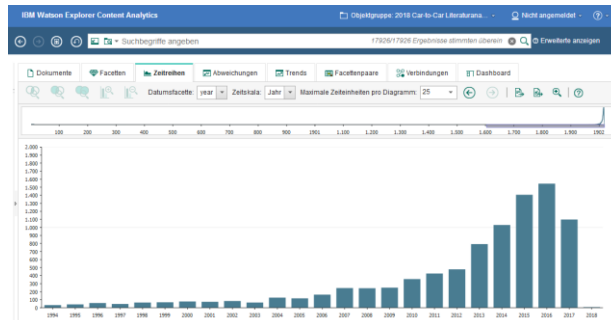


Abbildung 8: Zeitliche Entwicklung der Literaturbasis nach Publikationsjahr

Korrelationsanalyse

Durch Korrelationsanalysen können Zusammenhänge zwischen unterschiedlichen Konzepten der Fachdomäne ermittelt werden. Abbildung 9 zeigt ein Netz hochkorrelierter Substantivfolgen und modifizierter Substantive, aus denen fachliche Zusammenhänge zwischen den Konzepten deutlich werden. So deutet das Tripel *connected car*, *big data*, *smart city* darauf hin, dass die involvierten Konzepte einen thematischen Zusammenhang bilden, der Hinweise zur Formulierung neuer Forschungsfragen liefern kann.

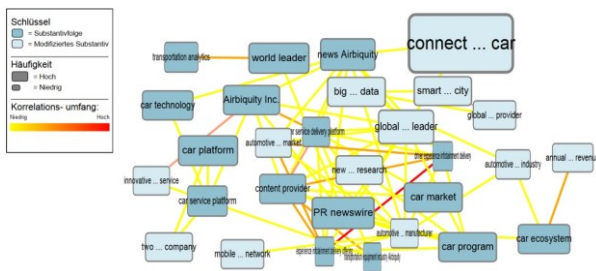


Abbildung 9: Korrelationsanalyse für Substantivfolgen und modifizierte Substantive

Lessons Learned

Der vorgestellte Prototyp zur Literaturanalyse hat sich mittlerweile in mehreren Forschungsprojekten als effektiv und effizient erwiesen, um den Status quo bestehender und emergierender Forschungsfelder in der Literatur zu untersuchen und deren zentrale Konzepte, Methoden und Praxisbezüge zu identifizieren. Mit Referenz auf die in Abbildung 1 dargestellte Taxonomie für Literaturanalysen ist festzuhalten, dass die textanalytische Unterstützung zunächst Potenziale zur Steigerung des *Abdeckungsgrads* von Literaturanalysen freisetzt. So können selbst umfangreiche Kollektionen von Literaturfundstellen mit mehreren hunderttausend Abstracts untersucht werden, womit eine qualitative Steigerung des resultierenden Forschungsoutputs zu erwarten ist. Außerdem gestatten die vorgestellten Funktionalitäten die Analyse der Literaturdatenbasis nach unterschiedlichen *Organisationskriterien*. So kann nicht nur die historische Entwicklung von Konzepten mithilfe der Zeitreihenanalyse nachverfolgt, sondern auch die Referenzierung konzeptionell-theoretischer Fundierungen und Forschungsmethoden in der Literatur detailliert substantiiert werden, z. B. durch Suchanfragen und Exploration von Wortarten. Aufgrund der Möglichkeit, umfangreiche Literaturbestände interaktiv zu sichten, ist das Instrumentarium nicht nur für Adressaten aus der Wissenschaft relevant, vielmehr eröffnen sich auch Potenziale zur Deckung des Informationsbedarfs von Entscheidungsträgern in Politik und Unternehmenspraxis als eine weitere *Zielgruppe*. So kann beispielsweise die analytische Fähigkeit, emergierende Entwicklungen anhand von Literaturdaten zu erkennen, zur Formulierung von Beratungsleistungen beitragen, um strategische Planungs- und Entscheidungsprozesse im Umfeld von Forschung und Entwicklung empirisch zu fundieren. Diese Fähigkeit ist auch vor dem Hintergrund

der digitalen Transformation von Beratungsdienstleistungen von Bedeutung [SeNi16]. Sich schnell verändernde ökonomische und technische Rahmenbedingungen stellen Beratungsunternehmen vor die Herausforderung, Analysen und Empfehlungen kontinuierlich anzupassen und dabei operative Tätigkeiten zunehmend zu virtualisieren.

Wie bisherige Projekterfahrungen belegen, ist die vorgestellte Lösung an Hochschulen für ein breites Spektrum von Anwendern aus unterschiedlichen Fachbereichen von Interesse. Hiermit wird die weiterführende Fragestellung aufgeworfen, wie textanalytische IT-Services für Hochschulakteure in der Breite verfügbar gemacht und in eine bestehende IT-Architektur integriert werden können. Im Hochschulkontext eröffnet sich zudem ein weiteres Anwendungsfeld für den beschriebenen Ansatz: Zur Erfüllung stetig zunehmender Berichts- und Auskunftspflichten gegenüber ihren Aufsichtsbehörden aber auch als Leistungsausweis im Wettbewerb um Drittmittel und Forschungsaufträge benötigen Hochschulen die Möglichkeit, sich jederzeit einen aktuellen und detaillierten Überblick über die eigenen Forschungsaktivitäten und -ergebnisse zu verschaffen [HeSc16]. Zu diesem Zweck werden *Forschungsinformationssysteme* eingesetzt, für die es derzeit allerdings noch kein nennenswertes Angebot an Standardsoftware gibt. Vor diesem Hintergrund bietet der vorgestellte Text Analytics-Ansatz weitere Einsatzpotenziale, insbesondere für die zu favorisierende Datenerfassung aus bereits bestehenden Informationssystemen.

LITERATUR

- [AABG16] Alpar, P., Alt, R., Bensberg, F., Grob, H. L., Weimann, P., Winter, R.: Anwendungsorientierte Wirtschaftsinformatik. Strategische Planung, Entwicklung und Nutzung von Informationssystemen. Springer Vieweg, Wiesbaden, 2016.
- [Bart15] Bartlakowski, K.: Make the library really look more like google: Zur Einführung des Discovery-Systems „scinos“ an der Hochschule Osnabrück. Bibliotheksdienst 6/15, S. 643–648, 2015.
- [BBC18] Bensberg, F., Buscher, G., Czarnecki, C.: Digital Transformation and IT Topics in the Consulting Industry – a Labor Market Perspective. In: Nissen, V. (Hrsg.) Advances in Consulting Research: Recent Findings and Practical Cases, Springer International Publishing.
- [BoDö16] Bortz, N., Döring, J.: Forschungsmethoden und Evaluation in den Sozial- und Humanwissenschaften, 5. Aufl., Springer, Berlin 2016.
- [BoMu15] Bornmann, L., Mutz, R.: Growth rates of modern science: A bibliometric analysis based on the number of publications and cited references. J. Assoc. Inf. Sci. Technol., S. 2215–2222, 2015.

- [Coop88] Cooper, H.M.: Organizing Knowledge Syntheses: A Taxonomy of Literature Reviews. *Knowledge in Society*, 1, 1988, S. 104–126.
- [DHH17] Dann, D., Hauser, M., Hanke, J.: Reconstructing the Giant: Automating the Categorization of Scientific Articles with Deep Learning Techniques. In: Leimeister, J.M. (Hrsg.), *Proceedings 13. Internationale Tagung Wirtschaftsinformatik (WI)*, S. 1538–1549.
- [FeSa06] Feldman, R., Sanger, J.: *The Text Mining Handbook: Advanced Approaches in Analyzing Unstructured Data*. Cambridge University Press, New York 2006.
- [HeSc16] Herwig, S., Schlattmann, S.: Eine wirtschaftsinformatische Standortbestimmung von Forschungsinformationssystemen, in: Mayr, H. C., Pinzger, M. (Hrsg.): *INFORMATIK 2016, Lecture Notes in Informatics (LNI), Gesellschaft für Informatik, Bonn 2016*, S. 901-914.
- [HQW12] Heyer, G., Quasthoff, U., Wittig, T.: *Text Mining: Wissensrohstoff Text: Konzepte, Algorithmen, Ergebnisse*. W3L GmbH, Bochum, 2012.
- [SeNi16] Seifert, H., Nissen, V.: Virtualisierung von Beratungsleistungen: Stand der Forschung zur digitalen Transformation in der Unternehmensberatung und weiterer Forschungsbedarf. *Multikonferenz Wirtschaftsinformatik (MKWI) 2016*, TU Ilmenau 09. - 11..03.2016.
- [LEZ13] Labes, S., Ere, K., Zarnekow, R.: Literatürübersicht von Geschäftsmodellen in der Cloud. In: *Wirtschaftsinformatik Proceedings 2013*, S. 443-457.
- [RBH+17] Riedl, R., Benlian, A., Hess, T., Stelzer, D., Sikora, H.: On the Relationship Between Information Management and Digitalization. *Bus Inf Syst Eng*. doi: 10.1007/s12599-017-0498-9.
- [Robi70] Robinson, F. P.: *Effective Study*, 4. Aufl., Harper & Row, New York 1970.
- [SRRM09] Steininger, K., Riedl, R., Roithmayr, F., Mertens, P.: Fads and Trends in Business and Information Systems Engineering and Information Systems Research – A Comparative Literature Analysis. *Bus Inf Syst Eng*. doi: 10.1007/s12599-009-0079-7.
- [SSS15] Sturm, B., Schneider, S., Sunyaev, A.: Leave No Stone Unturned: Introducing a Revolutionary Meta-search Tool for Rigorous and Efficient Systematic Literature Searches. *Proc. of the 23rd European Conference on Information Systems (ECIS 2015)*, Research-in-Progress Papers, Paper 34.
- [StSu17] Sturm, B., Sunyaev, A.: You Can't Make Bricks Without Straw: Designing Systematic Literature Search Systems. *Proc. of the 38th International Conference on Information Systems (ICIS 2017)*.
- [WeWa02] Webster, J., Watson, R.: Analyzing the Past to Prepare for the Future: Writing a Literature Review. *MIS Quarterly* 02/2002, S. XIII–XXIII, 2002.
- [ZFG+14] Zhu, W., Foyle, B., Gagné, D., Gupta, V., Magdalen, J., Mundi, A., Nasukawa, T., Paulis, M., Singer, J., Triska, M.: *IBM Watson Content Analytics: Discovering Actionable Insight from Your Content*, 3. Auflage, IBM, 2014.

KONTAKT

Prof. Dr. Frank Bensberg
Hochschule Osnabrück
Caprivistrasse 30a, 49076 Osnabrück
f.bensberg@hs-osnabrueck.de

Prof. Dr. Gunnar Auth
Hochschule für Telekommunikation Leipzig
Gustav-Freytag-Str. 43-45, 04277 Leipzig
auth@hft-leipzig.de

Prof. Dr. Christian Czarnecki
Hochschule für Telekommunikation Leipzig
Gustav-Freytag-Str. 43-45, 04277 Leipzig
czarnecki@hft-leipzig.de

Digital Twin-Konzeption in der Automobilindustrie: Einsatzpotenziale der Blockchain-Technologie

Dominik T. Heber
University of Twente,
Daimler AG
Dominik.Heber@Daimler.com

Florian Michelbach
Daimler AG
Florian.Michelbach@Daimler.com

Frank S. Morelli
Hochschule Pforzheim
Frank.Morelli@HS-
Pforzheim.de

Marco W. Groll
University of Twente,
Daimler AG
M.W.Groll@UTwente.nl

ABSTRACT

Digital Twins stehen stellvertretend für innovative IT-Konzepte, die gegenwärtig im Sinne der digitalen Transformation Branchen wie den Automobilbau revolutionieren. Ihr jeweiliges Ziel liegt in der vollständigen Abbildung aller relevanten Charakteristika eines Produkts und damit in einem verbesserten Produktdatenmanagement (PDM). Aus dynamischer Perspektive sind beim Management des Produktlebenszyklus (PLM) verschiedene Phasen zu differenzieren. Bereits bei der Elektrik/Elektronik (E/E)-Entwicklung im Fahrzeugbau muss eine Vielzahl an Informationen zwischen unterschiedlichen (internen und externen) Parteien ausgetauscht und dokumentiert werden. Im Mittelpunkt dieses Artikels steht die Frage, ob die Blockchain-Technologie sich eignet, zugehörige Aktivitäten effizient zu unterstützen bzw. einen Mehrwert gegenüber den klassischen Vorgehensweisen im PDM/PLM zu bieten. Die Evaluierung basiert auf einer qualitativ-methodischen Herangehensweise.

SCHLÜSSELWÖRTER

Digital Twin, Blockchain, PDM/PLM, Automotive

PROBLEMSTELLUNG

Aktuell befindet sich die Automobilbranche im tiefgreifenden Wandel. Dieser ist teilweise verursacht durch die Erwartungshaltung von Kunden, dass sie mithilfe ihres Smartphones ihr Fahrzeug öffnen und durch den Abruf zugehöriger Daten auch kontrollieren können. Des Weiteren sieht man, ebenfalls von Kunden initiiert, besonders in Großstädten den Trend weg vom Kauf eines eigenen Fahrzeugs hin zum Carsharing als weiteren Pull-Faktor aus Sicht der Automobilbranche. Dem stehen die Push-Faktoren der Automobilhersteller gegenüber: Beispielhaft ist hier das autonome Fahren mit all seinen Assistenzsystemen zu erwähnen. Die meisten großen Original Equipment Manufacturers (OEMs) verfolgen eine Strategie hin zum autonomen Fahren, da die Technik hierzu reifer wird und dies neue Geschäftsfelder, wie z.B. Robotertaxis, erschließt. Die Umsetzung des (teilweise) elektrischen Fahrens beruht einerseits auf effizienterer Batterie- und Antriebstechnologie, andererseits auf gesetzlichen Anforderungen.

Die Kombination aus Push- und Pull-Faktoren führt zu neuen technologischen Lösungen innerhalb eines Automobils im Umfeld der Elektrik/Elektronik (E/E), d.h. Aktorik, Sensorik, Steuergeräten und Software, um den neuen Anforderungen gerecht zu werden. Diese E/E-Lösungen müssen im Auto verbaut werden und erhöhen dabei die Komplexität der E/E-Architektur des Fahrzeugs. Da mehr und mehr Funktionalitäten softwarebasiert umgesetzt werden und Software sich leichter ändern lässt, steigen sowohl die Volatilität als auch die Gesamtvarianz des Aufbaus eines Fahrzeugs immens (Trippner et al. 2015). So hat z.B. ein F-35 Kampfflugzeug 9 Millionen Zeilen Code, wohingegen ein modernes Fahrzeug 100 Millionen Zeilen Code besitzt

(Halvorson 2016). Die Verfünfachung der Bussysteme in einer Mercedes S-Klasse zwischen den Jahren 1995 und 2013 sowie eine mehr als Verdopplung der Steuergeräteanzahl verdeutlichen die gestiegene Bedeutung aber auch Komplexität der E/E. Dass diese Komplexität in der E/E-Architektur, speziell mit Bezug zur Software, noch nicht durchgängig beherrscht wird, zeigt eine Statistik aus den USA: Hier wird über eine ca. 700% Zunahme von Fahrzeugrückrufen mit Softwarebezug und eine Zunahme von ca. 500% der betroffenen Fahrzeuge zwischen den Jahren 2011 bzw. 2012 und 2015 berichtet (Dobrian 2016). Auch das Kraftfahrt-Bundesamt verzeichnet eine Zunahme um 67% der Rückrufe von 2009 bis 2014 (KBA 2015). Um zukünftig Fahrzeugsoftware automatisiert und im Feld aktualisieren zu können, bedarf es der Kenntnis eines zu jedem Zeitpunkt des Lebenszyklus aktuellen Aufbaus eines Fahrzeuges, d.h. welche Hard- und Software in welcher Version aktuell im Fahrzeug vorhanden ist. Boschert und Rosen (2016) beleuchten zudem die Notwendigkeit, dass man auch Gesamtfahrzeugsysteme jederzeit (neu-)simulieren können muss, um Optimierungsbedarfe abzuleiten. Sowohl zur Kenntnis des Aufbaus eines Fahrzeuges als auch zur Simulationsunterstützung über den Lebenszyklus hinweg eignet sich aus Sicht der Autoren der Einsatz eines Digital Twins. Das zugehörige Konzept wird im Folgenden näher vorgestellt.

Die gestiegene Komplexität der E/E-Architektur muss von der Entwicklung an bis hin zum After Sales in den IT-Systemen der Automobilhersteller adressiert und verwaltet werden. Entsprechend gibt es dort eine Vielzahl an domänenspezifischen Autoren- und Verwaltungswerkzeuge sowie -datenbanken. Im Fall von BMW sind es z.B. ca. 1000 Autorenwerkzeuge, ca. 40 Team Data Management (TDM) Systeme und ca. 10 Produktdatenmanagementsysteme (PDM) allein in der Produktentwicklung (Trippner et al. 2015). Diese IT-

Landschaft ist häufig von großer Heterogenität in Datenmodellen, Schnittstellen, Prozessen und Organisationseinheiten geprägt (Trippner et al. 2015). Dies schränkt die Nachvollziehbarkeit einzelner Informationsartefakte sowohl in der Entwicklung als auch über den gesamten Lebenszyklus hinweg oft stark ein.

Erschwerend kommt hinzu, dass die internationale Verflechtung der OEMs mit ihren Lieferanten und Entwicklungsdienstleistern stark zugenommen hat. Somit besteht ein erhöhter Abstimmungsbedarf besonders im Entwicklungsnetzwerk (Katzenbach 2015). Hierbei haben wiederum verschiedene Entwicklungspartner unterschiedliche, domänenspezifische Werkzeuge mit uneinheitlichen Datentypen und -schnittstellen, sodass Änderungen an Entwicklungsartefakten über verschiedene Systeme hinweg proklamiert und umgesetzt werden müssen (Katzenbach 2015).

Der vorliegende Artikel basiert auf verschiedenen Vorarbeiten: Groll und Heber (2016) zeigen einen konzeptionellen Ansatz zur Verlinkung von Metadaten mit Fokus auf Model-based Systems Engineering (MBSE) und PDM anhand eines übergreifenden PLM-Backbones. Heber und Groll (2017) motivieren die Verknüpfung von Metadaten des MBSE mit dem PDM mithilfe der Blockchain mit der Vision hiermit einen Beitrag zur Durchgängigkeit für einen Digital Twin zu

leisten. Heber und Groll (2018) fokussieren wiederum auf ein zugrundeliegendes Datenmodell für die Verknüpfung des MBSE und PDM und beleuchten, welche Metadaten für den Austausch relevant sind, ohne Betrachtung des Digital Twins. Abbildung 1 (Heber und Groll 2018) weist exemplarisch die heterogene IT-Landschaft einzelner Domänen entlang des Lebenszyklus und des V-Modells der Produktentwicklung im Zusammenspiel zwischen OEMs und Entwicklungspartnern aus.

Ziel der vorliegenden konzeptionell-explorativen Arbeit ist es,

1. zentrale Eigenschaften für die Nachvollziehbarkeit von Informationsartefakten innerhalb der verteilten automobilen E/E-Entwicklung in deren aktuellen IT-Landschaft zu identifizieren und zu validieren (Status Quo).
2. relevante Kriterien aus Produktdaten- und Product Lifecycle Management-Sicht und spezifisch für einen Digital Twin sowohl zu ermitteln als auch zu überprüfen.
3. die Blockchain Technologie anhand o.g. Kriterien als Lösungstechnologie für eine bessere Nachvollziehbarkeit zu evaluieren.
4. ein Intended Support Model (vgl. Blessing und Chakrabarti 2009) als Vergleich der Erfüllungsgrade o.g. Kriterien im Status Quo und mithilfe der Blockchain Technologie zu erstellen.

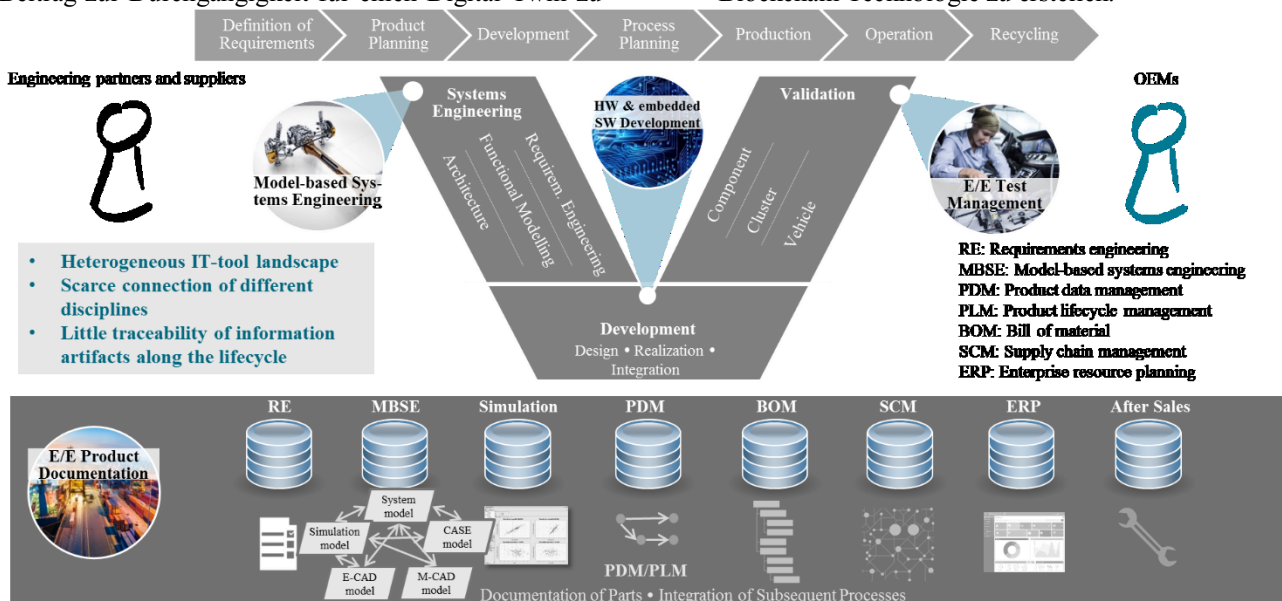


Abbildung 1: Problemraum - aktuelle Entwicklungssituation in Entwicklungskooperationen gem. des V-Modells mit einer heterogenen IT-Landschaft, organisationalen Brüchen und Brüchen der Werkzeugketten zwischen einzelnen Disziplinen und daraus resultierender geringer Nachvollziehbarkeit von Informationsartefakten über den Lebenszyklus hinweg (Heber und Groll 2018).

PRODUKTDATENMANAGEMENT IM WANDEL Produktdatenmanagement und Product Lifecycle Management

Der technologische und organisationale Wandel hatte bereits in der Vergangenheit Auswirkungen auf die zugrundeliegende IT-Landschaft innerhalb der Automobilbranche. Bereits Mitte der 1980er Jahre waren die ersten PDM-Systeme dort verfügbar. Damals lag der

Fokus vermehrt auf dem Dokumentenmanagement in Computer Aided Design (CAD) und Enterprise Resource Planning (ERP) Systemen. Der typische Einsatzbereich des PDM war allerdings beschränkt auf abteilungsspezifische Entwicklungs- und Konstruktionstätigkeiten: PDM beschrieb das Management des Produkt- und Prozessmodells mit der Zielsetzung, eindeutige und reproduzierbare

Produktkonfigurationen zu entwickeln (Eigner und Stelzer 2009, S. 34). Wichtige Grundfunktionen eines PDM-Systems sind demnach die Verwaltung bestehender Stamm- und Strukturdaten, die in Projekten neu generierten zugehörigen Informationen sowie ein Workflow-Management für Versionierungen, ein Freigabe- und Änderungsmanagement, Archivierung und die Integration anderer Systeme mithilfe von Schnittstellen (Eigner und Stelzer 2009).

Die stringente Implementierung eines durchgängigen Produkt- und Prozessmanagements repräsentiert das Konfigurationsmanagement. Hierbei sind alle Aktivitäten darauf ausgerichtet, dass der Aufbauzustand zu jedem Zeitpunkt des Lebenslaufs eines Produktes bekannt ist sowie die Historie bzw. welche Maßnahmen hierzu führten. Eine Identifikation des aktuellen Aufbauzustandes ist anhand der sog. Gültigkeit möglich: Diese kann über ein Datum, einen Änderungsindex oder eine Seriennummer abgebildet werden (Eigner und Stelzer 2009). Gem. Stark (2016) ist das PDM auch heute noch häufiger in der Produktplanung und Entwicklung anzutreffen (vgl. Abbildung 1).

Das Product Lifecycle Management (PLM) entstand aufgrund rechtlicher Anforderungen an die Nachvollziehbarkeit der Produktänderungen. Allen zugehörigen Definitionen inhärent sind der breitere Einsatz des PLM im Vergleich zum PDM und die höhere Integrationstiefe über den gesamten Produktlebenszyklus hinweg mit Anbindung an ein ERP-System (Eigner und Stelzer 2009).

PLM-Systeme ermöglichen ein übergreifendes PDM in Form eines durchgängigen Konfigurationsmanagements von disziplinübergreifenden Metadaten (Groll und Heber 2016). Sie erweisen sich dadurch als Bindeglied bzw. PLM Backbone zwischen den Autoren- und TDM-Systemen einerseits sowie der ERP Software andererseits.

In einem vierstufigen Architekturkonzept sind auf der untersten Ebene die Autorenwerkzeuge angesiedelt. Die häufig dort aufzufindenden nativen Datenformate werden im TDM verwaltet. Durch die Trennung von Produktlinien, organisatorischen Einheiten und Disziplinen reduziert sich die Gesamtkomplexität (Eigner und Stelzer 2009). Es bestehen verschiedene Ansätze, wo die Konstruktionsstückliste und die Fertigungsstückliste zu lokalisieren sind und welche Funktionen demnach das PLM und das ERP übernehmen sollen (Eigner et al. 2014, Eigner und Stelzer 2009).

Wichtig für die Entwicklungsphase ist, dass das PLM Backbone eine integrative Aufgabe einnimmt. Diese sollte vom Anforderungsmanagement über Model-based Systems Engineering (MBSE), mechanisches und elektronisches CAD (M- bzw. E-CAD), Computer Aided Software Engineering (CASE) bis hin zu Verifikation und Test reichen (Eigner et al. 2014). Diese vollumfängliche Integration von disziplinübergreifenden Metadaten in einem PLM Backbone ist in der Praxis bisher allerdings nicht oder nur teilweise gegeben. Dies gilt besonders für die spezifische Nachvollziehbarkeit von Informationsartefakten auf Einzelfahrzeugebene.

Aufgrund der hohen Volatilität der Software existiert z.B. im After Sales Bereich eine Vielzahl an unterschiedlichen Aufbauzuständen. So lässt sich u.a. Software ad hoc nachladen („Flashing over the Air“ (FOTA)), um Kunden Individualisierungsmöglichkeiten am Fahrzeug zu bieten oder um Fehler zu beheben. Dies erhöht die Varianz der zu handhabenden Fahrzeugkonfigurationen.

Ziel ist es, eine fehlerfreie Funktionalität des Fahrzeugs zu gewährleisten. Hierzu muss zu jedem Zeitpunkt bekannt sein, in welchem Aufbauzustand, bzw. in welcher Konfiguration sich ein Fahrzeug befindet. Nur dadurch lässt sich ein korrektes, kompatibles Aufspielen von Software gewährleisten. Hierbei müssen Parameter wie die Performanz eines Steuergeräts, z.B. CPU-Leistung, Speicherplatz und RAM, sowie die Interaktionen im System via Kommunikationsbusse bekannt sein und ggf. neu simuliert werden.

Digital Twin

Unter einem Digital Twin versteht man allgemein die umfassende physikalische und funktionale Beschreibung einer Komponente, eines Produkts oder Systems, das als physische Instanz vorliegt und ein digitales Abbild („Zwilling“) in IT-Backbone-Systemen hat. Darin enthalten sind alle relevanten Informationen, die für aktuelle oder zukünftige Lebenszyklusphasen nützlich sein könnten (Boschert und Rosen 2016). Das Konzept des Digital Twins (digitalen Zwillings) wird nachfolgend als ein Repräsentationssonderfall des PDM/PLM betrachtet.

Boschert und Rosen (2016) unterscheiden zwischen dem *Digital Thread* und dem *Digital Twin*: Der Digital Thread hat seinen Schwerpunkt in der Datenakquisitionsphase, also der Entwicklung, als „roter Faden“ an Entwicklungsartefakten mithilfe technischer Konzepte. Der Digital Twin hingegen fokussiert auf den After Sales und unterstützt diese Phase mit Bereitstellung bereits vorhandener Simulationsmodelle (Boschert und Rosen 2016). Für Simulationszwecke sollte der Digital Twin vorab als eigene Struktur definiert werden und benötigt eine eigene Architektur. Ferner sind Daten, die in der Entwicklung und im After Sales anfallen zu integrieren. Zielsetzung ist es, das Systemverhalten besser zu verstehen und Leistungsbewertungen vornehmen zu können. Qualitätsüberlegungen sollen aus der Entwicklungs- direkt in die Operationsphase einfließen. Der Digital Twin stellt hierzu Schnittstellen für verschiedene Modelle und Daten in unterschiedlicher Granularität zur Verfügung und hält diese konsistent (Boschert und Rosen 2016). So würde man sich die Neudefinition von Simulationsmodellen für den After Sales ersparen, da aufgrund der heterogenen IT-Landschaft oft Simulationsmodelle aus der Entwicklung nicht im After Sales verfügbar sind (vgl. Abbildung 1). Bitzer et al. (2017) beschreiben den Digital Twin als digitalisiertes Abbild eines physisch existenten Produkts, das als administrative Hülle dient, um Felddaten zu erfassen oder Firmware zu aktualisieren. Aus einem sog. 150%-Modell im PLM, das Modell aller möglichen

Konfigurationsvarianten eines Produkts, wird bei der Produktion ein 100%-Modell abgeleitet. Dies lässt sich wiederum als Grundlage für das Abbild einer physischen Instanz verwenden.

Grievess und Vickers (2017) unterscheiden zwischen einem prototypischen Digital Twin, welcher alle Informationen (z.B. CAD-Modell oder Stückliste) enthält, um aus dieser virtuellen Version ein physisches Abbild zu erstellen. Zum anderen wird eine konkrete virtuelle Instanz des physisch bereits existierenden Produkts als Digital Twin beschrieben, wobei Sensordaten und Änderungen am Produkt im After Sales eine große Rolle spielen.

Das Konzept des Digital Twin wird in dieser Ausarbeitung erweitert: In Abbildung 2 befinden sich unten die einzelnen domänenspezifischen IT-Systeme über den Lebenszyklus hinweg. Die Metadaten-schicht ist vergleichbar mit dem PLM Backbone und hält ausschließlich lebenszyklus-, konfigurationsrelevante und nicht alle domänenspezifischen Daten vor. Hierbei wird ausschließlich der *Dokumentationszwilling* abgelegt. Dieser soll nur die notwendigen Metadaten eines jeweiligen Fahrzeugs verwalten, selbige aber über den ganzen Lebenszyklus allen Domänen zur Verfügung stellen. Primäre Zielsetzung dabei ist es, eine durchgängige Nachvollziehbarkeit für ein Produkt in allen Phasen zu gewährleisten. Hierbei muss unterschieden werden, in welcher Lebenszyklusphase sich das Fahrzeug befindet:

- Von der Anforderungsdefinition bis hin zum Produktionsbeginn werden nur sog. 150%-Modelle einer Fahrzeugbaureihenausführungsart entwickelt, d.h. alle möglichen Varianten (z.B. USA- oder China-Variante) einer Baureihe Cabrios (Ausführungsart). Dies wird hier als „Baureihen/Ausführungsart (BR/AA)“-Digital Twin bezeichnet.

- Ab Produktionsbeginn erfolgt die Ableitung einer digitalen Repräsentation der konkreten, physisch vorhandenen Fahrzeugvariante vom BR/AA-Digital Twin. Aus der zugehörigen Verknüpfung ergibt sich der 1:1 Digital Twin.

Ein durchgängiges, monolithisches Modell bzw. Konstrukt mit sämtlichen relevanten Daten umzusetzen, erweist sich aus Sicht der Autoren nicht als sinnvoll. Bereits heute existieren digitale Zwillinge in Form von disziplinspezifischen, anwendungsfallbasierten Simulationsmodellen und Datenaggregationen in einzelnen Lebenszyklusphasen. Entsprechend wird als Ansatz empfohlen, die bereits bestehenden digitalen Repräsentationen miteinander über den gesamten Lebenszyklus zu verknüpfen, zunächst in Form eines BR/AA-Digital Twins und später mithilfe eines 1:1 Digital Twins (vgl. Abbildung 2).

Aktuell gibt es bereits Ansätze für eine funktionale Beschreibung von Fahrzeugen mittels Simulationsmodellen des MBSE (FPT: Functional Prototype). Da es sich bei Leitungssätzen in Fahrzeugen meist um Unikate handelt, wird momentan an einem zugehörigen Digital Twin (Harness Twin) geforscht. Zur Kostenersparnis gibt es in der Entwicklung bereits seit längerer Zeit digitale Prototypen und geometrische Abbilder eines Fahrzeugs zur Produktionsplanung (Digital Prototype, Geometric Twin). Virtuelle Realitätszwillinge werden zur Produktveranschaulichung genutzt (VR Twin). Das FOTA befindet sich noch in den Anfängen und stellt bedeutende Anforderungen an einen Digital Twin (FOTA Twin). Der Einsatz von Sensordaten aus dem After Sales zur Optimierung von Systemen, Leistung und Qualität repräsentiert ein großes Nutzenpotenzial (Boschert und Rosen 2016).

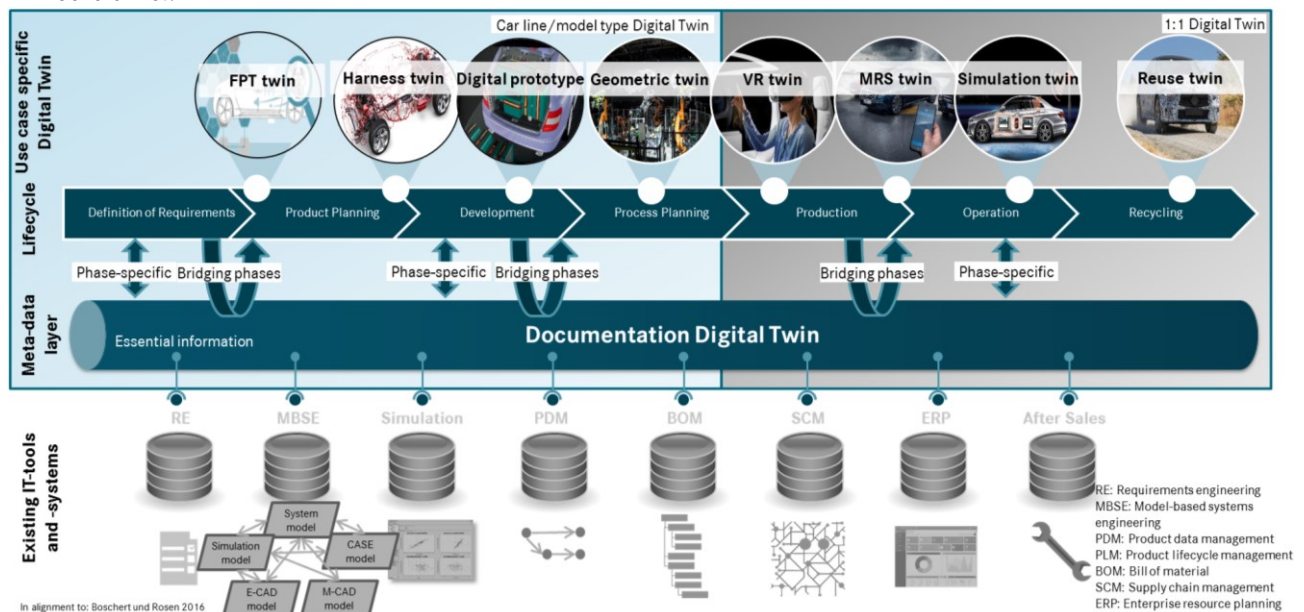


Abbildung 2: Digital Twin - der Dokumentationszwilling eines Fahrzeugs überbrückt heterogene IT-Systeme anhand Metadatenverwaltung und ermöglicht somit die Verknüpfung anwendungsfallspezifischer Digital Twins (in Anlehnung an Boschert und Rosen (2016)).

Am Lebenszyklusende lässt sich ein Digital Twin zur Wiederverwendung (Reuse Twin) einsetzen. Dieser lässt z.B. Rückschlüsse auf ein verbessertes Recycling aber auch auf einen Optimierungsbedarf für neue Baureihen zu. Die phasen- und anwendungsfallspezifischen Digital Twins lassen sich anhand des Dokumentationszwillings miteinander verknüpfen, der die Nachvollziehbarkeit in der internen IT-Landschaft gewährleistet. Der After Sales Bereich kann so z.B. im Falle des FOTA auf bereits vorhandene Simulationsmodelle der Steuergeräte, Systeme und E/E-Architektur aus der Entwicklung zurückgreifen. Da der Lifecycle-übergreifende Dokumentationszwillings in der Automobilbranche noch nicht existiert, werden im Weiteren spezielle, Digital Twin-spezifische Kriterien des PDM/PLMs im Hinblick auf ihre Nachvollziehbarkeit analysiert.

BLOCKCHAIN ALS UNTERSUCHUNGSGEGENSTAND

Typische Blockchain-Anwendungsgebiete

Im Jahr 2008 veröffentlichte eine Person bzw. eine Gruppe unter dem Pseudonym *Satoshi Nakamoto* ein White Paper über Bitcoin, ein Peer-to-Peer elektronisches Bezahlsystem (Nakamoto 2008). Kurze Zeit später wurde der Code für die erste sogenannte Bitcoin-Blockchain geliefert. Die Namensgebung rührt daher, dass Transaktionen zu Blöcken zusammengefasst und diese eindeutig nachweisbar anhand von Hashwerten zu einer fortlaufenden Kette verknüpft werden.

Ursprüngliches Ziel von Bitcoin war es, ineffiziente Banken, die als Intermediäre für Finanztransaktionen fungieren, abzuschaffen. Dieser Entwicklung folgend wurden viele weitere Kryptowährungen (z.B. Ethereum, Ripple und Bitcoin Cash) initiiert, die teils auf der Blockchain-Technologie basieren, deren Limitationen teils abbildern oder neue technologische Ansätze verfolgen. Entsprechende Technologien finden zwischenzeitlich auch außerhalb des Finanzbereichs Anwendung.

Typisch sind Fälle, bei denen eine Disintermediation zur Effizienzsteigerung und zur direkten Verknüpfung von Transaktionsteilnehmern stattfindet. Auch das Internet of Things (IoT) weist Blockchain-Anwendungsfälle in der Maschine-zu-Maschine-Kommunikation auf (Bashir 2018). Ferner stehen Szenarien, in denen ein „Kassenbuch“ erforderlich ist, im Fokus. Beispielhaft sei das Grundbuch eines Notars genannt. Metadaten über Produkte mit einer Herkunftsgeschichte können ebenso auf der Blockchain abgelegt und zur Nachvollziehbarkeit genutzt werden. Im Rahmen der dezentralen Identifikationsverwaltung existiert z.B. ein prototypisches Dokumentenmanagement-System für Schiffscontainer auf Basis der Blockchain. Ferner lassen sich Smart Contracts, d.h. kleine, eigenständig ausführbare *if-then*-Beziehungen, direkt auf der Blockchain ausführen oder mit ihr assoziieren. Ihnen ist eine hohe Bedeutung zuzuschreiben, da man hierdurch Transaktionen zu automatisieren vermag (Morabito 2017). So könnte bspw. ein Leasingfahrzeug nicht mehr anspringen (= *then*), falls die Leasingrate nicht via Smart

Contract registriert und auf der Blockchain abgelegt wurde (= *if*).

Blockchain-Charakteristika

Der Blockchain-Technologie wird bei bestimmten Anwendungsfällen eine disruptive Auswirkung vorausgesagt. Die meisten Eigenschaften beruhen jedoch auf bereits zuvor erfundenen und genutzten Technologien oder Methoden (Narayanan und Clark 2017): So gab es u. a. bereits das Merkle-Tree-Verfahren zur verkürzten Hashwertbildung (Irreversibilität), den Proof-of-Work als Vorschlag für Anti-Spam-Lösungen (Konsens- und Antibetrugsmechanismus) sowie Public-Private-Key-Verfahren (Anonymität). Der besondere Wert der Blockchain-Technologie besteht in der spezifischen Zusammenfügung der zugrundeliegenden Komponenten (Narayanan und Clark 2017). Nachfolgend sollen die drei wichtigsten Eigenschaften, Dezentralität, Öffentlichkeit und Irreversibilität, erläutert werden:

- **Dezentralität:** Zentrale Datenbanken sind beim Zugriff mehrerer Partner lediglich dann vorteilhaft, wenn man der Partei, welche die Datenhoheit besitzt, vertraut. Fällt diese allerdings aus, kann kein User mehr auf die Daten zugreifen. Ferner ist die vertikale Skalierbarkeit bei einer zentralen Datenbank nicht gegeben und entsprechend Grenzen des Leistungsausbaus gesetzt (Schicker 2017). Beim dezentralen Peer-to-Peer-Netzwerk werden alle Daten redundant von allen Netzwerkteilnehmern (Peers) vorgehalten. Dies schützt vor Manipulation im Falle mangelnden Vertrauens. Ferner müssen Transaktionen nicht von einer Drittpartei bestätigt werden (Bashir 2018). Diese Validierung geschieht vielmehr anhand eines Konsensmechanismus. Beispielsweise wird beim Proof-of-Work im Bitcoin-Fall mit Hilfe leistungsstarker Computer („Miner“) ein passender Hashwert gesucht. Die Eigenschaft der Dezentralität erweist sich dort als sinnvoll, wo viele Entwicklungspartner ad hoc zusammenarbeiten wollen. So könnte bspw. ein kleines Start-up Software zu einem Steuergerät beisteuern und dem Blockchain-Entwicklungsnetzwerk beitreten. Es sähe dann den aktuellen Entwicklungsstand, ohne dass Zugriffe auf bestehende IT-Backbone-Systeme gewährt werden müssen. Ebenso ist ein Szenario mit gleichwertigen Entwicklungspartnern denkbar, die sich gegenseitig keinen Zugriff auf ihre IT-Systeme geben. In diesem Fall ließe sich die Blockchain dann als dokumentarische Verknüpfung proprietärer IT-Systeme nutzen. Der immanente Konsensmechanismus der Blockchain-Technologie, welcher sich unterschiedlich ausgestalten lässt (vgl. Morabito 2017, Bashir 2018), könnte im Entwicklungsbereich einen generischen bis hin zu einem automatisierten Freigabeprozess abbilden, in dem alle Peers über freigegebene Stände informiert werden.

- *Öffentlichkeit*: Ein Nachrichtenaustausch zwischen zwei Peers enthält Informationen über die öffentliche Empfänger-Adresse, den Wert der Transaktion und die Signatur des öffentlichen Schlüssels des Senders, um die Echtheit und Gültigkeit zu bestätigen (Morabito 2017). Entsprechende Transaktionen werden im gesamten Netzwerk anhand eines Flooding-Protokolls („Gossip“-Protokolls) verteilt und sind somit für alle Peers sichtbar. Es erfolgt eine Validierung und anschließende Zusammenfassung der Transaktionen in Blöcken, die wiederum nach dem Proof-of-Work im Netzwerk verteilt werden (Bashir 2018). Hierdurch lässt sich die komplette Transaktionshistorie von Beginn an einsehen und nachvollziehen. Dies schafft Transparenz und macht einen Intermediär obsolet. Anonymität bzw. Pseudonymität ist in diesem Kontext allerdings nicht mehr vollständig gegeben, da die öffentlichen Schlüssel bekannt sind: Mittlerweile existieren Techniken (Transaktions-, Adress- und Entitätengrafen), die selbst bei je Transaktion wechselnden Identitäten (Schlüsselpaare) Rückschlüsse auf den Ursprung zulassen (Bashir 2018). Diese Transparenz macht in der Automobilentwicklung nur beschränkt Sinn, da nicht jeder Wettbewerber vertrauliche Entwicklungsdaten sehen darf. Dennoch kann ein restringierter Zugriff auf Entwicklungsdaten durch die an der Entwicklung beteiligten Partner einen Mehrwert generieren. So lassen sich z.B. Entwicklungsänderungen für alle ad hoc sichtbar machen (Heber und Groll 2017). Hierbei ist zu unterscheiden, ob es sich um eine komplett öffentliche Blockchain im klassischen Sinne handelt oder um eine Konsortial-Blockchain, wobei man den Zutritt verwalten kann. So bietet z.B. Hyperledger Fabric als Konsortial-Blockchain die Möglichkeit sog. „Channels“ zu bilden, zu denen einzeln Zugriff gewährt werden kann, sodass Daten nicht komplett öffentlich sind.
- *Irreversibilität*: Diese Eigenschaft trägt ebenso zur Transparenz und zur Vertrauensbildung bei. Als Technologie liegt das Merkle-Tree-Verfahren zur Generierung von Zeitstempeln zugrunde, das bereits in den 90er Jahren wissenschaftlich untersucht wurde. Jeder Block in der Blockchain enthält mehrere Transaktionen, Metadaten und den Hashwert des Vorgängerblocks. Über die Gesamtdaten des Blocks wird erneut ein Hashwert gebildet, der wiederum als Eingabe für den nächsten Block dient. Der Vorteil solcher verknüpfter, zeitgestempelter Informationsartefakte ist, dass die Änderung eines jeglichen Artefakts eine Neuberechnung aller darauffolgenden Artefakte oder Blöcke und der darin enthaltenen Transaktionen nach sich ziehen würde, damit eine Änderung nicht auffällt (Narayanan und Clark 2017). Einfache Hashwerte sind zwar relativ leicht zu berechnen, jedoch steht im Blockchain-Fall die

dezentrale Verteilung der Transaktionshistorie dieser Manipulation entgegen: Ändert lediglich ein Peer die Transaktionshistorie, dann haben trotzdem alle anderen Parteien noch die unveränderte Historie bei sich abgelegt. Ohne Mehrheitskonsens lassen sich keine Änderungen vornehmen. Der Schwierigkeitsgrad des Mining-Rätsels, d.h. die Länge des zu errechnenden Hashwertes, wird variabel an die im Netzwerk vorhandene Rechenleistung angepasst. Hiermit lässt sich gewährleisten, dass nur ca. alle zehn Minuten ein neuer Block kreiert werden kann. Dies fungiert als technologische Hürde, damit man mit mehr Rechenleistung nicht das gesamte Netzwerk kompromittieren kann. Theoretisch wäre es zwar möglich, mit Hilfe hoher Rechenleistung Blöcke neu zu berechnen und somit Transaktionen zu fälschen oder zu doppeln. Da in diesem Fall aber das Vertrauen der Partner in die Blockchain verloren ginge, wäre die Manipulation wertlos. Entsprechend besteht für alle beteiligten Peers der Anreiz nicht zu betrügen, womit die Integrität des Netzwerks gewahrt bleibt (Bashir 2018). Auch beim unbeabsichtigten Vorliegen verschiedener aktueller Stände der Blockchain, sog. Forks, gibt es entsprechende Vorkehrungen. Dies tritt z.B. beim (fast) gleichzeitigen Veröffentlichen neuer Blöcke oder aufgrund von Netzwerklatenz auf. Die Transparenz und Integrität ist hierbei nicht gefährdet, da Transaktionen aus dem Block, der sich in der „absterbenden“ Verzweigung befindet, nicht verloren gehen. Die zugehörige Berechnung wird vielmehr für den nachfolgenden Block wiederverwendet. Diese Verzweigung „lebt“ weiter und an diese wird wiederum ein neuer Block angehängt. Entsprechend lässt sich dieser von den meisten Peers anhand eines vordefinierten Regelsatzes bestätigen (Bashir 2018). Somit ist Irreversibilität zu jedem Zeitpunkt gegeben. Die Eigenschaft der Irreversibilität ist dort relevant, wo man aus rechtlichen, vertraglichen oder dokumentarischen Gründen eine Rückverfolgbarkeit benötigt. Im vorliegenden Betrachtungsspektrum wäre z.B. die irreversible Entwicklungshistorie eines Steuergeräts von rechtlichem Interesse, da manche Gesetzgebung dies für die Produkthaftung vorsieht. Zudem lässt sich durch eine nicht korrumpierbare Dokumentation vertragliche Sicherheit schaffen. Wie in Abbildung 2 dargestellt, bietet die Irreversibilität auch dokumentarische Anreize hinsichtlich Durchgängigkeit und Nachvollziehbarkeit in einer heterogenen IT-Landschaft bei jedem einzelnen Peer. Für die Entwicklungshistorie könnte die Blockchain beispielsweise im jeweiligen PLM-Backbone einen zugehörigen Beitrag zum Digital Twin leisten.

DESKRIPTIVE ANALYSE

Methodik

Für eine flexible, transparente und verknüpfte Produktdokumentation müssen Informationen so aktuell wie möglich kontextspezifisch an der Stelle zur Verfügung stehen, an der sie benötigt werden. Im vorliegenden Anwendungsfall sollen Auswirkungen auf die Durchgängigkeit der Dokumentation, insbesondere in der EE-Produktentwicklung, mit Hilfe eines qualitativen Rahmens operationalisierbar und bewertbar gemacht werden.

Als Voraussetzung ist zu klären, aus welchen wesentlichen Bestandteilen sich die Durchgängigkeit zusammensetzt und welche Einflüsse im Kontext der Entwicklung komplexer Produkte existieren. Das Ergebnis der zugehörigen Untersuchung basiert auf einer Analyse der einschlägigen Literatur zum PDM und zu PLM-Konzepten mit Schwerpunkt auf der Automobilindustrie und auf Branchen mit ähnlich komplexen Produkten. Zu den verwendeten Literaturdatenbanken zählen Springer und IEEE Xplore. Zugrunde gelegt sind ferner ausschließlich wissenschaftliche Artikel (Journals, Monographien und Sammelbände), deren Veröffentlichung im Jahr 2008 oder später erfolgt ist.

Für die Recherche wurden vorab Suchbegriffe festgelegt und im nachfolgenden Schritt gefundene Titel, Abstracts und Schlüsselwörter auf weitere verwertbare Quellen hin untersucht. Dabei fanden die Methodiken der Backward-/Forward-Induction Anwendung:

- In der Backward-Induction wird die zitierte Literatur innerhalb eines untersuchten Dokuments auf ihre Verwertbarkeit hin untersucht.
- Bei der Forward-Induction analysiert man, in welchen Quellen das gefundene Dokument zitiert wird.

Mit dieser Vorgehensweise sind insgesamt 44 Literaturquellen ermittelt worden. Im nächsten Schritt erfolgte eine Suche nach Textpassagen, die den Datenaustausch oder die Datenbereitstellung zwischen verschiedenen PDM-Systemen und/oder zwischen verschiedenen Parteien über den Produktlebenszyklus hinweg thematisieren. Gearbeitet wurde u.a. mit Schlüsselwörtern wie „Kollaboration“, „Zulieferer“, „Schnittstellen“ oder „Performance“.

Als relevante Ergebniskategorien für die Beeinflussung der Durchgängigkeit sind technische, organisatorische und datenbezogene Gruppen gebildet worden. Auf der Ebene der Einzelkriterien wurde erfasst, wie oft ein einmal identifizierter Aspekt auch in anderen Quellen auffindbar war. Insgesamt sind 66 vorläufige Kriterien identifiziert worden. Zur Ausgestaltung eines finalen Sets an Kriterien wurde mit Hilfe einer Evaluierung die Anzahl reduziert. Grund für die Streichungen war, dass einige der Kriterien Überschneidungen mit anderen hatten bzw. redundant waren. Ein zu hoher Abstraktionsgrad bzw. fehlende Operationalisierbarkeit führten ebenfalls zum Ausschluss. Bei manchen Kriterien war die Wirkungsrichtung auf das Untersuchungsziel einer höheren Durchgängigkeit nicht

klar identifizierbar. Die für das nachfolgende Scoring/Benchmarking verbliebenen Kriterien wurden nach drei Teilfaktoren evaluiert:

- Teilfaktor I bewertet das betrachtete Kriterium danach, in welchem Kontext es identifiziert werden kann und nimmt eine Zuordnung zu Kategorien vor. Beispielsweise werden mit Kategorie A1 Kriterien bewertet, die in einem praxisnahen oder sogar automobilspezifischen Kontext in Bezug auf ein PLM-System aufgeführt sind. Bei A2 liefert die Quelle, in der sich das Kriterium befindet, verwertbare Aussagen in einem nicht automobilspezifischen Kontext. Die Einstufung A3 steht für Kriterien, innerhalb deren Kontext Sollzustände innerhalb eines PLM-Konzepts beschrieben werden. Entsprechend diesen Kategorien wurden Punktwerte von zehn, fünf oder eins zugeteilt.
- Teilfaktor II berücksichtigt die Kriterien anhand der Aktualität der Quelle, in der sie aufgefunden wurden. Die neuesten Quellen aus dem Jahr 2017 wurden mit der höchsten Punktezahl (zehn) bewertet. Danach wurde in absteigender Folge für jedes Jahr ein Punkt weniger vergeben, sodass der älteste berücksichtigte Jahrgang 2008 den geringsten Punktwert (eins) ergab.
- Teilfaktor III gewichtet die Häufigkeit, mit der ein Kriterium in den einzelnen Literaturquellen aufgefunden wurde. Hierzu wurden die jeweiligen Punktwerte aus den Teilfaktoren I und II mit der Häufigkeit der jeweiligen Kriterien in den Literaturquellen multipliziert. Aus den drei Teilfaktoren ergibt sich die in Abbildung 3 dargestellte Formel. Die erste Klammer innerhalb der Formel bezieht sich auf die Punktevergabe aus dem Teilfaktor I „Kontext“ multipliziert mit der Häufigkeit. Der zweite Teil der Formel (in Rot dargestellt) berücksichtigt die Aktualität der jeweiligen Fundstelle des Kriteriums, multipliziert mit dessen Häufigkeit. Der Scoringwert eines Kriteriums ergibt sich dann aus der Addition dieser beiden Bestandteile. Die Kriterien mit den vierzehn höchsten Scoringwerten wurden in das finale Untersuchungssset aufgenommen.

Da auch relevante Kriterien im Umfeld des Digitalen Zwillings ermittelt wurden, erfolgte weiterhin die Aufnahme von sechs dieser Kriterien in das finale Set. Beweggrund war das geringere Auftreten des Digital Twin Konzepts in der untersuchten Literatur.

Tabelle 1 charakterisiert die insgesamt 20 identifizierten Kriterien. Diese wurden im Rahmen einer Nutzwertanalyse über eine Expertenbefragung mit anschließenden Experteninterviews unter Berücksichtigung des Forschungsstands aus der Literatur validiert. Die Kriterien 15-20 stellen die Digital Twin spezifischen Kriterien dar.

Innerhalb der Nutzwertanalyse gibt die Gewichtung wieder, inwieweit die einzelnen Kriterien unabhängig des Technologieeinsatzes einen Beitrag zur Durchgängigkeit der Produktdokumentation leisten.

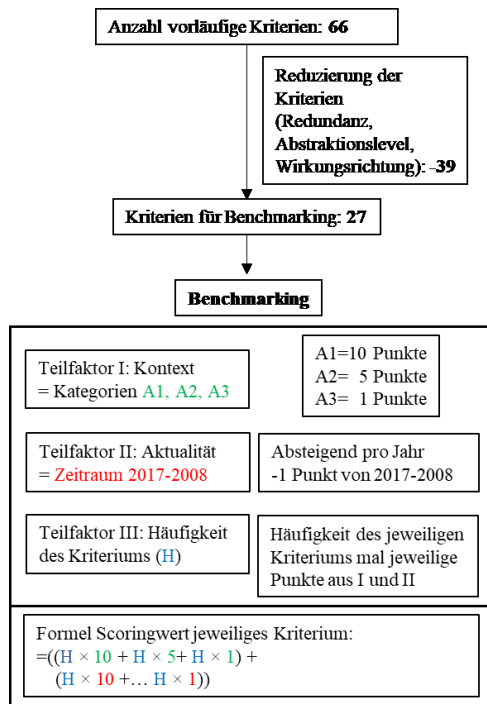


Abbildung 3: Scoringverfahren zur Ermittlung der Top 20-Kriterien

Der Erfüllungsgrad fungiert als Indikator, inwieweit die Kriterien erfüllt werden. Zusammen ergeben sich hieraus die Nutzwerte und damit der Beitrag der jeweiligen Kriterien zur Durchgängigkeit der

Produktdokumentation bei der untersuchten Blockchain-Technologie.

Ziel dieses Ansatzes ist es, einen Kriterien-basierten Vergleich des Erfüllungsgrads zwischen der gegenwärtigen Situation und dem potenziellen Blockchain-Einsatz zu ermöglichen. Im konkreten Untersuchungsbereich haben sich entsprechend unterschiedliche Nutzwerte ergeben.

Eine Expertenbefragung zur Ermittlung der Kriteriengewichtung wurde mittels eines Online-Befragungstools erstellt. Insgesamt nahmen 45 von 144 adressierten Experten aus dem PDM-/PLM-Umfeld an der Umfrage teil. Den Befragten stand zur Bewertung der Durchgängigkeit der Produktdokumentation im Hinblick auf die Kriteriengewichtung eine Skala von 1 (kein Beitrag) bis 5 (hoher Beitrag) zur Verfügung.

Validierung

Es hat sich gezeigt, dass eine eindeutige Rangfolge der qualitativen Kriterien nicht festlegbar ist: Bei der Umrechnung der Ergebnisse ergab sich nahezu eine Gleichverteilung im Hinblick auf die Gewichtung.

Ferner muss die Eignung der Blockchain-Technologie in der EE-Produktdokumentation differenziert betrachtet werden: Bezüglich der Erfüllungsgrade zeigten sich deutliche Unterschiede zwischen den Kriterien.

Detaillierte Ergebnisse der Nutzwertanalyse lassen sich innerhalb eines Intended Support Modells nachvollziehen.

Nr.	Kriterium	Kurzbeschreibung
1	Hohe Integrationstiefe mit externen Stakeholdern	Durchgängigkeit mit Hilfe von standardisierten Schnittstellen (z.B. durch einheitliche Datenaustauschformate mit Drittparteien)
2	Hoher Grad an Flexibilität der (PLM-/PDM-)Systeme	Anpassungsmöglichkeiten von PDM/PLM-Systemen (z.B. durch Modularisierung)
3	Redundanzfreiheit bei der Dokumentation	Zentrale Dokumentenhaltung (und ggf. Verknüpfung über Links)
4	Hoher Grad an sequenziellem Datenaustausch	Datenintegrität durch Sperren einer Datei für andere Benutzer im Falle einer Bearbeitung (Check-in- und Check-out-Fähigkeit)
5	Hohe Verfügbarkeit der Dokumente und Modelle	Übergeordnete Datenzugänglichkeit, z.B. durch Verknüpfung zum System- und Simulationsmodell bei nachgelagerten Prozessen
6	Hoher Grad an Interoperabilität von Daten	Regelmäßiger, automatisierter Datenaustausch zwischen unterschiedlichen Systemen
7	Redundanzfreiheit der Daten innerhalb eines Systems	Wiederverwendbarkeit und optimale "Verblockung" von Daten, z.B. von einer Fahrzeugkomponente
8	Hoher Grad an Standardisierung des Informationsaustauschs	Festgelegte Workflows zwischen unterschiedlichen Parteien, z.B. zwischen Bauteilverantwortlichen und Freigabemanager
9	Transparente Produktänderungen	Sichtbarkeit geplanter oder umgesetzter (Komponenten-)Änderungen für alle Adressaten
10	Einheitlichkeit bei der GUI-Gestaltung	Ähnlicher Aufbau bei Bedienlogik und Struktur je Nutzergruppe
11	Hohe (PLM-/PDM-)Release-Häufigkeit	Schnelle Umsetzung neuer Anforderungen im (PLM-/PDM-)System
12	Hoher Zugriffsumfang für externe Partner	Möglichkeit zur umfangreichen Rechte-/Rollenvergabe für Drittparteien
13	Darstellbarkeit der Produktänderungshistorie	Rückverfolgbarkeit von Zugriffs-, Freigabe- und Änderungsschritten in geeigneter Granularität
14	Rollenspezifische Produktsichten	Plattform-basierte Produktsichten je Nutzergruppe
15	Hohe Anzahl an Digital Twins	Spezifische Digital Twins in Entwicklung, Produktion und After Sales
16	Geringe Anzahl an Dokumentationslücken	Möglichst direkte, verlustfreie Weitergabe von Informationen
17	Niedrige Detaillierungstiefe von Digital Twins	Use Case-spezifische Anzeige der Produktstruktur
18	Kurzer Aktualisierungszyklus von Metadaten und Nutzdaten	Schnelle Sichtbarkeit abgeschlossener Änderungen an HW- und SW-Komponenten im Digital Twin
19	Vollständigkeit der Produktdokumentation	Frühzeitige Dokumentation und Rückverfolgbarkeit im Digital Twin
20	Hohe Synchronisationsgeschwindigkeit	Hohe Bandbreite zur Datenaktualisierung in unterschiedlichen PDM-Systemen

Tabelle 1: Finales Set der Untersuchungskriterien

Intended Support Modell Blockchain Use Case

Nachfolgend wird ein mögliches Business Szenario beschrieben, in dem ein Einsatz der Blockchain in der Automobilentwicklung realistisch ist. Dieses ist in Abbildung 4 dargestellt. Ein Pool an Zulieferern und Kooperationspartnern kann dazu beitragen, spezifische, vom Kunden gewünschte Funktionen effizienter zu realisieren. Gerade Angebote und Ideen kleiner, innovativer Start-ups lassen sich unter Einsatz der Blockchain leichter in den Entwicklungsprozess einbinden, da das standardisierte Framework der Blockchain leicht integriert werden kann, das Aufsetzen neuer Knoten immer gleich vorstattgeht und somit eine effiziente Alternative zur Schnittstellenprogrammierung besteht. Für eine effiziente Zusammenarbeit mit den im Pool enthaltenen Unternehmen sind Vertrauen und Transparenz zwischen den Partnern nötig. Dies lässt sich durch die bereits erläuterten Eigenschaften, Öffentlichkeit, Dezentralität und Irreversibilität, der Blockchain im Unternehmen ermöglichen. Bei einer Zusammenarbeit zwischen zwei Automobilherstellern stellt die Blockchain einen neutralen Kommunikationskanal dar, in dem Informationen ausgetauscht werden können, ohne dass eine der Parteien die Datenhoheit über die Informationen hat. Da mit der Blockchain keine großen Mengen an Nutzdaten, sondern vielmehr Metadaten, ausgetauscht werden, lässt sich als geeignete granulare Ebene die BR/AA identifizieren. Im Rahmen dieser Betrachtungsebene werden im beschriebenen Use Case Informationen über Steuergeräte betrachtet. Dazu gehören Hardware und Software sowie Schnittstellen. Metadaten zu Updates bezüglich der Bestandteile des Steuergeräts lassen sich im Szenario nun von verschiedenen kleineren und größeren Zulieferern über die Blockchain einstellen. Abgebildet werden die hierzu gehörenden Informationen wie Version, Architektur, eine kurze Beschreibung und eine eindeutige Identifikationsnummer. Diese Metadaten sind mit den Nutzdaten entsprechender PDM-Systeme verknüpft. Über die Historie der Blockchain können sich alle Zulieferer z.B. darüber informieren, auf welchem aktuellen Softwarestand sich ein Steuergerät bzw. eine Funktion darauf befinden. Da nicht jede Partei von einer Änderung betroffen ist und von dieser unterrichtet werden soll, ist die Einrichtung von „Channels“ innerhalb der Blockchain sinnvoll. Dies lässt sich z.B. bei einer Konsortial-Blockchain im Falle von Hyperledger anbieten: Wird hierbei ein Softwareartefakt, z.B. eine neue Funktion, von einem Zulieferer A angeboten, durchläuft dieses einen Konsensusprozess, bevor es von den anderen Parteien entweder abgelehnt oder freigegeben wird. An diesem Konsensusprozess sind all die Parteien beteiligt, die im entsprechend zugeordneten Channel z.B. für ein System enthalten sind. Dieser Konsensusprozess lässt sich auf verschiedene Arten ausgestalten. Z.B. kann ein 100%-Zustimmungsmodus angewandt werden, bei dem alle Parteien dem vorgeschlagenen Softwareupdate eines Zulieferers

zustimmen müssen, die Automobilhersteller des Blockchain-Netzwerks aber ein Veto-Recht besitzen. Durch Smart Contracts und dessen hinterlegte Logik können z.B. Folgen der Ablehnung eines eingestellten Artefakts implementiert werden.

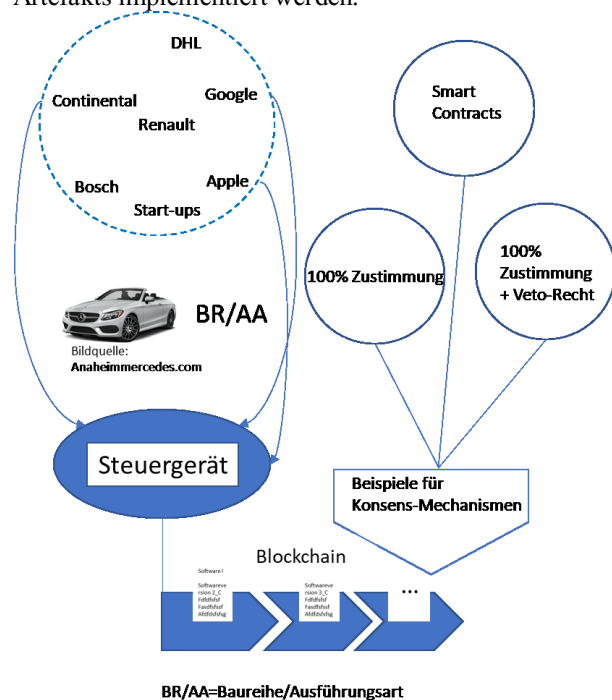


Abbildung 4: Grundbeschreibung Blockchain Use-Case

Die zuvor aufgeführten Untersuchungskriterien lassen sich dem erläuterten Use Case (Abbildung 4) zuordnen. Dies wird nachfolgend exemplarisch mit den fünf wichtigsten untersuchten Kriterien verdeutlicht:

- Bezüglich einer *hohen Integrationstiefe mit externen Stakeholdern* anhand standardisierter Schnittstellen (Kriterium 1) ermöglicht die Blockchain einen vereinfachten Datenaustausch, z.B. von Metadaten einer Steuergerätesoftware, der Teilnehmer des Blockchain-Ecosystems. Technisch lässt sich dies durch ein entsprechendes Datenmodell und Schnittstellen ermöglichen, dem die Teilnehmer zustimmen müssen. Aus den in der Blockchain implementierten Konsensmechanismen resultiert ein gemeinsames Vorgehen.
- Das Kriterium 5 einer *hohen Verfügbarkeit der Dokumente und Modelle* des System Engineerings bei nachgelagerten Prozessen ermöglicht es, bis hin zum After Sales, Rückschlüsse auf Simulationsmodelle (z.B. CAD) aus der Entwicklung zu ziehen. Dies wird durch die Verknüpfung der Blöcke erzielt. Hierdurch lässt sich eine Nachvollziehbarkeit, nicht nur mit externen Partnern, sondern auch intern über alle IT-Systeme hinweg, erreichen (vgl. Abbildung 2).
- Kriterium 7, *Redundanzfreiheit der Daten innerhalb eines Systems*, ist insbesondere dann relevant, wenn nicht nur viele Entwickler und Ingenieure eines Unternehmens entlang des Produktlebenszyklus Informationen wie Stücklisten bereitstellen und

benötigen, sondern zusätzlich externe Unternehmen bei der Entwicklung involviert sind. Innerhalb eines integrierten Ansatzes wie in Abbildung 4 zu sehen, kann die Blockchain dabei unterstützen einen Single Point of Truth zu ermöglichen. So lässt sich z.B. klar identifizieren, wo ein Steuergerät verbaut ist. Damit kann eine bessere Verblockung und Umsetzung der Redundanzfreiheit beispielsweise für eine Stückliste ermöglicht werden. Informationen hierzu lassen sich über ein Meta Data Layer bereitstellen.

- *Transparente Produktänderungen* (Kriterium 9) lassen sich mit der Blockchain sehr gut umsetzen: Über diese werden alle am Netzwerk teilnehmenden Parteien automatisch über für sie relevante Änderungen (z.B. eines Steckers) informiert, die eine Partei über den Konsensmechanismus eingesteuert hat. In der Praxis lassen sich so Dokumentationslücken (Kriterium 16) überbrücken, die beim Übergang zwischen den Lebenszyklusphasen entstehen. Dies ist u.a. deshalb relevant, da Dokumentationslücken auch bei der Zusammenarbeit zwischen verschiedenen Zulieferern entstehen können, beispielsweise wenn eine Partei eine neue Schnittstelle entwickelt, die kompatibel zur parallel entwickelten Software von einer weiteren Partei sein soll.

Zur Realisierung des zu Beginn erwähnten Dokumentationszwillings kann die Blockchain wiederum über ihre Grundeigenschaften beitragen: Beispielsweise lässt sich ein schnelleres Changemanagement für die Softwareentwicklung auf einem Steuergerät ermöglichen. Phasen- und anwendungsfallspezifische Digital Twins können anhand des Dokumentationszwillings, welcher die Nachvollziehbarkeit in der internen IT-Landschaft gewährleistet, miteinander verknüpft werden. Die Blockchain sorgt dafür, dass eingestellte Datenänderungen innerhalb des Dokumentationszwillings sofort allen Teilnehmern zur Verfügung stehen.

Modell-Charakteristika und Ergebnisse

Als finales Intended Support Modell zeigt Abbildung 5 die Ergebnisse des Nutzwertvergleichs für die Durchgängigkeit der E/E-Produktdokumentation im Status Quo verglichen mit dem potenziellen Einsatz der Blockchain. Dort sind die zwanzig Kriterien den bereits zuvor aufgeführten drei Kategorien

- technische Aspekte,
 - organisatorische Aspekte, Prozesse und Rollen und
 - Daten-/Dokumentationsaspekte
- zugeordnet worden.

Für den Gesamtnutzwert über alle Kriterien hinweg ergibt sich eine Steigerung um 19,27%. Werden die absoluten Nutzwerte der Kategorien betrachtet, so ist zu konstatieren, dass die Kategorie der „Technischen Aspekte“ mit einem Nutzwertanteil von fast 50% am Gesamtnutzwert generell den wichtigsten Beitrag zur Erreichung einer höheren Durchgängigkeit leistet. Zehn der zwanzig Kriterien sind dieser Kategorie zugeordnet.

Aber auch die Kategorie „Organisatorische Aspekte und Rollen“ (28,82%) und „Daten-/Dokumentationsaspekte“ (23,09%) sind für die Durchgängigkeit in der Produktdokumentation relevant. Für die einzelnen Kategorien „Technische Aspekte“ und „Daten-/Dokumentationsaspekte“ ergeben sich im Vergleich zur gegenwärtigen Situation mit 23,02% und 33,32% deutliche Nutzwertsteigerungen. Bei den Kriterien in der Kategorie „Organisatorische Aspekte, Prozesse und Rollen“ fällt hingegen die Nutzwertsteigerung mit 1,76% deutlich geringer aus.

Durch die Zuordnung zu den Kategorien lassen sich Rückschlüsse darauf ziehen, auf welchen Bereich sich ein Einsatz der Blockchain besonders auswirkt und wo die Blockchain als Lösung eher ungeeignet ist. Für die Kategorien „Technische Aspekte“ sowie „Daten-/Dokumentationsaspekte“ bietet sich somit ein Einsatz der Blockchain an, um Verbesserungen zu erreichen. Für die Kategorie „Organisatorische Aspekte, Prozesse und Rollen“ hingegen wird deutlich, dass die Blockchain hier nur bedingt geeignet ist.

Ferner ist zu berücksichtigen, dass die Kriterien nicht nur isoliert innerhalb der verschiedenen Kategorien betrachtet werden sollten. Ohne organisatorische Aspekte miteinzubeziehen, werden beim Aufbau von technischen Lösungen Aspekte wie die Umwelt, z.B. Stakeholder, nicht miteinbezogen. Bei einer technischen Lösung könnte es ansonsten vorkommen, dass beispielsweise nötige Schnittstellen oder Funktionen zur Interaktion mit externen Partnern fehlen bzw. mangelhaft ausgeprägt sind. Falls man Prozesse innerhalb des Unternehmens nicht hinreichend berücksichtigt, kann eine Technologie den Bedarf der Nutzer nicht abdecken. Dies wird tendenziell dazu führen, dass die Betroffenen sich ihrerseits Individuallösungen bauen, die aus Gesamtsicht suboptimal sind. Im schlechtesten Fall wird eine Schatten-IT aufgebaut, die dem Ziel einer erhöhten Durchgängigkeit diametral entgegensteht. Ähnliches gilt für die Daten- und Dokumentationsperspektive: Mangelhaft konzipierte Datenmodelle sorgen bspw. für eine niedrige Interoperabilität über verschiedene Fachbereiche im Produktlebenszyklus. Hierdurch müssen als Folge manuelle und/oder ressourcenaufwändige Ersatzlösungen für den Datenaustausch innerhalb und mit Stakeholdern außerhalb gefunden werden.

Die Nutzwerte der einzelnen Kriterien sind in Abbildung 5 absteigend nach ihren absoluten Beträgen angeordnet. Von besonderer Relevanz erweist sich ihre Interpretation:

- In Bezug auf die Nutzwertveränderungen in der Kategorie „Technische Aspekte“ erreicht das Kriterium 20 „Hohe Synchronisationsgeschwindigkeit“ des Digital Twins einen niedrigeren Nutzwert (ca. -33 %) als in der Ausgangssituation. Dies lässt sich dadurch begründen, dass die Blockchain nur eine limitierte Synchronisationsgeschwindigkeit besitzt („Gossip“-Protokoll). Beim Einsatz der Blockchain ist deshalb die sinnvolle Aggregation und Abbildung von

Nutzdaten in Form von Metadaten wichtig, sodass nicht die Gefahr besteht, dass die Blockchain zum Engpass für das Gesamtkonzept wird. Gegenwärtig

ist die Blockchain nicht auf große Datenmassen ausgelegt.

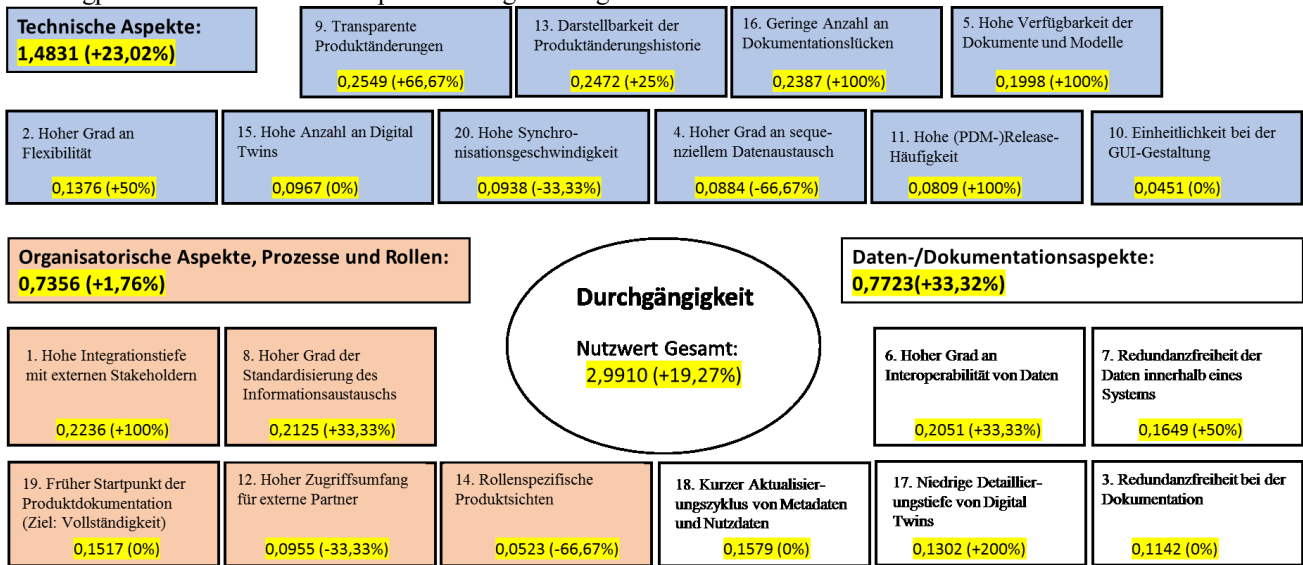


Abbildung 5: Finales Intended Support Modell zur Bewertung der Nutzwertbeiträge zur Durchgängigkeit in der Produktdokumentation (absolute Nutzwerte und prozentuale Veränderungen)

- Der Nutzwert des Kriteriums 4 „Hoher Grad an sequenziellem Datenaustausch“ ist bei der Blockchain um 60% niedriger als im Status Quo. Zwar vermeidet die Blockchain durch ihren Konsensmechanismus bzw. durch den Check-in/Check-out-Gedanken grundsätzlich die Existenz mehrerer Wahrheiten bei den Metadaten. Da die Metadaten sich aber auf Nutzdaten beziehen ist dieses Prinzip besonders wichtig bei der Dateneingabe in den angebundenen Autorensystemen. Für sequenzielle Kontrollmechanismen erbringt die Blockchain nach heutigem Stand aber keinen Mehrwert, sondern weniger Optionen als bestehende Lösungen.
- Für das Kriterium 10 „Einheitlichkeit bei der GUI-Gestaltung“ ergibt sich im Vergleich zum Status Quo kein höherer Nutzwert. Die Blockchain-Technologie in ihrem Kern bietet keine integrierten Benutzeroberflächen bspw. für Entwickler, die mit Nutzdaten über verschiedene Systeme hinweg arbeiten wollen. Sie setzt vielmehr auf den dafür vorgesehenen Autorensystemen auf und kann helfen entsprechende Abstimmungen über verschiedene Fachbereiche zu erleichtern.
- Für Kriterium 15 („Hohe Anzahl an Digital Twins“) hat sich der Nutzwert gegenüber der Ist-Situation nicht verändert. Grundsätzlich ist die Möglichkeit von kontextsensitiven Daten über die Einbindung eines Frameworks und entsprechender Applikationen (insbesondere der Nutzdatensysteme) in Zukunft denkbar. Gegenwärtig fehlen aber noch geeignete Datenmodelle.
- Ein Mehrwert durch die Blockchain wird für die weiteren Kriterien der technischen Aspekte erwartet. Eine Steigerung von 100% erreicht das Kriterium 5 „Hohe Verfügbarkeit der Dokumente und Modelle“ (siehe hierzu die Diskussion zum obigen Use Case). Gleiches gilt für Kriterium 16 („Geringe Anzahl an Dokumentationslücken“). In beiden Fällen spielt die Integration in die bestehende IT-Systemlandschaft bzw. die Anbindung an bestehende PDM-Systeme eine zentrale Rolle. Beispielsweise lassen sich Fragen bezüglich der Korrektheit einer Steuergeräte-Softwareversion schneller beantworten bzw. individuelle Recherchen reduzieren. Dies trägt auch zur Erhöhung des Nutzwerts „Transparente Produktänderungen“ (Kriterium 9) bei.
- Bei den Kriterien der organisatorischen Aspekte, Prozesse und Rollen fallen folgende Ergebnisse auf: Das Kriterium 14 „Rollenspezifische Produktsichten“ weist einen um ca. 67% kleineren und insgesamt sehr niedrigen Nutzwert aus. Da die Blockchain bestehende Nutzdatensysteme nicht ersetzt, erweist sich diese Bewertung als schlüssig. Im Sinne eines Need-to-Know-Prinzips wären sicherlich auch Rollen innerhalb des Blockchain-Frameworks hilfreich. Hierfür gibt es jedoch noch keine direkt in der Blockchain verankerten Lösungen. Ähnliche Herausforderungen gibt es beim Kriterium 12 „Hoher Zugriffsumfang für externe Partner“ mit einem um ca. 33 % niedrigerem Nutzwert. Eine wirkliche Ausdifferenzierung von Lese-/Schreibrechten wird nur von wenigen Lösungen wie Hyperledger Fabric über Frameworks als Frontendlösungen angeboten. Wie ein Zugriff auf den darunterliegenden Chain-Code und die darin enthaltenen Informationen ausgeschlossen werden kann ist noch nicht geklärt.
- Das Thema „Konsortial-Blockchain“ ist in der Automobilentwicklung aufgrund sensibler

Produktdaten von essenzieller Bedeutung. Das Kriterium 1 „Hohe Integrationstiefe mit externen Stakeholdern“ hat einen um 100% höheren Nutzwert. Von den gegebenen technischen Möglichkeiten lässt sich dieser Sachverhalt mit standardisierten Schnittstellen und passenden Datenmodellen gut durch die Blockchain erfüllen. Bezüglich eines „hohen Grads der Standardisierung des Informationsaustausches“ (Kriterium 8) muss konstatiert werden, dass es formal festgelegte und vereinbarte Standards zu Workflows für die Blockchain-Technologie noch nicht gibt. Dies lässt sich aber mit zunehmendem Reifegrad und weiteren Use Cases bewerkstelligen.

- Bei den Kriterien der Kategorie „Daten-/Dokumentationsaspekte“ ist das Kriterium 17 „Niedrige Detaillierungstiefe von Digital Twins“ hervorzuheben. Der Nutzwert liegt um 200% höher gegenüber dem Ausgangswert. Weitere Erfolgspotenziale liegen darin begründet, zukünftig ein Metadatenmodell für die Blockchain zu schaffen, welches die Use Case-spezifischen Strukturen der Digital Twins entlang des Produktlebenszyklus verknüpfen kann. Dieses könnte evolutionär bei den verschiedenen Digital Twins entlang des Produktlebenszyklus die im jeweiligen Kontext (z.B. im Baureihen- oder Simulationszwilling) zugehörigen Daten adressieren.

FAZIT UND AUSBLICK

Limitationen

Die Problemstellung einer Durchgängigkeit in der E-/E-Produktdokumentation wurde mittels einer qualitativ-methodischen Herangehensweise untersucht und zentrale Eigenschaften für Nachvollziehbarkeit darin herausgearbeitet (Ziel 1). Diese unterliegt allerdings subjektiven Einflüssen. Es wurde deshalb angestrebt, quantitative Verfahren wie Benchmarking und Befragungen einzusetzen um relevante Beurteilungskriterien sowohl für PDM/PLM, als auch für den Digital Twin Einsatz zu ermitteln (Ziel 2). Das Vorgehen beinhaltete die konkrete Sammlung und Analyse von Literatur, eine Umfrage mit PDM-/PLM-Experten sowie Einzelinterviews mit Experten aus dem PDM-/PLM- und dem Blockchain-Bereich. Mit der Absicht einer ganzheitlichen Evaluierung wurde ein darauf aufsetzender Nutzwertanalysevergleich verwendet (Ziel 3). Hinzugezogen wurde zur Ausgestaltung eines konkretisierten Intended Support Modells ein Use Case aus der Praxis (Ziel 4).

Das zentrale Anliegen bestand darin, Aussagen darüber treffen zu können, ob die Blockchain einen sinnvollen Beitrag zur Nachvollziehbarkeit in der Produktdokumentation auf Einzelfahrzeugebene leisten kann. Diese Forschungsarbeit erhebt jedoch nicht den Anspruch, aus nachgewiesenen Ergebnissen heraus absolute Aussagen abzuleiten zu können. Vielmehr soll sie Erkenntnisgewinne über die grundlegende Eignung der Blockchain-Technologie im Sinne eines Einsatzes

dieser innerhalb des Umfelds der Produktdokumentation in der Automobilindustrie ermöglichen.

Abschließende Beurteilung und Ausblick

Es bleibt festzuhalten, dass die Blockchain durch ihre Transparenz und aufgrund der dezentralen Bereitstellung von Informationen großes Potenzial aufweist den Informationsaustausch innerhalb der Automobilentwicklung in Verbindung mit externen Stakeholdern deutlich effizienter zu gestalten. Damit verbunden ist die leichtere Umsetzbarkeit von Interoperabilität dank eines durchgängigen Metadaten-Konzepts, mit dem das Schließen von heute bestehenden Dokumentationslücken zwischen den PDM-Systemen gelöst werden kann. Letzteres wird dadurch erbracht, dass signifikante Produktänderungen an Software oder Hardware und mögliche Probleme bezüglich dieser sofort von den betroffenen Teilnehmern gesehen werden, die über den Meta Data Layer Zugriff auf die relevanten Informationen haben. Werden Fehler oder Inkompatibilitäten z.B. einer Software erkannt, lässt sich durch die Blockchain die verursachende Partei identifizieren und die Ursache für die Produktänderung ermitteln. Dies ist bei einer Zusammenarbeit im Sinne des oben erwähnten Pools mit vielen kleineren und größeren Teilnehmern sehr nutzstiftend. Um dieses Potenzial auszuschöpfen, empfiehlt sich eine weitere Erforschung mit Fokus auf Konsortial-Blockchains.

Aus den Resultaten dieser Arbeit lässt sich ableiten, dass die Blockchain aus Perspektive eines praktischen Einsatzes aktuell keine Komplettlösung für die Gesamtheit der in der Produktdokumentation vorhandenen Herausforderungen bietet: Sie ermöglicht keine rollenspezifischen Benutzeroberflächen, mit denen Nutzer detaillierte Daten einpflegen können. Außerdem gibt es bisher nur rudimentäre Lösungen für ausdifferenzierte Zugriffsmöglichkeiten externer Stakeholder. Jedoch besteht großes Potenzial für die Unterstützung technischer Herausforderungen der Durchgängigkeit in der verteilten Entwicklung.

Die zentrale Herausforderung für Wissenschaft und Praxis wird es sein, den in der Forschung neu diskutierten Ansatz der Konsortial-Blockchain innerhalb praktischer Use Cases und zusätzlich über entsprechende Proof of Concepts zu untersuchen. Gegebene Datenmodelle der Blockchain sollten an die Erfordernisse der PLM-Landschaft angepasst werden.

Ein Informationsaustausch mit anderen Unternehmensbereichen, in dem die Blockchain potenziell eingesetzt werden kann (z.B. dem After Sales Bereich), erweist sich als hilfreich. Auch sollte auf Entwicklungen in anderen Branchen und auf dort entstehende neue Use Cases im Sinne der Konsortial-Blockchain geachtet werden.

Weiterhin ist zu empfehlen, dass aufgrund der Ähnlichkeiten des Metadatenkonzepts auch ein Austausch mit Projekten im Umfeld des Digital Twins erfolgen sollte. Damit können synergetische Potenziale im Auge behalten werden. Die Blockchain stellt nur ein ergänzendes Konzept für die bisherige

Produktdokumentation dar und ersetzt Autorensysteme aufgrund ihrer Limitationen, wie des begrenzten Datendurchsatzes, nicht. Sie befindet sich aktuell jedoch auch noch mitten im Entstehungsprozess, bei dem über die bekannten Anwendungsfelder hinaus (z.B. im Finanzsektor) weitere Einsatzmöglichkeiten explorativ erforscht werden. Bezüglich eines Einsatzes der Blockchain in der Automobilentwicklung muss der zukünftige Fokus der Forschung auf eine Integrierbarkeit der Blockchain in die sich aktuell wandelnde PLM-Landschaft gelegt werden.

LITERATUR

- Bashir, I. 2018. *Mastering blockchain*. Packt Publishing, Birmingham.
- Bitzer M., M. Eigner, K.-G. Faißt, C. Muggeo und T. Eickhoff. 2017. „Framework of the evolution in virtual product modelling and model management towards digitized engineering.“ In *Proceedings of the 21st International Conference on Engineering Design (ICED17), Vol. 6: Design Information and Knowledge*. Design Society, Vancouver.
- Blessing, L.T.M. Chakrabarti, A. 2009. *DRM, a Design Research Methodology*. Springer, London.
- Boschert, S. und R. Rosen. 2016. „Digital Twin—The Simulation Aspect“. In *Mechatronic Futures*, P. Hehenberger und D. Bradley (Hrsg.). Springer, Cham, 59-74.
- Dobrian, J. 2016. “Record numbers of software complaints and recalls threaten trust in automotive technology”, J.D. Power SafetyIQ, <http://www.jdpower.com/cars/articles/safety-and-mpg/record-numbers-software-complaints-and-recalls-threaten-trust>, zuletzt abgerufen am 07.08.2018.
- Eigner M., D. Roubanov und R. Zafirov. 2014. *Modellbasierte virtuelle Produktentwicklung*. Springer Vieweg, Berlin.
- Eigner M. und R. Stelzer. 2009. *Product Lifecycle Management - Ein Leitfaden für Product Development und Life Cycle Management*. Springer, Dordrecht.
- Grieves, M. und J. Vickers. 2017. „Digital Twin: Mitigating Unpredictable, Undesirable Emergent Behavior in Complex Systems.“ In *Transdisciplinary Perspectives on Complex Systems – New Findings and Approaches*, F.-J. Kahlen, S. Flumerfelt, A. Alves (Hrsg.). Springer, Cham, 85-113.
- Groll, M.W. und D.T. Heber. 2016. “E/E-Product Data Management in Consideration of Model-Based Systems Engineering”, In *Transdisciplinary Engineering: Crossing Boundaries*. IOS Press, Amsterdam, 289-298.
- Halvorson, B. 2016. “Software now to blame for 15 percent of car recalls”, Popular Science. <https://www.popsci.com/software-rising-cause-car-recalls>, zuletzt abgerufen a, 07.08.2018.
- Heber, D.T. und M.W. Groll. 2017. „Towards a digital twin: how the blockchain can foster E/E-traceability in consideration of model-based systems

- engineering”, In *Proceedings of the 21st International Conference on Engineering Design (ICED17)*. Design Society, Vancouver, 321-330.
- Heber, D.T. und M.W. Groll. 2018. „A Meta-Model to connect Model-based Systems Engineering with Product Data Management by Dint of the Blockchain“. In *Proceedings of the IEEE 9th International Conference on Intelligent Systems*. IEEE, Piscataway, NJ.
- Katzenbach, A. 2015. „Automotive“. In *Concurrent engineering in the 21st century*, J. Stjepandić, V. Nel and J.C. Wim (Eds.). Springer, Cham, 607-638.
- Kraftfahrt-Bundesamt (KBA). 2015. *Jahresbericht 2013/2014*. Flensburg.
- Morabito, V. 2017. *Business Innovation Through Blockchain*. Springer, Cham.
- Nakamoto, S. 2008. „Bitcoin: A peer-to-peer electronic cash system“, bitcoin.org.
- Narayanan A. und J. Clark. 2017. “Bitcoin's academic pedigree”, *Communications of the ACM*. ACM, New York, 36-45.
- Schicker, E. 2017. *Datenbanken und SQL - Eine praxisorientierte Einführung mit Anwendungen in Oracle, SQL Server und MySQL*. Springer Vieweg, Wiesbaden.
- Stark, J. 2016. *Product Lifecycle Management (Volume 2) – The Devil is in the Details*. Springer, Cham.
- Trippner D., S. Rude und A. Schreiber. 2015. „Challenges to Digital Product and Process Development Systems at BMW.“ In *Concurrent engineering in the 21st century*, J. Stjepandić, V. Nel and J.C. Wim (Hrsg.). Springer, Cham, 555-569.

KONTAKT

Dominik T. Heber
University of Twente und Daimler AG
Hanns-Klemm-Str. 5, 71034 Böblingen
T +49 176 309 456 39, dominik.heber@daimler.com

Florian Michelbach
Daimler AG
Erich-Herion-Str. 11, 70736 Fellbach
T +49 176 309 805 46, florian.michelbach@daimler.com

Prof. Dr. Frank S. Morelli
HS Pforzheim
Tiefenbronnerstr. 65, 75175 Pforzheim
T +49 7231 28-6697, frank.morelli@hs-pforzheim.de

Prof. Dr. Marco W. Groll
University of Twente und Daimler AG
De Horst 2, 7522 LW Enschede
T +31 53 489 3703, m.w.groll@utwente.nl

SAP S/4HANA als Enabler zur Smart Factory der AUDI AG

Nadine Heuberger B.Sc.¹ und Professor Dr. Frank Herrmann²

¹Audi AG

Center of Competence SAP Produktion
Auto-Union-Straße 1, 85045 Ingolstadt

E-Mail: heubergernadine@gmx.de

²Ostbayerische Technische Hochschule Regensburg (OTH Regensburg)

Innovationszentrum für Produktionslogistik und Fabrikplanung

Postfach 120327, 93025 Regensburg

E-Mail: Frank.Herrmann@OTH-Regensburg.de

Abstrakt

Der vorliegende Artikel befasst sich mit dem neuen Produkt SAP S/4HANA. Es wird untersucht, in wie weit sich die neue Produktgeneration von SAP SE (SAP S/4HANA) als Enabler zur Smart Factory der AUDI AG eignet. Damit die zentrale Fragestellung beantwortet werden kann, wird die Thematik der Industrie 4.0 sowie die Weiterentwicklung der ERP-Funktionalität auf das neue Produkt SAP S/4HANA erläutert. Dabei werden die Bestandteile der neuen Business Suite SAP S/4HANA diskutiert. Mit Hilfe einer Nutzwertanalyse wird festgestellt, ob der Einsatz von SAP S/4HANA zukünftig erforderlich ist. Dies wird anhand der Kriterien Standardisierung, Systemkomplexität, Datenhaltung und -verfügbarkeit, Datenmodellverschlanung, Usability und User Experience, Automatisierungsgrad, Leistungsfähigkeit des Systems und Prozessstandardisierung geprüft.

Schlüsselwörter

Industrie 4.0, SAP HANA, SAP S/4HANA, Smart Factory.

Einleitung

In der heutigen Zeit wird alles „smarter“. Als smart wird ein intelligentes Objekt bezeichnet, das integrativ, vernetzt, und systemübergreifend agiert. Der Einsatz solcher Objekte gestaltet sich somit als effizient, effektiv, adaptiv und attraktiv (Bundesministerium für Verkehr, Innovation und Technologie 2012, S. 14). Nicht nur in unserem alltäglichen Leben erfahren wir die Vorteile der smarten Objekte, auch die Arbeitswelt soll zukünftig von diesen Vorzügen profitieren. Sowie das Zuhause zu einem Smart Home und die Stadt zu einer Smart City wird, so wird sich auch die Produktion in eine Smart Factory verwandeln. Die betrieblichen und wirtschaftlichen Anforderungen der Unternehmen steigen immer weiter an und machen die Dringlichkeit für eine Veränderung innerhalb der Produktion deutlich. Damit die Grundlage für eine Smart Factory geschaffen werden kann, müssen die eingesetzten IT-Systeme in den Unternehmen bezüglich Zukunftsfähigkeit überprüft werden. In dieser Arbeit wird ein ERP-System (Enterprise Resource Planning-System)

tem) betrachtet, das oftmals als Rückgrat der Digitalisierung bezeichnet wird. Ein ERP-System ist ein Informationssystem und unterstützt alle Bereiche eines Unternehmens hinsichtlich ihrer wirtschaftlichen Tätigkeiten. Das aktuell eingesetzte SAP ERP-System der AUDI AG wird nur noch bis 2025 von dem Unternehmen SAP SE erwartet. Deshalb muss sich die AUDI AG mit einer neuen ERP-Lösung auseinandersetzen, die den Anforderungen von modernen IT-Systemen entspricht und zudem die Basis für eine moderne Produktionsumgebung schafft. Die vorliegende Arbeit beantwortet die Frage, ob sich die neue Produktgeneration von SAP SE, namens SAP S/4HANA, als Enabler zur Smart Factory der AUDI AG eignet. Dazu wird zunächst die Bedeutung von Industrie 4.0 vor allem für Produktionsunternehmen wie die Audi AG untersucht. Dies führt zur so genannten Smart Factory. Eine Smart Factory stellt Anforderungen an moderne IT-Systeme, auf die in einem eigenen Abschnitt eingegangen wird. Wie und wie gut diese Anforderungen durch neue Systeme der SAP SE erfüllt werden, wird anschließend analysiert. Der Grad von ihrem Nutzen für die Audi AG wird danach durch eine Nutzwertanalyse aufgezeigt. Die Bedeutung dieser Analysen für die Audi AG und die sich daraus ergebenden nächsten Schritte werden im letzten Abschnitt aufgezeigt.

Industrie 4.0

Aktuell lässt sich erkennen, dass sich Innovationszyklen verkürzen und der Wettbewerb im Zuge von Megatrends, wie Globalisierung, Digitalisierung und Vernetzung immer intensiver wird. Durch die zunehmende Komplexität der Produkte und die Berücksichtigung der anfallenden Megatrends werden die Unternehmen vor große Herausforderungen gestellt (Media-Manufaktur GmbH 2016, S. 4f.). Darum ist es notwendig, dass sich die Automobilindustrie mit dem Thema Industrie 4.0 auseinandersetzt. In diesem Abschnitt soll deutlich gemacht werden, was unter Industrie 4.0 verstanden wird und warum dieses Schlagwort immer mehr an Bedeutung gewinnt. Eine industrielle Revolution bringt immer eine tiefgreifende und dauerhafte Umgestaltung der wirtschaftlichen und sozialen Verhältnisse mit sich. Die Industrialisierung begann bereits Ende des 18. Jahrhunderts. Während der

ersten industriellen Revolution wurden die Produktionsanlagen mit Hilfe von Wasser- und Dampfkraft mechanisch betrieben. Die zweite industrielle Revolution fand Anfang des 20. Jahrhunderts statt. Sie brachte durch die Einführung von Fließbändern und Massenproduktionen, welche mit elektrischer Energie betrieben wurden, erhebliche Vorteile mit sich. Zu Beginn der 70er Jahre wurde die Produktion durch den Einsatz von Elektronik und Informationstechnik weiter automatisiert. Dies wird als dritte industrielle Revolution bezeichnet (Bauernhansl et al. 2014, S. 5ff.). Mit jeder Stufe der industriellen Revolution hat auch der Grad der Komplexität zugenommen. Die Industrie befindet sich derzeit in einem Wandel. Dieser wird als vierte industrielle Revolution bzw. als Industrie 4.0 bezeichnet. Der deutsche Marketingbegriff „Industrie 4.0“ erschien erstmals auf der Hannover Messe im Jahr 2011 und wurde von der Bundesregierung zur Stärkung und Sicherung der Industrie zum Kernelement der Hightech-Strategie gemacht (Huber 2016, S. 1f.). Eine offizielle Definition des Begriffs Industrie 4.0 wurde von der Plattform „Industrie 4.0“ im Jahr 2015 festgelegt. Diese Definition besagt, dass die Organisation und Steuerung der gesamten Wertschöpfungskette über den Produktlebenszyklus neu ausgerichtet wird. Der Lebenszyklus befasst sich mit den zunehmenden individualisierten Kundenwünschen und beinhaltet alle Phasen, die ein Produkt von der Idee, der Entwicklung, der Fertigung, der Auslieferung, bis hin zum Recycling durchläuft. Zusätzlich werden die damit verbundenen Dienstleistungen miteinbezogen. Die Basis der Industrie 4.0 ist die Verfügbarkeit der Informationen in Echtzeit. Dies erfordert die Fähigkeit, alle an der Wertschöpfung involvierten Objekte zu vernetzen und die Prämisse, dass die daraus gewonnenen Daten jederzeit auswertbar sind. Durch die Vernetzung der Menschen, der Objekte und der Systeme entstehen dynamische, echtzeitoptimierte, selbstorganisierte und unternehmensübergreifende Wertschöpfungsnetzwerke. Diese lassen sich nach verschiedenen Kriterien, wie beispielsweise Kosten, Verfügbarkeit und Ressourcen, optimieren (Plattform Industrie 4.0 2015, S. 8).

Industrie 4.0 erfordert eine völlig neue Fertigungsstrategie. Diese moderne Produktionsumgebung wird im Rahmen der Industrie 4.0 als Smart Factory bezeichnet. Der Begriff Smart Factory, zu Deutsch „intelligente Fabrik“, bildet das Herzstück der Industrie 4.0. Im Abschlussbericht des Arbeiterkreises Industrie 4.0 wird die Smart Factory als Unternehmen oder als ein Verbund von Unternehmen beschrieben, welche Informations- und Kommunikationstechnologien zur Produktentwicklung, zum Engineering des Produktionssystems, zur Produktion, zur Logistik und zur Koordination der Schnittstellen zum Kunden nutzen, um flexibler auf Anfragen reagieren zu können (Kagermann et al. 2013, S. 87). Laut dem oben genannten Abschlussbericht beherrscht die intelligente Fabrik die zunehmende Komplexität, ist weniger stör anfällig und trägt zudem zur Produktionseffizienz bei (Kagermann et al. 2013, S. 23).

Anforderungen einer Smart Factory an moderne IT-Systeme

In der heutigen Zeit setzen Unternehmen vielfältige Softwarelösungen ein, um wirtschaftliche Tätigkeiten schnell und effizient umzusetzen. Die Höhe der Ansprüche an eine Softwarelösung ergibt sich aus der Größe eines Unternehmens und der Komplexität und Verzweigung der Geschäftsaktivitäten. Für die unternehmensweiten wirtschaftlichen Tätigkeiten wird zur Unterstützung ein ERP-System benötigt. Ein ERP-System ist ein Informationssystem, welches alle Bereiche des Unternehmens vom Einkauf über die Produktion bis hin zum Vertrieb und der Finanzabteilung unterstützt (Koglin 2016, S. 32). Das meistgenutzte ERP-System in Unternehmen ist die SAP-Software mit ihrem Herzstück SAP ERP (Koglin 2016, S. 44). Die Software schliesst die für die Untersuchung besonders relevanten Bereiche Fertigungssteuerung und Personalwirtschaft ein (Koglin 2016, S. 36).

Im Jahr 2004 wurde das neue Produkt SAP ERP eingeführt. Diese Software verfolgte das Konzept einer Enterprise Service-Oriented Architecture (Enterprise SOA). Eine Enterprise SOA ist eine Systemarchitektur, die Softwarebausteine (einzelne Services) für Geschäftsprozesse so kapselt, dass diese flexibel kombinierbar und wiederverwendbar sind. Die Services beinhalten einen wiederverwendbaren Programmiercode und werden über Webservices zur Verfügung gestellt. Dies gewährleistet die Integration verschiedener Anwendungen. Es wird somit eine gemeinsame Nutzung von Informationen und Funktionen ermöglicht (Koglin 2016, S. 53).

Der Anstoß für eine neue Produktentwicklung kam im Jahr 2015 durch die digitale Transformation der Wirtschaftsbereiche. Unter der digitalen Transformation wird die durchgängige Vernetzung aller Branchen verstanden. Dieser Wandel zeigt, dass die bestehenden Systeme den kommenden Herausforderungen nicht gewachsen sind. Moderne IT-Systeme müssen in Zukunft viele neue Anforderungen erfüllen. Eine der wichtigsten Anforderungen ist die erhöhte Benutzerzufriedenheit. Die Oberfläche muss auf mehreren Endgeräten abbildbar sein, damit ein Anwender arbeitsplatzgebunden seinen Tätigkeiten nachkommen kann. Eine weitere Voraussetzung ist die einfache und intuitive Bedienung der Oberfläche. Die integrierten Systeme und deren Skalierbarkeit spielen eine wichtige Rolle innerhalb einer modernen und flexiblen IT-Landschaft. Zugleich sollten zukünftige IT-Systeme einen hohen Standardisierungsgrad aufweisen, um Agilität und Innovationsfähigkeit zu ermöglichen. Der digitale Fortschritt und die vernetzten Objekte generieren immer größer werdende Datenmengen, die verarbeitet werden müssen. Deshalb spielt das Thema Big Data eine zentrale Rolle. Das Thema Internet of Things muss ebenfalls berücksichtigt werden, um die Anforderung der Echtzeitfähigkeit erfüllen zu können. In diesem Kontext werden die Nutzung einer einheitlichen Datenbasis und die Einbindung diverser Cloud-Services relevant (Koglin 2016, S. 23-40).

Damit die beschriebenen Anforderungen realisiert werden können, entwickelte die SAP SE ein neues Produkt namens SAP S/4HANA, welches im nachfolgenden Abschnitt vorgestellt wird.

Neue Business Suite Generation von SAP

Wie aus Abbildung 1 ersichtlich ist, wird die SAP Business Suite mit dem Kernprodukt SAP ERP vollständig durch das neue Produkt SAP S/4HANA abgelöst. Die Einführung der neuen Produktlinie stellt kein System-Upgrade, sondern eine System-Konvertierung dar.

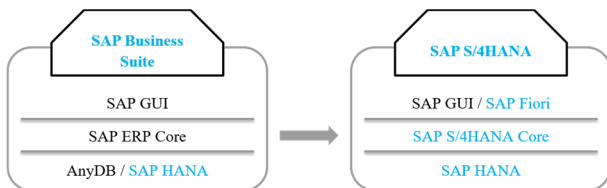


Abbildung 1: Die neue Business Suite Generation SAP S/4HANA. (Eigene Darstellung in Anlehnung an Wagner und Mathäß 2016, S. 8)

Zu den wesentlichen Innovationen der neuen Produktlinie zählen die Datenbank SAP HANA, die moderne Benutzeroberfläche SAP Fiori und die unterschiedlichen Betriebsmodelle. SAP S/4HANA wird zukünftig die neue strategische Plattform für ein Unternehmen darstellen (Koglin 2016, S. 15).

Datenbank SAP HANA

Die Datenbank SAP HANA bildet die Grundlage der neuen Produktlinie und wurde im Jahr 2011 erstmals der Öffentlichkeit präsentiert. Die vier Buchstaben HANA stehen für „High Performance Analytic Appliance“. Die Ziele der neuen Datenbank sind die Vereinfachung des Datenmodells, der Einsatz von schnelleren analytischen Anwendungen und die Realisierung kürzerer Zugriffszeiten auf Daten (Schmitz 2017). SAP HANA basiert vollständig auf einer In-Memory-Technologie. In-Memory bedeutet, es werden operativ genutzte Daten im Arbeitsspeicher gehalten und nur für Archivierungs- und Wiederherstellungszwecke auf Festplatten gesichert. Zu den Vorteilen der In-Memory-Technologie zählen die schnellere Verarbeitung, die leistungsfähigeren Analysen und die effizientere Aggregation großer Datenmengen (Koglin 2016, S. 56). Im Jahr 2013 entwickelte sich SAP HANA zu einer zentralen und offenen Plattform, auf der im Laufe der Zeit immer mehr Anwendungen entstanden (Schmitz 2017). Die Plattform verknüpft Eigenentwicklungen und Nicht-Standardanwendungen, unterschiedlichste Datenquellen von SAP- und Nicht-SAP-Anwendungen miteinander und schafft somit eine einheitliche Basis für alle Anwendungen und Daten. Eine durchgängige Integration der Anwendungen, der nahtlose Datenfluss und die redundanzfreie Datenhaltung zählen zu den Vorteilen der SAP HANA Plattform. Die bestehenden Anwendungen werden beschleunigt und durch neue SAP HANA Entwicklungen ergänzt (SAP SE 2017). Die SAP HANA Plattform beinhaltet bereits alle

notwendigen Funktionen, sodass Echtzeitauswertungen, Ad-hoc-Analysen und Simulationen somit jederzeit durchführbar sind (Schmitz 2017). Mittels einer integrierten Entwicklungsumgebung wird eine neue und maßgeschneiderte Anwendungsentwicklung ermöglicht (SAP SE 2017).

Das Herzstück dieser Plattform stellt die bereits erläuterte SAP HANA Datenbank dar. Diese zeichnet sich durch ihre spaltenorientierte Datenhaltung aus. Eine normale Datenbank enthält üblicherweise zweidimensionale Datenbanktabellen, welche aus Zeilen und Spalten bestehen. Im Hauptspeicher ist die Datenhaltung jedoch nicht zweidimensional, sondern eindimensional angeordnet. Diese Umwandlung der Tabellen in eine lineare Form kann als zeilen- oder spaltenorientiert erfolgen (Prassol 2015, S. 361). Bei einer herkömmlichen Datenbank erfolgt die Verwaltung der Daten zeilenbasiert. Hier werden einzelne Elemente eines Datensatzes als aufeinanderfolgende Bytestrings gespeichert. Währenddessen unterstützt SAP HANA zeilen- und spaltenorientierte Datenhaltung. Bei der spaltenorientierten Datenhaltung werden die Inhalte der einzelnen Spaltenelemente in einer logischen Datensicht als Bytefolge abgelegt (Koglin 2016, S. 55f.). Durch die spaltenbasierte Datenhaltung können transaktionale Daten schneller durchsucht und Tabellen noch stärker komprimiert werden (Prassol 2015, S. 365). Damit eine parallele Verarbeitung und eine schnellere Kommunikation erfolgen können, werden mehrere Prozessoren in einem Systemverbund integriert (Multicore CPUs). SAP HANA ist durch den Einsatz von Multicore CPUs in der Lage, große Datenmengen in Echtzeit zu verarbeiten. In der SAP HANA Datenbank werden strukturierte sowie unstrukturierte Daten verwaltet, um einen Wechsel zwischen mehreren Datenbanken zu vermeiden. Als strukturierte Daten werden Daten aus relationalen Tabellen bezeichnet. Unstrukturierte Daten setzen sich aus Störmeldungen, Bildern oder Videos zusammen. Ein weiterer Grund, warum SAP HANA als Datenbank benötigt wird, ist die Zusammenführung von transaktionalen und analytischen Szenarien. SAP HANA hebt die Trennung zwischen Online Transactional Processing (OLTP) und Online Analytical Processing (OLAP) auf. Dadurch können Geschäftsanwendungen mit integrierter Analytik im gleichen System gehalten werden (Prassol 2015, S. 364). Eine weitere Änderung, welche die neue In-Memory-Technologie mit sich bringt, ist die Verlagerung der rechenintensiven Prozesse vom Applikationsserver in die SAP HANA Datenbank. Alle datenbezogenen Aufgaben, wie aggregieren, filtern, sortieren, kalkulieren und analysieren, werden nun in der Datenbank SAP HANA ausgeführt. Dieser Vorgang wird Code Pushdown genannt. Dadurch werden lange Ladezeiten zwischen Applikationsserver und Datenbank vermieden, da nur die Ergebnisse an den Applikationsserver gesendet werden (Koglin 2016, S. 61f.). SAP HANA ist, wie jede andere Datenbank, vollständig kompatibel mit den Anforderungen des ACID-Standards. Dieser setzt sich aus den Eigenschaften Atomarität, Konsistenz, Isolation

und Dauerhaftigkeit zusammen. Die Richtigkeit der Daten kann somit zu jedem Zeitpunkt gewährleistet werden (Koglin 2016, S. 58).

Die Plattform SAP HANA wird auch als PaaS-Lösung angeboten. Innerhalb der SAP HANA Cloud Plattform wird die Entwicklung, die Erweiterung und die Bereitstellung von Anwendungen ermöglicht. Die Vorteile einer SAP HANA Cloud Plattform sind die schnelle und agile Entwicklungsmöglichkeit und der Entfall des Infrastrukturaufbaus, da die benötigten Ressourcen über eine Cloud genutzt werden können. Die Anbindung an das On-premise System erfolgt über einen Cloud Connector. Dieser sorgt dafür, dass eine sichere Verbindung zwischen dem eigenen System und der Cloud aufgebaut wird (Koglin 2016, S. 46ff.).

SAP S/4HANA

SAP Business Suite 4 SAP HANA oder kurz SAP S/4HANA ist die nächste Generation der Business Suite und wurde im Jahr 2015 von SAP vorgestellt. Das „S“ in SAP S/4HANA steht für simple und die Zahl vier für die vierte Generation der Business Suite. Das neue Produkt SAP S/4HANA basiert auf der Datenbank SAP HANA und wurde von Grund auf neu entwickelt, um die signifikanten Vorteile der Datenbank vollständig ausschöpfen zu können.

Die SAP SE bietet für die neue Produktlinie verschiedene Betriebsformen an. Es kann zwischen On-premise, den verschiedenen Cloud-Möglichkeiten und einer Kombination der beiden unterschieden werden. Bei der Betriebsform On-premise wird die Software SAP S/4HANA im kundeneigenen Netzwerk betrieben. Die Wartung und Pflege der Software erfolgt durch interne Mitarbeiter (Koglin 2016, S. 43). Die Nutzung des vollständigen ERP-Systems und die beliebige Erweiterung der Eigenentwicklungen ist bei On-premise möglich (Koglin 2016, S. 75). Bei dieser Betriebsform wird einmal jährlich ein Release zur Verfügung gestellt. Die Entscheidung, ob das Release genutzt wird oder nicht, liegt bei dem jeweiligen Unternehmen selbst. Die Cloud-Lösungen von SAP S/4HANA können in Private-Cloud und Public-Cloud unterschieden werden. In der SAP S/4HANA Cloud, private option, muss keine eigene Hardware beschafft werden. Die ERP-Anwendungen werden bei dieser Betriebsform im vollständigen Umfang bereitgestellt. Der Betrieb, die Pflege und die Wartung des Systems wird von der SAP SE übernommen und erlaubt uneingeschränkte Eigenentwicklungen. Ähnlich wie bei der On-premise-Lösung, werden die Releases jährlich zur Verfügung gestellt. Mit der Public-Cloud-Option werden nur die Standardanwendungen innerhalb der Cloud angeboten. Dadurch können Eigenentwicklungen nur eingeschränkt verwirklicht werden. Der Vorteil dieser Betriebsform ist, dass jedes Quartal automatisch ein neues Release eingespielt wird und das Hosting vollständig über die SAP SE erfolgt (SAP SE 2016a). Die cloudbasierten Produkte SAP Ariba, SAP SuccessFactors, SAP Fieldglass, Concur und SAP Hybris Cloud for Customer werden ebenfalls von der SAP SE angeboten. Das Ziel der SAP

Cloud-Strategie ist, dass die Systemerweiterungen zukünftig nicht mehr innerhalb der Unternehmen durchgeführt und betrieben werden. Folglich reduziert sich die Komplexität der Systemlandschaft, da die benötigten Ressourcen über die Cloud bereitgestellt werden (Koglin 2016, S. 45f.).

SAP S/4HANA stellt den digitalen Kern für Geschäftsprozesse dar (SAP SE 2016b). Die separat genutzten Instanzen der alten Business Suite wurden in den digitalen Kern zurückgeführt (Koglin 2016, S. 104). Des Weiteren wurden die alten ERP-Anwendungen so umgestaltet, dass sie den Anforderungen und den Herausforderungen der digitalen Welt entsprechen. Es entstehen somit vereinfachte Informationsflüsse sowie einfache und durchgängige Geschäftsprozesse (Sokollek 2016).

Die neue Produktlinie SAP S/4HANA verfolgt bei der Entwicklung von Anforderungen den Leitgedanken des Principle of One. Das bedeutet, dass für eine Anforderung nur noch ein Lösungsansatz zur Verfügung steht. Umgesetzt wurde der Leitgedanke in Form einer Neukonzeptionierung, wodurch die Zahl der Anwendungen und Transaktionen reduziert und die Datenbankstruktur überarbeitet und optimiert wurde. Dadurch wird die Wartung vereinfacht, die Innovationszyklen werden kürzer und die Systemstruktur wird flexibler (Koglin 2016, S. 102ff.).

Die Voraussetzung zur Durchführung des Principle of One ist die Verschlinkung des Datenmodells. Angesichts der neuen Datenbanktechnologie und der enormen Performancevorteile werden die Summen- und Indextabellen nicht mehr benötigt. Aufgrund des Wegfalls einiger Tabellen werden die Daten nur noch in die erforderlichen Tabellen oder in die neuen und zentralen Tabellen, welche für die Anwendungen optimiert wurden, abgelegt. Da aber in Anwendungen noch Zugriffe auf alte Tabellen erfolgen, wurden sogenannte Compatibility Views entwickelt. Die Compatibility Views stellen Verweise dar, die von alten auf neue oder bereits bekannte Tabellen zeigen und somit deren Inhalte simulieren. Mit Hilfe der Compatibility Views kann die Datenmenge deutlich reduziert werden und es werden eine höhere Flexibilität und ein besserer Datendurchsatz erreicht (Koglin 2016, S. 112ff.).

Benutzeroberfläche SAP Fiori

Bisher wurden die Anwendungen im ERP-System über die transaktionsbasierte Oberfläche SAP GUI (Graphical User Interface) aufgerufen. Diese Oberflächen sind sehr kompliziert und entsprechen nicht den Anforderungen an moderne IT-Systeme. Zum einen wird nicht auf die Trennung zwischen Oberflächen- und Geschäftslogik geachtet und zum anderen ist eine unabhängige Darstellung auf verschiedenen Endgeräten nicht möglich. Deshalb wurde die neue browserbasierte Oberfläche SAP Fiori unter SAP S/4HANA entwickelt (Koglin 2016, S. 48). Sie soll dem Anwender eine völlig neue User Experience (Benutzererfahrung) bieten und ersetzt das transaktionsbasierte Konzept durch rollenbasierte Anwendungen. Hierbei wird der Anwender bei der Erledigung seiner Aufgaben bestmöglich unterstützt, indem Benutzerrollen definiert

und passende Oberflächen gestaltet wurden. Dies führt zu geringeren Einarbeitungszeiten, zu einer höheren Produktivität und zur Steigerung der Usability.

Für die verschiedenen Benutzerrollen bietet SAP seit 2013 eine Vielzahl von Fiori-Apps an. Es wird zwischen analytischen Apps, Fact-Sheet-Apps und transaktionalen Apps unterschieden. Die analytischen Apps benötigen SAP HANA als Datenbank und bieten Echtzeitanalysen an. Mit Hilfe der Fact-Sheet-Apps erhalten Anwender einen 360-Grad-Blick auf betriebswirtschaftliche Objekte. Hier ist ebenfalls der Zugriff auf die Datenbank SAP HANA erforderlich. Die transaktionalen Apps können ohne SAP HANA genutzt werden und bilden transaktionale Funktionen ab (Koglin 2016, S. 84ff.). Die Screens der SAP Fiori-Apps sind einfach und übersichtlich gestaltet und sind somit intuitiv bedienbar. Es sind nur geringe SAP-Kenntnisse notwendig, wodurch teure und zeitintensive Schulungen entfallen können. Trotzdem muss in manchen Fällen auf die SAP GUI-Oberfläche zugegriffen werden, da noch nicht alle Transaktionen in SAP Fiori-Apps umgesetzt wurden (SAP SE 2016a). Mit Hilfe von Screen Personas können SAP GUI-Oberflächen an das moderne SAP Fiori Design angepasst werden. Dies geschieht über individuelle Konfigurationen (Customizing-Einstellungen) und sorgt für eine konsistente User Experience (SAP SE 2016a, S. 53).

Das Entwicklungskonzept namens SAPUI5 gibt strikte Designregeln und Entwicklungsrichtlinien vor, um die User Experience aufrecht zu erhalten (SAP SE 2016a, S. 34). Die Verwendung bestimmter Bibliotheken ermöglicht eine responsive Gestaltung der Apps. Eine responsive Oberfläche passt sich an die Auflösung des jeweiligen Endgeräts an. Auf diese Weise wird auch das Arbeiten auf mobilen Endgeräten möglich (Koglin 2016, S. 86f.).

Eine weitere Neuerung unter SAP Fiori ist das SAP Fiori Launchpad. Es ist ein zentraler Einstieg in die Fiori-Apps und ist ebenfalls eine SAPUI5-basierte Webanwendung. Das SAP Fiori Launchpad zeigt dem Anwender alle Fiori-Apps an, die seiner Benutzerrolle zugeordnet wurden (Koglin 2016, S. 90). Die Apps werden in Form von Kacheln auf dem Launchpad abgebildet. Diese Kacheln können beliebig angeordnet oder entfernt werden. Auf den Kacheloberflächen befinden sich die Schlüsselinformationen der Anwendungen. Der Anwender erkennt vor der Öffnung der App kritische Situationen und kann somit schnellstmöglich eingreifen (SAP SE 2016a, S. 35). Dies wird als „Exception driven“ bezeichnet und ist eine der Schlüsselfunktionen der SAP-Fiori-Apps. Ein weiterer Vorteil der neuen Oberfläche ist, dass der Anwender weniger Klicks benötigt, um eine Aufgabe zu erledigen. Für die Unterstützung bei der Entscheidungsfindung enthalten Transaktionen eingebettete Analysen. Des Weiteren beinhalten die SAP Fiori-Apps sogenannte „Aktions-Buttons“, die dem Anwender mögliche Aktionen und ihre jeweiligen Auswirkungen anzeigen. Im SAP Fiori Launchpad wird auch eine Fuzzy-Suche angeboten. Dabei werden von einem beliebigen Suchbegriff die ersten Buchstaben eingegeben und SAP Fiori zeigt, ähnlich der

Google-Suche, die Auswahlmöglichkeiten zur Vervollständigung des Suchbegriffs (SAP SE 2016a, S. 36).

Methodisches Vorgehen

Entwicklung der Nutzwertanalyse

Mit Hilfe einer Nutzwertanalyse soll das Nutzenpotenzial durch den Einsatz von SAP S/4HANA ermittelt werden, um daraus abzuleiten, ob SAP S/4HANA als bestmögliche Systembebauung für die Herausforderungen der Smart Factory dient. Für jeden Prozess im Bereich Produktion wurde eine Nutzwertanalyse durchgeführt. Die Bewertung der Nutzwertanalyse wurde mit ausgewählten Personen vorgenommen.

Die Nutzwertanalyse dient der Entscheidungsfindung und zerlegt das Gesamtproblem in einzelne Teilprobleme (Mehlan 2007, S. 55). Die Nutzwertanalyse bietet sich an, wenn viele Bewertungskriterien vorliegen, die Bewertungskriterien sehr unterschiedlich sind (qualitative und quantitative Kriterien) oder mehrere Personen mit unterschiedlichen Meinungen und Vorerfahrungen am Entscheidungsprozess beteiligt sind. Es können jedoch nur nicht-monetäre Teilziele vergleichbar gemacht werden (Kühnapfel 2014, S. 1ff.). Das Ergebnis der Nutzwertanalyse ist der Gesamtnutzwert. Die Alternative mit dem höchsten Gesamtnutzwert entspricht den am besten formulierten Vorstellungen und Zielen (Bundesministerium des Innern und Bundesverwaltungsamt 2016, S. 312). Der Nutzwert hat eine hohe Aussagekraft, da die Bewertung anhand von Zahlenwerten erfolgt. Des Weiteren wird die Ermittlung der Nutzwertsteigerung von SAP ERP zu SAP S/4HANA auf Prozessebene möglich. Deshalb ist die Nutzwertanalyse eine sinnvolle Bewertungsmethode für den praktischen Teil dieser Arbeit. Die Entwicklung der Nutzwertanalyse wird im Folgenden beschrieben.

Benennung des Entscheidungsproblems

Im ersten Schritt der Nutzwertanalyse wird das Entscheidungsproblem bestimmt. Das Entscheidungsproblem der Nutzwertanalyse ist die Beantwortung der zentralen Fragestellung, ob sich SAP S/4HANA als Enabler zur Smart Factory der AUDI AG eignet.

Auswahl der Entscheidungsalternativen

Als nächstes müssen die Entscheidungsalternativen der Nutzwertanalyse ausgewählt werden. Dies sind die Systeme SAP ERP und SAP S/4HANA.

Sammlung der Entscheidungskriterien

Schließlich werden die Bewertungskriterien innerhalb der Nutzwertanalyse definiert. Die Kriterien müssen für die Bewertung des Entscheidungsproblems relevant sein. Gleichzeitig muss für jedes einzelne Kriterium eine sinnvolle Bewertungsskala erstellt werden, um die Bewertung durchführen zu können (Kühnapfel 2014, S. 6ff.). Folglich werden die acht Kriterien der Nutzwertanalyse erläutert.

Kriterium „Standardisierung“: Das Ziel dieses Kriteriums ist die Rückführung von kundenspezifischen Sonderprozessen zu SAP-Standardlösungen. SAP-Standard bedeutet, einen Prozess im SAP-Standard abzubilden und nur durch individuelle Konfigurationen (Customizing-Einstellungen) ausprägen. Das Kriterium prüft, inwieweit die Prozesse im SAP-Standard abgebildet sind.

Kriterium „Komplexität der Systemlandschaft“: Im Vordergrund des Kriteriums steht die Reduzierung der Komplexität der SAP-Systemlandschaft. Dadurch kann die Anzahl der systemseitigen Schnittstellen verringert werden. Es treten keine Medienbrüche bei der Betrachtung der Geschäftsprozesse auf und es kann eine bessere Systemperformance erreicht werden. Hier werden die Schnittstellen eines Prozesses betrachtet.

Kriterium „Datenhaltung und Datenverfügbarkeit“: Das Ziel dieses Kriteriums ist die Echtzeitdatenauswertung sowie die Datendurchgängigkeit der Prozesse. Hierbei geht es um die Datenerfassung, die Datenhaltung, die Datenaufbereitung, die Datenverfügbarkeit und die Datendurchgängigkeit. Es wird betrachtet, ob die Datenaufbereitung im jeweiligen Prozess selbstständig durch das System erfolgt und ob die Aktualität und Konsistenz der Daten gewährleistet wird. Laut SAP SE kann mit der Datenbank SAP HANA eine bessere Datenqualität erreicht werden, da alle Daten in einer Datenbank zur Verfügung stehen und dadurch keine redundante Datenhaltung erfolgt. Des Weiteren müssen die Daten nicht mehr in ein externes Analysesystem gespielt werden, in dem die Auswertung der Daten über Nacht erfolgt. Mit SAP HANA wird eine Analyse auf Basis von Echtzeitdaten ermöglicht. Die Daten können mittels der In-Memory-Technologie im Arbeitsspeicher gehalten werden. Somit wird die Grundlage für den Umgang mit Big Data geschaffen.

Kriterium „Datenmodellverschlinkung“: Dieses Kriterium ist ein generisches Thema und wird über den gesamten Bereich Produktion bewertet. Die Bewertung des Kriteriums fließt in jede Nutzwertanalyse mit demselben ermittelten Wert mit ein. Das Kriterium ist aus rein technischer Sicht zu betrachten und setzt sich zum Ziel, das Datenmodell zu verschlinken. Für die Bewertung des Kriteriums werden die Datenbankgröße und die Datenbanktabellen betrachtet.

Kriterium „Usability und User Experience“: Die Usability beschäftigt sich mit der Benutzbarkeit, wobei die User Experience die Stimmung der Anwender betrachtet. Das Ziel dieses Kriteriums ist die maximale Steigerung der Usability und zugleich die beste User Experience zu erreichen. Dabei wird das transaktionsorientierte Konzept (SAP ERP) mit dem rollenbasierten Konzept (SAP S/4HANA) verglichen. Mit dem neuen Oberflächendesign SAP Fiori wird eine einfache und intuitive Anwendung möglich. Dadurch können Schulungs- und Einarbeitungsaufwand reduziert werden. Des Weiteren ermöglicht das responsive Design die Nutzung mobiler Endgeräte.

Kriterium „Automatisierungsgrad“: Dieses Kriterium misst den Grad der Systemautomatisierung. Die Steigerung des Digitalisierungsgrads und der Mitarbeiterproduktivität stehen bei diesem Kriterium im Vordergrund. Die SAP Fiori-Apps verwenden die Funktion „Exception driven“, welche dem Anwender automatisch Störmeldungen anzeigen.

Kriterium „Leistungsfähigkeit des Systems“: Bei diesem Kriterium handelt es sich um das zweite generische Kriterium, welches ebenfalls über den gesamten Bereich Produktion betrachtet wird. Das Ziel des Kriteriums ist die Steigerung der Leistungsfähigkeit des Systems. Die Bewertung des Kriteriums wird mit Hilfe der Themen

- Code-Push-Down
- zeilen- und spaltenorientierte Datenhaltung
- Umgang mit großen Datenmengen

bewertet.

Kriterium „Prozessstandardisierung“: Das angestrebte Ziel ist die Verringerung der Varianten pro Prozess. Große Unternehmen setzen viele verschiedene Varianten eines Prozesses in den Gewerken ein. Die Vorteile einer Prozessstandardisierung sind niedrigere Prozesskosten, reduzierte Prozesskomplexität, erhöhte Prozessqualität und eine bessere Prozesstransparenz. Bei diesem Kriterium wird geprüft, wie viele Varianten pro Prozess eingesetzt werden.

Alle Kriterien werden mit der Skala aus [Tabelle 1](#) ~~Tabelle 1~~ bewertet:

Bewertung in Zahlen:	Bewertung in Worten:
0	Nicht erfüllt
1	Ausreichend
2	Befriedigend
3	Gut
4	Sehr gut
5	Überragend

Tabelle 1: Bewertungsskala.

Gewichtung der Entscheidungskriterien

Anschließend muss die Gewichtung der Entscheidungskriterien ermittelt werden. Es wird festgelegt, welche Bedeutung jedes einzelne Kriterium für die Entscheidungsbildung hat. Die Bedeutung wird mit Hilfe einer Verhältniszahl, auch Gewicht genannt, ausgedrückt. Die Summe aller Kriteriengewichte beträgt exakt 100 Prozent (Kühnapfel 2014, S. 6ff.).

Für die Gewichtung der gesammelten Kriterien wird eine Prioritätenanalyse durchgeführt. Sie dient als Hilfsmittel für die Nutzwertanalyse, um eine Vielzahl voneinander unabhängigen Kriterien hinsichtlich ihrer Bedeutung zu gewichten. Die Kriterien werden dabei in eine Präferenzmatrix eingetragen und mit jedem anderen Kriterium paarweise verglichen. Ein im Folgenden erläutertes Beispiel befindet sich in [Tabelle 2](#) ~~Tabelle 2~~. Dabei werden, je nach Bedeutung, die Punkte null (weniger wichtig),

eins (gleichwertig) oder zwei (wichtiger) vergeben. Auf diese Weise wird festgestellt, wie wichtig das Kriterium im Vergleich zu einem anderen Kriterium ist. Nach Eintragen der einzelnen Bewertungspunkte in die jeweiligen Felder werden die einzelnen Punktwerte jeder Zeile addiert und in die Spalte Punktesumme je Kriterium notiert. Danach wird in der Spalte Gewichtungsfaktor in Prozent die Punktesumme je Kriterium in Prozentwerte umgewandelt. Die wesentlichsten Vorteile dieser Methode sind die einfache Anwendbarkeit und die Nachvollziehbarkeit von Entscheidungen, da alle Schritte bis zur Ergebnisfindung dokumentiert werden (Bundesministerium des Innern und Bundesverwaltungsamt 2016, S. 316ff.).

	Kriterium A	Kriterium B	Kriterium C	Punktesumme je Kriterium	Gewichtungsfaktor in %
Kriterium A	2	0	0	2	33
Kriterium B	0	1	1	1	17
Kriterium C	2	1	3	3	50
Summe				6	100 %

Tabelle 2: Beispiel für eine Präferenzmatrix.

Mit vielen maßgeblichen Stakeholdern wurden solche Präferenzmatrizen für die genannten Kriterien erhoben. Aus Geheimhaltungsgründen können diese nur eingeschränkt angegeben werden. Bezüglich der Auswertungen lässt sich erkennen, dass die Kriterien Usability und User Experience sowie Prozessstandardisierung in allen Bereichen hoch priorisiert werden.

Bewertung der Entscheidungskriterien und Nutzwertberechnung

Im letzten Schritt der Nutzwertanalyse werden die Entscheidungskriterien bewertet und die Nutzwertberechnungen durchgeführt. Bei jedem Kriterium muss schließlich die Frage gestellt werden, in welchem Maß das Kriterium bei der zu bewertenden Handlungsoption zutrifft. Der Punktwert entsteht durch die Multiplikation der Gewichtung und der Bewertung des jeweiligen Kriteriums. Die Punktwerte für jedes Kriterium müssen für jede Alternative aufsummiert werden. Das Ergebnis ist der Nutzwert der jeweiligen Alternative (Kühnapfel 2014, S. 16). In Tabelle 3 wird das Grundgerüst der Nutzwertanalyse dargestellt. Aus Geheimhaltungsgründen sind die Daten in Tabelle 3 frei erfunden.

Kriterium	Gewicht (%)	SAP ERP		SAP S/4HANA	
		Bewertung	Punkt-wert	Bewertung	Punkt-wert
Standardisierung	19,2	3	0,58	4	0,77
Systemkomplexität	12,8	1	0,13	3	0,38
Datenhaltung und -verfügbarkeit	3,2	3	0,10	3	0,10
Datenmodellverschlankeung	16,0	2	0,32	4	0,64
Usability und User Experience	9,6	1	0,10	3	0,29
Automatisierungsgrad	12,8	3	0,38	4	0,51
Leistungsfähigkeit des Systems	19,2	2	0,38	4	0,77
Prozessstandardisierung	7,2	5	0,36	5	0,36
Summe:	100 %		2,35		3,82

Tabelle 3: Beispiel der Nutzwertanalyse.

Die Nutzwertanalyse wurde für alle Prozesse im Bereich Produktion angewandt. Bei allen Prozessen lässt sich eine Verbesserung durch den Einsatz von SAP S/4HANA erkennen. Eine erhebliche Verbesserung ist bei den generischen Kriterien „Leistungsfähigkeit des Systems“ und „Datenmodellverschlankeung“ zu erwarten. Prototypische Pilotimplementierungen zeigen, dass sich einige spürbare Verbesserungen bereits durch eine Systemkonvertierung ergeben.

Zusammenfassende Bewertung und nächste Schritte

Damit die Wettbewerbsfähigkeit der Unternehmen langfristig gesichert werden kann, muss im Laufe der Zeit ein Wandel der Produktion hin zu einer Smart Factory erfolgen. Eine Smart Factory stellt Anforderungen an IT-Systeme, die von den heute überwiegend eingesetzten ERP-Systemen unzureichend erfüllt werden. Durch Aussagen und Berichte aus der Literatur konnte belegt werden, dass diese Anforderungen durch die neue Produktgeneration der SAP SE erfüllt werden.

Nach den aufgezeigten prototypischen Pilotimplementierungen schafft eine Systemkonvertierung von SAP ERP auf SAP S/4HANA eine moderne Plattform als Grundlage für eine Smart Factory. Die Nutzwertanalyse im Bereich Produktion belegt, dass ein zukünftiger Einsatz von SAP S/4HANA denkbar und erforderlich ist. Des Weiteren können die bedeutenden technischen Vorteile einer SAP HANA Datenbank ausschließlich mit dem neuen SAP S/4HANA System ausgeschöpft werden. Eine schrittweise Einführung der Möglichkeiten von SAP S/4HANA ist möglich, wirtschaftlich und hilft der Akzeptanz des Systems im Unternehmen.

Insgesamt beantwortet dieses Projekt die Frage, ob sich SAP S/4HANA als Enabler zur Smart Factory der AUDI AG eignet, eindeutig mit Ja. Daher wird in einem weiteren Projekt ein Zeit- und Budgetplan zur Umstellung des SAP ERP Systems bei der Audi AG auf SAP S/4HANA erarbeitet und dem höheren Management bei der Audi AG zur Genehmigung vorgelegt.

Literaturverzeichnis

- Bauernhansl, Thomas; Hompel, Michael ten; Vogel-Heuser, Birgit (Hg.) (2014): Industrie 4.0 in Produktion, Automatisierung und Logistik. Anwendung, Technologien, Migration. Wiesbaden: Springer Vieweg.
- Bundesministerium des Innern; Bundesverwaltungsamt (Hg.) (2016): Handbuch für Organisationsuntersuchungen und Personalbedarfsermittlung.
- Bundesministerium für Verkehr, Innovation und Technologie (2012): SmartCitiesNet. Evaluierung von Forschungsthemen und Ausarbeitung von Handlungsempfehlungen für "Smart Cities" (38).
- Huber, Walter (2016): Industrie 4.0 in der Automobilproduktion. Ein Praxisbuch. Wiesbaden: Springer Vieweg.
- Jasperneite, Jürgen (2012): Was hinter Begriffen wie Industrie 4.0 steckt. Internet und Automation. Online

- verfügbar unter <http://www.computer-automation.de/steuerungsebene/steuern-regeln/artikel/93559/>, zuletzt geprüft am 30.11.2016.
- Kagermann, Henning; Wahlster, Wolfgang; Helbig, Johannes (2013): Umsetzungsempfehlungen für das Zukunftsprojekt Industrie 4.0. Deutschlands Zukunft als Produktionsstandort sichern - Abschlussbericht des Arbeitskreises Industrie 4.0.
- Koglin, Ulf (2016): SAP S/4HANA. Voraussetzungen - Nutzen - Erfolgsfaktoren. 1. Auflage. Bonn: Rheinwerk Verlag GmbH (Rheinwerk Publishing, 3891).
- Kühnapfel, Jörg B. (2014): Nutzwertanalysen in Marketing und Vertrieb. Wiesbaden: Springer-Gabler (essentials).
- Mauerer, Jürgen (2016): Was ist was bei Industrie 4.0? Begriffe rund um die vernetzte Produktion. Online verfügbar unter <http://www.computerwoche.de/a/was-ist-was-bei-industrie-4-0,3313199>, zuletzt geprüft am 12.10.2016.
- Media-Manufaktur GmbH (Hg.) (2016): Produktion 4.0. Neue Wege für die Automobilindustrie. Media-Manufaktur GmbH. 2. Auflage. Pattensen: Media-Manufaktur.
- Mehlan, Axel (2007): Praxishilfen Controlling. Die besten Controlling-Instrumente mit Excel. Freiburg Brsg.: Haufe-Mediengruppe.
- Muir, Nancy; Kimbell, Ian (2009): Discover SAP. Entdecke die Welt von SAP. 2., aktualisierte Aufl. Bonn: Galileo Press.
- Münzl, Gerald; Pauly, Michael; Reti, Martin (Hrsg.) (2015): Cloud Computing als neue Herausforderung für Management und IT. Berlin: Springer Vieweg.
- Plattform Industrie 4.0 (2015): Umsetzungsstrategie Industrie 4.0. Ergebnisbericht der Plattform Industrie 4.0. Online verfügbar unter <https://www.bitkom.org/Publikationen/2015/Leitfaden/Umsetzungsstrategie-Industrie-40/150410-Umsetzungsstrategie-0.pdf>, zuletzt geprüft am 12.10.2016
- Prassol, Pascal (2015): SAP HANA als Anwendungsplattform für Real-Time Business. In: *HMD: Praxis der Wirtschaftsinformatik* (3), S. 358–372.
- SAP SE (2016a): S4H01 - Introduction to SAP S/4HANA. Collection 04 - Participant Handbook.
- SAP SE (2016b): SAP S/4HANA: Der digitale Kern für die digitale Welt. Online verfügbar unter <http://news.sap.com/germany/sap-s4hana-der-digitale-kern-fur-die-digitale-welt/>, zuletzt geprüft am 04.01.2017.
- SAP SE (2016c): SAP: 44 Jahre Innovation. Online verfügbar unter <http://www.sap.com/corporate/de/company/history.1972-1980.html>, zuletzt geprüft am 12.12.2016.
- SAP SE (2017): SAP HANA 2: Ihr Wegbereiter in der digitalen Transformation. Fortschrittliches Datenmanagement, analysegestützte Informationsgewinnung und Anwendungsentwicklung – unsere neu aufgesetzte HANA-Plattform ebnet Ihnen den Weg zum digitalen Unternehmen. Online verfügbar unter <http://www.sap.com/germany/product/technology-platform/hana.html>, zuletzt geprüft am 04.01.2017.
- Schmitz, Andreas (2017): Was ist eigentlich SAP HANA? Online verfügbar unter <http://news.sap.com/germany/ist-eigentlich-sap-hana/>, zuletzt geprüft am 04.01.2017.
- Sokollek, Michael (2016): SAP S/4HANA: Roadmap schafft Voraussetzungen für den Wechsel. Online verfügbar unter <http://news.sap.com/germany/sap-s4hana-roadmap-schafft-voraussetzungen-fur-den-wechsel/>, zuletzt geprüft am 04.01.2017.
- VDI/VDE-Gesellschaft (2013): Thesen und Handlungsfelder. Cyber-Physical Systems: Chancen und Nutzen aus Sicht der Automation.
- Wagner, Frank; Mathäß, Kim (2016): The Road to SAP S/4HANA. Transition and deployment options for SAP S/4HANA. Hg. v. SAP SE.
- Zillmann, Mario (2016): Smart Factory - Wie die Digitalisierung Fabriken verändert. Transformation von der Werkshalle bis zur Unternehmensleitung. Hg. v. Lünendonk GmbH in Zusammenarbeit mit T-Systems und Produktion.

ENTWICKLUNG EINER MIGRATIONSSTRATEGIE FÜR SAP-SCHNITTSTELLEN AUF SAP PROCESS ORCHESTRATION

Manuel Staufenberg
CSL Behring GmbH
Business Technology
35041 Marburg

manuel.staufenberg@cslobehring.com

Benjamin Nordwald
CSL Behring GmbH
Business Technology
35041 Marburg

benjamin.nordwald@cslobehring.com

Prof. Dr. Harald Ritz
Technische Hochschule Mittelhessen
Fachbereich MNI
Wiesenstr. 14, 35390 Gießen
harald.ritz@mni.thm.de

ABSTRACT

Der vorliegende Artikel wurde in Zusammenarbeit mit der globalen ERP-Organisation der CSL Behring GmbH in Marburg erarbeitet und behandelt die Entwicklung einer Migrationsstrategie für SAP-Schnittstellen auf SAP Process Orchestration. Das Unternehmen führt derzeit ein globales, technologiegestütztes Business- und Prozesstransformationsprogramm durch, um Kapazitäts- und Workflow-Lücken in den Prozessen und Systemen zu schließen. Im Zuge dessen werden unter anderem die funktionalen Organisationseinheiten zu einer prozessorientierten Organisation transformiert.

Innerhalb des genannten Transformationsprogramms wird außerdem das bisher eingesetzte ERP-System SAP ERP Central Component 6.0 (kurz: SAP ECC) durch die SAP Business Suite 4 SAP HANA (kurz: SAP S/4HANA) abgelöst. Aufgrund des hohen Grades an Prozessintegration der IT-Systeme des Unternehmens und dessen Stakeholdern findet ein elektronischer Datenaustausch zwischen SAP und anderen IT-Systemen statt, welcher über verschiedene technische Lösungen realisiert wurde. Dabei entstand ein hoch komplexes und nur noch schwer überschaubares System an Schnittstellen. Zielsetzung des vorliegenden Artikels ist es, die Entwicklungsschritte einer Migrationsstrategie zur Konsolidierung einer bestehenden Schnittstellen-Landschaft auf ein SAP S/4HANA-System in Kombination mit SAP Process Orchestration zu erläutern.

SCHLÜSSELWÖRTER

Digitalisierung, Software, Transformation, Enterprise Resource Planning, SAP S/4HANA, EDI, Process Orchestration, Schnittstellen.

CSL BEHRING

Die Behringwerke wurden im Jahr 1904 durch Emil von Behring (erster Nobelpreisträger für Physiologie und Medizin) in Marburg gegründet, um Impfstoffe und Seren zur Bekämpfung von Infektionskrankheiten herzustellen. Die Muttergesellschaft der heutigen CSL Behring, CSL Limited, wurde 1916 für die Versorgung mit biologischen Arzneimitteln in Australien gegründet ([1] CSL Behring 2013).

Der Hauptsitz von CSL Behring befindet sich in King of Prussia (Pennsylvania, USA). Die CSL Behring GmbH in Marburg ist der weltweit größte Produktions- und Forschungsstandort des Unternehmens. Weitere Fertigungsstandorte befinden sich in Bern (Schweiz), Kankakee (Illinois, USA) sowie Broadmeadows (Australien). Weltweit werden in der größten Organisationseinheit von CSL, CSL Behring, mehr als 16.000 Mitarbeiter beschäftigt und im Geschäftsjahr 2017/18 wurde ein Umsatz von ca. 6,7 Mrd. US \$ erwirtschaftet. Die gesamte CSL-Organisation beschäftigt weltweit ca. 22.200 Mitarbeiter und hat im genannten Geschäftsjahr einen Umsatz von ca. 7,9 Mrd. US \$ erwirtschaftet ([2] CSL Behring 2017; [3] CSL Limited 2018).

Heute ist CSL Behring ein weltweit führendes Unternehmen für die Herstellung von Gerinnungsfaktoren, Produkten für die Intensivmedizin und Immunglobulinen für seltene und schwere Krankheiten. Mit CSL Plasma betreibt CSL eines der größten Netzwerke von Plasmaspendezentren weltweit ([1] CSL Behring 2013).

Der IT-Bereich des Unternehmens, in welchem dieser Artikel erarbeitet wird, wird Business Technology genannt und ist eine Teileinheit der Global Business Technology der CSL Limited. Es handelt sich hierbei um eine globale Organisation, die von vernetzten Teams aus dem gesamten Konzern mit dem Ziel betrieben wird, IT-Lösungen und -Services für das Business bereitzustellen, um dem Unternehmen einen effizienten Geschäftsbetrieb zu ermöglichen.

AUSGANGSSITUATION

Eine Herausforderung beim Einsatz von Enterprise-Resource-Planning-Systemen (ERP-Systemen) ist es vor allem, die „richtige Balance zwischen Standardisierung und Individualisierung des Systems zu finden“, was durch den Einsatz von Geschäftsprozessmanagement begünstigt wird ([8] Leiting 2012).

Dieser Herausforderung stellt sich CSL innerhalb eines globalen, technologiegestützten Business- und Prozesstransformationsprojektes. In diesem Kontext wird das

bisher eingesetzte ERP-System SAP ERP Central Component 6.0 (kurz: SAP ECC) durch die SAP Business Suite 4 SAP HANA (kurz: SAP S/4 HANA) abgelöst.

Ein Ziel des Projektes ist die Transformation von funktionalen Organisationseinheiten zu einer prozessorientierten Organisation. Dabei wird ein möglichst hoher Grad an Optimierung auch durch einen möglichst hohen Grad an Prozessintegration der beteiligten IT-Systeme erreicht.

In aller Regel findet hierzu ein elektronischer Datenaustausch („Electronic Data Interchange“ (EDI)) zwischen SAP und anderen IT-Systemen statt. Dieser Datenaustausch fand bei CSL bisher über verschiedene technische Lösungen statt. Die Komplexität unterscheidet sich von Schnittstelle zu Schnittstelle, was zu einem relativ schwer überschaubaren System führt.

Zielsetzung des Projektes bei CSL in Bezug auf die SAP-Schnittstellen besteht somit darin, die technische Realisierung zu vereinheitlichen, indem sie auf SAP Process Orchestration (SAP PO) implementiert werden.

Im Folgenden werden hierzu die Entwicklungsschritte einer Migrationsstrategie zur Konsolidierung einer bestehenden Schnittstellen-Landschaft auf ein SAP S/4HANA-System in Kombination mit SAP PO aufgezeigt.

HINTERGRUNDINFORMATIONEN

Entwicklung einer IT-Strategie

Bevor damit begonnen wird, die Entwicklung einer IT-Strategie zu beschreiben, soll zunächst die Terminologie „IT-Strategie“ kurz definiert werden. Die Literatur führt die Marktforscher Gartner und Forrester als Referenzen für Definitionsansätze an. So stelle Gartner „die enge Verzahnung der IT-Strategie mit der Unternehmensstrategie heraus“, wobei die IT-Strategie immer ein Teil der Unternehmensstrategie sein solle ([6] Johanning 2014).

Forrester intensiviert diese These nochmals und fordert dazu auf, „die IT-Strategie nicht als losgelöste Komponente zu sehen“, sondern vielmehr als eine mit „der Unternehmensstrategie sehr eng verzahnte Teilstrategie“. So existiere keine explizite IT-Strategie, sondern lediglich eine Unternehmensstrategie mit einer technologischen Komponente ([6] Johanning 2014).

Somit lässt sich der Begriff „IT-Strategie“ aus verschiedenen Blickrichtungen definieren, die einen kleineren oder auch größeren Einfluss auf die Unternehmensstrategie implizieren. Im Folgenden wird ein mögliches Modell zur Entwicklung einer IT-Strategie für ein gesamtes Unternehmen beschrieben, welches daraufhin bestmöglich auf den konkretisierten Fall der Migrationsstrategie adaptiert wird.

Um den Rahmen dieses Artikels einzuhalten, wird statt einer ausführlichen Erläuterung jedes Einzelschrittes ein allgemeingültiger Ansatz verfolgt.

Grundsätzlich können verschiedene Ansätze für die Entwicklung einer IT-Strategie angewandt werden (u.a. [5] Hanschke 2013; [14] Tiemeyer 2016; [15] Tiemeyer 2017). Es existiert jedoch ein Grundgerüst, welches die IT-Strategieentwicklung in drei Kernbestandteile untergliedert ([6] Johanning 2014):

1. die Standortbestimmung,
2. den Strategie-Entwurf und
3. die Strategie-Umsetzung.

Diese Grobgliederung wird im Folgenden dazu genutzt, um eine feinere granulare Projektplanung zu erstellen. Dazu werden den Kernbestandteilen des Grundgerüsts jeweils konkrete Arbeitsschritte zugeordnet, die der Entwicklung einer IT-Strategie dienen sollen.

Migrationen in der IT

Um ein einheitliches Verständnis des Begriffs „Migration“ in der IT zu gewährleisten, wird zunächst eine Definition vorgenommen:

„Eine Migration ist eine wesentliche Veränderung der vorhandenen Systemlandschaft [Der Begriff Systemlandschaft bezieht sowohl Hard- als auch Software mit ein.] oder eines beträchtlichen Teils derselben. Sie kann sich sowohl auf Hardware als auch auf Software beziehen.“ ([4] Bund 2012)

Die Gründe für eine Migration seien vielfältig. So werden Migrationen häufig dann durchgeführt, wenn die Hersteller-Unterstützung für bestimmte Produkte ausläuft, Systeme konsolidiert werden oder andere strategische Ziele, die erweiterte Anforderungen erfordern, erfüllt werden sollen.

Um die Definition praktisch zu verdeutlichen, werden nachfolgend einige Beispiele aufgeführt, bei welchen Sachverhalten in der IT Migrationen nötig sind ([4] Bund 2012):

- die Ablösung einzelner Komponenten durch stark weiterentwickelte oder alternative Varianten,
- die Erweiterung um neue Komponenten und deren Integration in bestehende Teilsysteme oder
- die Ablösung eines Betriebssystems durch ein anderes samt der Anpassung der darauf laufenden Anwendungen und Daten.

In jedem dieser Fälle wird das Gesamtsystem in seinem Zustand deutlich verändert. Wie im Zitat bereits angeführt, kann sich eine Migration sowohl auf Software als auch auf Hardware beziehen. In dem Falle, dass aus-

schließlich Software betroffen ist, wird dies als Software-Migration bezeichnet (z.B. SAP PO).

Abbildung 1 stellt dar, wie sich ein mögliches Vorgehensmodell für Software-Migrationen in mehrere Dimensionen bzw. Phasen untergliedern lässt ([4] Bund 2012).

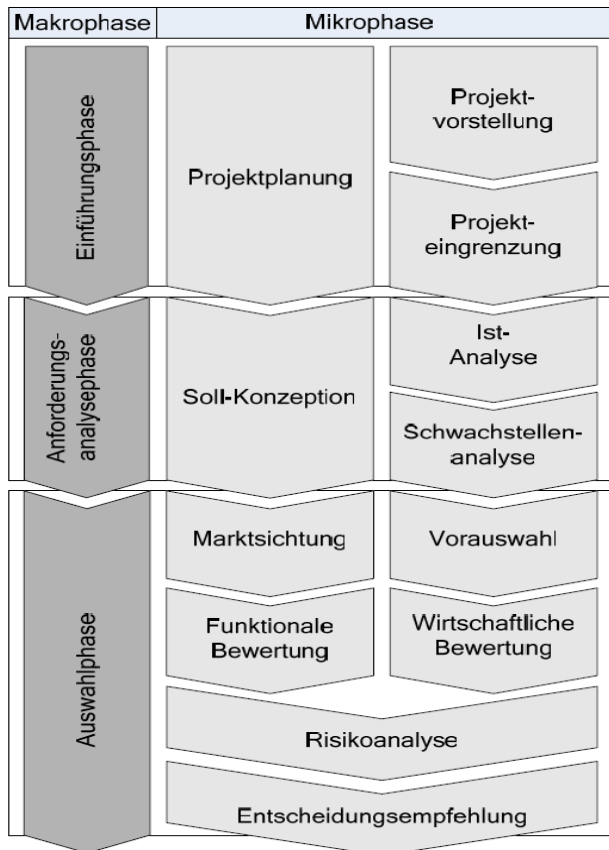


Abbildung 1: Vorgehensmodell für Software-Migrationen

Die Dimension der Makrophase beschreibt die drei Hauptphasen dieses Modells: Einführungs-, Anforderungsanalyse- und Auswahlphase. In den Mikrophasen werden die Makrophasen entsprechend derer Projektschritte verfeinert.

In der Einführungsphase werden grundlegende Entscheidungen hinsichtlich der Migration getroffen (Gründe, Eingrenzung, Notwendigkeit).

Fällt die Entscheidung positiv aus, wird in der Anforderungsanalysephase das bestehende System auf Schwachstellen analysiert und eine Soll-Konzeption vorgenommen.

In der Auswahlphase werden die Erkenntnisse aus der vorherigen Phase angewendet und die Kriterien der Nachfolgelösung festgelegt. Dies betrifft u.a. die Wirtschaftlichkeit, Risiken oder auch eine technische Bewertung. Das Ergebnis mündet in einer Entscheidungsempfehlung.

empfehlung, welche dann für die Umsetzung genutzt wird.

Abschließend erfolgt die Umsetzung der Migration, die entweder per Stichtag oder auch schrittweise erfolgen kann. Für die Stichtagsumstellung spricht ein eindeutig festgelegter Projektzeitraum. Allerdings werden auch hohe Anforderungen an die Durchführung gestellt, da kein Parallelbetrieb verschiedener Systeme vorgesehen ist. Bei der schrittweisen Migration können komplexe Strukturen Stück für Stück neu aufgebaut werden, was die Komplexität der Migration verringert. Allerdings ist hier ebenfalls ein höherer Planungsaufwand nötig, da der Projektverlauf im Vorfeld oft nicht klar zu bestimmen ist.

Es lässt sich resümieren, dass eine komplett individuelle Betrachtung eines jeden Sachverhalts nötig ist und nur eine grobe Empfehlung für die konkrete Planung und Durchführung gegeben werden kann.

SAP Process Orchestration

Zu Beginn wird eine allgemeiner gehaltene Definition der SAP SE selbst zu SAP Process Orchestration (SAP PO) angeführt:

„Process Orchestration bietet eine Infrastruktur aus Werkzeugen zur Modellierung und zum Design von Geschäftsprozessen – vom gesamten Prozessablauf und der Reihenfolge der Aktivitäten bis zu den Interfaces und Datentypen, die zur Integration von SAP-Systemen und Fremdsystemen benötigt werden.“ ([12] SAP SE 2018)

SAP PO bietet demzufolge eine Gesamtlösung für die Organisation von Geschäftsprozessen. In Process Orchestration ist die Process Integration (SAP PI) integriert, mit welcher die Schnittstellen bzw. Interfaces aus dem angeführten Zitat realisiert werden. Vor dem Release von SAP PO war SAP PI eine Stand-Alone-Lösung ([10] SAP SE 2014; [11] SAP SE 2015).

Im vorliegenden Artikel ist besonders der Teil der Process Integration von Relevanz. SAP PI sei ein System, welches „zur Kommunikation eines SAP-Systems mit Fremdsystemen konzipiert“ ist. Dabei werden sogenannte Adapter für die Anbindung von Fremdsystemen genutzt. Damit lässt sich neben der Transfertechnologie (z.B. FTP, HTTP, ...) auch die Struktur der Daten (z.B. XML) beeinflussen ([13] Serkem 2018).

Neben der Process Integration (SAP PI) besteht SAP Process Orchestration aus zwei anderen Lösungen: SAP BPM und SAP BRM.

SAP Business Process Management (SAP BPM) stellt verschiedene Methoden und Technologien für Modellierung, Konfiguration bis hin zum Monitoring von Geschäftsprozessen zur Verfügung.

Mittels SAP Business Rules Management (SAP BRM) lassen sich Geschäftsregeln modellieren, welche insbesondere der Rechteverwaltung des SAP-Systems dienen.

In Abbildung 2 wird ein Überblick über das Zusammenwirken der Komponenten der SAP Process Orchestration gegeben.

ENTWICKLUNG DER MIGRATIONSSTRATEGIE

Der nachfolgend dargestellte Aufbau der Migrationsstrategie orientiert sich am Grundmodell der IT-Strategieentwicklung nach ([6] Johanning 2014). Dieses wird ergänzt durch Best Practices von SAP.

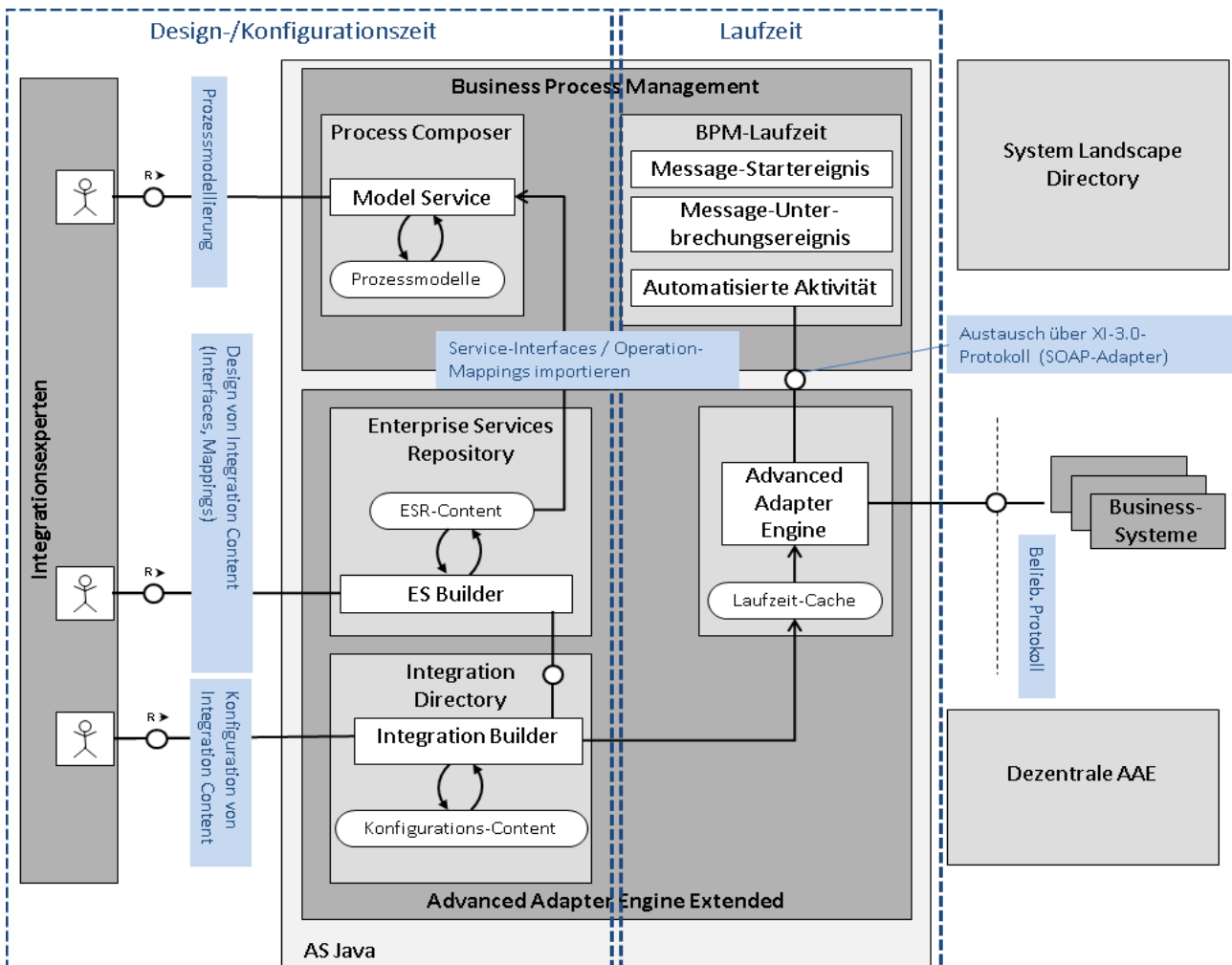


Abbildung 2: Zusammenwirken der Komponenten der Process Orchestration ([12] SAP SE 2018)

Wie sich in der Abbildung erkennen lässt, bestehen in der Design- / Konfigurationszeit zwei Ansätze, welche die Integrationsexperten bei der Implementierung verfolgen können: die Prozess-Sicht, bei der zuerst die Prozesse modelliert werden, aus denen sich dann das sogenannte Enterprise Services Repository (ESR; Metadaten über Schnittstellen und Systeme) ergibt; oder alternativ das direkte Pflegen des ESR.

Sind diese Daten vorhanden, kann im Integration Builder die Konfiguration des Integration Directory durchgeführt und somit die verschiedenen Systeme des ESR logisch durch Integration-Flows miteinander verbunden werden.

Zur Laufzeit sorgt die Advanced Adapter Engine für die technische Anbindung an die Business-Systeme der Partner über beliebige Datenübertragungsprotokolle.

Ist-Analyse

Für die Planung und Durchführung einer Migration in der IT muss zunächst die Ausgangslage bekannt sein. Da sich die Entwicklung einer IT-Strategie möglichst an den Business-Prozessen orientieren sollte, könne bei der Ist-Analyse nicht „standardisiert“, sondern möglichst individuell vorgegangen werden.

In der Literatur werden verschiedene Dokumente genannt, die sich als Ausgangsbasis der Ist-Analyse als nützlich erweisen könnten, u.a.:

- IT-Infrastruktur / Netzwerkstruktur,
- IT-Sicherheitskonzepte,
- Dokumentationen / Schulungsunterlagen und
- Richtlinien-Dokumente (z.B. functional / design specification).

Diese Dokumente können als Grundlage bereits ausreichend für eine Ist-Analyse sein. In der Praxis zeigt sich allerdings, dass in vielen Fällen die Systeme und Schnittstellen nicht ausreichend bzw. vollständig dokumentiert sind.

Dies führt dazu, dass zusätzlich zu diesen Dokumenten auch die eingesetzten Systeme analysiert werden sollten. Möglichkeiten hierzu sind z.B. das Auswerten von System-Logs oder das Nachvollziehen der Konfiguration der Systeme.

Bei der Ist-Analyse einer gesamten Unternehmens-IT werden häufig Fragebögen für die Bestimmung des Reifegrads der IT verwendet. Auch bei der Ist-Analyse zur Vorbereitung von (SAP-)Schnittstellenmigrationen eignen sich Fragebögen, um grundsätzliche Aspekte der eingesetzten Systeme zu klären, die evtl. nicht aus den o.g. Dokumenten hervorgehen, wie z.B.:

- Welche Middleware / Technologie wird eingesetzt?
- Welche Schnittstellen sind betroffen?
- Sind die Schnittstellen standardisiert?
- Wer sind die technischen / fachlichen Ansprechpartner für die jeweiligen Schnittstellen?

Nach einer eingehenden Analyse der o.g. Dokumente bzw. Erstellung und Beantwortung eines individuellen Fragebogens kann davon ausgegangen werden, dass bereits einige Erkenntnisse im Hinblick auf die Ist-Situation gewonnen werden können.

Aus diesem Grund ermöglicht der Abschluss dieses ersten Schrittes bereits eine „erste Ableitung von Handlungsfeldern“, um einen Eindruck davon zu gewinnen, auf welche Aspekte bei der Entwicklung der Migrationsstrategie ein besonderes Augenmerk gerichtet werden sollte.

Ableitung der Zielsetzung

Für die Ableitung einer IT-Strategie wird die Unternehmensstrategie herangezogen. Da in diesem Fall jedoch eine Migrationsstrategie entwickelt werden soll, kann bereits in diesem Schritt etwas granularer vorgegangen werden und die zuvor ermittelten Handlungsfelder bzw. eine eventuell vorhandene IT-Strategie als Ausgangspunkte verwendet werden.

Für die Erarbeitung der Handlungsstränge zur Zielentwicklung existieren zwei grundlegende Vorgehensweisen:

1. Sammeln von Informationen in Bezug auf evtl. vorhandene Strategien und
2. Absprache mit internen und externen Partnern, die in für die Schnittstellen relevanten Prozesse involviert sind.

Das Sammeln der Informationen ist teilweise schon im ersten Schritt erfolgt, indem vorhandene Dokumente gesichtet und analysiert wurden. Darauf aufbauend werden im Unternehmen evtl. bereits vorhandene IT-Strategien begutachtet und entsprechende Punkte, die bei der Durchführung der Migration von Bedeutung sein können, festgehalten.

Im zweiten Schritt sollte eine Absprache mit den internen und externen Partnern erfolgen, welche die Schnittstelle fachlich verwenden bzw. technisch betreuen. So lassen sich aus den Fachbereichen z.B. geänderte Anforderungen oder mögliche Schwachstellen der aktuellen Implementierung ermitteln, welche ebenfalls in das Handlungsspektrum mit einfließen sollten.

Nachdem im ersten Schritt also eine Analyse der intern vorliegenden Dokumente stattgefunden hat, wurde diese nun um die Aspekte der praktisch beteiligten Partner erweitert. Auf Basis der ermittelten Handlungsstränge ergibt sich dann die Zielsetzung für die Migration aus Sicht der Fachabteilungen. Mittels dieser Zielsetzung erfolgt im nächsten Schritt die eigentliche Planung der Migration.

Planung der Migration

Für die Planung der Migration sollten zunächst alle bisherigen Ergebnisse nochmals gesichtet und ggf. konsolidiert werden, um die konkreten Maßnahmen festzuhalten. Darauf aufbauend werde dann eine Roadmap mithilfe eines Soll-Ist-Vergleiches entwickelt, in welcher definiert werde, welche Punkte wie umzusetzen sind.

Die Roadmap beinhaltet das Handlungsfeld, die Ist- und Soll-Situation sowie die technischen / organisatorischen Maßnahmen, die zur Erreichung des Zieles ergriffen werden müssen. Dabei sollen alle ermittelten Handlungsfelder und Maßnahmen möglichst komprimiert und logisch aufgebaut sein. Die folgende Abbildung 3 zeigt eine exemplarische Vorgehensweise.

Die Erfahrungen innerhalb des Projekts bei CSL haben außerdem bewiesen, dass es sich als sinnvoll erweist, externe Berater in den Planungsprozess mit einzubinden. Diese können Erfahrungen aus ähnlichen Migrationsprojekten einbringen sowie ggf. zusätzliche Handlungsfelder aufzeigen, die in internen Arbeitsgruppen nicht oder nicht ausreichend behandelt wurden.

Roadmap zur Schnittstellenmigration				
Handlungsfeld	Fällig bis	Ist-Zustand	Soll-Zustand	Maßnahmen
Version der SAP-Middleware	02/2018	SAP PI 7.1	SAP PO 7.5	Aufsetzen einer PO-Umgebung
Transfer-Technologien	06/2018	FTP	SFTP, AS2	Abstimmung und Implementierung
Wartungsaufwand	10/2018	Problemanalyse aufwändig	Aufwand reduzieren	[...]
Stabilität	[...]	[...]	[...]	[...]

Abbildung 3: Roadmap zur Schnittstellenmigration

Mit Abschluss der Roadmap ist eine Zusammenstellung aller Handlungsfelder und Maßnahmen erarbeitet und somit die Grundlage für das Erstellen von Aufgabenpaketen gelegt worden. Im nächsten Schritt erfolgt die technische Umsetzung.

Technische Umsetzung

Im Normalfall handelt es sich bei einer Migration von SAP Process Integration auf Process Orchestration um eine fortführende Migration, da SAP einige Werkzeuge und Hilfsmittel für die Migration bereitstellt. Auch eine Abwärtskompatibilität ist gegeben.

Im Falle von CSL handelt es sich jedoch um eine ablösende Migration, da mehrere Produktversionen übersprungen werden und gleichzeitig ohnehin der Ansatz verfolgt wird, das System von Grund auf neu aufzubauen. Aus diesem Grund ist auch die Durchführung der vorangegangenen Planungsaktivitäten angedacht.

Basierend auf der Empfehlung von SAP sollte zuerst die Installation der drei Umgebungen „Development“ (Entwicklung), „Quality Assurance“ (Qualitätssicherung) und „Production“ (Produktivumgebung) durchgeführt werden, wobei mit der Development-Umgebung begonnen werde. Hier sollten sich die Entwickler zunächst mit der neuen Umgebung vertraut machen und bereits einige Metadaten (Enterprise Service Repository) übertragen ([9] SAP SE 2011).

Im nächsten Schritt können die QA- sowie die Produktivumgebung aufgesetzt werden. In der QA-Umgebung können bereits Volumentests durchgeführt werden, um das Verhalten des Systems bei Last zu beobachten.

Für die Nutzung des Produktivsystems empfiehlt SAP, zunächst sowohl das alte als auch das neue System gleichzeitig zu verwenden und dabei Stück für Stück die

einzelnen Integrationsszenarien zu migrieren. Es wird empfohlen, immer jeweils ein gesamtes Partner-System produktiv zu setzen, um zu verhindern, dass Teile im alten und Teile im neuen System aktiv sind.



Abbildung 4: Rollout-Track einer PI-Migration ([9] SAP SE 2011)

Ein exemplarischer Rollout-Track einer Migration auf SAP PI 7.3 wird in der obigen Abbildung 4 dargestellt. SAP PI 7.3 kann in Bezug auf die Rollout-Strategie äquivalent zu SAP PO 7.5 angesehen werden. Hier wird nochmals verdeutlicht, dass sowohl das Vorgänger- als auch das Nachfolgersystem parallel bestehen und dabei ein System (im Beispiel „ECC“) noch zum Vorgängersystem geroutet wird, wobei das neue System (im Beispiel „FIN“) bereits zum Nachfolgersystem geroutet wird.

Auch sollte gemäß SAP diese Gelegenheit dazu genutzt werden, ein Review der implementierten Schnittstellen durchzuführen und ggf. neuere Design- und Technologie-Standards einzusetzen, da häufig die Möglichkeit bestehe, Schnittstellen zu konsolidieren oder zu modernisieren.

Ziel der Migration sei es, für alle beteiligten Partner möglichst geringe Ausfallzeiten zu verursachen. Möglicherweise sei es ebenso sinnvoll, ein Service Level Agreement zu vereinbaren. Die Erfahrung habe jedoch gezeigt, dass eine gut vorbereitete technische Migration mit einer Ausfallzeit von maximal vier Stunden durchgeführt werden könne ([9] SAP SE 2011).

Erfolgsmessung

Nach den vorherigen vier Schritten erfolgt im letzten Schritt die Erfolgsmessung. Diese muss in der Praxis nicht erst im letzten Schritt erfolgen, sondern kann bereits parallel nach Festlegung der Ziele begonnen werden. In diesem Schritt wird ein Monitoring-Cockpit entworfen, welches die einzelnen Unterziele der Roadmap umfasst und deren Zielerreichung aufzeigt.

Es sei angelehnt an „das Cockpit eines Flugzeuges, in dem auf einem Blick visuell alle wesentlichen Details zur Steuerung des Flugzeugs ablesbar und anpassbar“ seien. Dabei sei es wichtig, dass möglichst alle für die Zielerreichung verantwortlichen Mitarbeiter Einblick auf dieses Cockpit haben ([6] Johanning 2014).

So können beispielsweise die in der Planung erarbeiteten Handlungsstränge als Ausgangsbasis für die Erstellung des Cockpits dienen. Diesen kann dann noch eine Frist für die Umsetzung sowie ein Verantwortlicher zugewiesen werden. Wie das Monitoring-Cockpit technisch aufgesetzt wird, obliegt dem Verantwortlichen. In der Regel werde hierfür jedoch eine Tabellenkalkulation verwendet, da in der Regel keine nennenswerte Einarbeitung oder Investition nötig werde.

Abschließend sollte noch die sogenannte „Change-Kurve“ (siehe Abbildung 5) betrachtet werden, da bei der Entwicklung und Umsetzung solcher Projekte immer wieder Höhen und Tiefen auftreten könnten. So beginne das Projekt oftmals mit einer Art „Schock“, da mit der Einführung des neuen Systems auch Änderungen in der täglichen Arbeit der verantwortlichen Mitarbeiter einhergehen.

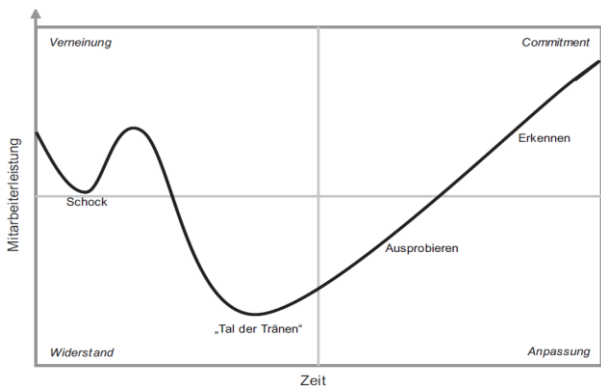


Abbildung 5: Die Change-Kurve ([6] Johanning 2014)

Weiterhin können nach Einführung des Systems, auch nach einem sorgfältigen Validieren und Testen, noch immer Probleme auftreten, die für Planer nicht vorhersehbar waren. Dies wird in Abbildung 5 als „Tal der Tränen“ bezeichnet. Nach Überwindung dieses Tals steigt die Produktivität jedoch immer weiter an, bis hin zur Überschreitung der Leistung des Vorgängersystems.

Nachdem dieser Zustand erreicht ist, d.h. alle Schnittstellen sind voll funktionsfähig, ggf. unter Einsatz neuerer oder verbesserter Technologien, kann man davon ausgehen, dass die Migrationsstrategie erfolgreich ausgeführt wird. Im Falle der Migration auf SAP PO ist das jeweilige Unternehmen nun optimal für die zukünftig eingesetzten Application-to-Application (A2A)- und Business-to-Business (B2B)-Szenarien im SAP-Umfeld vorbereitet.

MIGRATION EINER SCHNITTSTELLE IN DER PRAXIS

Zum praktischen Verständnis wird die exemplarische Migration einer Schnittstelle auf SAP Process Orchestration stattfinden. Dabei wird sich an die zuvor entwickelte Strategie angelehnt werden.

Auf Grundlage der Analyse einer bestehenden Schnittstelle werden der Ziel-Zustand und die benötigten Arbeitsschritte abgeleitet. Abschließend erfolgen die Erläuterung der technischen Umsetzung und einige Hinweise zur Erfolgsmessung der Migration.

Ist-Analyse, Planung und Zielsetzung

Im Beispiel in Abbildung 6 handelt es sich um eine Schnittstelle für SEPA-Zahlungsanweisungen einer Reisekostenmanagement-Lösung, welche zur Banking-Software des Unternehmens transferiert werden müssen.

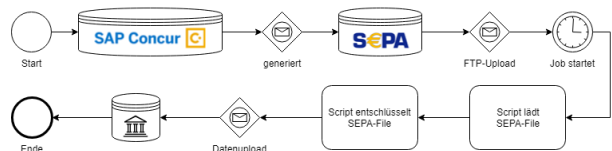


Abbildung 6: Ist-Prozess Reisekosten-Schnittstelle

Im ersten Schritt wird eine verschlüsselte SEPA-Datei generiert. Diese enthält alle Reisekosten-Zahlungsanweisungen für die aktuelle Woche. Ist die Datei erstellt, wird diese auf einen vom Anbieter bereitgestellten SFTP-Server hochgeladen.

Nun startet im nächsten Schritt eine periodische Aufgabe, welcher von der Job-Scheduling-Lösung „SAP Central Process Scheduling“ ausgelöst wird.

Diese führt zuerst ein Unix-Script aus, welches die SEPA-Datei vom SFTP-Server herunterlädt und in einem lokalen Verzeichnis ablegt. Anschließend startet die nächste Aufgabe, die wiederum ein Script ausführt, welches die geladene Datei entschlüsselt.

Im letzten Schritt wird die entschlüsselte Datei von einem dritten Script, das ebenfalls per Job Scheduling ausgeführt wird, auf den FTP-Server der Banking-Software hochgeladen. Hier kann dann die Verarbeitung der Datei stattfinden und die Bankbuchungen werden ausgeführt.

Das grundlegende Ziel ist es, diese Schnittstelle auf SAP Process Orchestration zu migrieren. Weiterhin soll die komplette Schnittstelle mittels verschlüsselten Übertragungstechnologien realisiert werden und somit kein unverschlüsseltes FTP mehr eingesetzt werden.

Auf Basis der Zielsetzung kann bereits die konkrete Planung erfolgen. In diesem Fall wird keine vollständige Roadmap erstellt, da nur eine einzige, wenig komplexe Schnittstelle migriert wird.

Nachfolgend werden die notwendigen Arbeitsschritte grob skizziert:

1. Bereitstellung eines SFTP-Servers für die Banking-Software,
2. Implementierung des SAP PO-Integrations szenarios,
3. Test des neuen Szenarios und Deaktivierung der alten Schnittstelle sowie
4. Dokumentation.

Technische Umsetzung

Bereitstellung eines SFTP-Servers

Das Infrastruktur-Team des Unternehmens wählt eine geeignete SFTP-Server-Lösung aus (wenn nicht bereits vorhanden) und installiert diese auf dem entsprechenden Applikationsserver.

Der SFTP-Server bildet die gleiche Verzeichnisstruktur des Vorgänger-Servers ab, damit sich für die Banking-Software keine Änderungen ergeben. Anschließend werden die nötigen Zugangsdaten dem SAP PO-Team zum bereitgestellten Server mitgeteilt.

Implementierung des SAP PO-Integrations szenarios

Nun erfolgt analog die Implementierung des Integrations szenarios in SAP Process Orchestration. Dazu werden zunächst die korrespondierenden Systeme in SAP PO angelegt.

Danach kann bereits der Integrations-Flow erstellt werden. Um Sender und Empfänger miteinander zu verbinden, bedarf es noch den beiden Communication Channels sowie einem Operation Mapping.

Für das Operation Mapping ist in diesem Fall keine genauere Spezifikation nötig, da in dieser Schnittstelle die übertragenen Daten nicht modifiziert werden müssen.

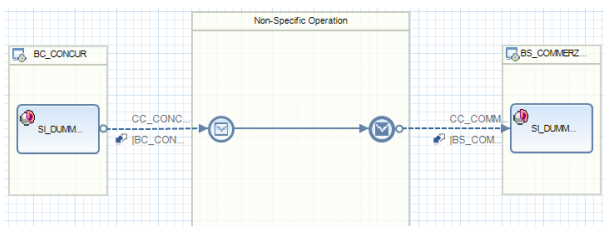


Abbildung 7: Integrations-Flow der Schnittstelle

Der Communication Channel auf der Sender-Seite beinhaltet die SFTP-Verbindungsdaten zum Anbieter und die Empfänger-Seite die SFTP-Verbindungsdaten zum Banking-Server. Damit ist das Anlegen des Integrations-Flows (siehe Abbildung 7) beendet.

Test des neuen Szenarios und Deaktivierung der alten Schnittstelle

Nachdem das neue Szenario implementiert wurde, wird es auf Funktionsfähigkeit getestet. Dazu wird auf dem Sender-Server eine leere Datei abgelegt. Wird diese Datei von SAP PO abgeholt und auf den neuen Server übertragen, ist der Test erfolgreich. In diesem Schritt sollte auch getestet werden, ob auch das Protokollieren der übertragenen Daten fehlerfrei („Up and Running“) erfolgt und die Daten entsprechend archiviert werden (siehe Abbildung 8).

Status	Kurzprotokoll	Steuerungsdaten
🟢 Läuft	Up and running	Automatisch

Abbildung 8: SAP PO Monitoring

Ist auch dies der Fall, kann die bisher genutzte Schnittstelle deaktiviert werden. Dazu genügt es, im Job Scheduler den jeweiligen Job zu deaktivieren bzw. zu löschen.

Dokumentation

Abschließend sollten die Arbeitsschritte noch in Form einer Technical Specification dokumentiert werden. Hierzu gehört insbesondere die Konfiguration der Communication Channels sowie die verwendete Software auf Sender- und Empfängerseite. Welche Anforderungen an die Dokumentation gestellt werden, kann von Unternehmen zu Unternehmen variieren.

Da in der Pharmaindustrie besonders strenge Richtlinien bezüglich der Dokumentation existieren, stellt CSL hierfür eine Vorlage zur Verfügung, welche verwendet werden muss. So ist gewährleistet, dass die Dokumentation jeder Schnittstelle und jedes Systems einheitlich erfolgt.

Ergebnis / Erfolgsmessung

Es lässt sich resümieren, dass mit Abschluss des zuvor beschriebenen Prozesses entsprechend den Empfehlungen von SAP vorgegangen wurde. So wurde zuerst die neue Umgebung aufgesetzt und nach erfolgreichem Testen die alte Umgebung deaktiviert. Auf diese Weise konnte sichergestellt werden, dass ein möglichst nahtloser Übergang zwischen beiden Systemen stattfindet.

Eine Erfolgsmessung im Sinne eines Projekt-Monitorings ist aufgrund der geringen Komplexität nicht notwendig. Lediglich das Logging der Schnittstelle sollte anfangs mit einer erhöhten Aufmerksamkeit überwacht werden, um eventuell auftretende Fehler möglichst schnell identifizieren zu können. Aufgrund der zuvor erfolgten Tests sollten in der Regel jedoch keine außergewöhnlichen Fehler auftreten.

RESULTAT UND ZUSAMMENFASSUNG

Die eingangs formulierte Zielsetzung war es, eine möglichst allgemeingültige Strategie zur Migration einer SAP-Schnittstelle auf SAP Process Orchestration zu erarbeiten. Hierbei sollten auch grundsätzliche Aspekte von Migrationen in der IT nicht außer Acht gelassen werden.

Als Schwerpunkt wurde die Migration auf SAP Process Orchestration festgelegt. Dies wurde nochmals praktisch verdeutlicht, indem eine exemplarische Migration einer Schnittstelle anhand der erarbeiteten Migrationsstrategie durchgeführt und dokumentiert wurde.

Nach der Erarbeitung der theoretischen Hintergründe in Bezug auf IT-Strategien, IT-Migrationen und SAP Process Orchestration wurde basierend auf diesen Informationen eine Migrationsstrategie erforscht, welche die Migration einer SAP-Schnittstelle auf SAP Process Orchestration systematisch in fünf Schritten beschreibt: Ist-Analyse, Ableitung der Zielsetzung, Planung der Migration, technische Umsetzung und Erfolgsmessung.

Diese Strategie wurde mit der Durchführung der Migration einer Schnittstelle bei CSL zwischen einem Reisekostenmanagementsystem und einer Banking-Software nochmals praktisch verdeutlicht. So konnte beispielhaft aufgezeigt werden, wie sich die Strategie konkret in der Praxis einsetzen lässt.

Zukünftig wird auch SAP Cloud Plattform immer mehr an Bedeutung gewinnen ([7] Krauskopf u.a. 2015), sodass On-Premise-Lösungen auch hierauf vorbereitet bzw. zur Gewährleistung eines hoch verfügbaren und sicheren Systems langfristig auch in die Cloud migriert werden sollten. Ein wichtiger Vorbereitungsschritt hierzu ist der Einsatz von SAP PO, da der Einsatz dieser Lösung eine spätere Cloud-Migration im Gegensatz zu dessen Vor-Versionen wesentlich vereinfacht.

In der Unternehmenspraxis gilt es nun, eine solche vorliegende Strategie einzusetzen, um nicht nur eine Schnittstelle, sondern möglichst alle vorhandenen SAP-Schnittstellen zu konsolidieren und auf SAP PO (oder zukünftige Versionen) zu migrieren.

LITERATUR

- [1] CSL Behring GmbH, 35041 Marburg (2013): *Unternehmensbroschüre*, online im Internet: URL: http://www.cslbehring.de/docs/369/30/CSL_Unternehmensbroschüre,0.pdf [Abruf: 22.08.2017].
- [2] CSL Behring (2017): *Fact Sheet*. 2017, online im Internet: URL: <https://www.cslbehring.com/-/media/shared/documents/cslb-fact-sheet.pdf> [Stand: 28.07.2018]
- [3] CSL Limited, Parkville, Australien (2018): *CSL Limited – 2018 Full Year Results*, online im Internet: URL: [<documents/results/2018-fy-analyst.pdf>
\[Stand: 15.08.2018\]](https://www.csl.com/-/media/shared/</div><div data-bbox=)

- [4] Die Beauftragte der Bundesregierung für Informationstechnik (2012): *Migrationsleitfaden – Leitfaden für die Migration von Software*. Berlin, online im Internet: URL: https://www.cio.bund.de/SharedDocs/Publikationen/DE/Architekturen-und-Standards/migrationsleitfaden_4_0_download.pdf [Abruf: 28.07.2018].
- [5] Hanschke, Inge (2013): *Strategisches Management der IT-Landschaft – Ein praktischer Leitfaden für das Enterprise Architecture Management*. 3., aktual. und erweit. Aufl., Carl Hanser Verl., München.
- [6] Johanning, Volker (2014): *IT-Strategie – Optimale Ausrichtung der IT an das Business in 7 Schritten*. Springer Vieweg Verl., Wiesbaden.
- [7] Krauskopf, Timo; Ritz, Harald und Peter Szincsa (2015): *Absatzmarkt Cloud: Große Standardsoftwarehersteller im Wandel*, in: Barton u.a. (Hrsg.): *Angewandte Forschung in der Wirtschaftsinformatik: Prozesse, Technologie, Anwendungen, Systeme und Management 2015*, mana-Buch Verl., Heide, S.242-255.
- [8] Leiting, Andreas (2012): *Unternehmensziel ERP-Einführung – IT muss Nutzen stiften*. Springer Gabler Verl., Wiesbaden.
- [9] SAP SE (2011): *Decision Making Factors when Moving to SAP NetWeaver Process Integration 7.3 - Upgrade or New Installation with Phase-out*, online im Internet: URL: <https://archive.sap.com/documents/docs/DOC-16247> [Abruf: 28.07.2018].
- [10] SAP SE (2014): *A brief history of SAP PI*, Blog, online im Internet: URL: <https://blogs.sap.com/2014/09/16/a-brief-history-of-sap-pi/> [28.07.2018]
- [11] SAP SE (2015): *13 Reasons to Migrate from SAP PI to SAP PO (and Intelligent Business Operations)*, Blog, online im Internet: URL: <https://blogs.sap.com/2015/04/28/13-reasons-to-migrate-from-sap-pi-to-sap-po-and-intelligent-business-operations-chalk-and-cheese-key-for-s4-hana/> [Abruf: 28.07.2018].
- [12] SAP SE (2018): *SAP Help Portal – Process Orchestration – SAP NetWeaver 7.5*, online im Internet: URL: <https://help.sap.com/viewer/3cbd9bae5d3e45ab99e968e0c879beb4/7.5.10/de-DE/f124e6e6f548480b85197bde372d13c9.html> [Abruf: 28.07.2018].
- [13] Serkem – Gesellschaft für IT-Services und Consulting mbH (2018): *SAP PI / SAP PO – wo ist der Unterschied und welchen Nutzen bringt es?*, online im Internet: URL: <http://www.serkem.de/sap-pi-sap-po-unterschied/> [Stand: 28.07.2018].
- [14] Tiemeyer, Ernst (Hrsg.) (2016): *Handbuch IT-Systemmanagement – Handlungsfelder, Prozesse, Managementinstrumente, Good-Practices*. Carl Hanser Verl., München.
- [15] Tiemeyer, Ernst (Hrsg.) (2017): *Handbuch IT-Management – Konzepte, Methoden, Lösungen und Arbeitshilfen für die Praxis*. 6. überarb. und erw. Aufl., Carl Hanser Verl., München.

Automatisierung von Akzeptanztests im Bereich der Web-Entwicklung

Maximilian Schuierer BSc.
OSRAM Opto Semiconductors
GmbH Regensburg

OS AM S&G - AE
Leibnizstraße 4, 93055 Regensburg
maximilian.schuierer@osram-os.com

Prof. Dr. Frank Herrmann
Ostbayerische Technische
Hochschule Regensburg

Innovationszentrum für
Produktionslogistik und Fabrikplanung
Galgenbergstraße 32,
93053 Regensburg

frank.herrmann@oth-regensburg.de

Philip Rueck MSc.
OSRAM Opto Semiconductors
GmbH Regensburg

OS AM S&G - AE
Leibnizstraße 4, 93055 Regensburg
philip.rueck@osram-os.com

ABSTRACT

Jede Art von Software muss heutzutage höchsten Anforderungen genügen. Das Testen von Software bildet demnach einen wesentlichen und zunehmend wichtigeren Teil des Softwareentwicklungszyklus. In Zeiten der Digitalisierung ist in vielen Softwareprojekten mittlerweile eine Form der Testautomatisierung integriert. Testautomatisierung ermöglicht die Überprüfung von Anforderungen in hohem Tempo und reduziert zudem den manuellen Prüfungsaufwand auf ein Minimum. Diese Arbeit untersucht die Möglichkeit einer Automatisierung von Akzeptanztests im Rahmen der Webentwicklung in einem agilen Umfeld. Anhand eines Anwendungsbeispiels wird dargestellt, wie mithilfe der Werkzeuge Cucumber und Selenium ein erster Ansatz zur Testautomatisierung umgesetzt werden kann.

SCHLÜSSELWÖRTER

Testautomatisierung, Scrum, Akzeptanztests, Selenium, Cucumber, SpecFlow, Behavior Driven Development

EINLEITUNG

Osram OS stellt auf der Firmenhomepage mehrere Tools für unterschiedliche Bereiche der LED-Nutzung zur Verfügung. Einerseits bieten diese Tools potenziellen Kunden einen Einstiegspunkt in die verschiedenen Serviceleistungen, die das Unternehmen anbietet. Mithilfe des Horticulture Tools beispielsweise können Pflanzenzüchter selbst erste Konfigurationen durchführen, um eine geeignete Kombination aus LEDs zu finden, die zu einer optimalen Belichtung von Zuchtpflanzen beitragen und deren Wachstum steigern. Basierend darauf können Kunden im Anschluss konkrete Anfragen an die jeweiligen Fachexperten starten. Andererseits nutzen auch interne Mitarbeiter diese Applikationen, um für ihre Kunden

maßgeschneiderte Lösungen speziell für ihre Bedürfnisse erstellen zu können. Die Bereitstellung von Services via Web Tools soll in den kommenden Jahren noch weiter ausgebaut werden. Um zu gewährleisten, dass die entwickelten Tools allen Anforderungen entsprechen und wie erwartet funktionieren, sind vor Auslieferung hinreichende Tests durchzuführen. Durch ihre Automatisierung soll der erforderliche Aufwand signifikant reduziert werden. Der Artikel ist wie folgt strukturiert. Zunächst wird die Ausgangssituation und die Zielsetzung dargestellt. Dem schließt sich die Erläuterung der Grundlagen von Continuous Integration, des Scrum-Prozesses und der Akzeptanztests an. Für die Automatisierung werden zwei Werkzeuge herangezogen und vorgestellt. Mithilfe dieser Werkzeuge wird ein automatisierter Test für ein typisches Beispiel aufgesetzt und durchgeführt. Die Darlegung der erzielten Ergebnisse sowie eine Zusammenfassung schließen den Artikel ab.

AUSGANGSSITUATION

Bisher erfolgte die Entwicklung von Webanwendungen bei OS Regensburg nach dem Vorgehen des Wasserfallmodells. Der zuständige Fachbereich erstellte in Zusammenarbeit mit der IT und externen Consultants eine fachliche Spezifikation, die alle Anforderungen an die Webapplikation definiert. Anhand dieser Anforderungsspezifikation erfolgte die Implementierung der Webanwendung von externen Entwicklern. Während der Testphase stellten manuelle Funktions- und Abnahmetests seitens des Spezifikationsteams die korrekte Umsetzung der Anforderungen sicher. Der Entwicklungsprozess wird nun im Rahmen eines Projekts zu einem agilen Prozess umgebaut. In Zukunft sollen Webanwendungen innerhalb eines Scrum-Projektes realisiert werden. Im Zuge dieses Wechsels ändert sich auch das Vorgehen im Bereich des Testens. Viele der manuellen Akzeptanztests bestehen aus zahlreichen Klick- und Eingabeaktionen, die einen beträchtlichen zeitlichen Aufwand hervorrufen. Ein wesentlicher Anteil dieser Tests könnte durch

den Einsatz geeigneter Tools allerdings auch automatisiert durchgeführt und damit besser in einen agilen Prozess eingegliedert werden. Aus diesem Grund soll in Zukunft die korrekte Umsetzung von Anforderungen an Webanwendungen mithilfe automatisierter Funktions- und Akzeptanztests überprüft werden. Die Konzeption eines Test-Frameworks, der die Durchführung von automatisierten Akzeptanztests im Bereich der Web-Entwicklung ermöglicht, ist daher ein wesentlicher Bestandteil des Projekts und Gegenstand dieser Arbeit.

ZIELSETZUNG

Für die Durchführung zukünftiger Akzeptanztests soll ein Test-Framework erstellt werden. Anschließend gilt es einige funktionale Tests für das Horticulture Web Tool zu generieren, welche mithilfe des Frameworks für weitere Ergebnisse ausgeführt werden. Im Vorfeld wird dazu nach Tools recherchiert, die zur Ausführung von automatisierten Akzeptanztests verwendet werden können. Dabei soll beachtet werden, dass diese als Open-Source-Werkzeug zur Verfügung stehen. Im Rahmen des Wechsels zur Scrum-Methode wird außerdem ein kontinuierlicher Integrationsprozess (Continuous Integration) aufgebaut. Die erstellten Tests sollen abschließend in diesen Prozess eingebunden werden.

Im folgenden wird nun zunächst der Begriff Continuous Integration genauer erläutert sowie kurz auf die Grundlagen der Scrum-Methode eingegangen.

CONTINUOUS INTEGRATION

Bei der Zusammenarbeit mehrerer Entwickler kommt es früher oder später zu Fehlern. Werden die einzelnen Code-Fragmente nicht in regelmäßigen Abständen zusammengeführt, können diese Fehler letztendlich nur schwer oder im schlechtesten Fall gar nicht mehr beseitigt werden. Mit Hilfe der kontinuierlichen Integration lässt sich dieses Problem jedoch lösen. Als Continuous Integration (CI) wird eine Praxis aus der Softwareentwicklung bezeichnet, bei der Softwareentwickler eines Teams ihre Änderungen am Sourcecode regelmäßig in einem zentralen Verzeichnis zusammenführen. Nach jeder Integration wird die gesamte Codebasis durch einen automatisierten Build erstellt und gleichzeitig getestet, um Integrations- und Implementierungsfehler so schnell wie möglich zu erkennen [vgl. Mar06].

Wesentliche Grundlage für eine kontinuierliche Integration ist die Nutzung eines Version Control Systems (z.B. Git), in welchem der Quellcode und sonstige Projektdateien gepflegt werden. Darüber hinaus ist die Automatisierung des Build-Vorgangs eine grundlegende Voraussetzung. Damit sich ein Continuous Integration-Prozess auf lange Sicht lohnt, sollte ein Entwickler-Team ihre Quellcodeänderungen häufig einchecken. Zusätzlich sollten in den Build-Prozess auch eine entsprechende Menge an automatisch durchgeführten Tests eingebunden werden. Auf diese Weise erhalten Entwickler nach dem Einchecken schon in kurzer Zeit Feedback über

die Qualität ihrer Änderungen. Automatisch ausgeführte Akzeptanztests gewährleisten eine korrekte Implementierung der gewünschten Funktionalität.

Continuous Integration reduziert nicht nur das Risiko einer lang andauernden Zusammenfügung von Quellcode mehrerer Entwickler. Ein häufiges Einchecken hilft auch, Fehler frühzeitig zu finden und dadurch schnell wieder zu beheben. Darüber hinaus ermöglicht die kontinuierliche Integration ein regelmäßiges Deployment des aktuellen Projekts. Häufige Deployments haben einen wertvollen Nutzen, da sie den zukünftigen Anwendern ermöglichen, neue Funktionen schneller zu erhalten und diese selbst zu testen. Dies sorgt wiederum für ein zügiges Feedback für die Entwickler, die sich dadurch vergewissern können, ob Anforderungen auch den Vorstellungen der Anwender entsprechend umgesetzt wurden [vgl. Mar06; FS12].

Nun wird auf den Ablauf des aufgebauten CI-Prozesses eingegangen, den das Sequenz-Diagramm aus Abbildung 1 darstellt. Ausgangspunkt dieses Prozesses ist das Einchecken von Code in das Version-Control-System, in diesem Fall Git. Dieser Check-In löst auf dem CI-Server einen neuen Build-Vorgang aus. Der Build-Agent ruft daraufhin den Quellcode aus dem Git-Repository ab, kompiliert diesen und führt Unit Tests aus. Nach erfolgreicher Ausführung dieses Schritts startet der Build-Server die Durchführung automatisierter Akzeptanztests. Dies sind jene Tests, die im Rahmen dieses Projekts automatisiert werden sollen. Für das Horticulture Tool wäre dies z.B. die korrekte Berechnung einer Belichtungslösung. Verlaufen alle Tests erfolgreich, ist der Build-Vorgang beendet. Der CI-Server verpackt schließlich die Dateien in unterschiedliche NuGet-Pakete. *NuGet* ist der von Microsoft unterstützte Mechanismus zur Freigabe von Code in .NET. NuGet-Pakete enthalten kompilierten Quellcode zusammen mit weiteren Inhalten anderer Entwickler. Auf diese Weise wird eine einfache Weitergabe (z.B. an einen Deployment-Server) des "gebauten" Projektes ermöglicht. Im letzten Schritt benachrichtigt der Server das Entwicklungsteam über den erfolgreichen Build des Projekts. Treten im Laufe des Build-Prozesses Fehler auf, wie beispielsweise fehlerhaftes Kompilieren oder Scheitern von Tests, so bricht der Server den Vorgang ab und benachrichtigt das Team über die aufgetretenen Fehler.

SCRUM

Da von nun an neue Webanwendungen in Scrum-Projekten realisiert werden sollen, folgt in diesem Abschnitt ein grober Überblick über den Ablauf dieser agilen Projektmethode. Scrum ist ein Framework für das Management agiler Softwareprojekte und stellt heutzutage eine der bekanntesten agilen Methoden dar. Scrum ist weniger ein streng definierter Prozess, sondern viel mehr ein Rahmen, in den das Entwicklungsteam ihre bewährte Vorgehensweise einbetten kann. Es besteht aus wenigen Regeln, Prinzipien und Artefakten, die relativ schnell erlernt und produktiv eingesetzt werden können.

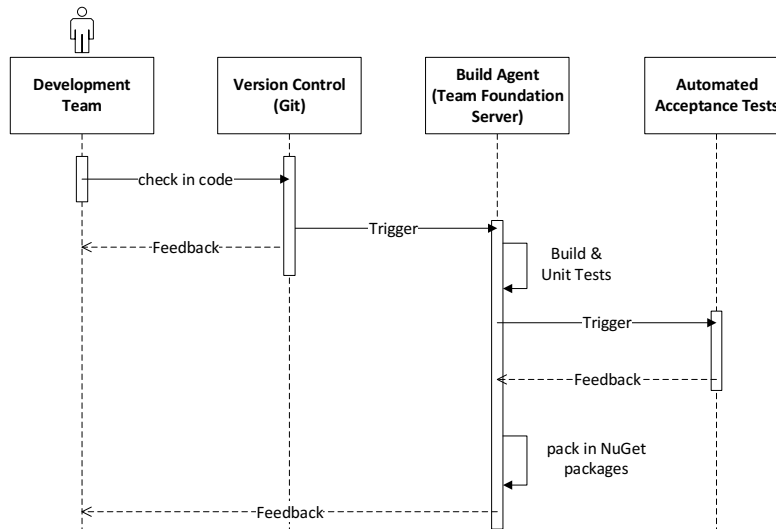


Abbildung 1: Sequenzdiagramm Continuous Integration Prozess (eigene Darstellung)

Im Fokus des Frameworks steht das sich selbst-organisierende Team mit klar definierten Rollen sowie die Konzentration auf kurze Interaktionszyklen, genannt Sprints. Ein Scrum-Team beinhaltet grundsätzlich drei Hauptrollen: den Product Owner, den Scrum-Master und das eigentliche Development Team. Da ein Scrum-Team ein cross-funktionales Team ist, sind nicht nur Entwickler, sondern auch Designer, Tester und Mitarbeiter aus dem Fachbereich Teil des Development Teams. Das Scrum-Team zählt in der Regel 5-9 Mitglieder.

Das Arbeiten in Sprints ist ein wesentliches Merkmal der Projektmethode Scrum. Die Dauer von Sprints sind zeitlich festgelegt und umfassen in der Regel einen Zeitraum von einer bis maximal vier Wochen. In dieser Zeit arbeitet das Team selbstorganisiert und ohne Störungen von außen. Tägliche Stand-up Meetings helfen dem Team, sich gegenseitig zu synchronisieren und über den aktuellen Stand des Projektes auszutauschen. Das Stand-up Meeting dauert exakt 15 Minuten. Jedes Teammitglied beantwortet dabei folgende Fragen:

- Was habe ich gestern gemacht?
- Was habe ich heute vor?
- Welche Hindernisse stören mich bei meiner Arbeit?

Mit Hilfe des täglichen Austauschs kann sehr leicht festgestellt werden, wo das Team im aktuellen Sprint steht und welche Probleme das Erreichen des Sprint-Ziels eventuelle gefährden können. Das Ergebnis eines Sprints ist ein potenziell auslieferbares Produktinkrement. Das Zusammenspiel von aufeinanderfolgenden Sprints und darin enthaltene Daily Scrums ist das Herz der agilen Methode Scrum und wiederholt sich bis zum Abschluss des Projekts [vgl. WM17, S.25-45].

USER STORIES

Mit dem Wechsel vom Wasserfallmodell zur Scrum-Methode ändert sich auch das Erfassen von Anforderungen. Während sämtliche Requirements in klassischen Entwicklungspraktiken noch vor dem eigentlichen Projektbeginn in umfangreichen Lasten- und Pflichtenheften detailliert beschrieben werden, verfolgt ein agiles Vorgehen einen wesentlich flexibleren Ansatz. In Scrum-Projekten werden dafür sehr häufig so genannte User Stories verwendet. Mithilfe von User Stories werden Anforderungen an das Projekt oder an die zu entwickelnde Software aus der Sicht des Nutzers bzw. aus der Sicht des Kunden beschrieben. Eine User Story repräsentiert eine kurze, simple Beschreibung eines Features in einem Satz, sie folgt in der Regel einem einfachen Schema:

As a <type of user>, I want <some goal> in order to <some reason>.

Meist bestehen User Stories aus drei Bestandteilen. Den ersten Teil bildet die kurze, prägnante Beschreibung der Anforderung nach dem eben genannten Schema. Zum Beispiel: *As a User, I want a Button in order to be able to calculate a system solution.* Die vage und offene Formulierung von User Stories lässt viel Raum für spätere Anpassungen und fördert den Dialog zwischen den Projektbeteiligten. Dies ist ein großer Vorteil, da sich entsprechende Details in den Anforderungen erst im Laufe des Entwicklungsprozesses genauer bestimmen lassen und erst durch intensive Gespräche mit dem Kunden herausgefunden werden können. Sind die Einzelheiten bekannt werden im zweiten Teil die konkreten Merkmale und Eigenschaften der User Story stichpunktartig hinzugefügt, die sich aus der Kommunikation innerhalb des Development Teams bezüglich der Story ergeben. Vervollständigt wird eine User Story durch die Bestimmung der Akzeptanzkriterien, auch *Definition of Done* bezeichnet. Die Akzeptanzkriterien

definieren das Ziel einer User Story und legen fest, wann sie vollständig umgesetzt ist und damit als "fertig" betrachtet werden kann. Sie beschreiben also die Bedingungen, welche zur Abnahme der User Story vom Product Owner erfüllt sein müssen. Darüber hinaus bilden die Definition of Done auch die Grundlage für spätere Akzeptanztests. Das Ausformulieren von Abnahmekriterien fällt streng genommen in den Aufgabenbereich des Product Owners, allerdings ist es viel mehr Aufgabe des gesamten Teams über die jeweilige Story zu sprechen, um geeignete Akzeptanzkriterien zu generieren. Betrachtet man das Horticulture Tool, könnte zum Beispiel darüber diskutiert werden, was im System passiert, wenn der Berechnen-Button gedrückt wird, aber nicht alle notwendigen Daten für eine Berechnung vorhanden sind. Wird die Berechnung trotzdem durchgeführt? Bleibt der Button bis zu vollständigen Dateneingabe deaktiviert? Welche Infos werden dem Nutzer zur Hilfestellung angeboten? Aus diesem Dialog ergibt sich ein Pool an Akzeptanzkriterien für die jeweilige User Story, auf deren Basis anschließend Akzeptanztests formuliert werden können [vgl. WM17, S.49-54].

AKZEPTANZTESTS

Als Akzeptanztests oder Abnahmetests werden funktionale Tests bezeichnet, mit deren Hilfe beschrieben wird, wie Akzeptanzkriterien aus den User Stories getestet werden können. Akzeptanztests vertreten die Interessen des Kunden. Die Tests geben ihm die Sicherheit, dass die Anwendung die gewünschten Eigenschaften aufweist und sich wie erwartet verhält. Infolgedessen haben Akzeptanztests eine große Bedeutung. Abnahmetests konzentrieren sich auf die reine Funktionalität der Anwendung. Die integrierte Logik und der Programmcode werden dabei ignoriert. Aus diesen Grund bezeichnet man Akzeptanztests auch als Black-Box-Tests. Abnahmetests können sowohl manuell als auch automatisiert durchgeführt werden. Durch das zyklische Vorgehen in einem agilen Umfeld bietet sich allerdings vor allem die Automatisierung dieser Tests an. So können beispielsweise die Tests, welche die User Stories im ersten Sprint betreffen, auch in nachfolgenden Sprints erneut durchlaufen werden. Auf diese Weise wird sichergestellt, dass bisher umgesetzte Anforderungen auch nach wie vor fehlerfrei funktionieren [vgl. WM17; Roy11].

Das Automatisieren von Akzeptanztests wird auch als Akzeptanztest-getriebene Entwicklung (ATDD = Acceptance-Test-Driven-Development) bezeichnet, das auf die testgetriebene Entwicklung aufbaut (TDD = Test-Driven-Development). Nach diesem Vorgehen schreibt ein Entwickler vor der eigentlichen Implementierung einen Test der fehlschlägt, da die zugrundeliegende Funktion noch nicht programmiert wurde. Anschließend wird die Funktion so umgesetzt, dass der Test erfolgreich ausgeführt wird. Auf Basis dieser Methode können vor der Umsetzung der funktionalen Anforderungen einer User Story aus den Akzeptanzkriterien automatisierte Testbeispiele generiert werden [vgl. WM17, S.198-199].

WERKZEUGE ZUR TESTAUTOMATISIERUNG

Der Markt bietet zahlreiche verschiedene Tools und Anwendungen, die eine Automatisierung von Akzeptanztests ermöglichen. Hauptkriterium bei der Auswahl passender Tools war deren Verfügbarkeit als Open-Source-Werkzeug. Weiterhin wichtig war, dass eine Automatisierung mithilfe der Programmiersprache .NET erfolgen konnte, da diese den Standard bei Osram darstellt. Im Bereich der Webentwicklung ist Selenium eines der beliebtesten Werkzeuge für eine Testautomatisierung und für alle gängigen Sprachen verfügbar. Als weiteres Tool wurde *Cucumber* in Betracht gezogen. Da sich nach ersten Untersuchungen das Verfassen von Tests mit Cucumber sehr gut in die Erstellung von User Stories integrieren lässt, wurde beschlossen, sich genauer mit diesem Werkzeug auseinander zu setzen. Im folgenden werden nun die beiden Open-Source-Tools vorgestellt.

SELENIUM WEBDRIVER

Der Selenium WebDriver ist eine Komponente aus dem Selenium-Framework. Selenium ist eine Open-Source-Anwendung zur automatisierten Steuerung von Webbrowsern und eines der meist genutzten Tools, um Webapplikationen automatisiert zu testen. Mithilfe von Selenium lassen sich Nutzeraktionen in einem Browser simulieren. Weitere Komponenten des Werkzeugs sind die Selenium IDE sowie das Selenium Grid. Die wohl wichtigste Komponente bildet aber der Selenium WebDriver. Dieser repräsentiert eine objektorientierte API (Application Programming Interface) zum automatisierten Testen von Webanwendungen. Das Testwerkzeug steht unter anderem für die Programmiersprachen Java, JavaScript, C#, Ruby, Perl, Python und PHP zur Verfügung. Für die Simulation der Tests können dabei zahlreiche verschiedene Browser verwendet werden. Alle gängigen Internetbrowser, wie zum Beispiel Chrome, Firefox, Internet Explorer, Safari und Opera werden von Selenium unterstützt. Darüber hinaus ist sogar die Automatisierung von Webanwendungen auf mobilen Endgeräten möglich. Einzige Voraussetzung für die Verwendung eines Browsers ist dessen vorhandene Installation auf dem Testsystem. Für jeden von Selenium unterstützten Webbrowser existiert eine Driver-Klasse. Mit einer Objektinstanz des Typs WebDriver kann anschließend ein Browser gestartet und eine Webseite geöffnet werden. Um nun gezielt Aktionen, wie beispielsweise den Klick auf einen Button oder die Eingabe von Text durchführen zu können, sind vorher die Elemente der Webseite zu identifizieren. Für die Identifizierung bzw. Lokalisierung können so genannte *Element Locators* benutzt werden. Ein Beispiel dafür stellt die ID oder der Name eines Webelements dar. Können die Elemente vom Driver-Objekt eindeutig zugeordnet werden, ist von nun an die Ausführung von Aktionen im Browser möglich [vgl. Sel; And15]. Der folgende C#-Code zeigt exemplarisch eine Websuche nach dem Begriff "Selenium" im Chrome-Browser.

```

using System;
using Microsoft.VisualStudio.TestTools.UnitTesting;
using OpenQA.Selenium;
using OpenQA.Selenium.Chrome;

namespace UnitTestProject
{
    [TestClass]
    public class UnitTest
    {
        [TestMethod]
        public void TestMethod()
        {
            //WebDriver Instanz
            IWebDriver driver = new ChromeDriver();

            //Aufruf der Webseite google.com
            driver.Navigate().GoToUrl("https://www.google.com");

            //Input Feld anhand des Namens identifizieren
            IWebElement GoogleSearchBox = driver.FindElement(By.Name("q"));

            //Das Wort 'Selenium' mithilfe des WebDrivers in die Suche eingeben
            GoogleSearchBox.SendKeys("Selenium");

            //Suche ausfuehren
            GoogleSearchBox.Submit();

            //WebDriver Instanz und Browser beenden
            driver.Quit();
        }
    }
}

```

Listing 1: Google-Suche nach dem Wort "Selenium"

CUCUMBER

Cucumber ist ein Werkzeug aus der verhaltensgetriebenen Softwareentwicklung, besser bekannt als Behavior-Driven-Development (kurz: BDD). Mit Cucumber können Softwareanforderungen spezifiziert und anschließend als automatisierte Akzeptanztests auf korrekte Umsetzung überprüft werden. Behavior-Driven-Development ist ein Ansatz in der agilen Softwareentwicklung, welcher auf dem Test-Driven-Development (TDD) aufbaut. Wie bei der test-getriebenen Entwicklung wird vor der Programmierung ein Test erstellt. Dieser Test beschreibt das erwünschte Softwareverhalten aus Sicht des Anwenders, ähnlich wie die User Stories. Zentrales Merkmal des Behavior-Driven-Development ist dabei die Verwendung einer einfachen, ubiquitären Sprache, die von jedem Mitglied im Team - auch ohne technischen Hintergrund verstanden werden kann. Im Gegensatz zur testgetriebenen Entwicklung, in welcher die erstellten Tests nur schwer für Nicht-Programmierer zu verstehen sind, dient die ubiquitäre Sprache als Bindemitglied zwischen allen Beteiligten im Team. Cucumber-Tests können infolgedessen von jedem Teammitglied leicht gelesen oder erstellt werden. Dies ist auch der wesentliche Aspekt, den Cucumber von anderen Testwerkzeugen unterscheidet. Die Akzeptanztests fungieren

somit nicht nur als reine Tests, sondern als Kommunikations- und Kollaborationswerkzeug. Cucumber fördert nicht nur die Zusammenarbeit zwischen Fachbereich und Entwicklung, sondern stärkt zugleich die Einbeziehung der Stakeholder und hilft ihre Anforderungen zu verstehen.

Cucumber ist standardmäßig ein Kommandozeilen-Werkzeug aus dem Ruby on Rails-Umfeld. Mittlerweile wurde es allerdings auch auf viele weitere Programmiersprachen portiert. Bei der Ausführung von Cucumber wird der beschriebene Test, bezeichnet als *Feature*, eingelesen und auf zu testende *Szenarios* durchsucht. Jedes Szenario besteht aus einer Liste von Schritten, die Cucumber durchläuft. Damit Cucumber diese Features "versteht", müssen sie eine grundsätzliche Syntax befolgen. Der Name dieser Syntax ist *Gherkin*. Das folgende Listing zeigt ein Beispiel eines Cucumber-Akzeptanztests.

```

Feature: Sign up

    Sign up should be quick and friendly.

Scenario: Successfull sign up
    New users should get a confirmation email and be
    greeted personally
    by the site once signed in.

    Given I have chosen to sign up
    When I sign up with valid details
    Then I should receive a confirmation email
    And I should see a personalized greeting message

```

Listing 2: Cucumber Beispiel

Um nun die erstellten Szenarien auch testen zu können, muss zuvor noch definiert werden, wie die einzelnen Given/When/Then-Anweisungen ausgeführt werden. Dazu gilt es so genannte *Step Definitions* zu implementieren, welche die Schritte aus dem Feature-File auf den Sourcecode abbilden, der anschließend die Aktion ausführt, die in dem jeweiligen Schritt beschrieben ist. Die Erstellung dieser Step Definitions ist Plattform-spezifisch. Ein ausführliches Beispiel zeigt im weiteren Verlauf die Erstellung eines lauffähigen Tests. Das Listing 2 zeigt, wie aus diesem Vorgehen ausführbare Beispiele entstehen, die exakt beschreiben, wie sich das System in bestimmten Situationen verhalten soll. Nach diesem Prinzip verfasste Akzeptanztests können infolgedessen auch als ausführbare Spezifikationen bezeichnet werden. Dieses Vorgehen fördert nicht nur die Kommunikation innerhalb des Projektteams. Es hat darüber hinaus einen starken Effekt, wenn es darum geht, das System zu visualisieren, bevor es entwickelt wurde. Jedes Teammitglied kann einen derartigen Test lesen und darüber entscheiden, ob das beschriebene Verhalten dem Verständnis entspricht, was das System ihrer Meinung nach tun sollte [vgl. WHT17, S.3-9].

In der Praxis wird Cucumber wie die meisten Behavior-Driven-Development-Werkzeuge selten alleine benutzt. Für das vernünftige Testen von Webapplikationen sind dazu bei-

spielsweise noch andere Bibliotheken notwendig, die das Simulieren von Aktionen im Browser ermöglichen. Für diesen Zweck kann Cucumber mit dem Selenium WebDriver kombiniert werden [vgl. Bas13]. Aus diesem Grund wird beschlossen, für die Erstellung automatisierter Akzeptanztests beide Werkzeuge in Kombination zu verwenden.

AUFSETZEN EINES FRAMEWORKS

Im Vorfeld der Erstellung eines Anwendungsbeispiels wird nun ein Test-Framework aufgebaut, der die beiden Tools Selenium und Cucumber integriert. Die Standard-Programmiersprache im Web Tool Bereich bei Osram ist .NET, daher wird auch der Framework in dieser umgesetzt. Im ersten Schritt erfolgt das Anlegen eines Komponententestprojekts in Visual Studio, welches grundsätzliche Basisfunktionen für spätere Tests bereitstellt. Die Tests selbst werden in einem separaten Projekten implementiert, die anschließend auf die grundlegenden Funktionen zurückgreifen. Dazu werden die Bibliotheken für Cucumber und Selenium eingebunden. Um Cucumber in .NET verwenden zu können, muss im Vorfeld die Erweiterung *SpecFlow* installiert werden. SpecFlow ist ein Teil der Cucumber-Familie und repräsentiert die Umsetzung von Behavior-Driven-Development in .NET [Tecb]. Darüber hinaus wird zur Ausführung von Features in .NET ein TestRunner benötigt, z.B. der NUnit 3 Test Adapter. NUnit ist ein Software-Framework zur Ausführung von Unit-Tests für die .NET-Plattform [NUn18].

Zu den Basisfunktionen gehören beispielsweise einige Selenium-Befehle, wie die Initialisierung und das Beenden des Web-Drivers oder das Navigieren zu einer Webseite. Das Nutzen dieser Selenium-Befehle kann in einem Testdurchlauf auch zu technischen Fehlern führen. Insbesondere bei der Ausführung von Browser-Aktionen ist es beispielsweise erforderlich, auf eine Aktualisierung des Testobjekts zu warten. Denn in den meisten Fällen dauert das Laden der Webapplikation länger als der Durchlauf der codierten Anweisungen. Infolgedessen kann zum Beispiel ein Klick auf einen Button nicht ausgeführt werden, da dieser noch nicht erzeugt wurde. In diesem Fall würde der TestRunner die Ausführung mit der Fehlermeldung "NoSuchElementException" abbrechen. Daher ist es wichtig, auf gewisse Zustände, wie das vollständige Laden der Webseite oder die Sichtbarkeit eines Buttons zu warten. Der Selenium WebDriver kann durch die Konfiguration von expliziten und impliziten Warte-Befehlen präziser gesteuert werden. Um dies zu gewährleisten, werden in das Basis-Projekt zusätzlich einige Warte-Methoden integriert.

Durch die Implementierung dieser Funktionen in das Basisprojekt sind die WebDriver-Funktionen, die für jeden Test erforderlich sind, vom eigentlichen Test gekapselt. Die Übersicht und Wartbarkeit wird dadurch erheblich gesteigert. Der Framework wird im folgenden um ein Anwendungsbeispiel erweitert.

ANWENDUNG AUF EIN TEST-BEISPIEL

Der folgende Beispiel-Test soll nun zeigen, wie ein automatisierter Akzeptanztest unter Verwendung von Cucumber und Selenium erstellt und ausgeführt wird. Als Beispiel-Webapplikation dient dazu das eingangs erwähnte Horticulture Web Tool. Für den Test wird ein neues Komponententestprojekt erzeugt und das Basisprojekt als Referenz darin integriert. So kann nun auf die Selenium-Methoden des Frameworks zurückgegriffen werden. Des Weiteren erfolgt die Einbindung der Tool-Bibliotheken, wie zuvor bei der Erstellung des Basisprojekts.

FEATURE-DATEI ANLEGEN

Nach dem Integrieren der Referenzen wird ein Feature-File erstellt. Mithilfe des Horticulture Tools kann unter anderem errechnet werden, wie viele LEDs einer bestimmten Art nötig sind, um einen bestimmten Helligkeitswert zu erreichen. Diese Rechnung wird im folgenden als Anwendungsbeispiel verwendet. Da das Beispiel zugleich eine Reihe von Testdaten umfasst, repräsentiert es einen Daten-getriebenen Test.

Feature: Calculation

Scenario Outline: Calculate Solution using different LEDs

```
Given I have opened the horticulture webtool
And I have given a <value> for Target Photon Flux
| value |
| 1000  |
When I select a <LED>
And I click the calculate button
Then I should see the results as <LED Quantity>
```

Examples:

LED	LED Quantity
GA PSLR31.13	786
GD CS8PM1.14	440
GD PSLR31.13	604
GF CSSPM1.24	640
GW CS8PM1.CM	569
GW DASPA1.EC	2106
LA CN5M	3273
LA G6SP	3218

Listing 3: LED Auswahl

Listing 3 zeigt das gewünschte Verhalten in der Gherkin-Syntax. Im ersten Schritt des Anwendungsbeispiels wird das Horticulture Web Tool im Browser geöffnet. Anschließend wird der Zielwert für die Photon Flux auf den Wert 1000 gesetzt. In der nächsten Anweisung erfolgt das Auswählen einer LED. Infolgedessen wird berechnet, wie viele dieser LED benötigt werden, um den Wert von 1000 Photon Flux zu erreichen. Im letzten Schritt erfolgt die Überprüfung auf die richtige Anzahl. Der Test aus diesem Feature wird für jede Zeile aus der Examples-Tabelle einmal ausgeführt und die Parameter in den Anweisungen durch die Werte in der Tabelle ersetzt. Im ersten Durchlauf wird also <LED> mit *GA PSLR31.13* und <LED Quantity> mit *786* ersetzt. Auf diese

Weise kann der gleiche Test mehrmals mit unterschiedlichen Daten durchgeführt werden, muss zur Ausführung allerdings nur einmal gestartet werden.

Nach der Erstellung der Feature-Datei fällt auf, dass SpecFlow im Hintergrund eine Datei mit automatisch generierten Sourcecode erstellt. Dieser Code dient als Setup zur Ausführung des erstellten Features, zum Beispiel wird darin der zur Durchführung benötigte TestRunner assoziiert. Außerdem dient diese Datei als so genanntes "Mapping" zwischen den Feature-Files und den Step Definitions, welche zur Ausführung dieses Szenarios zusätzlich noch erstellt werden müssen.

STEP-DEFINITIONS GENERIEREN

In Visual Studio lassen sich diese sehr einfach generieren. Durch den Klick der rechten Maustaste in der Feature-Datei und der Auswahl "Generate Step Definitions" aus dem Kontextmenü können die Schritte deklariert werden. Nun wird dem Projekt eine weitere .cs-Datei hinzugefügt, welche die Schritte zum obigen Feature enthält. Listing 4 zeigt dazu den Inhalt dieser Datei. Die einzelnen Given/When/Then-Anweisungen aus dem Feature-File werden durch das [Binding]-Attribut und den regulären Ausdrücken mit den Methoden in dieser Datei verbunden. Ein regulärer Ausdruck ist eine Methode, die in der Programmierung für die Mustererkennung verwendet wird [vgl. Teca]. SpecFlow generiert die Methodennamen automatisch aus den Wörtern der Step-Anweisung im Feature-File. Diese können allerdings auch umbenannt werden, da die Bezeichnung der Methoden zur weiteren Nutzung irrelevant ist. Durch die regulären Ausdrücke sind die Anweisungen bereits eindeutig referenziert.

```
using System;
using TechTalk.SpecFlow;

[Binding]
public class CalculationSteps
{
    [Given(@"I have opened the horticulture webtool")]
    public void GivenIHaveOpenedTheHorticultureWebtool()
    {
        ScenarioContext.Current.Pending();
    }

    [Given(@"I have given a (.*?) for Target Photon Flux")]
    public void GivenIHaveGivenAForTargetPhotonFlux(
        string p0, Table table)
    {
        ScenarioContext.Current.Pending();
    }

    [When(@"I select a (.*?)")]
    public void WhenISelecta(string LED)
    {
        ScenarioContext.Current.Pending();
    }

    [When(@"I click the calculate button")]
    public void WhenIClickTheCalculateButton()
```

```
{
    ScenarioContext.Current.Pending();
}

[Then(@"I should see the results as (.*?)")]
public void ThenIShouldSeeTheResultsAs(int p0)
{
    ScenarioContext.Current.Pending();
}
}
```

Listing 4: Step Definitions

Nach der Erstellung der Step Definitions kann das Szenario ein erstes mal ausgeführt werden. Allerdings bleibt dieser Test vorerst ergebnislos. Alle Methoden enthalten bisher nur die Anweisung *Scenario.Current.Pending()*. Nun gilt es diese Anweisungen zu ersetzen und die Methoden dahingehend auszuarbeiten, dass sie die gewünschten Aktionen aus dem Feature-File an der Applikation ausführen, in diesem Fall im Horticulture Web Tool.

ANWEISUNGEN IMPLEMENTIEREN

Die erste Anweisung aus dem Szenario ist das Aufrufen des Horticulture Tools. Dafür muss der Selenium WebDriver den Browser (in diesem Beispiel Chrome) öffnen und anschließend zum Horticulture Tool navigieren. Die Methoden dafür sind bereits im Framework implementiert und müssen demnach nur noch aufgerufen werden. Im nächsten Schritt erfolgt die Eingabe eines Wertes für die Höhe der Photon Flux. Für diese Anweisung muss vorher das Eingabe-Element vom WebDriver-Objekt identifiziert und lokalisiert werden. Diese Lokalisierung könnte nun für jeden Button, jedes Eingabefeld etc. innerhalb der Step-Methode integriert werden. Dies ist allerdings eine eher unsaubere und unübersichtliche Herangehensweise. Für eine bessere Wartung des Testprojekts ist es daher klüger, die einzelnen Komponenten einer Webseite in separaten Modulen zu pflegen. Dafür bietet sich die Verwendung des Page Object Design Patterns an. Dieses Entwurfsmuster legt fest, dass Elemente und Funktionen einer zu testenden Applikation an anderer Stelle als die eigentlichen Tests implementiert werden. Der WebDriver greift anschließend über diese Funktionen auf die jeweiligen Objekte zu und führt die Aktionen aus. Auf diese Weise kann das Testprojekt leicht auf Änderungen in der echten Applikation reagieren [vgl. Gun15, S.181 ff.]. Folglich werden die für dieses Szenario benötigten Elemente und Funktionen des Horticulture Tools in einer separaten Klasse deklariert.

Im nächsten Schritt wird eine LED im Produkt-Selektor ausgewählt und die Berechnung durch den Klick auf den Calculate-Button gestartet. Schließlich überprüft die Then-Anweisung, ob die errechnete Anzahl der LEDs mit der erwarteten übereinstimmt. Diese Prüfung erfolgt unter der Verwendung des Assert-Befehls. Die Assert-Klasse ist in der Unit-Testing-Bibliothek von Microsoft enthalten und ermöglicht beispielsweise das Prüfen auf Gleichheit. Stimmt die Anzahl

der benötigten LEDs in der Berechnung mit der erwarteten Anzahl überein, gibt die Assert-Anweisung den Wert "true" zurück und der Test wurde damit erfolgreich ausgeführt. Das nachfolgende Listing 5 zeigt nun einen Ausschnitt der implementierten Methoden.

Nach der Implementierung der Step-Methoden kann das Szenario in Visual Studio innerhalb des integrierten Test Explorers ausgeführt werden. Die Ausführung des Tests ist auch im Debug-Modus möglich. Aus dem erstellten Testprojekt lässt sich im Anschluss auch eine DLL (Dynamic Link Library) generieren. Diese kann schließlich in den Build-Prozess des Continuous Integration Systems eingebunden werden. Sobald das Entwicklungsteam nun Änderungen im Sourcecode in das Code-Repository einchecken (z.B. Git) und das Projekt erstellt wird, werden automatisch die erstellten Akzeptanztests durchlaufen.

```
[Binding]
public class CalculationSteps
{
    [Given(@"I have opened the horticulture webtool")]
    public void GivenIHaveOpenedTheHorticultureWebtool()
    {
        WebDriver.NavigateToUrl(HorticultureToolPage.DevUrl);
        PropertiesCollection.currentPage = new HorticultureToolPage();
    }
    [Given(@"I have given a (*) for Target Photon Flux")]
    public void GivenIHaveGivenAForTargetPhotonFlux(
        string p0, Table table)
    {
        dynamic value = table.CreateDynamicInstance();
        PropertiesCollection.currentPage.As<
            HorticultureToolPage >().SetTargetPhotonFlux(
            value.value);
    }
    [When(@"I select a (*)")]
    public void WhenISelecta(string LED)
    {
        PropertiesCollection.currentPage =
            PropertiesCollection.currentPage.As<
                HorticultureToolPage >().AddLEDButtonClick();
        PropertiesCollection.currentPage =
            PropertiesCollection.currentPage.As<
                LEDSelectionPage >().SelectLED(LED);
    }
    [When(@"I click the calculate button")]
    public void WhenIClickTheCalculateButton()
    {
        PropertiesCollection.currentPage.As<
            HorticultureToolPage >().Calculate();
    }
    [Then(@"I should see the results as (*)")]
    public void ThenIShouldSeeTheResultsAs(int
        LEDQuantity)
    {
        string expectedQuantity = LEDQuantity.ToString();
        Assert.AreEqual(expectedQuantity,
            PropertiesCollection.currentPage.As<
                HorticultureToolPage >().GetLEDQuantityFirstLED()
                .ToString());
    }
}
```

Listing 5: Step Definitions implementiert

ERZIELTES ERGEBNIS

Der Einsatz von automatisierten Akzeptanztests in der Webentwicklung erweist sich durchaus als sinnvoll. Denn dadurch können Anforderungen in hoher Geschwindigkeit auf korrekte Umsetzung geprüft werden. Manuelle Funktionstests, die im wesentlichen aus Klick-Operationen bestehen, müssen somit nicht mehr von Mitarbeitern durchgeführt werden. Eine wiederkehrende Ausführung von Tests während der fortschreitenden Entwicklung sorgen darüber hinaus für eine hohe Qualität und vermeiden das Entstehen komplexer Fehler. Durch die Integration der Tests in einen Continuous Integration Prozess erhalten Entwickler zudem ein schnelles Feedback, ob Ihre Änderungen auch fehlerfrei implementiert wurden.

Das Anwendungsbeispiel schafft einen Einblick, Akzeptanztests automatisiert mithilfe der Werkzeuge Cucumber (SpecFlow für .NET) und Selenium durchzuführen. Insbesondere das Vorgehen nach dem Behavior-Driven-Development kann gut in ein agiles Umfeld integriert werden. Jedes Teammitglied kann Feature-Dateien lesen und auch selbst erstellen. Das Schreiben von User Stories und ein gleichzeitiges generieren zugehöriger Features bietet sich an. Darüber hinaus dienen die Feature-Dateien auch als Dokumentation. Zudem sind Selenium und SpecFlow beides Open-Source-Werkzeuge und bieten eine umfassende Dokumentation. Die Arbeit mit beiden Tools ist leicht erlernbar und führt schnell zu brauchbaren und umfangreichen Ergebnissen. Darüber hinaus kann der Funktionsumfang der Werkzeuge durch zahlreich verfügbare Plug-Ins erweitert werden.

Allerdings muss bei allen Vorteilen, die aus der Automatisierung resultieren, auch bedacht werden, dass dieses Vorgehen auch mit nicht unerheblichen Aufwand verbunden ist. Die Feature-Files müssen erstellt und gepflegt werden, darüber hinaus sind für die Ausführung von aussagekräftigen Tests auch fundierte Testdaten notwendig. Zudem müssen die Anweisungen aus den Features in den Step Definitions implementiert werden. Den wohl größten Aufwand bildet dabei das "Nachbauen" des zu testenden Objekts im Page Object Model, damit Selenium die Aktionen am Testobjekt auch durchführen kann. Darüber hinaus ist das Abfangen etwaiger Fehler zu berücksichtigen. Ohne umfassende Fehlerbehandlung ist eine Automatisierung von Tests wenig sinnvoll. All diese Aufwände gilt es bei der Projekt-Planung bzw. auch bei der Planung jedes Sprints zu bedenken. Mithilfe eines gut ausgebauten Frameworks können Änderungen zwar relativ einfach vorgenommen werden, jedoch erfordert dies ein konsequentes Vorgehen. Ein möglicher Ansatz für ein agiles Team wäre, zu Beginn des Projekts bzw. eines Sprints zu prüfen, in welchen Bereichen sich eine Testautomatisierung anbietet und welchen Bereich man doch besser manuell testet.

ZUSAMMENFASSUNG

Diese Arbeit bietet einen Überblick über die Automatisierung von Akzeptanztests im Bereich der Web-Entwicklung. Anhand

eines Anwendungsbeispiels wurde gezeigt, wie automatische Akzeptanztests unter Verwendung der Werkzeuge Selenium und Cucumber erzeugt werden können. Das vorgestellte Verfahren erlaubt Anforderungen an Webanwendungen in hohem Tempo und ohne großen manuellen Überprüfungs-Aufwand auf korrekte Umsetzung zu prüfen.

[WM17] Tooke, Steve (VerfasserIn). Dallas, Texas: Pragmatic Bookshelf, 2017. 11 S.
Ralf Wirdemann und Johannes Mainusch. *Scrum mit User Stories*. ger. 3., erweiterte Auflage. Wirdemann, Ralf (VerfasserIn) Mainusch, Johannes (VerfasserIn). München: Hanser, 2017. 271 S.

LITERATUR

- [And15] Andreas Monschau. *Automatisiertes Testen von Weboberflächen - JAXenter*. UI-Test mit Selenium WebDriver. Hrsg. von JAXenter. 2015. URL: <https://jaxenter.de/automatisiertes-testen-von-weboberflaechen-30703> (besucht am 21.08.2018).
- [Bas13] Bastian Krol. *Cucumber: Setup und Grundlagen*. 2013. URL: <https://blog.codecentric.de/2013/08/cucumber-setup-grundlagen/> (besucht am 21.08.2018).
- [FS12] Björn Feustel und Steffen Schluff. *Continuous Integration in Zeiten agiler Programmierung*. Heise Medien. 2012. URL: <https://www.heise.de/developer/artikel/Continuous-Integration-in-Zeiten-agiler-Programmierung-1427092.html?seite=all> (besucht am 22.08.2018).
- [Gun15] Unmesh Gundecha. *Selenium testing tools cookbook*. eng. Second edition. Quick answers to common problems. Gundecha, Unmesh (VerfasserIn). Birmingham, UK: Packt Publishing, 2015. 11 S.
- [Mar06] Martin Fowler. *Continuous Integration*. 2006. URL: <https://martinfowler.com/articles/continuousIntegration.html> (besucht am 22.08.2018).
- [NUn18] NUnit.org. *NUnit.org*. 3.07.2018. URL: <http://nunit.org/> (besucht am 07.08.2018).
- [Roy11] Roy W. Miller, Christopher T. Collins. „acceptance testing“. In: *SpringerReference*. Berlin/Heidelberg: Springer-Verlag, 2011. URL: <http://citeseerx.ist.psu.edu/viewdoc/download?doi=10.1.1.18.5040&rep=rep1&type=pdf> (besucht am 29.08.2018).
- [Sel] Selenium. *Selenium - Web Browser Automation*. URL: <https://www.seleniumhq.org/> (besucht am 07.08.2018).
- [Teca] Technopedia. *What is a Regular Expression? - Definition from Techopedia*. URL: <https://www.techopedia.com/definition/25843/regular-expression> (besucht am 13.08.2018).
- [Tebc] TechTalk Software Support. *SpecFlow - Binding Business Requirements to .NET Code*. URL: <https://specflow.org/> (besucht am 21.08.2018).
- [WHT17] Matt Wynne, Aslak Hellesøy und Steve Tooke. *The cucumber book. Behaviour-driven development for testers and developers*. eng. Second edition. The pragmatic programmers. Wynne, Matt (VerfasserIn) Hellesøy, Aslak (VerfasserIn)

NUTZERBINDUNG DURCH VERHALTENSBASIERTE BIG-DATA-ANALYSE

Dr. Nora Vollmers
Andreas Berghammer
Luca Trautmann
PROCON IT Aktiengesellschaft
Parkring
57-59,
85748 Garching bei München
E-Mail: nora.vollmers@procon-it.de
E-Mail: andreas.berghammer@procon-it.de

Abstract

Kundenbeziehungsmanagement ist ein gewinnbeeinflussender Faktor für Unternehmen und hat in den letzten Jahren stark an Bedeutung gewonnen. In diesem Artikel wird vorgestellt, wie durch verhaltensbasierte Big-Data-Analyse Nutzerbindungen aufgebaut werden können. Die drei grundlegenden Fragen hierbei sind: Welche Dienste werden genutzt? Wer sind meine aktivsten Nutzer? Gibt es Gemeinsamkeiten oder Synergien zwischen den Nutzerverhalten? Die Herausforderung besteht in der effizienten Aufbereitung und Auswertung von großen Datenmengen.

Schlüsselwörter

Big Data, Data Lake, Kundenbeziehungsmanagement

Einleitung

Standen früher ausschließlich einzelne Verkaufsabschlüsse im Vordergrund, liegt heutzutage der Fokus auf einer langfristigen Kunden- und Geschäftsbeziehung. Geschätzt ist es mindestens fünfmal teurer einen Neukunden zu gewinnen als die Zufriedenheit eines Stammkunden konstant aufrecht zu erhalten oder gar zu erhöhen. Dieser Entwicklungsprozess ist in Abb. 1 dargestellt. Kundenzufriedenheit, -bindung und -wertermittlung sind wichtige gewinnbeeinflussende Faktoren. Zum Erlangen dieser Kundeninformationen ist eine Datenerhebung notwendig. Diese Kenntnisse ermöglichen es den Unternehmen Kundenbindungseffekte zu schaffen. (Töpfer and Mann 2008)

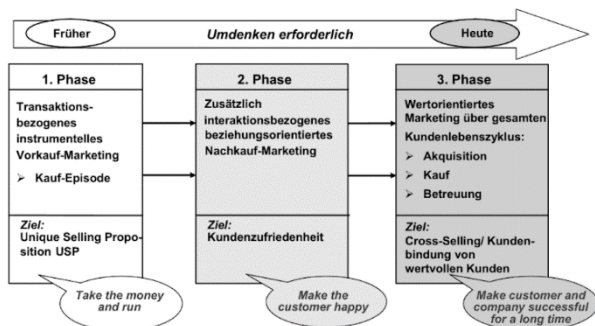


Abb. 1: Vom Beeinflussungsmarketing zum wertorientierten Beziehungsmarketing (Töpfer and Mann 2008)

Unternehmen grenzen sich schon lange nicht mehr nur über das Endprodukt voneinander ab, sondern ebenfalls über digitale Zusatzdienste.

Um die Wirksamkeit bzw. Rentabilität der Zusatzdienste, sowie die dadurch entstehenden Kosten nachvollziehbar zu machen, ist es von Bedeutung alle daraus resultierenden Daten zusammenzuführen und geeignet zu aggregieren. Ein geeigneter zentraler Speicherort kann mittels eines Data Lakes geschaffen werden.

Problem der Datenverantwortlichkeiten

Ein häufiges Problem bei der Analyse der Daten ist, dass diese meist nicht zentral an einem Ort vorliegen oder ihre Zugänglichkeit beschränkt ist. Häufig betreiben verschiedene Abteilungen unterschiedliche Dienste oder sind für einzelne Applikationen verantwortlich. Im Idealfall monitoren die Abteilungen bereits Nutzerzahlen oder Zugriffsstatistiken ihrer eigenen Anwendungen. Häufig werden allerdings nur kleine Teile der Daten berücksichtigt. Dies kann verschiedene Gründe haben.

Selbst kleine Applikationen können große Datenmengen produzieren, deswegen ist die Verarbeitung dieser Datenmasse mit konventionellen Methoden oft nicht möglich und verlangt eine entsprechende Infrastruktur. Hinzu kommt, dass diese Daten, gerade Applikationslogs oder von Sensoren generierte Daten, oftmals in verschiedenen semistrukturierten Formen, wie z.B. JSON, XML, Text oder CSV vorliegen. Das Erstellen eines Gesamtprofils eines Nutzers ist durch die Verteilung der Verantwortlichkeiten, nicht existenter Schnittstellen und komplexen Prozessen meist nicht möglich.

Big Data: Datenaufbereitung

Die Einführung eines zentralen Speicherorts für alle Formate - in Form eines sogenannten Data Lake - ermöglicht es, alle Daten der entsprechenden Abteilungen und Zuständigkeitsbereiche zu vereinen und fachübergreifend zugänglich zu machen. Technologisch hat sich Hadoop bei den meisten Branchen als Data Lake etabliert. Es handelt sich hierbei um ein Open-Source-Projekt, das die Speicherung von Daten über eine große Anzahl von Rechnern, sogenannten Knoten unterstützt. Konzerne setzen hierbei in der Regel auf orchestrierte und vor allem supportete Lösungen von Firmen wie Cloudera, Hortonworks oder MapR. Zusätzlich werden in Bundles Komponenten (in der Regel auch aus dem Open-Source-Bereich) zur Verarbeitung der Daten oder Steuerung der Zugriffe angeboten, um ein ganzheitliches Big-Data-Konzept zu ermöglichen. (Mathis 2017)

So können z.B. Daten verschiedenen Typs und Herkunft mit Hilfe von Tools wie Kafka, Sqoop oder Flume in den Data Lake übertragen werden. Man nennt diesen Prozess „ingest“ (Pasupuleti and Purra 2015).

Datenquellen können hierbei Filestreams, Folder, Datenbanken aber auch Bildquellen, Audiofiles oder Videos sein. Die Daten werden in dem sogenannten Source Layer in ihrer Ursprungsform übertragen. So werden hier unter anderem die relevanten JSON-, CSV-, XML-, Text-, DB- und andere Dateien aus den Quellsystemen abgelegt. Im Unterschied zu Data-Warehouse-Systemen, bei denen in der Regel nur die aggregierten Daten gespeichert werden, bleiben im Data Lake die Rohdaten erhalten.

Zur Überführung der Datenformate in ein einheitliches Format wird ein Tool benötigt, das komplexe Transformationen durchführt. Durch diese Transformationen werden die Daten abfragbar. Ein beliebtes Tool hierbei ist Apache Spark. Durch das Nutzen vieler Rechner im Verbund werden riesige Datenmengen „in memory“ prozessiert, parallel verarbeitet und gespeichert. Es gibt eine Vielzahl an Bibliotheken um z.B. mit Hilfe von Scala, Python oder Java Daten verschiedenster Herkunft zu extrahieren und abfragbar in Tabellen auf dem sogenannten Prepared Layer zu speichern. Beliebte Tools auf dem Data Lake sind hierbei HIVE für Daten mit definiertem Schema oder HBase als NoSQL Komponente. (Mathis 2017)

Big Data: Datenauswertung

Sind die Daten im Prepared Layer abfragbar gespeichert, können Data Scientists mit Ad-Hoc-Analysen beginnen. Die Ergebnisse können mittels direkter Ausführung von SQL-Queries berechnet werden. Als Query-Editor kann ein einfacher Datenbankmanager verwendet werden, der sich z.B. via JDBC Treiber mit HIVE verbindet. Die Parallelisierung der Abfragen mit Hilfe von Big-Data-Engins reduziert die Rechenzeit. Durch die Speicherung aller relevanten Daten im Data Lake sind der Kreativität des Data Scientists keine Grenzen gesetzt. Einfache ABC-Analysen, um verschiedene Benutzerklassen zu

identifizieren, können genauso relevant sein, wie das Finden von Synergien, selten genutzten Diensten, unbekannt Mustern, Trends, usw.

Stellt man zum Beispiel durch Daten fest, dass Benutzer relativ komplizierte Wege durch die Menüführung auf sich nehmen, um eine häufig benutzte App zu finden, so könnte diese durch ein Update zukünftig auf dem Startbildschirm erscheinen.

Die kombinierte Nutzung von Applikationen kann bei der Datenauswertung berücksichtigt werden. Das Kombinationsmuster kann verwendet werden, um Ähnlichkeitsstrukturen zu analysieren. Dadurch können dem Kunden weitere Applikationen empfohlen werden, die möglicherweise in seinem Interessengebiet liegen. Lizenzen für Dienste die kaum oder gar nicht benutzt werden können reduziert oder ganz eingespart werden. Nutzer, die innerhalb einer Applikation bisher keine Beachtung fanden, können durch das Zusammenführen der Daten als neue Zielgruppe identifiziert werden.

Dadurch können in der Automobilbranche Fragestellungen wie z.B. „Ist der Alltagsfahrer, der die Applikation selten nutzt, vielleicht gar nicht so interessant wie der Gelegenheitsfahrer, der meine Applikation ständig im Einsatz hat?“ beantwortet werden.

Des Weiteren bietet der Data Lake verschiedene Schnittstellen und Tools für Machine-Learning-Komponenten. Neben manuellen Abfragen können auch intelligente Modelle entwickelt werden, welche auf großen Datenmengen trainiert werden. Dadurch ist beispielsweise eine individuelle digitale Unterstützung möglich.

Big Data: Datenschutz

Big Data bringt auch kritische Aspekte mit sich. Die Analyse von Kundendaten impliziert einen gewissenhaften Umgang mit den Daten. Die Einhaltung des Datenschutzes ist hierbei ein wichtiger Aspekt. Die personenbezogenen Kundendaten können durch Anonymisierung, ein entsprechendes Rechte-Rollen-Konzept und weiteren Compliance-Vorkehrungen geschützt werden. Im Vordergrund sollten im Bereich von Big Data immer Gruppen oder Cluster stehen. Die Analyse von Einzelpersonen ist in der Regel nicht notwendig und sollte im Idealfall erst gar nicht möglich sein, um Zuwiderhandlung zu unterbinden und das Vertrauen der Kunden zu stärken.

Big Data: Vorteile für Unternehmen

Die Analyse von Massendaten ist für ein Unternehmen vorteilhaft. Pro Monat und angebotenen Dienst, wie z.B. Websites oder Apps, mehrere Millionen Einträge durch Kundenaktionen in Logfiles produziert. Diese treten je nach Implementierung in unterschiedlichsten strukturierten, semistrukturierten oder unstrukturierten Formaten auf.

Die Möglichkeit diese enormen, inhomogenen Datenmengen performant zu verarbeiten, zu speichern und zu analysieren bieten zum Beispiel die bereits erwähnten

moderne Open Source Technologien Hadoop, HIVE und Spark.

Diese neuen Technologien ermöglichen die Parallelisierung der Rechenvorgänge in Memory und somit sind komplexe Transformationen auf Datensatzgrößen mehrerer Milliarden Zeilen in kurzer Zeit durchführbar. Ein Beispiel aus der Praxis für die schnelle Verarbeitung ist das Prozessieren von Logfiles, die in den Source Layer von mehreren Webapplikationen ingestiert werden. So werden in der Sekunde ca. 10.000 Einträge durch Benutzerinteraktionen generiert. Dadurch entsteht eine stetig wachsende Datenmenge von ca. 1.5TB pro Monat. Mit Hilfe der in memory Verarbeitung kann via Batchprozessing die Aufbereitung eines kompletten Monats in weniger als 30 Minuten durchgeführt werden. Es können bestimmte Textfelder mit Hilfe von Regular Expressions extrahiert, Ergebnisse mit diversen Mappings verbunden und Kennzahlen berechnet werden. Möglich wäre auch ein Streaming-Szenario, das alle Daten sofort bei deren Erscheinen in Echtzeit in den Prepared Layer überträgt. Der digitale Datenspeicher eines Produktes ermöglicht das automatische Lesen von Daten. Infolgedessen wird eine vollkommen dezentrale Produktionsumgebung geschaffen und die Produkte selbst werden zu wichtigen Informationsträgern. (Herrmann 2018) Diese Informationen können sich die Unternehmen zunutze machen, um das Produkt individuell auf den Kunden anzupassen und somit eine Nutzerbindung aufzubauen.

Die gemessenen Kundeninteraktionen können nun im Data Lake gespeichert werden. Somit können anschließend durch einfache SQL-Querys Analysen durchgeführt werden, um z.B. in einer Art ABC-Analyse Kennzahlen über Nutzergruppen zu ermitteln.

Bei diesen Gruppen geht es beispielsweise darum, herauszufinden, welche Nutzer neu, durchgehend oder nach längerer Pause wieder im System aktiv sind. Zusätzlich kann analysiert werden, welche Anwendungen bzw. welche Kombinationen dieser die Kunden verwenden.

Diese Erkenntnisse können verwendet werden, um zu errechnen, wie beliebt angebotene Dienste sind, ob Synergie- oder Ausschlusseffekte existieren oder wie sich das Kundenverhalten über die Zeit auf den Systemen verändert.

Durch intelligente Algorithmen können auf die Kunden abgestimmte Marketing-Aktionen gestaltet und automatisiert verbessert werden. Die Kundenbindung wird dadurch messbar erhöht. Dies geschieht einerseits mit traditionellen Methoden, indem Nutzer, welche eine längere Zeit nicht aktiv waren, spezielle Angebote erhalten und andererseits mit Verfahren aus dem Bereich Machine Learning. Ein Beispiel sind Empfehlungen auf Basis von Clustering-Algorithmen, bei denen bereits verwendete Dienste und möglicherweise interessante Systeme abgeglichen werden.

Digitale Zusatzdienste: Das smarte Fahrzeug

Längst schon nicht mehr kauft man ein Fahrzeug ausschließlich aus Gründen der Fortbewegung. Beim Erwerb eines neuen Autos erwartet der Kunde: „Freude am

Fahren“, „Vorsprung durch Technik“, „das Beste oder nichts“. Die Hersteller setzen auf Zusatzdienste, die den Fahrkomfort maximieren, um sich von der Konkurrenz abzugrenzen. So besitzen besonders moderne Fahrzeuge gehobener Preisklasse neben einer Reihe an Sensoren, die intelligente Assistenzsysteme ermöglichen, auch eine hohe Anzahl an zusätzlichen multimedialen Diensten. Sprachassistenten verschiedener Hersteller, wie Apple, Google oder Amazon können frei gewählt werden. Diese ermöglichen es E-Mails während der Fahrt mit der integrierten Microsoft-Outlook-App zu diktieren, Kalendereinträge im Google Kalender zu erstellen oder die Lieblingsplaylist in Spotify abzuspielen. Um jeder Kundengruppe gerecht zu werden, reicht es nicht aus, z.B. nur Apple-Dienste exklusiv anzubieten. Somit befindet sich eine Vielzahl an Diensten im Fahrzeug, die über ähnliche Services verfügen. Abspielen von Musik ist beispielsweise neben Spotify mit Amazon Music, Google Music oder Apple Music möglich. Darüber hinaus kann das parkende Fahrzeug via Handyapp aufgefunden oder mit dieser von der Ferne aus abgesperrt werden. Zusätzlich existiert eine Reihe von Service-Websites um z.B. Schäden zu melden, Werkstatttermine zu vereinbaren usw. Das Angebot all dieser Dienste ist eine große Investition für den Automobilhersteller.

So ist es nicht verwunderlich, dass ein großes Interesse besteht herauszufinden, welche Dienste besonders häufig und welche eher sporadisch genutzt werden. Des Weiteren liegt das Interesse darin, die Kundenzufriedenheit durch das schnellere Finden von beliebten Diensten zu erhöhen.

Fazit

Zusammenfassend lässt sich sagen, dass Firmen, die ihre immer anspruchsvoller werdenden Kunden verstehen und ihre Dienste gezielt auf die Bedürfnisse anpassen können, zukünftig in der Lage sein werden sich von der Konkurrenz abzusetzen und ihre Marktstellung auszubauen.

Literatur

- Herrmann, F. 2018. "The Smart Factory and Its Risks." *Systems* 6, no. 4: 38.
- Mathis, C. 2017. "Data Lakes". *Datenbank-Spektrum*, 17(3), 289-293.
- Pasupuleti, P. and B. S. Purra. 2015. "Data Lake Development with Big Data". Packt Publishing Ltd.
- Töpfer A. and A. Mann. 2008. "Kundenzufriedenheit als Basis für Unternehmenserfolg". In *Handbuch Kundenmanagement: Anforderungen, Prozesse, Zufriedenheit, Bindung und Wert von Kunden 2008*, A. Töpfer. Springer-Verlag, 37-79.

Kontakt

Dr. Nora Vollmers wurde in Mönchengladbach geboren und studierte theoretische Physik an der Universität Paderborn, wo sie 2016 in diesem Fachbereich ebenfalls

promovierte. Danach arbeitete sie als quantitative Analystin bei einer japanischen Investmentbank in Hong Kong. Bei PROCON IT ist sie Big Data Engineer und vorrangig für das Big Data Backend in diversen Projekten verantwortlich. Ihre E-Mail-Adresse lautet Nora.Vollmers@procon-it.de.

Andreas Berghammer wurde in Dachau geboren und absolvierte eine Ausbildung zum Fachinformatiker bevor er 2016 seinen Bachelor in Wirtschaftsinformatik berufsbegleitend an der Technischen Hochschule Deggendorf abschloss. Als Projektleiter für Big-Data-Projekte bringt er umfangreiche Erfahrung in den Bereichen SAP BW, BI-Infrastruktur sowie der Entwicklung diverser Data-Pipelines im Big-Data-Umfeld mit. Seine E-Mail-Adresse lautet Andreas.Berghammer@procon-it.de.

Luca Trautmann wurde in München geboren und schloss ihren Bachelor in Statistik an der Ludwig-Maximilians-Universität München ab. Weiterführend begann sie 2017 mit dem Studium zum Master der Statistik mit sozial- und wirtschaftswissenschaftlicher Ausrichtung. Bei PROCON IT ist sie im Zuge ihrer Masterarbeit als Werkstudentin tätig. Ihre E-Mail-Adresse lautet Luca.Trautmann@procon-it.de.

Wie sieht denn nun die Zukunft der Arbeit aus?

Aktivitäten des interdisziplinären Zukunftslabors CreaLab im Rahmen des Schwerpunktthemas «Zukunft der Arbeit»

Ute Klotz Hochschule Luzern ute.klotz@hslu.ch	Patricia Wolf University of Southern Denmark pawo@sam.sdu.dk	Barbara Kummler Hochschule Luzern barbara.kummler@hslu.ch	Michael Doerk Hochschule Luzern michael.doerk@hslu.ch
---	---	---	---

Keywords

Zukunft, Arbeit, Digitalisierung, Science-Fiction, Kreativitätstechniken

Abstract

Das Zukunftslabor CreaLab der Hochschule Luzern beschäftigt sich schon einige Jahre mit dem Thema «Zukunft der Arbeit». Die Projekte sind vielfältig und reichen von der Analyse von Science-Fiction Bücher über den Aufbau einer Internetplattform für Kreativitätstechniken und Ressourcenmanagement bis hin zu verschiedenen Unterrichtsmodulen.

Einleitung

»Die bestmöglichen Verhältnisse?«, fragte Noys ironisch. »Was ist das? Eure Maschinen sagen es euch. Aber wer stellt die Maschinen ein und sagt ihnen, nach welchen Maßstäben sie urteilen sollen? Die Maschinen lösen Probleme nicht mit größerer Einsicht und Vernunft, sondern nur schneller. Was halten die Ewigen für die "bestmöglichen Verhältnisse"? Ich will es dir sagen. Sicherheit und Mäßigung. Vermeidung aller Exzesse. Keine Risiken ohne die Gewissheit, dass sie sich lohnen.«

Harlan schluckte. Twissells Worte kamen ihm in den Sinn: »Wir haben das Ungewöhnliche weggezüchtet.« War es nicht so?

»Du scheinst nachzudenken«, meinte Noys. »Das ist gut.

Asimov, I. (2016). Das Ende der Ewigkeit. o.S.

Das Thema «Zukunft der Arbeit» gehört seit einigen Jahren zu den Forschungsthemen des interdisziplinären Schwerpunktprogramms des Zukunftslabors CreaLab der Hochschule Luzern (Meissner, Wolf, Harboe, 2015). Das Schwerpunktprogramm selbst wurde im Jahr 2010 gestartet und das bis zu 18-köpfige Kernteam aus mittlerweile sechs Departementen konnte bis 2015 über 40 Projekte abwickeln. (Zukunftslabor CreaLab, 2017a) davon 12 im Bereich «Zukunft der Arbeit» (Zukunftslabor CreaLab, 2017b).

Science-Fiction und Zukunft der Arbeit

Als eines der Projekte, die viel Aufmerksamkeit bekommen haben, zeigte sich das Projekt «Die Zukunft der Arbeit in der Vergangenheit des Science-Fiction» (Zukunftslabor CreaLab, 2015). Im Rahmen dieses Projektes wurden 51 Bücher der Science-Fiction

Literatur ausgewählt, die einerseits elektronisch verfügbar waren und andererseits in den Jahren zwischen 2010 und 2013 publiziert wurden. Die Bücher wurden nicht mehr vollständig von den Projektmitarbeitenden gelesen, sondern mithilfe einer Software für Qualitative Datenanalyse (Atlas.ti) analysiert. Dabei wurden im Vorfeld 83 Kodes (Begriffe) definiert und mit diesen die 51 Bücher durchsucht. Damit konnten insgesamt 7'656 Zitate gefunden werden, die dann manuell und intellektuell analysiert wurden. Sieben Zukunftsszenarien konnten abgeleitet werden.

1. Bedeutung und Umfang der Arbeit
2. Die Leichtigkeit des Lernens
3. Die moderne Verwaltung
4. Die langweilige Gesellschaft
5. Die medizinischen Dienstleistungen
6. Die Abhängigkeit der Menschen
7. Die nahezu unendliche Mobilität

Designing Tomorrow // Über Morgen

Im Dezember 2016 konnte das CreaLab am Workshop «Designing Tomorrow // Über Morgen – Republica & Utopia: A Two-Day Creative Techno-Political Think Tank» in Tel Aviv, Israel, teilnehmen (Zukunftslabor CreaLab, 2016). Dabei wurden vier Workshopgruppen mit vier verschiedenen Themen gebildet: Future of the Nation-State, Future of the Human Body, Future of the City and Future of Work. Die Workshopteilnehmenden sollten dabei von sog. Facilitators inspiriert werden, um in ihrem Themenbereich eine wünschenswerte, aber nicht utopische, Zukunft 2050 zu denken. Mithilfe der Methode Backcasting wurde eine wünschenswerte Zukunft im Jahr 2050 erarbeitet und dann versucht, rückwärtsgerichtet in 10-Jahresschritten abzuschätzen, welche Voraussetzungen in den Jahren 2030 und heute vorliegen müssen, um diese wünschenswerte Zukunft realisierbar zu machen. Im Rahmen des Workshops «Zukunft der Arbeit» wurde Szenarien entlang der Zeitachse entwickelt (Klotz & Hauptman 2016). Im Rahmen dieses Prozesses sind auch viele Fragen aufgeworfen worden, die es immer noch zu beantworten gilt, u.a.: Was bedeutet Arbeit in einer post-work-society? Wie kann das Bedingungslose Grundeinkommen weltweit eingeführt werden?

Welchen Einfluss hat es auf die Empfänger? Wie können Innovationen immer noch einen Anreiz bieten?

Methodenplattform Becreate

Eine wichtige Aufgabe des Zukunftslabors CreaLab ist das Erkennen, Anpassen, Anwenden, aber auch das Erfinden von Kreativitätstechniken, um Innovationen zu fördern. Dazu wurde die umfassende Plattform becreate <http://www.becreate.ch/> geschaffen. Sie ermöglicht einen Workshop online zu planen und gut vorbereitet durchzuführen. Dazu gehört die Klärung des Workshop-Ziels für die Moderatorin oder den Moderator, die Aufteilung des Zieles in psychologisch funktionierende Teilschritte, die Auswahl von Methoden, die zu den Teilschritten passen, das Festlegen des benötigten Materials und schlussendlich das Generieren des Workshop-Plans als PDF.

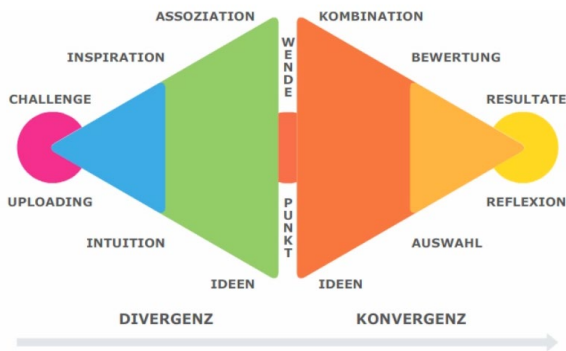


Abbildung 1: Innovationsmanagementprozess

Dieser Innovationsmanagementprozess (Abbildung 1), der im Rahmen eines Workshops und mithilfe der Plattform Becreate angewendet werden kann, beruht auf der Theory U von Otto Scharmer (Scharmer, 2013) und dem Design-Thinking-Prozess (Schallmo, 2017).

Die Methodenplattform Becreate war ursprünglich ein Bestandteil der Plattform zum Ressourcenmanagement relax-concentrate-create.

Ressourcenmanagement mit relax-concentrate-create

Neben der Methodenplattform Becreate wurde die relax-concentrate-create Plattform <https://rcc.hslu.ch> zum Thema Ressourcenmanagement erstellt (Doerk, 2017). Hierbei handelt es sich um «Software-Suite zum Ressourcenmanagement und zur personalisierten Prävention und Gesundheitsförderung für Studierende und Hochschulpersonal». Ergänzt wird die Software-Suite um ein Web Based Training und einer Web App. Die Software Suite steht mittlerweile allen Schweizer

Studierenden und Hochschulangehörigen über SWITCHaai (Switch, 2018) mit ihrem jeweiligen Hochschulzugang zur Verfügung.

Die Software Suite (Doerk, 2017) basiert auf dem relax-concentrate-create (rcc) Entwicklungsprozess (Abbildung 2), einem Schritt für Schritt Verfahren zu einem nachhaltigen und persönlichen Ressourcenmanagement. Man kann zu Beginn den Analysezeitraum für die Selbsterfahrung festlegen und dann die Schutz- und Belastungsfaktoren definieren. Der Hauptprozess besteht darin, den Alltag im Journal zu dokumentieren. Es werden auch die Journalziele, die man zum Abschluss des Entwicklungsprozesses erreichen möchte, definiert und mit selbst definierten Massnahmen unterstützt. Jede Woche sollte reflektiert werden, was gut war und was es zu verbessern gilt. Zum Abschluss des Entwicklungsprozesses werden dann die Schutz- und Belastungsfaktoren überprüft, um festzustellen, ob auch neue Ressourcen entdeckt worden sind. Die gemachten Erfahrungen werden im Rahmen eines Gesamtfazits zusammengefasst und reflektiert.

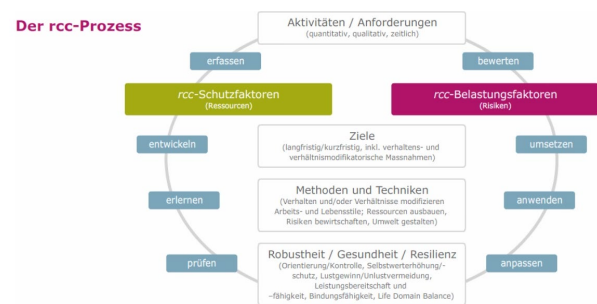


Abbildung 2: Der rcc-Prozess

Flash Fiction/Creative Writing

Der Fokus des Zukunftslabors CreaLab auf Kreativitätstechniken und das sich Beschäftigen mit Science-Fiction Literatur hat in einem weiteren Schritt dazu geführt, selbst Science-Fiction Literatur schreiben zu wollen. Dabei ging es einerseits um das Ergebnis einer guten Science-Fiction Kurzgeschichte aber auch um die Methode Flash Fiction/Creative Writing selbst. Bei dieser Methode werden sehr kurze Geschichten unter Zeitdruck mit ungefähr 150-300 Wörtern geschrieben, die sich auf ein Thema, eine Person, eine Situation konzentrieren. Der Zeitdruck entsteht dadurch, dass man den Schreibenden zwischen drei und fünf Minuten Zeit gibt, eine Geschichte zu schreiben. Es werden mehrere Durchgänge nacheinander durchgeführt. Nach jedem Durchgang werden einzelne Geschichten von Freiwilligen vorgelesen, um die

Schreibenden mit neuen Ideen zu inspirieren. Man möchte hier das implizite Wissen explizit machen. Die meistens von Hand geschriebenen Geschichten werden transkribiert und dann quantitativ und qualitativ analysiert (Wolf, Klotz, Baumann, 2018b).

Projekt «Future customer needs of the working population with regard to mobility»

Die Methode des Flash Fiction/Creative Writing wurde in den letzten zwei Jahren sowohl innerhalb der Hochschule Luzern selbst als auch bei externe Forschungs- und Dienstleistungsprojekten angewandt, so auch im Rahmen des durch den SBB-Forschungsfonds finanzierten Projektes «Future customer needs of the working population with regard to mobility» (Wolf, Klotz, Baumann, 2018b). Der Fokus lag bei der Mobilität der arbeitstätigen Bevölkerung im Jahr 2057. Im Rahmen von drei Workshops wurden 221 Geschichten von 84 Autoren geschrieben. Erwähnt wurden 14 Verkehrsmittel, von den Personentransmittern bis zum Roboterpferd, und 12 Kundenbedürfnisse, vom «sehr schnellen Transport» bis zum «im Raum ankommen».

Aufgrund der Geschichten wurden vier Szenarien entwickelt (Wolf, Klotz, Baumann, 2018b):

- (1) Mobil leben und arbeiten
- (2) Freie Auftragsarbeit und seltene physische Treffen
- (3) Zentrale Aufgabenzuteilung und Überwachung
- (4) Emanzipation von digitalen Helfern.

Ausgewählte Geschichten wurden dann in einem Buch veröffentlicht (Wolf, Klotz, Baumann, 2018a). Diese Art der Dokumentation, neben dem sehr ausführlichen Abschlussbericht, hat die Methode und ihre Ergebnisse greifbarer und überzeugender gemacht.

«Zukunft der Arbeit» in der Ausbildung

Die «Zukunft der Arbeit» beschäftigt aber nicht nur die Forschung, sondern auch die Dozierenden und Studierenden. Im Sinne des Wissenstransfers konnte in den letzten fünf Jahren das Wahlmodul «Zukunft der Arbeit» im Rahmen des interdisziplinären Studienangebotes durchgeführt werden, an dem Studierende von fünf Departementen teilnehmen konnten (Zukunftslabor CreaLab, 2017b). Dieses Modul wurde als Blockwoche angeboten und mehrheitlich in der Form des Teamteaching unterrichtet. Dabei wurden die Themen Zukunfts- und Trendforschung, Branchen & Digitalisierung, Neue Beschäftigungsformen, Sharing Economy, Gewerkschaften & Digitalisierung, Arbeitsräume und Agiles Arbeiten aufgenommen, vorgestellt und diskutiert. Ergänzt wurden die Unterrichtseinheiten mit kommerziellen Filmsequenzen, die sich in vielfältiger Art und Weise

mit Arbeit beschäftigen. Beim filmischen Unterrichtsmaterial hat man sich sehr stark an den amerikanischen Syllabi orientiert, da dort Filme und die Filmanalyse schon jetzt viel stärker in das eine oder andere Unterrichtsmodul integriert sind. Die Gastreferenten berichteten u.a. über Work-Life-Balance und Boundary Management sowie über ein kollegial geführtes Unternehmen basierend auf Laloux (Laloux, 2015). Ein Rundgang, an dem man zu Fuss von Lab (Labor Luzern, 2018) zu Lab (The GaudiLab, 2018) und von Coworking Space zu Coworking Space innerhalb Luzerns ging und mit den Inhabern und Teilnehmenden sprach, war sicher einer der sehr interessanten Aspekte des Moduls.

LizzyNet «Schreibwettbewerb FutureJobs»

Im Rahmen des Wissenschaftsjahres 2018 – Arbeitswelten der Zukunft (Bundesministerium für Bildung und Forschung, 2018) wurde vom LizzyNet (LizzyNet, 2018) in Köln ein Schreibwettbewerb für Jugendliche und junge Erwachsene von 12-26 Jahren ausgeschrieben. Erlaubt waren Gedichte, Essays, Poetry Slam und vieles mehr. Die Teilnehmenden sollten den Fragen nachgehen, wie in Zukunft gearbeitet wird, ob es noch eine Ausbildung braucht oder Führungskräfte geben wird. Das Zukunftslabor CreaLab konnte im Rahmen der Jury teilnehmen. Im September 2018 wurden die Sieger geehrt, 89 Beiträge wurden eingesendet.

Digitalisierung, Mitbestimmung und gute Arbeit

Der Wandel der Arbeit im Zusammenhang mit der Digitalisierung beschäftigt auch die Gewerkschaften. Im Rahmen des Forschungsverbunds «Digitalisierung, Mitbestimmung, Gute Arbeit» der Hans-Böckler-Stiftung (Hans-Böckler-Stiftung, 2018) führt das Zukunftslabor CreaLab seit 2017 ein Projekt zum Thema «Mitbestimmung von Mitarbeitenden aus DIY-Communities» durch. Hier geht es um die Art und den Umfang einer möglichen Zusammenarbeit zwischen Do-It-Yourself-Communities und traditionellen Unternehmen, denn die DIY-Communities sind im Gegensatz zu traditionellen Unternehmen nur an commons-basierten, aber nicht an kommerziellen, Produktionsformen interessiert. Beide Seiten könnten aber von einer möglichen Zusammenarbeit profitieren. Das Projekt gibt Einblicke in Funktionsweise ausgewählter Unternehmen der Pharmabranche und in das Denken der VertreterInnen der DIY-Communities. Der Projektbericht wird im Herbst 2018 erwartet (Wolf, Gaudenz, Klotz, forthcoming).

Weitere Themen, die im Rahmen des Forschungsverbundes verfolgt werden, reichen von Digitalisierungskonflikten über Diskriminierung durch Künstliche Intelligenz bis hin zur Digital Bohème.

The Dynamics of Virtual Work

Zu Beginn der Tätigkeiten im Rahmen des Themas «Zukunft der Arbeit» war das Zukunftslabor CreaLab auch in das europäische COST Netzwerk «The Dynamics of Virtual Work» (2012-2016) (o.J.) involviert. Hieraus entstand u.a. der Fokus auf Crowdworking Plattformen (Klotz, Baumann, Marfurt, 2016) und später wurde dann der Aspekt der virtuellen Schwarzarbeit (Baumann & Klotz, 2017) näher untersucht.

ITC «Digitale Transformation der Arbeitswelt»

Ein weiterer wichtiger Schritt beim Thema «Zukunft der Arbeit» konnte auf der Gesamtebene Hochschule Luzern gemacht werden. Letztes Jahr wurde im Rahmen eines internen, zweistufigen Ausschreibungsverfahrens für neue interdisziplinäre Themencluster unter mehreren Eingaben zwei ausgewählt, eines davon beschäftigt sich mit der «Digitalen Transformation der Arbeitswelt». Das interdisziplinäre Themencluster (ITC) wird über vier Jahre mit einem Budget ausgestattet und die Projekt- und Mittelvergabe soll transparent mittels zwei Mal im Jahr stattfindenden Calls for Ideas stattfinden.

Ausblick

Die Zukunft der Arbeit sollte sich am Werkzeugszenario für das Leitbild des Technologieeinsatzes orientieren: die Unterstützung des arbeitenden Menschen steht im Vordergrund. (Flecker, Schönauer, Riesenecker-Caba, 2016) Für eine Gesellschaft könnte es ein Ziel sein, Arbeitsplätze zu schaffen, die es den Menschen erlauben, angstfrei zu leben. Erniedrigung und Vereinsamung müssen keine Bestandteile der Arbeit sein (Negt, 2011).

Literatur

- Asimov, I. (2016). Das Ende der Ewigkeit. Roman (Roboter und Foundation - der Zyklus, Bd. 14). München: Heyne.
- Baumann, S. & Klotz, U. (2017). Undeclared Virtual Work: An Emerging Problem for Governments? In P. Parycek & N. Edelmann (Hrsg.), CeDEM17. Proceedings of the International Conference for E-Democracy and Open Government 2017, 17-19 May 2017 Danube University Krems, Austria (pp. 63-70). Krems: Edition Donau-Universität Krems.
- Bundesministerium für Bildung und Forschung (2018). Arbeitswelten der Zukunft. <https://www.wissenschaftsjahr.de/2018/>
- Doerk, M. (2017). relax concentrate create. Wolltest du dich und deine Ressourcen schon immer besser verstehen und nutzen? Der rcc Prozess ermöglicht es dir. <https://rcc.hslu.ch/>
- Dynamics of Virtual Work (o.J.). An international interdisciplinary research network on the transformation of work in the Internet Age. <http://dynamicsofvirtualwork.com/>
- Flecker, J., Schönauer, A. & Riesenecker-Caba, T. (2016). Digitalisierung der Arbeit: Welche Revolution? Wirtschafts- und Sozialpolitische Zeitschrift (4), 18-34.
- Hans-Böckler-Stiftung (Hrsg.). (forthcoming). Mitbestimmung von Mitarbeitenden aus DIY-Communities. Projektbeschreibung. <https://www.boeckler.de/11145.htm?projekt=2017-379-2>
- Hübscher, B., Baumann, S. & Klotz, U. (2017). Virtuelles Schwarzarbeiten in der Plattformökonomie. Die Zuständigkeit staatlicher Aufsichtsorgane im Zeitalter der Digitalisierung. In *Jahrbuch der Schweizerischen Verwaltungswissenschaften* (S. 11-27). Zürich: Schulthess.
- Klotz, U., Baumann, S. & Marfurt, K. (2016). Crowdworking-Plattformen im Vergleich – Geschäftsmodell, Arbeitsbedingungen und Qualitätssicherung. In Thomas Barton; Frank Herrmann; Vera G. Meister; Christian Müller; Christian Seel (Hrsg.), Prozesse, Technologien, Anwendungen, Systeme und Management 2016 (Tagungsband zur 29. AKWI-Jahrestagung, 55-64). Heide: mana-Buch.
- Klotz, U. & Hauptman, A. (2016). Summary of a Work-Tech2050 micro-workshop. Held within the “Designing Tomorrow” event, Tel Aviv, December 21st 2016. Unveröffentlichte Dokumentation, Lucerne, Tel Aviv.
- Kolbert, S. & Schümperli-Keller, E. (2017, 09. Oktober). relax – concentrate – create: Ressourcenmanagement neu gedacht. <https://www.hslu.ch/en/lucerne-school-of-social-work/about-us/aktuell/2017/10/09/publikationsa-relax-concentrate-create/>
- LizzyNet – FutureJobs (2018). Schreibwettbewerb im Wissenschaftsjahr 2018 - Arbeitswelten der Zukunft. Zugriff am 29.09.2018. <https://www.lizzynet.de/wws/9.php#/wvs/schreibwettbewerb-futurejobs.php?sid=93141610722114231553823992399450>
- Labor Luzern (2018). Hackspace. <http://www.laborluzern.ch/>
- Laloux, F. (2015). Reinventing organizations. Ein Leitfaden zur Gestaltung sinnstiftender Formen der Zusammenarbeit. München: Verlag Franz Vahlen. <http://dx.doi.org/10.15358/9783800649143>
- Meissner, J. O., Wolf, P. & Harboe, J. (2015). Im «Dazwischen». Die Reise des Aktionsforschungsprogramms «CreaLab» durch die Multirationalität der Hochschulwelt. *OrganisationsEntwicklung* (2), 23-30.
- Negt, O. (2011). Arbeit und menschliche Würde. Essay. In Bundeszentrale für politische Bildung (Hrsg.), Humanisierung der Arbeit (Bd. 15, S. 3-5). Bonn. <http://www.bpb.de/system/files/pdf/59ME3U.pdf>
- Schallmo, D. R.A. (2017). Design Thinking erfolgreich anwenden. So entwickeln Sie in 7 Phasen kundenorientierte Produkte und Dienstleistungen. Wiesbaden: Springer Fachmedien.
- Scharmer, C. O. (2013). Theorie U. Von der Zukunft her führen. Presencing als soziale Technik. (3., unveränderte Aufl.). Heidelberg: Auer.
- Switch. (2018). SWITCHaai. Your university login is the key to access hundreds of services. <https://www.switch.ch/aai/>

- The GaudiLab (2018). Physical lab space.
<http://www.gaudi.ch/>
- Wolf, P., Gaudenz, U. & Klotz, U. (forthcoming). Final Project Report: Co-determination of employees from DIY communities (Mitbestimmung von Mitarbeitenden aus DIY Communities). Luzern, Düsseldorf.
- Wolf, P., Klotz, U. & Baumann, S. (Hrsg.). (2018a). Zukunftsgeschichten. Band 2: Mobilitätswelten 2057. Norderstedt: Books on Demand.
- Wolf, P., Klotz, U. & Baumann, S. (2018b). Future customer needs of the working population with regard to mobility - Zukünftige mobilitätsbezogene Kundenbedürfnisse der Arbeitenden Bevölkerung (Zukunftslabor CreaLab Working Papers Nr. 5). Luzern: Hochschule Luzern - Wirtschaft.
- Zukunftslabor CreaLab. (2015). Die Zukunft der Arbeit – in der Vergangenheit des Science Fiction. Juni 2013 bis Mai 2015.
https://blog.hslu.ch/crealab/files/2013/09/KG_DieZukunftDerArbeit_04.pdf
- Zukunftslabor CreaLab. (2016). Recap: Designing Tomorrow // Über Morgen.
<https://blog.hslu.ch/crealab/2016/12/29/recap-designing-tomorrow-ueber-morgen/>
- Zukunftslabor CreaLab. (2017a). Jahresbericht 2017, Luzern.
https://blog.hslu.ch/crealab/files/2018/03/R%C3%BCckblick_2017_de.pdf
- Zukunftslabor CreaLab. (2017b). Projekte in Zusammenarbeit mit der Hochschule Luzern, alle Departemente.
https://blog.hslu.ch/crealab/files/2017/12/Uebersicht_Projekte_01.pdf

Potenziale von Blockchain 2.0 in der Energiewirtschaft – Analyse einer Applikation für einen lokalen Energiemarkt auf Basis von Smart Contracts

Christopher Schwöbel
Fakultät Wirtschafts- und
Sozialwissenschaften

Hochschule Osnabrück
Caprivistrasse 30a
49076 Osnabrück
E-Mail:
christopher.schwoebel@
t-online.de

Frank Bensberg
Fakultät Wirtschafts- und
Sozialwissenschaften

Hochschule Osnabrück
Caprivistrasse 30a
49076 Osnabrück
E-Mail:
f.bensberg@hs-osnabrueck.de

Christian Gerth
Fakultät Wirtschafts- und
Sozialwissenschaften

Hochschule Osnabrück
Caprivistrasse 30a
49076 Osnabrück
E-Mail:
c.gerth@hs-osnabrueck.de

ABSTRACT

Die Blockchain-Technologie gestattet in Verbindung mit Smart Contracts die automatische Abwicklung von Peer-to-Peer-Transaktionen ohne zentrale Instanz (Intermediär). Für die deutsche Energiewirtschaft ergeben sich aufgrund der Energiewende und der anhaltenden Digitalisierung disruptive Potenziale. So können durch Nutzung von Blockchain-Technologien Marktprozesse dezentralisiert werden und die Markteffizienz durch sichere Einbindung der unterschiedlichen Akteure und Rollen gesteigert werden. Um die Potenziale für die Energiewirtschaft nachzuweisen, wird eine auf Basis der Ethereum Blockchain realisierte dezentralisierte Anwendung (DApp) in Bezug auf unterschiedliche Wirkungsfelder für einen lokalen Energiemarkt untersucht. Durch Analyse der Funktionalitäten dieser DApp kann gezeigt werden, dass die Blockchain-Technologie die Disintermediation etablierter Marktakteure gestattet und somit Impulse für den nachhaltigen Strukturwandel in der Energiewirtschaft entfaltet. Mögliche Adressaten der erzielten Befunde sind Forschungseinrichtungen, Beratungsunternehmen sowie Entscheidungsträger in der Unternehmenspraxis.

SCHLÜSSELWÖRTER

Digitalisierung, Blockchain, Smart Contracts, Energiewirtschaft, Energiewende, Smart Grid, Ethereum, Solidity

PROBLEMSTELLUNG

Aufgrund der Energiewende befindet sich die deutsche Energiewirtschaft derzeit in einem fundamentalen Transformationsprozess (Madlener und Thomes, 2014). Das Umweltbundesamt weist für 2016 einen Anteil erneuerbarer Energien am Bruttostromverbrauch von 31,7 % aus (Umweltbundesamt 2017). Demnach wurde fast ein Drittel des in Deutschland verbrauchten Stroms aus nachhaltigen erneuerbaren Energiequellen gewonnen.

Nach der Fokussierung der Energiepolitik auf den Ausbau der erneuerbaren Energien rücken nunmehr systemische und technologische Fragestellungen, insbesondere vor dem Hintergrund der Digitalisierung, in den Fokus der Entscheidungsträger in Politik, Wirtschaft und Industrie. Ziel ist es dabei, ein ausgewogenes Verhältnis steuerbarer und fluktuierender Erzeugungstechnologien aufrecht zu erhalten. Dabei entsteht zwangsläufig die Herausforderung, Produzenten und Konsumenten regenerativer Energiequellen in die Marktprozesse zu integrieren. Im Zuge dieser Integration ist insbesondere auch das Phänomen zu handhaben, dass Haushalte sowohl als Produzenten als auch als Konsumenten von Energie auftreten können und somit im Energiemarkt als Prosumer agieren. Durch das 2016 verabschiedete Gesetz zur Digitalisierung der Energiewende und den forcierten Ausbau eines intelligenten Energiemarkts kommt der Informations- und Kommunikationstechnologie (IKT) eine entscheidende Rolle zu. Die Realisierung eines intelligenten Stromnetzes in Form eines Smart Grids erfordert ein optimales Zusammenspiel der Bereiche Netz und Markt. Der durch das Gesetz zur Digitalisierung der Energiewende beschlossene Rollout intelligenter Messsysteme (Smart Meter) kann der erste Schritt sein, um Erzeugung und Verbrauch von Energie besser in Einklang zu bringen und dem Verbraucher Einsparpotenziale zu signalisieren. Auch die zunehmende Anzahl von Geräten mit Anbindung ans Internet der Dinge könnte diesen Trend verstärken. Doch noch sind dies häufig nur informationstechnologische Insellösungen. Es gilt diese übergreifend zu koordinieren respektive zu steuern, um Synergien und Integrationseffekte zu erzielen.

Durch die zunehmende Dezentralisierung der Energieerzeugung wird die Fragestellung aufgeworfen, welche Anwendungspotenziale Blockchain-Technologien in der Energiewirtschaft besitzen. Zur Beantwortung dieser Fragestellung werden zunächst die Grundlagen der Blockchain als Informationstechnologie näher beleuchtet, wobei der Schwerpunkt auf der Ethereum-Blockchain und Smart Contracts liegt. Darauf aufbauend wird die prototypische DApp Marketplace-in-Energy analysiert, die zur Unterstützung des lokalen Energiehandels

von dem Forschungskonsortium BRIE-ETLA initiiert und vom Forschungsprojekt BOND (Blockchains Boosting Finnish Industry) entwickelt wurde. Bei dem Konsortium handelt es sich um eine Zusammenarbeit zwischen dem amerikanischen BRIE (The Berkeley Roundtable on the International Economy) und dem finnischen ETLA (Research Institute of the Finnish Economy). Die Analyse der Funktionalitäten dieser DApp erfolgt im Rahmen eines generischen Akteursmodells für die Energiewirtschaft, auf welches das Evaluationsmodell für Blockchain-basierte IT-Lösungen des japanischen Wirtschaftsministeriums (Takagi et al. 2017, Zile und Strazdina 2018) angewendet wird. Auf diese Weise werden potenzielle Anwendungsfälle und Wirkungsfelder der Blockchain-Technologie im Kontext der Energiewirtschaft abgeleitet. Die Ergebnisse liefern Transparenz über die anwendungsbezogenen Potenziale eines bestehenden, frei verfügbaren IT-Artefakts (DApp) in einem branchenspezifischen Kontext, sodass eine Orientierungsgrundlage für weiterführende Forschungsarbeiten geschaffen wird. Abschließend werden zentrale Ergebnisse der Analyse zusammengefasst und Herausforderungen für die Weiterentwicklung identifiziert.

BLOCKCHAIN ALS TRANSFORMATIONALE INFORMATIONSTECHNOLOGIE

Zentrale Merkmale der Blockchain-Technologie

Blockchain bezeichnet ein dezentrales Transaktionssystem, das ohne Intermediäre, d.h. ohne Vermittler in Form zentraler Instanzen funktioniert. Transaktionen können unmittelbar zwischen zwei Teilnehmern ausgeführt werden, ohne dass Vertrauen gegenüber einer bislang benötigten dritten Partei (Trusted 3rd Party) entgegengebracht werden muss (Voshmgir 2016). Transaktionen sind dabei als Vorgang einer Wertübertragung zu verstehen (Iansiti und Lakhani 2017). Bei der Blockchain handelt es sich um eine Technologie zur Verifikation von Datentransaktionen, die es ermöglicht, zuvor zentral ausgerichtete Informationssysteme zu dezentralisieren. Die Blockchain stellt dabei eine dezentrale Datenbank dar, die im Netzwerk auf einer Vielzahl von Rechnern (sog. Nodes) gespiegelt vorliegt und deren Einträge in Blöcken gruppiert werden (Schlatt et al. 2016). Diese Blöcke sind in chronologischer Reihenfolge über eine kryptographische Signatur miteinander verknüpft. Die Einträge sind als Transaktionen zu verstehen. Zusammengehörige Transaktionen werden in einem Datenblock zusammengefasst und auf Basis eines Konsensmechanismus durch die Teilnehmer der Blockchain validiert. Der neu erzeugte Block wird anschließend an eine Kette bereits validierter Blöcke angehängt und bildet mit diesem die namensgebende Blockchain, zu Deutsch „Blockkette“ (Voshmgir 2016).

Aus technischer Sicht handelt es sich bei der Blockchain um ein verteiltes System bzw. eine verteilte Datenbank. Charakterisiert wird diese durch voneinander unabhängige Netzknoten (Nodes), die miteinander kommunizieren und sich synchronisieren. Der Ausfall einzelner Rechner beeinflusst andere Rechner dabei nicht, da jeder

Netzknoten einen gemeinsamen Status des Systems speichert, sodass der Ausfall einzelner Rechner nicht den (teilweisen) Verlust des Systemstatus impliziert. In Blockchain-Systemen werden die Daten der Blockchain in jedem Knoten redundant gespeichert (Schlatt et al. 2016).

Der Verzicht auf einen Intermediär kennzeichnet dabei das Kern-Charakteristikum der Blockchain-Technologie. Ihr Einsatz ist folglich dann sinnvoll, wenn „[...] komplexe Prozesse mit vielen Akteuren und Verträgen koordiniert werden müssen oder wenn zentral agierende Instanzen zu ersetzen sind“ (Neumann et al. 2017).

Die derzeitige Entwicklungsstufe Blockchain 2.0 ermöglicht darüber hinaus die Nutzung sogenannter Smart Contracts. Dabei handelt es sich um ein digitales Protokoll, das Verträge elektronisch abbildet und dadurch Transaktionen ohne Kontrolle durch Dritte automatisiert ausführen kann (Hasse et al. 2016). Die Entwicklungsstufe Blockchain 3.0 stellt noch ein visionäres Konzept dar. Suggestiert wird hierbei, dass die Blockchain in nahezu alle gesellschaftlichen Lebensbereiche Einzug halten wird (Kastrati und Weissbart 2016). Als mögliche Bereiche werden hierbei vor allem die Finanzdienstleistungen (Banken, Börsen, Versicherungen) sowie die in dieser Arbeit thematisierte Energiewirtschaft genannt (Hasse et al. 2016). Aber auch die Bereiche Gesundheit, Wissenschaft, Kultur und Kunst (Burgwinkel 2017) sowie der öffentliche Bereich (Schlatt et al. 2016) gelten als potenzielle Anwendungsdomänen. Denkbar ist auch, dass sich Smart Contracts zu virtuellen Unternehmen in Form sogenannter DAOs (Decentralised Autonomous Organisation) weiterentwickeln (Hasse et al. 2016).

Um das Potenzial der Blockchain bewerten zu können, ist es notwendig, die zugrundeliegenden Technologien transparent zu machen. Die Blockchain basiert auf den technologischen Grundlagen der asymmetrischen public-key Verschlüsselung, der Hashfunktion im Sinne einer digitalen Signatur sowie des Prinzips des Hash-Baum-Algorithmus (merkle tree). Neben diesen technologischen Grundlagen fußt die Blockchain auf dem Prinzip des gegenseitigen Vertrauens, um einen Intermediär zu substituieren und die Blockchain als Vertrauensinstanz zu etablieren. Ein entsprechendes Belohnungssystem für die Leistungserbringer fungiert als ökonomische Anreizfunktion (Motivation) und sichert die Aufrechterhaltung des Systems.

Dezentralisierung

Die Blockchain Technologie basiert auf der Peer-to-Peer (P2P) Netzwerktechnologie. Bekanntgeworden ist diese Netzwerkstruktur bereits durch Filesharing-Dienste wie etwa dem BitTorrent-Netzwerk in Form von (Musik-)Tauschbörsen Ende der 1990er Jahre (Schütte et al. 2017). Die Dezentralisierung zeichnet sich dadurch aus, dass klassische Client-Server-Architekturen durch die verteilte Blockchain-Technologie substituiert werden. Daraus folgt, dass aus Perspektive der Systemarchitektur keine Instanz mehr existiert, die zentralen Steuerungs- oder Kontrolleinfluss auf das System ausübt. In einem

P2P-Netzwerk fungiert jeder Client durch das Bereitstellen von Rechenleistung zugleich auch als Server (Voshmgir 2016). Die Basisbestandteile der Blockchain sind die namensgebenden Blöcke. Diese enthalten Transaktionen bzw. Daten des jeweiligen Netzwerks. Die Blöcke sind über einen One-Way-Hash basierend auf dem Hash-Baum Algorithmus (auch Merkle-Tree-Algorithmus) miteinander verknüpft. Das bedeutet, dass der Hash von den Transaktionen aus dem vorherigen Block in den nächsten Block der Blockchain eingetragen wird (Burger et al. 2016).

Dadurch wird gewährleistet, dass die früheren Blöcke nicht unbemerkt modifiziert und dadurch manipuliert werden können. Blöcke von Transaktionen sind also untrennbar miteinander verkettet. Der Hash-Wert fungiert dabei als Instrument zur Aufdeckung von Manipulationen. Bei Manipulationsversuchen würde der Hash-Wert nicht mehr stimmen. Dadurch ist es auch nicht mehr möglich, einmal getätigte Transaktionen zu revidieren. Es sei denn, die Mehrheit aller Teilnehmer stimmt diesem, im Sinne des im Blockchain Protokoll definierten Konsensmechanismus zu. Das Resultat sind eine nachgewiesene Datenintegrität sowie Irreversibilität (Burger et al. 2016). Um eine Transaktion rückgängig zu machen, kann lediglich – wieder im Konsens – die entsprechende Gegentransaktion veranlasst werden (Schütte et al. 2017). Hierbei wird auch deutlich, dass in einem P2P-Netzwerk die Datenhoheit nicht mehr allein vom Serverbetreiber ausgeübt wird, sondern von den Teilnehmern des Netzwerks.

Kryptographie

Die zu erreichende Datenintegrität wird mit Hilfe kryptographischer Verfahren gewährleistet. Durch sequentielle Verkettung der einzelnen Blöcke werden sowohl die zeitliche Reihenfolge als auch die Datenintegrität des gesamten Datenbestands sichergestellt und somit vor Manipulation geschützt (Burger et al. 2016). In der Blockchain tritt anstelle des Intermediärs der kryptographische Beweis (Hasse et al. 2016). Als Verschlüsselungssystem kommt dabei die bereits 1976 von Diffie und Hellman eingeführte asymmetrische Public-Key-Verschlüsselung zum Einsatz (Schlatt et al. 2016). Jeder Teilnehmer erhält dabei einen öffentlichen sowie einen privaten Schlüssel. Der öffentliche Schlüssel (Public Key) stellt eine eindeutige Empfängeradresse für eingehende Transaktionen dar und ist vergleichbar mit einer Kontonummer. Die Funktion des privaten Schlüssels (Private Key) ist es, dem Eigentümer den Zugang zu seinem Konto zu ermöglichen sowie ausgehende Transaktionen zu bestätigen. Zwischen beiden Schlüsseln besteht eine mathematische Asymmetrie, sodass ein Rückschluss vom öffentlichen auf den privaten Schlüssel unmöglich ist. Umgekehrt kann jedoch der private Schlüssel den öffentlichen Schlüssel berechnen. Für eine Transaktion benötigt der Absender folglich nur den öffentlichen Schlüssel des Empfängers sowie seinen eigenen privaten Schlüssel. Bedingt dadurch, dass keine weiteren Informationen benötigt werden, müssen die Teilnehmer nicht zwangsweise mit ihrem Klarnamen respektive einer geprüften

Identität agieren. Ziel ist es für Transparenz und Privatsphäre gleichermaßen zu sorgen (Voshmgir 2016).

Validierungsprozess und Konsensverfahren

Um die Gültigkeit von Transaktionen zu bestätigen, bedarf es eines Algorithmus, der die Verifizierung der Daten vornimmt und dadurch die Validierung neuer Blöcke ermöglicht. Die dabei am häufigsten verwendeten Protokolle zur Konsensfindung stellen der Proof-of-Work-Algorithmus (PoW) sowie der Proof-of-Stake-Algorithmus (PoS) dar, die im Wesentlichen als ökonomische Anreize für die Teilnehmer fungieren (Voshmgir 2016).

Weiterhin kommt dem Mechanismus der verteilten Konsensfindung auch die Rolle eines vertrauenswürdigen Dritten zu. Dieser schafft damit die Grundlage für die Umgehung der Intermediäre. Das Vertrauen in einen Dritten weicht damit einem Vertrauen in ein „[...] Kollektiv, einer Technologie und ihrer Kryptographie“ (Schütte et al. 2017). Im Rahmen der Validierung neuer Transaktionen überprüft der Schwarm der Rechner sich selbst. Ein Abgleich mit der gespeicherten Blockchain würde bei Manipulationsversuchen eine Abweichung erkennen und die Transaktion nicht validieren. Der Validierungsprozess durch Konsensfindung ist als Protokoll dezentral in der Blockchain verankert und läuft automatisiert ab (Hasse et al. 2016). Beide Protokolle werden im Folgenden vorgestellt.

Proof-of-Work

Beim Proof-of-Work Algorithmus (PoW) handelt es sich um einen Konsensmechanismus, bei dem jeder Block durch sogenanntes Mining validiert wird. Ziel dieses Algorithmus ist es zu beweisen, dass ein bestimmter Rechenaufwand betrieben wurde, um eine Transaktion respektive einen Block zu validieren (Burger et al. 2016). Im Folgenden wird der Prozess am Beispiel des Ethash-Algorithmus der Ethereum Blockchain verdeutlicht. Zunächst werden korrekte Transaktionen von den Minern (Mining-Netznoten, -Nodes) in einem Block zusammengefasst. Aus den Metadaten sowie einer Nonce (number used only once) wird ein Hash-Wert generiert, den es einem sogenannten Target-Wert anzugleichen gilt (Schlatt et al. 2016). Die Miner „graben“ bzw. „schürfen“ dabei namensgebend nach der Nonce, einer 32-Bit Integer Variablen. Der Nonce ist dabei vergleichbar mit einem Counter, der solange iteriert wird, bis sich die daraus berechnete Prüfsumme (Hash) dem target angeglichen hat (Giese 2017). Die einzelnen Miner stehen dabei in einem kompetitiven Wettbewerbsverhältnis. Denn nur der Miner, welcher als erstes einen Block mit dem vorgegebenen Target generiert, erhält drei (Stand Oktober 2018) neu generierte Ether-Token (Static Block Reward) sowie darüber hinaus eine Erstattung aller angefallenen Transaktionskosten (Ethereum Wiki 2018). Bei Ethereum werden Transaktionskosten in Form von Gas berechnet. Gas ist dabei als eine Arbeitseinheit zu verstehen. Entsprechend werden die Gas-Kosten als Gwei („Giga wei“) ausgewiesen. Ein Gwei entspricht dabei 10^{-9} Ether. Jede Transaktion wird durch den benötigten Aufwand definiert.

Der Block Reward wird dabei von Zeit zu Zeit angepasst. Zuletzt wurde am 31.08.2018 beschlossen, den Block Reward zukünftig auf zwei Ether zu senken (Ethereum Improvement Proposal Repository 2018).

Die Bezeichnung des Schürfens (Mining) ist dabei in Analogie zum realen Schürfen nach Edelmetallen zu verstehen, denn auch hier spielen die Schürfkosten eine bedeutende Rolle für den Wert des Edelmetalls.

Nachdem der Miner seinen Block an das Netzwerk gesendet hat, wird die Lösung durch die anderen Teilnehmer (Nodes) geprüft und sodann in die Blockchain aufgenommen bzw. als neuer Block angehängt (Schlatt et al. 2016). Ein Konsens über die Richtigkeit des Blocks kommt zustande, wenn 50 Prozent der Nodes übereinstimmen. Eine Manipulation wäre demnach nur möglich, wenn ein potenzieller Angreifer mehr als 50 Prozent der Rechnerleistung kontrolliert (51 percent attack) (Federico und Göß 2017).

Bei einer derzeitigen durchschnittlichen Zeit zur Erzeugung eines Blocks von ca. 14 Sekunden ist es nicht unwahrscheinlich, dass zeitgleich mehrere Miner zum richtigen Ergebnis gelangen. Um auch die Arbeit des Miners finanziell zu kompensieren, dessen Block nicht ausgewählt wurde, wartet Ethereum dazu mit einem sogenannten Reward-System auf. Jener Miner, dessen Ergebnis ebenfalls richtig war, erhält in Form des Uncle Rewards eine geringfügig kleinere Entlohnung von 7/8 des Static Rewards, also 2,625 Ether (Ethereum Wiki 2018). Ferner wird dadurch auch einer Mining-Zentralisierung entgegengewirkt, da dadurch einer Monopolstellung vorgebeugt wird.

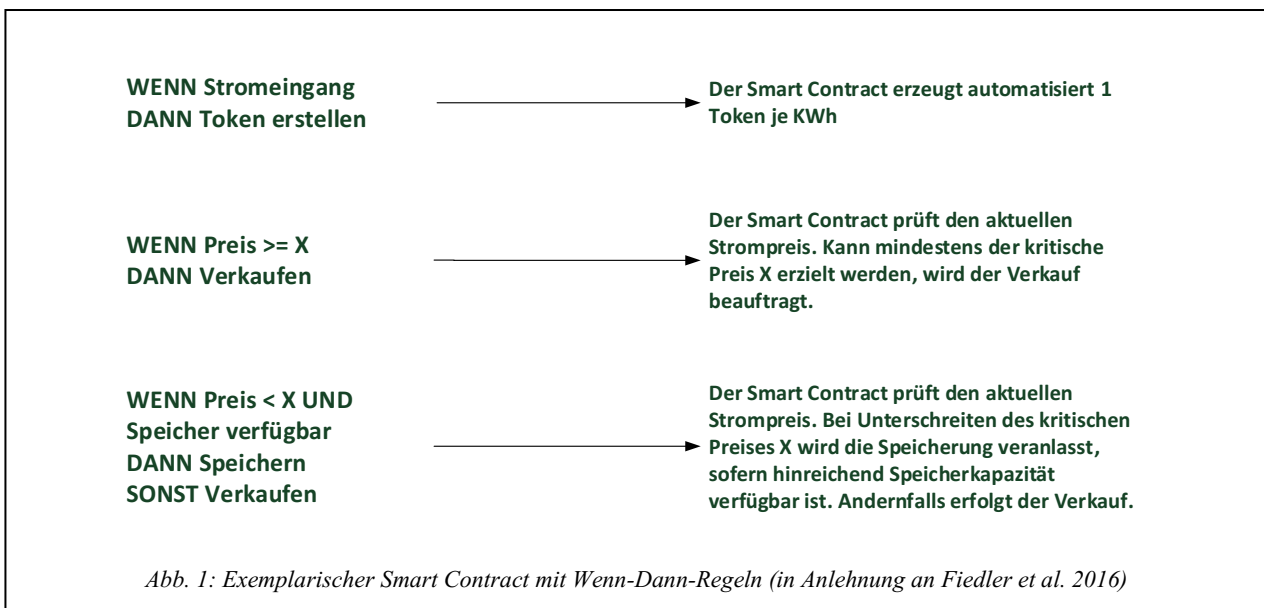
Neben dieser ökonomischen Anreizfunktion obliegt dem Konsensmechanismus auch die Steuerung der virtuellen Geldmenge. Als Folge stetig zunehmender Rechenleistung nach dem Moore'schen Gesetz würden sich die Intervalle, in denen neue Blöcke generiert werden, sogleich verkürzen. Das Resultat wäre ein inflationärer Anstieg der Krypto-Währungseinheiten. Um dem entgegenzuwirken, wird die Komplexität des kryptographischen Rätsels (Difficulty) immer dann erhöht, wenn sich die Zeitdauer

zur Lösung des Rätsels durch hinzugekommene Rechenkapazitäten zu verkürzen droht (Schütte et al. 2017). Es ist der derzeit am häufigsten verwendete Standard zur Konsensfindung. Der entscheidende Vorteil dieses Algorithmus ist, dass er mathematisch sicher ist und Vertrauen schafft. Der Nachteil ist, dass der Transaktionsdurchsatz stark reduziert ist. Nachfolgend wird dazu der Proof-of-Stake-Algorithmus gegenübergestellt.

Proof-of-Stake

Als Alternative zum PoW-Algorithmus wurde der Proof-of-Stake (PoS)-Algorithmus entwickelt (Burger et al. 2016). Die Grundidee dahinter ist, dass die Aktualisierung des Systems nur durch jene Netzknoten vollzogen werden soll, die einen großen Anteil an der jeweiligen Kryptowährung halten. Per Zufallsalgorithmus wird ein Teilnehmer ausgewählt, der anschließend berechtigt ist, den entsprechenden Block zu schürfen. Die Zufallschance steigt dabei mit der Höhe der Einlage. Der Anreiz soll hierbei durch die korrekte Aufrechterhaltung des Systems geschaffen werden (Schlatt et al. 2016). Dabei wird impliziert, dass ein Teilnehmer steigendes Interesse daran hat, dass ein bestimmtes Blockchain-System stabil läuft und nicht kompromittiert wird, je mehr Einlagen (Stakes) er am System hält. Der PoS Algorithmus ist aus Effizienzgesichtspunkten die bessere Alternative, was auch den Grund dafür darstellt, dass die Ethereum-Blockchain die systematische, sukzessive Umstellung von PoW auf das PoS-Protokoll beschlossen hat (Giese 2017).

Darüber hinaus existiert eine Vielzahl weiterer Ansätze zur Konsensfindung. So entstand mit dem Proof-of-Activity Protokoll beispielsweise ein Hybrid aus PoW und PoS. Das Proof-of-Capacity Protokoll verfolgt hingegen das Ziel, den Arbeitsnachweis in Form des beanspruchten Speicherplatzes zu erbringen. Im Bereich der nicht-öffentlichen (permissioned) Blockchains wird zudem der Proof-of-Authority viel diskutiert. Dabei können sich an der Konsensfindung lediglich sich bekannte Autoritäten beteiligen. Durch die Zugangsbeschränkung ist der



Proof-of-Authority-Algorithmus jedoch nur für private oder Konsortial-Blockchains geeignet.

Smart Contracts

Smart Contracts haben die Blockchain 2.0 initiiert und dadurch weitere Potenziale der Blockchain-Technologie entfaltet. So versprechen Smart Contracts beispielsweise die vollautomatische Vertragserfüllung zuvor definierter Konditionen. Bei Smart Contracts handelt es sich um ein Transaktionsprotokoll, das die Bedingungen eines Vertrags implementiert. Bedingt durch die technische Architektur wird die Blockchain als geeignetes Medium zur technischen Ausführung solcher Kontrakte betrachtet (Schlatt 2016). Smart Contracts sind dabei als ausführbarer Code zu charakterisieren, der einer definierten Programmlogik im Sinne von Wenn-Dann-Regeln unterliegt (vgl. Abb. 1).

Die Implementierung erfolgt dabei in der eigens für Smart Contracts entwickelten und auf JavaScript basierenden Programmiersprache Solidity. Durch Smart Contracts initiierte Transaktionen werden automatisch ausgeführt, sobald die vertraglich festgehaltenen Konditionen von allen beteiligten Parteien erfüllt sind (Voshmgir 2016). Zudem könnten sich signifikante Synergieeffekte durch Implementierung von Smart Contracts auf Geräten ergeben, die über eine Anbindung an das Internet der Dinge verfügen (Lundqvist et al. 2017), um dadurch automatisierte Transaktionen zwischen Maschinen zu ermöglichen (M2M) (Lauslahti et al. 2017). Smart Contracts sollen dem realen Leistungsaustausch von digital referenzierten Gütern dienen. Da ihr rechtlicher Status noch nicht abschließend definiert ist, bedarf es an dieser Stelle einer weitergehenden juristischen sowie regulatorischen Auseinandersetzung (Kaulartz und Heckmann 2016). Smart Contracts haben maßgeblich dazu beigetragen, dass die Blockchain ein so großes wirtschaftliches und politisches Interesse geweckt hat.

Ethereum als digitales Ökosystem für verteilte Anwendungen

Ethereum kombiniert die dezentrale Infrastruktur einer Blockchain mit den weitreichenden Möglichkeiten implementierbarer Smart Contracts. Die Idee stammt dabei von Vitalik Buterin, der Ethereum Ende 2013 erstmals allgemein beschrieb (Buterin 2013). Der Name Ethereum basiert auf der aristotelischen Idee vom Äther als allgegenwärtigem fünften Element. Buterins neue Blockchain sollte allgegenwärtig sein und auf allen teilnehmenden Rechnern laufen. Kurz darauf, Anfang 2014, wurde sie vom Ethereum Mitbegründer Gavin Wood weiter formalisiert (Wood 2014). Bei Ethereum handelt es sich im Gegensatz zu Bitcoin nicht um eine reine Kryptowährung. Es ist vielmehr eine Plattform zur Programmierung und Ausführung von dezentralisierten Anwendungen (DApps) und Smart Contracts. Gegenüber Bitcoin ermöglicht Ethereum somit jegliche Art von Peer-to-Peer-Wertaustausch und damit mehr als nur reine Geldtrans-

aktionen. Damit wird die Möglichkeit gesehen, die digitale Ökonomie zu revolutionieren (Internet of Values) (Tapscott und Tapscott 2016).

Seit dem Launch im Juli 2015 verfolgt die Ethereum Foundation das Ziel, die Ethereum Blockchain kontinuierlich weiterzuentwickeln und im Sinne einer öffentlichen Blockchain der Allgemeinheit zur Verfügung zu stellen (Voshmgir 2016).

ANALYSE DER DAPP MARKETPLACE-IN-ENERGY

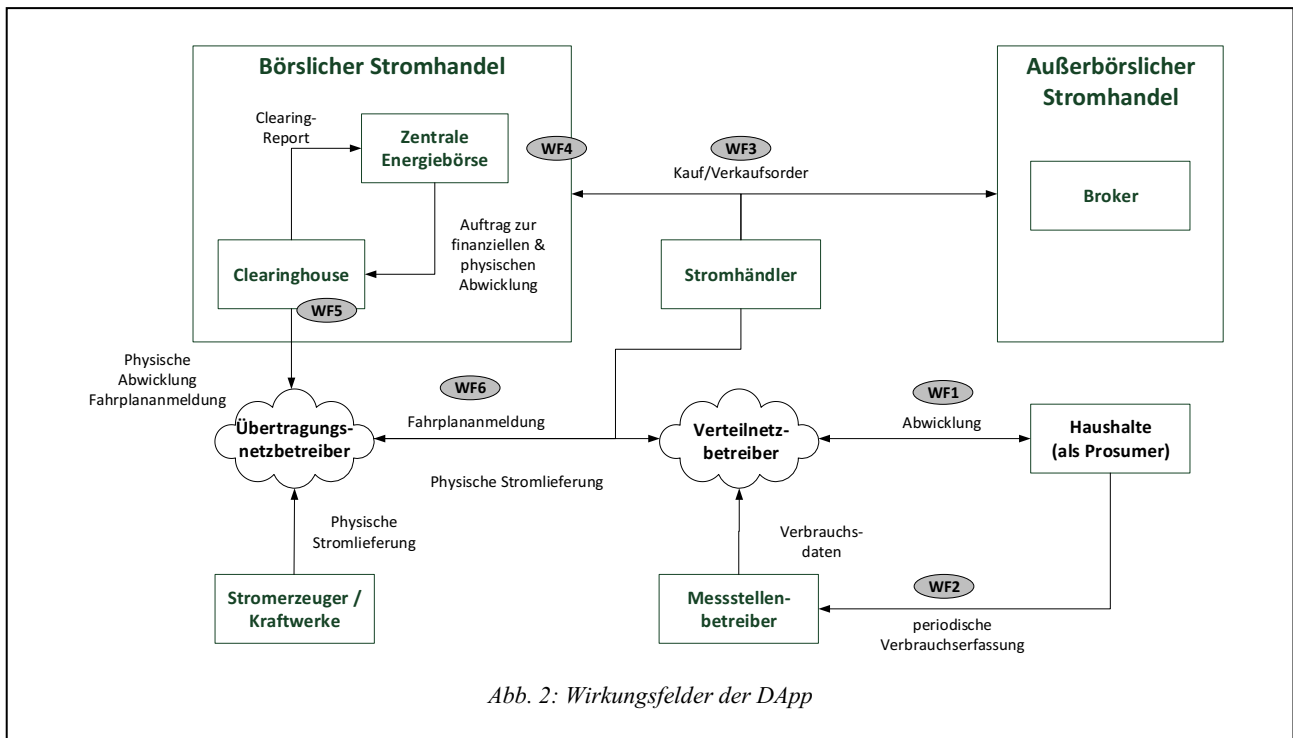
Das Projekt marketplace-in-energy

Bei dem Projekt marketplace-in-energy handelt es sich um eine von der finnischen ETLA (Research Institute of the Finnish Economy) in Kooperation mit dem finnischen Energiekonzern Fortum Oyj entwickelten Blockchain Applikation (DApp). Der Prototyp wurde von der ETLA über Github unter der MIT-Lizenz veröffentlicht (Hukkinen et al. 2017). Als Kernelement nutzt die Applikation Ethereum-basierte Smart Contracts, um die MarktAbstimmung zwischen den Energieproduzenten und Verbrauchern zu erleichtern. Mit der Entwicklung dieser Applikation soll untersucht werden, ob mit der Blockchain-Technologie verteilte Koordinations- und Datenmanagementarchitekturen für dezentrale Energiesysteme entwickelt werden können.

Analyse der DApp

Zur Analyse der DApp sind ihre potenziellen Wirkungsfelder im Kontext der energiewirtschaftlichen Akteure und Prozesse zu identifizieren. Die Wirkungsfelder bilden dabei verschiedene Nutzungspotenziale durch die Blockchain und Smart Contracts ab, die durch die bestehenden Funktionalitäten realisierbar sind. Die Identifikation der Wirkungsfelder erfolgt anlehnend an den vom japanischen Ministerium für Wirtschaft, Handel und Industrie veröffentlichten Kriterienkatalog zur Evaluation von Blockchain-Projekten (Takagi et al. 2017). Dazu wird die DApp anhand ausgewählter qualitativer Kriterien bewertet. Die Auswahl beschränkt sich aus Gründen der lokalen Instanziierung auf qualitative Merkmale, da eine Quantifizierung (z. B. der Skalierbarkeit oder des Transaktionsdurchsatzes) nicht möglich ist. Ziel ist es zu bewerten, wo Stärken und Schwächen dieser DApp liegen und daraus Handlungsempfehlungen für die Praxis abzuleiten. In Abb. 2 werden nun zunächst anhand eines generischen Akteursmodells für die Energiewirtschaft die Wirkungsfelder aufgezeigt, die durch den Einsatz der DApp potenziell entstehen.

Aus der Darstellung wird deutlich, dass Energiehandelstransaktionen entweder zentral über die Börse (EEX, European Energy Exchange in Leipzig) oder außerbörslich als Folge einer Direktvermarktung (als OTC-Geschäft) zustande kommen. Die Abwicklung der börslichen Geschäfte erfolgt dabei über ein Clearinghouse, das auch die Ausfallabsicherung der Vertragspartner



übernimmt. Die physische Abwicklung der Stromlieferung erfolgt durch die Netzbetreiber, die für das Übertragungsnetz (Übertragungsnetzbetreiber, ÜNB) und das Verteilnetz zuständig sind. Das Verteilnetz wird dabei von Energieversorgungsunternehmen (EVU) betrieben, die die regionale Stromversorgung sicherstellen und damit das Bindeglied zum Endverbraucher bilden.

Zur Koordination der Lieferprozesse erfolgt eine Fahrplananmeldung, mit der die Netzbetreiber über die aus den Handelstransaktionen resultierenden Stromlieferungen informiert werden. Die Produktion der erforderlichen Strommengen findet durch dedizierte Stromerzeuger bzw. Kraftwerke oder aber auch durch dezentrale Haushalte statt, die durch die Nutzung regenerativer Energiequellen als Prosumer auftreten. Die Verbrauchserfassung erfolgt durch entsprechende Messgeräte (z. B. Smart Meter), die von Messstellenbetreibern (MSB) installiert, betrieben und abgelesen werden.

In diesem vereinfachten Marktmodell erschließen sich durch Blockchaining unterschiedliche Wirkungsfelder (WF), die an den Transaktionsbeziehungen zwischen den unterschiedlichen Akteuren ansetzen. In Abb. 2 werden sechs Wirkungsfelder identifiziert (WF1,...,WF6), die im Folgenden näher erläutert werden.

Wirkungsfeld 1: Direkter P2P-Handel ohne Energieversorgungsunternehmen

Die Kernfunktionalität der DApp besteht in der Unterstützung direkter P2P-Handelstransaktionen auf Grundlage der Smart Contracts. Die Institution des Energieversorgers kann obsolet werden, da die ausgeübte Mittlerfunktion zwischen Energieerzeuger und -verbraucher nicht mehr benötigt wird. Durch Umgehung des Energieversorgers (Disintermediation) treten Käufer und Ver-

käufer respektive Verbraucher und Erzeuger in unmittelbare Vertragsbeziehungen, z. B. in Form eines Smart Contracts.

Damit der Smart Contract zustande kommen kann, müssen bestimmte Attribute definiert werden. So ist festzulegen, wer die Rolle des Verkäufers bzw. Käufers übernimmt, damit der Smart Contract im weiteren Verlauf die Zahlung anweisen kann. Die Vertragsgestaltung sieht jedoch keine Realnamen vor, sondern erfordert lediglich einen Alias in Form eines Ethereum-Kontos. Nachdem vertraglich festgehalten ist, wer mit wem handeln möchte, sind weiterhin die Smart Meter-Adressen zu bestimmen. Diese werden benötigt, um die spätere physische Lieferung zu ermöglichen sowie die Fahrplananmeldung zu initiieren. Eine entsprechende Funktion sorgt dafür, dass die zugehörigen Smart Meter dem Käufer und Verkäufer zugeordnet werden. Dies ist die Grundvoraussetzung für die finanzielle und physikalische Abwicklung des Vertrags. Dazu existieren im Smart Contract die Variablen *sellerReport* sowie *buyerReport*, die als boole'sche Variablen deklariert sind und im Falle einer korrekten physikalischen Stromlieferung auf True gesetzt werden, um den Smart Contract zu veranlassen, den Bezahlvorgang im Sinne der finanziellen Abwicklung anzustoßen. Anschließend werden die für einen Kaufvorgang wohl entscheidendsten Kriterien festgelegt: Die Energiemenge sowie deren Preis. Da der Verkäufer zunächst ein Angebot offeriert, gibt dieser zunächst seine zu verkaufende Energiemenge sowie die zugehörige Preisvorstellung an (s. Abb. 3).

Der anfängliche Status des Smart Contracts steht dabei auf *Waiting for Acceptance*, sodass auf einen entsprechenden Abnehmer gewartet wird. Potenzielle Käufer können sich nun entscheiden, dieses Angebot anzunehmen. Entscheidet sich der Käufer für die Annahme des

Stromangebots, hat der Smart Contract alle erforderlichen Variablen für einen erfolgreichen Vertragsabschluss, der Status wechselt auf *Accepted* und es kommt zu einem Vertragsabschluss (s. Abb. 4).

abdecken, entsteht das Potenzial zur Disintermediation von Energieversorgungsunternehmen. Allerdings realisiert die DApp aus ökonomischer Perspektive lediglich einen einseitig fixierten Markt (Tietz 1982). So hat ein

Offers

Show:

Search:

ID	Seller	Seller smart meter	Buyer	Buyer smart meter	Price	Electricity amount	Start time	End time	State	Recipient
1349	0x22d491bde2303f2f43325b2108d26f1eaba1e32b	0xffcf8fdee72ac11b5c542428b35eef5769c409f0	undefined	undefined	1200000000	110	12:05:10, January 15th 2027	12:05:11, January 15th 2027	Waiting for acceptance	undefined

Showing 1 of 1 records Pages: Previous **1** Next

Abb. 3: Strom-Verkaufsangebot (Offer) im lokalen Energiemarkt

Balances

Show:

Search:

Identity	Account	Balance
Smart contract	0xcfeb869f69431e42cdb54a44f105c19c080a601	1200000000
Seller	0x22d491bde2303f2f43325b2108d26f1eaba1e32b	99999999999999786912
Buyer	0xd03ea8624c8c5987235048901fb614fdca89b117	9999999999799921726

Showing 3 of 3 records Pages: Previous **1** Next

Abb. 4: Durch DApp zustande gekommener Smart Contract

Der Smart Contract weist den korrekten Preis aus und wartet nun auf die Bestätigung der physikalischen Lieferung in Form einer Rückmeldung durch die angeschlossenen Smart Meter auf Käufer- und Verkäuferseite. Wie sich erkennen lässt, weisen sowohl Käufer als auch Verkäufer einen abnehmenden Saldo auf (zu erkennen in der Spalte *Balance*). Dies ist damit zu begründen, dass Ethereum für jede Transaktion Gas-Gebühren veranschlagt. Sollten die Rückmeldungen nicht innerhalb von 30 Minuten von beiden Seiten erfolgen, impliziert der Smart Contract, dass die Stromlieferung nicht erfolgreich war und geht somit auch nicht in den nächsten Zustand *Ready for Withdrawal* über.

Die 30-minütige Deadline wird durch die Funktion *hasReportedDeadlineExpired()* implementiert. Dabei wird auf den Zeitstempel für das Zustandekommen des Smart Contracts die Zeit der *maxTimeFromEndToReportDeadline* (1800 Sekunden) addiert und im Falle einer Zeitüberschreitung über die Funktion *makeReadyForWithdrawal()* eine Exception ausgelöst. Dies führt dazu, dass die Transaktion abgebrochen wird, da die Vertragsbedingungen nicht erfüllt wurden. Melden jedoch beide Smart Meter positive Reports an den Smart Contract zurück, erfolgt über die Funktion *withdraw()* die Anweisung der Zahlung. Dadurch sind physikalische und finanzielle Abwicklung im Sinne der Abwicklungsphase der Marktordination abgeschlossen. Der Status des Smart Contracts wechselt auf den finalen Zustand *resolved* und ist damit abgeschlossen. Der Verkäufer erhält die vereinbarte Summe Ether und der Käufer die entsprechende Strommenge.

Da diese Funktionalitäten der DApp sämtliche Phasen der Markttransaktion – von der Informationsphase über die Vereinbarungsphase bis hin zur Abwicklungsphase –

potenzieller Käufer nur die Möglichkeit, ein fixiertes Angebot anzunehmen oder abzulehnen. Eine bilaterale Verhandlung (nicht-fixierter Markt) oder ein zentraler Abgleich von Angebot und Nachfrage (zweiseitig fixierter Markt) im Rahmen einer Börse wird nicht unterstützt. Darüber hinaus ist anzumerken, dass der DApp eine adäquate Benutzeroberfläche fehlt und die Marktpartizipation somit ein hohes Maß an Programmierkompetenzen erfordert. In dem aktuellen Entwicklungsstand ist daher davon auszugehen, dass die DApp keine nennenswerte Akzeptanz erfahren wird, um den Stromhandel zwischen privaten Haushalten nachhaltig zu stimulieren.

Wirkungsfeld 2: Blockchaining von Ableseprozessen

Das WF2 bezieht sich auf den Ableseprozess für die Stromzähler, mit dem die Verbrauchsmengen erfasst werden. Durch die Einbindung der Smart Meter in die Blockchain entsteht die Möglichkeit, sämtliche Verbrauchsdaten der Abnehmer automatisch in der Blockchain festzuschreiben. Die Rolle des Messstellenbetreibers kann sich demzufolge auf die Installation und Wartung der Smart Meter als Endgeräte zur Verbrauchsdatenerfassung beschränken. Ein Erfolgsfaktor für dieses Wirkungsfeld ist allerdings die weitere Diffusion von Smart Meter-Geräten als intelligente Messsysteme. Da der Gesetzgeber durch das Gesetz zur Digitalisierung der Energiewende nur Haushalte mit vergleichsweise hohen Durchschnittsverbräuchen zur Nutzung von Smart Metern verpflichtet, ist gegenwärtig nicht mit einem nachhaltigen Aufgabenwandel der Messstellenbetreiber zu rechnen.

Wirkungsfeld 3: OTC-Blockchaining

Ein weiteres Wirkungsfeld der Blockchain bildet die Möglichkeit zur Unterstützung des OTC-Handels (Direkthandel), der beispielsweise zwischen überregionalen Handelspartnern erfolgt. Die Abwicklung des Transaktionsprozesses erfolgt dabei über Brokerunternehmen bzw. deren Handelsplattformen. Die Marktpartner vereinbaren dabei die Vertragsparameter individuell. Durch die Einführung der Blockchain entsteht in diesem Wirkungsfeld die Möglichkeit, Brokerunternehmen mit ihren Handelsplattformen zu umgehen. Voraussetzung dafür ist allerdings die weitestgehende Standardisierung von Blockchain-Systemen auf drei Ebenen (Merz 2016):

- Nutzung einheitlicher Kommunikationsprotokolle und Messaging-Standards zum Datenaustausch.
- Einsatz einheitlicher Datenformate und -modelle zur Abbildung des energiewirtschaftlichen Marktgeschehens.
- Standardisierung der Funktionen und Prozesse unter Einhaltung der Regulierungsvorgaben.

Zur Handhabung der Standardisierungsproblematik werden interoperable Schnittstellen vorgeschlagen. Abb. 5 zeigt ein exemplarisches Schichtenmodell für vertikale Programmierschnittstellen (API) in unterschiedlichen Domänen (z. B. Finanz-, Versicherungs- und Energiewirtschaft), die letztlich auf einer einheitlichen Blockchain mit entsprechender Kommunikationsprotokollen basieren. Zentrales Element stellt dabei der Chain Adapter dar. Dieser befindet sich oberhalb der technischen API (Marketplace Generic Trading API) und schafft dadurch die Verbindung zur jeweiligen fachlichen Ebene der angebundenen DApp. Dem Chain Adapter kommt dabei eine marktspezifische Rolle zu, da auf der fachkonzeptionellen Ebene definiert wird, wie Datenformate und Prozesse in die Blockchain zu integrieren sind.

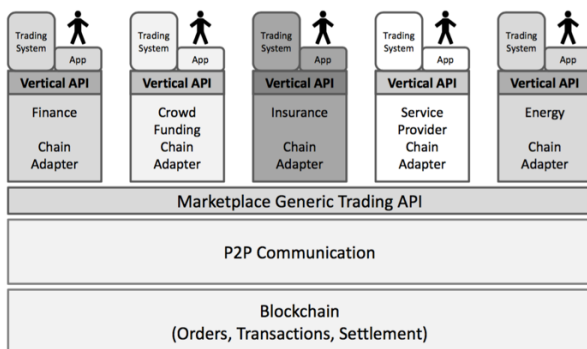


Abb. 5: Domänenübergreifende Blockchain-Integration durch vertikale Schnittstellenlösungen (Merz 2016)

Wirkungsfeld 4: Einführung einer dezentralen Börse auf Blockchain-Basis

Eine Alternative zum OTC-Handel besteht im börslichen Stromhandel. Das im WF1 aufgezeigte Potenzial des Handels im lokal begrenzten Markt kann dabei (analog zum im WF3 vorgestellten OTC-Blockchaining) auf einen überregionalen Markt ausgeweitet werden. Die

DApp ist dazu über eine Schnittstelle an eine dezentrale Energiebörse anzubinden. Eine derartige Lösung bietet derzeit das australische Projekt der Decentralized Energy Exchange (deX) an, eine dezentrale Börse für den Energiemarkt, die seit Anfang 2017 als Pilot getestet wird. Wichtige Partner sind u.a. Siemens und Tesla. Diese ermöglicht das Konzept einer offenen Börse, in der Energiekapazitäten zwischen Haushalten, Unternehmen und Kommunen vermittelt werden können.

Das Bundesministerium für Wirtschaft und Energie hat dazu in seinem Newsletter zwei kontroverse Meinungen zum Thema „Blockchain als Revolutionär der Energiewirtschaft“ zweier Branchenexperten aufzeigt, Paul-Georg Garmer, Senior Manager Public Affairs beim ÜNB TenneT (Pro Blockchain) sowie Dr. Maximilian Rinck, Experte für Strommarkt-Design bei der EEX (Contra Blockchain). Garmer ist dabei der Auffassung, dass die Blockchain mit weitreichenden Potenzialen für die Energiewirtschaft einhergeht, insbesondere auch für die flexible überregionale Stromversorgung: „Hier liegt das Potenzial der Blockchain. Sie vernetzt dezentral verteilte Anlagen sicher, intelligent und schafft dadurch einen überregionalen Markt für Flexibilitäten.“ (BMW 2017).

Rinck sieht die Rolle der Intermediäre wie Börse und Clearinghouse durch die Blockchain bedroht. Dabei rechtfertigt Rinck die Beibehaltung eben genannter zentraler Instanzen wie folgt: „Börsen und Clearinghäuser nehmen jedoch wesentlich mehr Aufgaben wahr als die logistische Verbindung von Angebot und Nachfrage oder die finanzielle Abwicklung von Transaktionen. [...] Die wichtigsten Aufgaben der Börse und ihrer Marktsteuerung sind neben dem eigentlichen Betrieb des Marktplatzes die Überwachung und Absicherung des Handels gegen Manipulationen und regelwidriges Verhalten sowie die Dokumentation des Marktgeschehens durch die Feststellung von Schlusskursen.“ (BMW 2017)

Einige Hauptaufgaben der zentralen Instanzen Börse und Clearinghouse wie Schutz vor Manipulation und Dokumentation des Marktgeschehens sind Kerncharakteristika der Blockchain, sodass langfristig mit entsprechenden Alternativen zu den bislang etablierten Strombörsen zu rechnen ist.

Wirkungsfeld 5: Clearinghouse-Blockchaining

Die Aufgabe des Clearinghouse besteht darin, als zentraler Kontrahent zwischen den Vertragspartnern für die Erfüllung der Geschäfte zu sorgen. So übernimmt z. B. die European Commodity Clearing (ECC AG) als Tochtergesellschaft der EEX die Abwicklung von Geschäften mit Energie bzw. energienahen Produkten. Darüber hinaus stellt das Clearinghouse auch Dienste für das Risikomanagement zur Verfügung, indem z. B. das Ausfallrisiko über die Hinterlegung von Sicherheitsleistungen reduziert wird.

Die evaluierte DApp bietet mithilfe von Smart Contracts die Möglichkeit, den Transaktionsverlauf zu steuern und auf die Erfüllung der notwendigen Vertragskonditionen zu warten. Damit zeigt die DApp, dass Smart Contracts in der Lage sind, die grundsätzlichen Funktionen des

Clearinghouse zu übernehmen. Voraussetzung dafür ist die korrekte Implementierung und Parametrisierung der gewünschten Smart Contracts. Ferner ist zu beachten, dass die DApp die Zahlungsabwicklung lediglich auf Guthabenbasis (in Form der Summe an Ether in der Wallet des entsprechenden Kontos) simuliert. Zudem handelt es sich bei den vorgestellten Stromhandelsgeschäften jeweils um Kassageschäfte. An dieser Stelle ist daher überprüfen, wie sich Smart Contracts auf Termingeschäfte sowie Inanspruchnahmen möglicher Kreditlinien anwenden lassen. Eine Zahlungsabwicklung in der Zukunft könnte dabei zu Problemen führen, wenn ein Handelspartner nicht über hinreichende Liquidität verfügt. Aufgrund der aktuellen rechtlichen Unsicherheit von Smart Contracts sowie der fehlenden Mehrwertdienste (z. B. Risikomanagement) ist eine Disintermediation des Clearinghouse aktuell nicht realistisch.

Wirkungsfeld 6: Blockchaining der Fahrplananmeldung

Dieses Wirkungsfeld knüpft an das WF3 und WF5 an. Die Fahrplananmeldung kann insofern durch die Blockchain automatisiert werden, als dass bei Transaktionsausführung die Lieferdaten transparent in der Blockchain festgeschrieben werden.

Bei Börsenhandelsgeschäften ist das Clearinghouse für die physische Abwicklung der Stromlieferung und damit auch der Fahrplananmeldung verantwortlich. Zur Disintermediation ist daher die Frage zu beantworten, wer für die Fahrplananmeldung nach einem dezentralen Stromgeschäft via Blockchain verantwortlich sein wird. Eine Möglichkeit besteht darin, den Übertragungsnetzbetreiber an die Blockchain anzubinden, sodass sämtliche Transaktionen überwacht werden können. Voraussetzung hierfür ist, dass die involvierten Stromhandelspartner den Netzbetreiber die entsprechende physische Lieferung avisieren. Durch Automatisierung des Handelsprozesses via Blockchain ist dieser Anmeldeprozess realisierbar.

Gesamtergebnis der Evaluation

Zusammenfassend ist festzuhalten, dass die WF1, WF2 und WF6 durch die verfügbare DApp prinzipiell realisiert werden können. Die WF3 und WF4 bedürfen jedoch der Anbindung an einen überregionalen Marktplatz in Form einer dezentralen Börse bzw. einer OTC-Handelsplattform, die eine ausgeprägte informationstechnologische Infrastruktur und Standardisierung voraussetzt. Das WF5 kann indes nur erschlossen werden, wenn das Problem der finanziellen Absicherung von Stromhandelsgeschäften via Blockchain gelöst ist. Aus der Anwendung der Blockchain resultieren daher für den lokalen Stromhandel maßgebliche Potenziale, die insbesondere durch die Dezentralisierung der Energieerzeugung stimuliert werden. So entsteht mithilfe der Blockchain die Möglichkeit, dass private Haushalte als Energieproduzenten und -konsumenten über ein lokales Microgrid miteinander in eine Handelsbeziehung treten

(Mengelkamp et al. 2017). Smart Grids streben an, das Rückgrat einer solchen regionalen Energieversorgung zu sein und damit auch eine wesentliche Rolle für die Systemstabilität zu übernehmen (Birnbauer 2017). Produzierende Haushalte können ihren überschüssigen Strom innerhalb des Microgrids handeln und anderen Verbrauchern zur Verfügung stellen. Diese Entwicklung wird durch die Verfügbarkeit kosteneffizienter Speichertechnologien stimuliert, die eine zunehmende Unabhängigkeit von überregionalen Energielieferanten gewährleisten können. Zum jetzigen Zeitpunkt ist die Speichertechnologie jedoch noch vergleichsweise kostenintensiv, sodass der lokale Energiehandel mithilfe der Blockchain deutlichen Barrieren unterliegt.

FAZIT UND AUSBLICK

Durch die Blockchain verschiebt sich das derzeitige zentral ausgerichtete Transaktionsmodell mit Fokus auf die Energieversorger hin zu einem dezentralen Transaktionsmodell mit den Konsumenten und Produzenten im Mittelpunkt. Diese Dezentralisierung wird auch vom Weltenergieerat (World Energy Council) betont, der die Blockchain als „digitalen Treiber in der Energiewende“ und „Enabler der Dezentralisierung“ betrachtet (Weltenergieerat 2017). Transaktionen können dabei ohne Einschaltung einer zentralen Instanz zwischen Produzenten und Konsumenten direkt abgewickelt werden. Dies geht mit dem Potenzial zur Flexibilisierung einher, da zuvor manuell ausgeführte Prozessschritte automatisiert durch Smart Contracts abbildbar sind. Damit kann die Blockchain zur Senkung der Transaktionskosten und Prozessbeschleunigung der Energiewirtschaft beitragen (Hasse et al. 2016). Hiervon können nicht nur Verbraucher und Produzenten regenerativer Energien profitieren, sondern auch etablierte Energieunternehmen (Eble 2017, Strüker 2016).

Neben Effizienzgewinnen und Kostensenkungspotenzialen fördert die Blockchain auch die Unabhängigkeit von zentralen Instanzen. Die bislang dominierenden Intermediäre – insbesondere die Energieversorgungsunternehmen – verfügen noch über die Datenhoheit (Datenmonarchie), die durch Blockchain-Mechanismen tendenziell aufgeweicht werden kann. Vor allem die Rolle des Prosumers wird durch die Dezentralisierung deutlich gestärkt. Prosumer erhalten über die Blockchain-Technologie die Option, mit einem hohen Grad an Unabhängigkeit die von ihnen erzeugte Energie direkt zu handeln. Dies bildet einen potenziellen Vorteil für die zukünftige Energieversorgung, die nicht mehr auf zentrale Großkraftwerke setzt, sondern von zahlreichen dezentralen Anlagen mit wetter- und zeitabhängiger und damit stark schwankender Leistung geprägt wird. Gelingt es dem Prosumer, höhere Absatzpreise zu erzielen, sinkt die Amortisationsdauer für Erzeugungsanlagen, was den Aufbau neuer Kapazitäten für regenerative Energien stimuliert.

Technische Barrieren für das Blockchaining in der Energiewirtschaft bestehen derzeit insbesondere durch das Fehlen einheitlicher Systemstandards, Protokollen und Schnittstellen, um dezentrale Strombörsen und OTC-

Handelsplätze unter Wahrung der Datensicherheit an lokale Microgrids anzubinden. Dabei ist auch das Problem der Skalierbarkeit zu berücksichtigen. Für eine Anwendung in lokalen Energiemärkten muss eine Blockchain jedoch in der Lage sein, Tausende Transaktionen zeitgleich abwickeln zu können. Aktuelle Blockchain-Lösungen sind dazu technisch noch nicht im Stande, allerdings befindet sich die Entwicklung noch in einem frühen Stadium. Das Leistungspotenzial der Blockchain wird zudem begrenzt durch den rechenintensiven (und damit auch energieaufwändigen) *Proof-of-Work*-Konsensalgorithmus. Entwicklungen wie *Proof-of-Stake* zielen hingegen auf eine Verringerung des Verbrauchs an Rechnerleistung. Ethereum hat den Umstieg auf den *Proof-of-Stake* Algorithmus daher sukzessive beschlossen. Mittlerweile haben sich alternative Plattformen zu Ethereum entwickelt. Deren fortschreitende Entwicklung könnte die Skalierbarkeit mittelfristig verbessern. Plattformen wie Cardano, EOS oder NEO treten dabei als hochperformante Wettbewerber auf. Dieses Potenzial zeigt sich auch deutlich in deren Marktkapitalisierung. Ethereum selbst wird dadurch angehalten, die eigene Plattform skalierbarer zu gestalten und forciert dazu mit dem sogenannten Sharding die Aufteilung des Ethereum-Netzwerks in Sub-Domains (Shards).

Weiterhin ist hervorzuheben, dass die eingesetzten Blockchain-Technologien noch ein hohes Maß an Rechtsunsicherheit aufweisen. So gelten Smart Contracts im Rechtssinne bislang noch nicht als Verträge. Infolgedessen ist abzuwarten, wie die Handhabung von Rücktritts-, Widerrufs-, Nachbesserungs- oder Gewährleistungsrechten im Umfeld von Smart Contracts durch den Gesetzgeber ausgestaltet wird.

LITERATUR

- Birnbaum, Leonhard (2017): Die Energiewelt der Zukunft erfordert ein Umdenken. Handelsblatt Journal Energiewirtschaft - Eine Sonderveröffentlichung der EUROFORUM Deutschland SE, (August 2017), S. 18-19
- Bundesministerium für Wirtschaft und Energie (BMWi) (2017, 27. Juni): Wird die Blockchain-Technologie die Energiewirtschaft revolutionieren? Online verfügbar unter: <http://www.bmwi-energie-wende.de/EWD/Redaktion/Newsletter/2017/11/Meldung/kontrovers.html> [15.10.2017]
- Burger, Christoph; Kuhlmann, Andreas; Richard, Philipp; Weinmann, Jens (2016): Blockchain in der Energiewende - Eine Umfrage unter Führungskräften der deutschen Energiewirtschaft. In: Deutsche Energie-Agentur GmbH (dena), EMST European School of Management and Technology GmbH (Hrsg.): Berlin
- Burgwinkel, Daniel (Hrsg.) (2017): Blockchain Technology - Einführung für Business- und IT Manager. Berlin ; Boston: De Gruyter
- Buterin, Vitalik (2013): A Next-Generation Smart Contract and Decentralized Application Platform. Online verfügbar unter: <https://github.com/ethereum/wiki/wiki/White-Paper>
- Eble, Georg (2017): Blockchain: Energieversorgung ohne EVU. ZfK - Zeitung für kommunale Wirtschaft [28.08.2017]
- Ethereum Wiki: Mining. GitHub, Inc. Online verfügbar unter: <https://github.com/ethereum/wiki> [15.03.2018]
- Ethereum Improvement Proposal Repository. GitHub, Inc. Online verfügbar unter: <https://github.com/ethereum/EIPs/blob/master/EIPS/eip-1234.md> [12.10.2018]
- Federico, Tobias; Göß, Simon (2017): Blockchain-Technologie in der Energiewirtschaft. ew - Magazin für die Energiewirtschaft, (2/2017), S. 70-72
- Fiedler, Ingo; Fiedler, Frank; Ante, Lennart (2016): Die Vision eines integrierten Energiemarktes - Wie die Verknüpfung der Technologien Smart Meter, Blockchain und Echtzeitauktionen einen effizienten Markt schafft und die notwendige Regelleistung drastisch reduziert. Online verfügbar unter: <http://www.blockchainresearchlab.org/wp-content/uploads/2017/01/Die-Vision-eines-integrierten-Energiemarktes.pdf>
- Giese, Philipp (2017, 7. Mai): Proof of Stake dank Casper: die Zukunft vom Ethereum. Online verfügbar unter: <https://www.btc-echo.de/proof-of-stake-dank-casper-die-zukunft-vom-ethereum/> [09.10.2017]
- Hasse, Felix; von Perfall, Axel; Hillebrand, Thomas; Smole, Erwin; Lay, Lena; Charlet, Maximilian (2016, 26. Juli): Blockchain - Chance für Energieverbraucher? (PricewaterhouseCoopers Aktiengesellschaft Wirtschaftsprüfungsgesellschaft, Hrsg.). Im Auftrag der Verbraucherzentrale NRW, Düsseldorf
- Hukkinen, Taneli; Mattila, Juri; Ilomäki, Juuso; Seppälä, Timo (2017): A Blockchain Application in Energy. ETLA Reports No. 71 Online verfügbar unter: <https://www.etla.fi/wp-content/uploads/ETLA-Raportit-Reports-71.pdf> [12.09.2017]
- Iansiti, Marco; Lakhani, Karim R. (2017): The truth about blockchain: it will take years to transform business, but the journey begins now. Harvard Business Review Digital Articles, (Vol. 95 Issue 1)
- Kastrati, Gresa; Weissbart, Christoph (2016): Kurz zum Klima: Blockchain-Potenziale und Herausforderungen für den Strommarkt/Climate Notes: Blockchain-Potential and Challenges for the Electricity Market. Ifo Schnelldienst, 69 (23), S. 74
- Kaulartz, Markus; Heckmann, Jörn (2016): Smart Contracts - Anwendungen der Blockchain-Technologie. Computer und Recht, 32 (9), S. 618-624
- Lauslahti, Kristian; Mattila, Juri; Seppälä, Timo (2017): Smart Contracts - How Will Blockchain Technology Effect Contractual Practices? ETLA Reports No. 68 Online verfügbar unter: <https://pub.etla.fi/ETLA-Raportit-Reports-68.pdf>
- Lundqvist, Thomas; de Blanche, Andreas; Andersson, H. Robert H. (2017): Thing-to-thing electricity micro payments using blockchain technology. In: Global Internet of Things Summit (GIoTS), 2017 (S. 1-6).

- IEEE Online verfügbar unter: <http://ieeexplore.ieee.org/abstract/document/8016254/> [12.09.2017]
- Madlener, Reinhard; Thomes, Paul (2014): Prosumer-Haushalte als Schlüsselakteure der Energietransformation. RWTH Themen, (2/2014), S. 22-25
- Mengelkamp, Esther; Notheisen, Benedikt; Beer, Carolin; Dauer, David; Weinhardt, Christof (2017): A blockchain-based smart grid: towards sustainable local energy markets. Computer Science - Research and Development Online verfügbar unter: <http://link.springer.com/10.1007/s00450-017-0360-9> [12.09.2017]
- Merz, Michael (2016): Potential of the Blockchain Technology in Energy Trading. In: Daniel Burgwinkel (Hrsg.): Blockchain technology: An introduction for business and IT managers (S. 51-97). De Gruyter
- Nakamoto, Satoshi (2008): Bitcoin: A Peer-to-Peer Electronic Cash System. Online verfügbar unter: <https://bitcoin.org/bitcoin.pdf> [17.09.2017]
- Neumann, Susanne; Demidova, Ekaterina; Kohlhoff, Mareike (2017): Potenziale der Blockchain in der Energiewirtschaft. ew Spezial - Magazin für die Energiewirtschaft, (I/2017), S. 20-26
- Schlatt, Vincent; Schweizer, André; Urbach, Nils; Fridgen, Gilbert (2016): Blockchain: Grundlagen, Anwendungen und Potenziale. Projektgruppe Wirtschaftsinformatik des Fraunhofer-Instituts für Angewandte Informationstechnik FIT
- Schütte, J.; Fridgen, G.; Prinz, W.; Rose, T.; Urbach, N.; Hoeren, T.; Guggenberger, N.; Welzel, C.; Holly, S.; Schulte, A.; Sprenger, P.; Schwede, C.; Weimert, B.; Otto, B.; Dalheimer, B.; Harz, M.; Kreutzer, M. (2017): Blockchain - Technologien, Forschungsfragen und Anwendungen. Fraunhofer
- Strüker, Jens (2016): Bit für Bit in das Internet der Energie. Handelsblatt Journal Energiewirtschaft - Sonderveröffentlichung von Handelsblatt und Euroforum, (Juni 2016), S. 3-4
- Takagi, Soichiro; Edgar, Edmund; Oiwa, Hiroshi; Kano, Yuzo; Kusunoki, Masanori; Shibata, Koichi; Sugii, Yasunori; Takagi, Masanobu; Cho, Toshiya; Toriyama, Shinichi; Hatta, Masayuki; Hirose, Kazumi; Yamazaki, Shigeichiro (2017, 12. April): Evaluation Forms for Blockchain-Based System ver. 1.0. (METI - Ministry for Economy, Trade and Industry, Hrsg.) Online verfügbar unter: http://www.meti.go.jp/english/press/2017/pdf/0329_004a.pdf [03.10.2017]
- Tapscott, Don; Tapscott, Alex (2016): Die Blockchain-Revolution: wie die Technologie hinter Bitcoin nicht nur das Finanzsystem, sondern die ganze Welt verändert. (2. Aufl.). Kulmbach: Plassen Verlag
- Tietz, R. (1982): Verhandlungsprozesse als Bausteine ökonomischer Systeme, in: Systemtheorie und Kybernetik in Wirtschaft und Verwaltung, Beiträge zur Tagung der Gesellschaft für Wirtschafts- und Sozialkybernetik 1981, Hrsg.: R. Pfeiffer, H. Lindner, Berlin 1982, S. 389-400.
- Umweltbundesamt (Hrsg.) (2017): Erneuerbare Energien in Deutschland Daten zur Entwicklung im Jahr 2016, S. 5-13
- Voshmgir, Shermin (2016): Blockchains, Smart Contracts und das Dezentrale Web. (Christian Hammel, Hrsg.). Technologiestiftung Berlin
- Weltenergieerat - Deutschland e.V. (Hrsg.) (2017): Energie für Deutschland - Fakten, Perspektiven und Positionen im globalen Kontext | 2017; Schwerpunktthema: Blockchain - Digitaler Treiber für die Energiewende. Berlin
- Wood, Gavin (2014): Ethereum: A secure decentralised generalised transaction ledger. Ethereum Project Yellow Paper
- Zile, Kaspars; Strazdina, Renate (2018): Blockchain Use Cases an their Feasibility. Applied Computer Systems, (Vol. 23, No. 1), S. 12-20.

KONTAKT

Christopher Schwöbel, B. Sc.
Hochschule Osnabrück
Caprivistrasse 30a, 49076 Osnabrück
Christopher.Schwoebel@t-online.de

Prof. Dr. Frank Bensberg
Hochschule Osnabrück
Caprivistrasse 30a, 49076 Osnabrück
F.Bensberg@hs-osnabrueck.de

Prof. Dr. Christian Gerth
Hochschule Osnabrück
Caprivistraße 30a, 49076 Osnabrück
C.Gerth@hs-osnabrueck.de

Wirtschaftlichkeitsanalyse der bereichsübergreifenden Personalsteuerung und Einführung eines IT-Tools zur Vermeidung von Über-/ Unterkapazitäten

Tilman Adam B.Sc.
Dipl.-Ing. Bernhard Haberl
BMW Werk Regensburg
Qualitätsmanagement TR-40
Herbert-Quandt-Allee, 93055 Regensburg

Email: tilman.adam@bmw.de
Email: bernhard.haberl@bmw.de

Professor Dr. Frank Herrmann
Ostbayerische Technische Hochschule Regensburg
Innovationszentrum für Produktionslogistik
und Fabrikplanung
Galgenbergstraße 32, 93053 Regensburg

Email: frank.herrmann@oth-regensburg.de

Abstract—Dieses Projekt beschäftigt sich mit der bereichsübergreifenden Personalsteuerung in Form von Leihungen und Verleihungen, einem Teilbereich der monatlichen Personalplanung. Durch diese Thematik entstandene Über-/ Unterkapazitäten sollen durch die Einführung eines IT-Tools vermieden werden.

Leihungen bzw. Verleihungen dienen dem kurzfristigen Ausgleich von Personalüberdeckungen bzw. Personalunterdeckungen. In der Montage des BMW Werks Regensburg wird üblicherweise auch aus anderen Gründen wie beispielsweise der Hilfe bei dem Anlauf eines neuen Modells geliehen.

I. EINLEITUNG

Die Personalkosten haben bei vielen Unternehmen einen großen Anteil an den Gesamtkosten. Es ist daher wichtig, Personal effizient einzusetzen.

Im BMW Werk Regensburg fertigten im Jahr 2017 die rund 9.000 Mitarbeiter 338.259 Automobile. Ein Teil des Werks ist die Fahrzeugmontage, die mit rund 3.700 Mitarbeitern die größte Organisationseinheit am Standort bildet. [1] Um den sich ständig ändernden Rahmenbedingungen der Montage, wie beispielsweise dem Fertigungsprogramm oder den Fertigungszeiten, gerecht zu werden, muss für jedes Band monatlich der Personalbedarf für den Folgemonat geplant werden.

Die Personalplanung ist bei der BMW Group derzeit nicht vereinheitlicht und wird von den einzelnen Werken unterschiedlich umgesetzt. Im Werk Regensburg erfolgte sie durch das Fertigungs und Controlling Host System (FUCHS) welches seit Juli 2018 durch FUCHS II abgelöst wurde.

In der Personalplanung werden zwei Größen verglichen: der Personalbestand und der Personalbedarf. Die Differenz aus den beiden Größen ergibt die Personalüberdeckung bzw. Personal-

unterdeckung. [8] Teil dieser Personalplanung ist das Segment der Ver-/Leihungen.

Personalzu- und abgänge führen zu einer dauerhaften Veränderung der Höhe des Personalbestands, währenddessen bewirken Leihungen und Verleihungen eine temporäre Veränderung der Höhe des Personalbestands der Arbeitsgruppe.[8]

Das Turbulente Umfeld zwingt produzierende Unternehmen immer häufiger, schnell und effizient zu handeln. Die dafür nötigen Personalkapazitätsanpassung werden unter anderem mittels Personalleihungen bzw. -verleihungen zwischen unterschiedlichen Organisationsbereichen der Produktion gedeckt. Personalverleihungen sind dabei an eine Vielzahl von Prämissen gebunden. Neben der passenden Qualifikation der Mitarbeiter sind u.a. umfangreiche Regelungen der Arbeitnehmervertretung (Betriebsverfassungsgesetz, Betriebsvereinbarungen) zu berücksichtigen. Kann der Personalbedarf der Organisationseinheiten mittels leihungen und Verleihungen innerhalb der Unternehmensgrenzen nicht gedeckt werden, müssen Mitarbeiter von extern (z.B. Ferienarbeiter, Zeitarbeitskräfte) beschafft werden. [2] Dieses Projekt befasst sich allerdings nur mit den Leihvorgängen innerhalb der Unternehmensgrenzen.

Während in üblichen Personalplanungsmodellen die Leihvorgänge den Personalbestand verändern, wird im System FUCHS II durch Leihvorgänge der Bedarf erhöht oder gesenkt. Konkret bedeutet dies, dass bei einem internen Leihvorgang die leihende Arbeitsgruppe ihren Personalbedarf um einen Kopf senkt, während die verleihende Arbeitsgruppe ihren Personalbedarf um einen Kopf erhöht. Externe Leihvorgänge werden nur im abgebenden Fall, also bei Bedarfserhöhungen, im System festgehalten. Dies liegt daran, dass ein Mitar-

beiter, der aus dem eigenen Bereich heraus verliehen wird einen zusätzlichen Bedarf erzeugt. Währenddessen übernimmt eine Person die von einer externen Stelle in die Montage verliehen wird keinen Arbeitsplatz, sondern erscheint aus anderen Gründen, wie zum Beispiel Weiterbildungs- oder Optimierungsgründen. Mit extern ist an dieser Stelle und auch im Nachfolgenden nicht gemeint, von einer Zeitarbeitsfirma sondern von einem Bereich innerhalb der BMW Group, der nicht die Montage des Werks Regensburg ist.

Die Problematik in diesem System besteht darin, dass die beteiligten Arbeitsgruppen den selben Leihvorgang unabhängig voneinander in das System bei ihrer jeweiligen Arbeitsgruppe eintragen müssen. Außerdem ist aus FUCHS II im Nachhinein meistens nicht mehr nachvollziehbar, welche beiden Parteien an der eingetragenen Leihung bzw. Verleihung beteiligt waren. Grund dafür ist, dass das Ziel und die verliehene Person von den Meistern der Arbeitsgruppe in Form eines freien Kommentarfeldes eingetragen wird und dies geschieht oft in einer nicht aussagekräftigen Form.

Bei BMW wurde beobachtet, dass durch diese Systematik ein Mehrbedarf in der Planung entsteht, weil viele interne Leihvorgänge unvollständig im System festgehalten werden. Das heißt, dass oft eine Verleihung vorzufinden ist, für die aber keine Leihung eingetragen wurde. Die Folge daraus ist, dass sich der Personalbedarf der Montage durch einen unvollständig eingetragenen Leihvorgang erhöht, obwohl er sich nur zwischen den zwei beteiligten Bereichen verschieben sollte. Allerdings ist es aufgrund der genannten Dokumentationsform (freies Kommentarfeld) nicht möglich, aussagekräftige Auswertungen zu erstellen und Rückschlüsse zu ziehen, in welchen Arbeitsgruppen diese inkonsistenten Eingaben entstanden sind.

Durch dieses Projekt soll das beobachtete Defizit im Leih-/Verleih - Prozess beseitigt werden und dieser Prozess soll effizienter, nachvollziehbarer und statistisch auswertbar werden. Ferner soll dieser durch eine Erweiterung der Anwendung FUCHS II, dem Verleihungstool, realisiert werden mit dem Endziel Über-/Unterkapazitäten zu vermeiden.

Im folgenden erfolgt eine detaillierte IST-Analyse. Zu einer Verbesserung werden mehrere Konzepte entworfen und eines wird ausgewählt. Die Umsetzung einschließlich der Implementierung wird vorgestellt. Die erzielten Ergebnisse zeigen den Projekterfolg und das Ergebnis wird zusammengefasst.

II. IST-ANALYSE

A. Bisherige Planung der Verleihungen

Leihungen bzw. Verleihungen werden in FUCHS II geplant. In Abbildung 1 ist dieser Teil des Systems dargestellt. Hierbei schreibt der Meister die Summe seiner Leihvorgänge (Abgänge mit +1, Aufnahmen mit -1) in die entsprechenden Zellen und hinterlässt Kommentare, die die Leihung bzw. Verleihung näher beschreibt. Für Form und Inhalt des Kommentars gibt es keine verpflichtenden Richtlinien.

Die Leihungen bzw. Verleihungen werden in fünf Kategorien unterteilt. Die häufigsten genutzten Kategorien sind „Verleihung TR-4 Intern“ und „Verleihung TR-4 Extern“. TR-4 ist das Kurzzeichen der Montage im Werk Regensburg.

	Kost: 4061	4061: A Schicht: A	4061: A Schicht: B	4061: A Schicht: C	4061: A Schicht: D	Summe: 4061
Verleihung TR-4 Intern		4	2	1	-1	6
Verleihung NEDCAR						
Verleihung TR-4 Extern						
Verleihung Oxford / Brasilien						
Verleihung BBG FIZ						
Summe Verleihungen		4	2	1	-1	6
Gesamt Summe	42,40	40,40	37,40	34,40		154,60
Gesamt Summe (Vormonat)	46,40	43,40	40,40	33,40		163,60
Erledigt						

Abbildung 1: Ausschnitt aus der Anwendung FUCHS II: Verleihungen der Kostenstelle 4061

Michael [Avatar], 18.07.18 13:48 Uhr Hr. [Avatar] Hr. [Avatar] Hr. [Avatar] 2054 Fr. [Avatar] 4002	Johann [Avatar], 13.07.18 22:52 Uhr H. [Avatar] Verliehen zu OPTI-Team 2065 H [Avatar] Verliehen WPS Kost. 8106
--	---

Abbildung 2: Beispiel Kommentare der Verleihungen aus Abbildung 1 (links grün umrandet, rechts lila umrandet)

In der ersten Zeile eines Verleihungskommentars steht der Verfasser sowie das Verfassungsdatum. Der nachfolgende Text bildet den eigentlichen Kommentar. Wie das Beispiel zeigt, sind die Kommentare im Bezug auf Form und Inhalt sehr unterschiedlich. Der Informationsgehalt hängt also einzig vom Verfasser ab.

B. Auswertungsmöglichkeiten

Das bisherige System FUCHS erlaubt, alle Zellen zu einer Zeile in Excel auszugeben. Inhalt jedes Tupels in dieser Ausgabe ist die Arbeitsgruppe, der Zellenwert und der Zellenkommentar. Die Auswertung wird nur für die Zeile „Verleihung TR-4 Intern“ erstellt, da in den anderen Kategorien nur positive Werte eingetragen werden und so eine Überprüfung auf Konsistenz nicht möglich ist.

Ein Kommentar einer Zelle kann aus mehreren einzelnen Kommentaren bestehen (vgl. Abbildung 2). Diese Kommentare werden in die einzelnen Zeilen der jeweiligen Kommentare unterteilt und jeder Kommentarzeile wird ein Wert zugewiesen. Dabei steht eine Kommentarzeile je für eine verliehene oder geliehene Person. Von dem tatsächlichen Wert der Zelle können keine Rückschlüsse gezogen werden, da der Wert 1 sich zum Beispiel aus drei Leihungen und vier Verleihungen zusammensetzen kann. Außerdem wird jeder Kommentarzeile eine Kategorie zugewiesen, die das Verleihungsziel/Leihungsziel beschreibt. Dies erfolgt, um TR-4 interne Verleihungen, deren Ziel zwar innerhalb des TR-4s liegt aber nicht im System FUCHS bzw. FUCHS II geplant wird, herauszufiltern. Bei diesen Zielen verhält es sich wie bei TR-4

externen Verleihungen: es gibt im FUCHS keine Arbeitsgruppe die für einen solchen Leihvorgang eine -1 einträgt.

Sind diese speziellen Ziele aus den Verleihungen herausgefiltert kann eine Summe der restlichen TR-4 internen Leihungen und Verleihungen gebildet werden. Diese Summe sollte 0 sein, da für jede Person die leihende Stelle eine -1 und die verleihende eine +1 eintragen muss. Ist die Summe nicht 0, dann gibt es Leihvorgänge, die nicht korrekt im System hinterlegt sind.

C. Strukturelle Defizite

In Tabelle I sind die Zielorte der TR-4 internen Verleihungen abgebildet. Wie zu erwarten ist, wird die Mehrheit innerhalb der FUCHS-geplanten Kostenstellen verliehen. Außerdem konnten zwei weitere, konstant hohe, Verleihungsziele identifiziert werden: Die WPS Werkstatt (Wertschöpfungsorientiertes Produktionssystem), in der Regale, Tische und sonstiges Mobiliar zur Unterstützung des Produktionszwischen hergestellt wird und die Instandhaltung. In dieser Vorauswertung sind bereits Falscheingaben aufgefallen: Jeden Monat wurden unter der Kategorie „Verleihung TR-4 Intern“ auch einige externe Verleihungen eingestellt.

	Jan	Feb	März	Apr	Mai
FUCHS KoSt	146	77	80	84	92
WPS Werkstatt	24	20	22	25	24
Instandhaltung	22	22	21	26	21
Sonderbudget	38	6	6	6	15
Schraubtechnik	3	3	3	2	4
Optimierungsteam	2	2	2	3	2
Extern	5	7	5	3	3
Sonstige	2	1	0	0	2
Summe	242	138	139	149	163

Tabelle I: Verleihungsziele der TR-4 internen Verleihungen

Nun können von der Summe der Verleihungen die Summe der Leihungen sowie die Verleihungen zu nicht FUCHS Kostenstellen abgezogen werden. Dieses Ergebnis bildet den Überschuss an TR-4 internen Verleihungen und ist als „Anzahl verliehener Personen ohne aufnehmenden Bereich“ zu verstehen.

	Jan	Feb	März	Apr	Mai
Sum Verleihungen	242	138	139	149	163
- Sum Leihungen	102	61	56.5	41.5	48.5
- nicht FUCHS KoSt	96	61	59	65	71
Überschuss	44	16	23.5	42.5	43.5
Anteilig	30.1%	20.7%	29.3%	50.5%	47.2%

Tabelle II: Bereinigter Überschuss der TR-4 internen Verleihungen

Wie Tabelle II zeigt, gibt es in jedem der ausgewerteten Monate einen erheblichen Überschuss. Durchschnittlich belief sich die Anzahl auf 33,9 Personen. Außerdem wurde in der Tabelle ein prozentualer Anteil dieses Überschusses an den Verleihungen zu FUCHS Kostenstellen (vgl. Tabelle I: erste Zeile) gebildet. Das Ergebnis zeigt, dass im April sogar über 50 % der Verleihungen keinen aufnehmenden Bereich im System hinterlegt hatten und das im Durchschnitt ca. jede dritte Verleihung inkonsistent ist.

Solche Verbesserungspotentiale überstiegen den bei BMW erwarteten bei Weitem.

III. ANFORDERUNGEN AN EIN NEUES VERLEIHUNGSSYSTEM

Mit Unterstützung es Fachbereichs der Zeitwirtschaft (TR-410), acht Anforderungen definiert:

- (a) Leichte Bedienbarkeit und Intuitivität
Maß für Erfüllung: *Nach angemessener Einarbeitung können Nutzer das System ohne weitere Hilfe oder Probleme autonom nutzen.*
- (b) Geringer Zeitaufwand für Eingaben
Maß für Erfüllung: *Die Erstellung von Leihungen bzw. Verleihungen erfolgt in unter 90 Sekunden.*
- (c) Geringe Schulung der Nutzer notwendig
Maß für Erfüllung: *Höchstens eine Stunde Schulungsbedarf.*
- (d) Hohe Nachvollziehbarkeit
Maß für Erfüllung: *Leihvorgänge müssen mindestens alle nötigen Informationen enthalten (abgebende/aufnehmende Arbeitsgruppe, Person).*
- (e) Konsistenz von Leihungen und Verleihungen
Maß für Erfüllung: *Anzahl Leihungen = Anzahl Verleihungen*
- (f) Gewährleistung einer Kontrolle der TR-4 externen Verleihungen
Maß für Erfüllung: *TR-4 externe Verleihungen können nicht ohne vorherige Überprüfung eingestellt werden.*
- (g) Geringer organisatorischer Aufwand nötig
Maß für Erfüllung: *Nutzer müssen monatlich maximal 30 Minuten für die volle Funktionsfähigkeit des Systems aufwenden.*
- (h) Verleihungen enthalten eine Laufzeit
Maß für Erfüllung: *Verleihungen können Tagesgenau und über einen beliebigen Zeitraum geplant werden.*

IV. LÖSUNG

Unter Berücksichtigung der vorhergehend genannten Anforderungen wurden nun drei bzw. vier Lösungsvorschläge unterbreitet, die die einzelnen Anforderungen jeweils unterschiedlich stark erfüllten.

A. Alternativen

1) *Alternative 1:* Das System wird so wie in der Vergangenheit beibehalten. Diese Option wurde vor allem als Vergleichsmodell mit in die Lösungsvorschläge aufgenommen.

2) *Alternative 2:* Leihvorgänge werden über ein Formular erstellt. Aus diesen Formularen wird der Wert der Zellen im System FUCHS II generiert. In diesem Formular muss das Ziel genau beschrieben werden und bestimmt werden, ob es eine Leihung oder eine Verleihung ist. Jedes Formular gilt für einen ganzen Monat und enthält genau eine zu verleihende Person.

Führungskräfte können Übersichten, der ihnen untergeordneten Bereiche einsehen. Diese Übersichten enthalten Salden zu allen anderen Bereichen und ebenso die Salden von den anderen Bereichen zu dem eigenen. So wird eine einfache Möglichkeit zur Prüfung auf Konsistenz geliefert. Zum Beispiel sollte der Saldo von Leihvorgängen innerhalb des eigenen Bereichs immer 0 sein und wenn der Saldo zu einem anderen Bereich „+1“ beträgt, sollte der Saldo von diesem Bereich zu dem eigenen „-1“ betragen.

3) *Alternative 3:* Leihvorgänge werden über ein Formular erstellt. Leihvorgänge müssen zunächst von einem Empfänger genehmigt werden, um gültig zu sein. Ferner werden nach einer Genehmigung des Leihvorgangs durch den Empfänger für beide Parteien die entsprechenden Werte in das System FUCHS II eingetragen. In einem Formular muss das Ziel genau definiert werden und es können mehrere Personen enthalten sein. Jeder Person muss ein Startdatum und Enddatum zugewiesen werden.

Problematik: Genehmigung von Verleihungen, deren Zielkostenstelle nicht im System FUCHS II geplant wird.

a) *Option a:* Das System enthält alle Kostenstellen (und den dazugehörigen Kostenstellenverantwortlichen), die in der BMW Umgebung existieren. Die Auswahl des Ver-/Leihungsziels erfolgt ausschließlich über Eingabe der Kostenstelle. Die Kategorisierung (TR-4 intern, TR-4 extern, etc.) erfolgt automatisch. Ist das Ziel eine Kostenstelle, die im System FUCHS II ihr Personal plant, erfolgt die Genehmigung innerhalb des Verleihungstools von den in FUCHS II zugelassenen Nutzern für dieses Ziel. Ist das Ziel nicht im System FUCHS II registriert, wird eine E-Mail an den entsprechenden Kostenstellenverantwortlichen gesendet, mit der dieser Leihvorgang bestätigt werden kann.

b) *Option b:* Die Kategorisierung erfolgt vom Antragsteller. Die Auswahl einer Kostenstelle ist nur für die Kategorie „TR-4 Intern“ zwingend notwendig. Für externe Verleihungen werden Verleihungen in Unterkategorien zusammengefasst wie z. B. USA, China oder Leipzig. Der Genehmigungsprozess von Leihvorgängen innerhalb der in FUCHS II planenden Arbeitsgruppen erfolgt wie bei Option a. Die Genehmigung der externen Verleihungen wird vom Vorgesetzten des Antragstellers vorgenommen.

B. Bewertung der Alternativen

Zur Bewertung der Lösungsvarianten wurde eine Nutzwertanalyse erstellt. Der prinzipielle Ablauf der NWA gliedert sich wie folgt [9]:

- Aufstellung des Zielsystems
- Durchführung der Gewichtung
- Aufstellung der Wertetabelle und Wertefunktionen
- Offenlegung der Gewichtung und Zielertragsmatrix
- Berechnung der Nutzwerte und Ermittlung der Rangfolge

Der erste Schritt wurde bereits durch die Aufstellung der Anforderungen und den Konzeptvorschlägen in den vorherigen Kapiteln vereinfacht durchgeführt. Ein vollständiges Zielsystem nach Christof Zangemeister (1976) [9] wurde an dieser Stelle nicht für nötig befunden. Als nächstes folgt die Gewichtung der Anforderungen mit Hilfe der Methode des Vollständigen Paarweisen Vergleichs. Dabei gibt es drei Bewertungsmöglichkeiten:

- 0 Kriterium A ist unwichtiger als Kriterium B
- 1 Kriterium A und B sind gleichwertig
- 2 Kriterium A ist wichtiger als Kriterium B

Komplexere Verfahren, wie der Analytische Hierarchieprozess (AHP) nach Dr. Thomas L. Saaty (1970) sind zwar genauer, aber erfordern auch einen erhöhten Aufwand, da die Methode auf einer Kette von Matrizen-Multiplikationen beruht [5]. Des Weiteren muss der Befragte beim AHP nicht nur angeben, ob ein Kriterium wichtiger, unwichtiger oder gleich einem anderen ist, sondern auch wie viel wichtiger ein Kriterium gegenüber einem anderen ist.

Aus diesen Gründen, und unter Berücksichtigung, dass die Entscheidungsträger aus den Führungskräften der Montage bestanden, wurde der einfach paarweise Vergleich dem AHP vorgezogen. Diese Methode ist schnell durchführbar und fordert den Befragten nicht auf, aus komplexen Antwortmöglichkeiten zu wählen, die dieser in der geforderten Granularität unter Umständen gar nicht bestimmen kann. Vorteilhaft ist ferner, dass durch diese Methode den Kriterien nicht nur eine Rangfolge verliehen wird, sondern auch eine relative Gewichtung.

Ein Nachteil der Methode ist, dass das Ergebnis ausschließlich auf der subjektiven Einschätzung der Befragten basiert [9]. Dieses Problem wurde behoben, indem nicht nur eine Person als Entscheidungsträger fungierte, sondern die gesamte Führungsriege der Montage und zwei Vertreter der Zeitwirtschaft (TR-410). In Tabelle III ist das Ergebnis der Umfrage aufgezeigt. Der Zellenwert der Tabelle beschreibt, wie viel wichtiger die Zeile gegenüber der Spalte ist. Ein Wert <1 bedeutet die Zeile ist unwichtiger und ein Wert >1 bedeutet die Zeile ist wichtiger als die Spalte. Die Dezimalwerte entstehen durch die Mittelwerte der Umfrageergebnisse.

als wichtiger	leicht bedienbar und intuitiv	geringer Zeitaufwand für Eingaben	wenig bis kein Schulungsbedarf erforderlich	hohe Nachvollziehbarkeit	Verleihungen sind konsistent	TR-4 Externe Verleihungen müssen auch genehmigt/ kontrolliert werden	Tool erfordert keinen großen organisatorischen Aufwand	Verleihungen enthalten eine Laufzeit	Summe (absolute Gewichtung)	relative Gewichtung in %
leicht bedienbar und intuitiv		1.6	1.4	0.8	0.6	0.8	0.2	0.4	5.8	10.36%
geringer Zeitaufwand für Eingaben	0.4		1.2	1	0.2	0.8	1	0.4	5	8.93%
wenig bis kein Schulungsbedarf erforderlich	0.6	0.8		0.2	0	0.8	0.2	0	2.6	4.64%
hohe Nachvollziehbarkeit	1.2	1	1.8		0.2	1.2	1	0.6	7	12.50%
Verleihungen sind konsistent	1.4	1.8	2	1.8		2	1.6	1.8	12.4	22.14%
TR-4 Externe Verleihungen müssen auch genehmigt/ kontrolliert werden	1.2	1.2	1.2	0.8	0		1.2	1	6.6	11.79%
Tool erfordert keinen großen organisatorischen Aufwand	1.8	1	1.8	1	0.4	0.8		0.8	7.6	13.57%
Verleihungen enthalten eine Laufzeit	1.6	1.6	2	1.4	0.2	1	1.2		9	16.07%
									Prüfsumme 56	100%

Tabelle III: Paarweiser Vergleich der Bewertungskriterien zur Nutzwertanalyse

Im nächsten Schritt, der Aufstellung der Wertetabelle und Wertefunktionen, muss für die Lösungsvorschläge ein Erfüllungsgrad der einzelnen Kriterien zugewiesen werden. Es wurden Erfüllungsgrade zwischen 0 und 10 vergeben wobei der Wert „0“ nicht Erfüllt, und der Wert „10“ voll und ganz Erfüllt bedeutet. Die Wertetabelle wurde ebenfalls mit Unterstützung der Zeitwirtschaft (TR-410) gebildet und ist in Tabelle IV abgebildet. Schritt 4) und 5) sind ebenso in dieser Tabelle enthalten.

Das Produkt aus der Gewichtung der Kriterien und dem Erfüllungsgrad der Lösungsvorschläge bildet die einzelnen Teilnutzwerte. Die Summe der Teilnutzwerte bestimmt den Gesamtnutzen der Lösungsvorschläge. Anhand dieser Nutzwerte ergibt sich eine Rangfolge der Lösungsvorschläge.

Da bei Nutzwertmodellen immer beachtet werden muss, dass nicht nur die Zielwerte und Kriteriengewichte als subjektive Abbildung des zu analysierenden Sachverhalts, sondern auch der jeweils eingeschlagene Lösungsweg in hohem Maße auf subjektiven Wertungen beruht, ist eine Nutzwertanalyse nicht optimal.

Durch einer, nach Zangemeister, systematischen Nutzwertanalyse wird diese Problematik vermieden, in dem Wertungen bewusst, gedanklich kontrolliert und sachlich begründet vorgenommen und in sämtlichen Wertdimensionen sichtbar gemacht und formallogisch befriedigend zu einer Gesamtaussage verarbeitet werden. [9]

C. Entscheidung

Das Ergebnis zeigt, dass Lösung 1, wie zu erwarten, nur einen sehr geringen Nutzwert aufweisen kann. Lösung 2 liefert bereits eine Verbesserung. Allerdings erfüllt diese Option die meisten Kriterien nur durchschnittlich bis unterdurchschnittlich und ist deshalb keine Option. Lösungen 3a und 3b hingegen liefern beide einen ähnlichen, sehr guten Nutzwert und sind somit die Optionen zur Implementierung. Für die endgültige Entscheidung ist noch zu erwähnen, dass bei dieser Nutzwertanalyse nur fachliche und nicht monetäre Kriterien berücksichtigt wurden. Zeitliche Aufwendungen zur Implementierung fanden keine Berücksichtigung.

Gegen Lösungsvorschlag 3a spricht, dass eine Vollen- dung im gegebenen Zeitraum nicht möglich gewesen wäre. [10] Ferner führt diese Methode zu einem indirekten

	relative Gewichtung	Lösung 1		Lösung 2		Lösung 3a		Lösung 3b	
		Erfüllungsgrad (EG)	Wert (Gewicht. x EG)	Erfüllungsgrad (EG)	Wert (Gewicht. x EG)	Erfüllungsgrad (EG)	Wert (Gewicht. x EG)	Erfüllungsgrad (EG)	Wert (Gewicht. x EG)
Leichte Bedienbarkeit und Intuitivität	10.36%	9	0.93	8	0.83	5	0.52	5	0.52
Geringer Zeitaufwand für Eingaben	8.93%	10	0.89	7	0.63	6	0.54	5	0.45
Geringe Schulung der Nutzer notwendig	4.64%	10	0.46	6	0.28	3	0.14	3	0.14
Hohe Nachvollziehbarkeit	12.50%	1	0.13	7	0.88	10	1.25	9	1.13
Konsistenz von Verleihungen	22.14%	0	-	5	1.11	10	2.21	10	2.21
Gewährleistung einer Kontrolle der TR-4 Externen Verleihungen	11.79%	0	-	2	0.24	10	1.18	9	1.06
Geringer organisatorischer Aufwand nötig	13.57%	7	0.95	3	0.41	4	0.54	7	0.95
Verleihungen enthalten eine Laufzeit	16.07%	3	0.48	3	0.48	10	1.61	10	1.61
Summe			3.85		4.84		7.99		8.06

Tabelle IV: Nutzwertanalyse zur Bewertung der Konzeptvorschläge

Werksübergreifenden Einsatz des Systems. Solche Systeme erfordern aber ein längerfristiges Genehmigungsverfahren seitens der IT-Abteilung des des Betriebsrats BMWs. [6]

In Folge dessen wurde Lösung 3b als neuer Planungsprozess der Leihvorgänge ausgewählt.

V. GESAMTKONZEPT

Im Gesamtkonzept werden die Anwendungsfälle ebenso wie der Prozess genau definiert. Dies erfolgte an dieser Stelle des Projektes, da diese beiden Thematiken durch das ausgewählte Konzept stark beeinflusst wurden. So würde Alternative 3a einen anderen Prozess wie 3b durchlaufen und Alternative 2 hätte ebenso andere Anwendungsfälle wie 3b.

A. Konkretisierung der ausgewählten Lösung

Nach der Auswahl des Konzepts ist dieses nun zu konkretisieren und detailliert auszuarbeiten. Einerseits wird eine Oberfläche für die Erstellung von Leihungen bzw. Verleihungen, also das Formular, benötigt. In diesen Formularen

sind folgende Inhalte zu definieren: leihungs-/Verleihungsziel, Person(en), Betreff und optional eine Nachricht.

Andererseits wird aber auch eine Oberfläche benötigt, in der man die bereits erstellten Leihungen bzw. Verleihungen einsehen kann und vor allem diese auch genehmigen bzw. ablehnen kann. Dieses System soll wie ein Nachrichtensystem umgesetzt werden in Form eines Postfaches. Außerdem sollte der Stil dieses Postfachs, das von Microsoft Outlook imitieren, um den Nutzern ein bereits vertrautes Umfeld zu liefern und Leihungs- bzw. Verleihungsanträge sofort als Nachrichten, die bearbeitet werden müssen zu identifizieren.

Schließlich muss es ein zusätzliches Postfach für Führungskräfte geben, in denen sie die TR-4 externen Leihungs- bzw. Verleihungsanträge ihrer Mitarbeiter bearbeiten können. Zusätzlich sollen sie in einer solchen Ansicht auch alle offenen Anträge ihrer untergeordneten Bereiche bearbeiten können.

Des Weiteren soll es eine Übersicht geben, welche die

konkreten Verleihungen, also die einzelnen Personen anzeigt. Diese Übersicht soll nach verschiedenen Kriterien filterbar und sortierbar sein, beispielsweise nach dem Planungsmonat.

B. Der Leihprozess

Durch die Einführung dieses neuen Systems entsteht auch ein neuer Prozess für die Planung der Verleihungen. Dieser wurde mittels der BPMN (Business Process Model and Notation) modelliert und ist in Abbildung 3 dargestellt.

Der Prozess beginnt immer mit der Erstellung eines neuen Leihungs- bzw. Verleihungsantrags. Das System stellt dem Empfänger den Antrag ein und es wird darauf gewartet, bis dieser den Antrag bearbeitet. Leihungen bzw. Verleihungen können ablaufen, indem der Zeitraum in einen Planungsmonat fällt, für den die Planung bereits abgeschlossen ist. Dies kann geschehen, wenn der Empfänger den Antrag nicht rechtzeitig bearbeitet und wenn dieser Fall eintritt wird die Leihung bzw. Verleihung als gelöscht markiert, der Antragsteller benachrichtigt und der Leihvorgang ist erfolglos gewesen.

Wird der Antrag rechtzeitig bearbeitet kann er entweder abgelehnt oder genehmigt werden. Bei Ersteren verhält es sich ähnlich wie in dem vorhergehend beschriebenen Fall, dem

Ablaufen eines Antrags. Bei Zweiteren wird die Leihung bzw. Verleihung als aktiv markiert, Antragsteller sowie Empfänger erhalten eine Benachrichtigung, die Werte des Leihvorgangs werden von dem Tool in das System FUCHS II geschrieben und der Leihvorgang ist erfolgreich gewesen.

C. Anwendungsfälle

Das Use Case Diagramm in Abbildung 4 zeigt, dass das Verleihungstool von zwei Akteuren genutzt wird, den Meistern und den Führungskräften. Anwendungsfälle der Meister sind:

„Ver-/Leihungsanträge erstellen“: Dies initiiert den Leihprozess. Es wird eine Anfrage eines Leihvorgangs erstellt, diese Anfrage ist zunächst in Bearbeitung und hat somit noch keine Auswirkungen auf die Planung.

„interne Ver-/Leihungsanträge bearbeiten“: Vorhergehend genannte Anfragen müssen von einem Empfänger bearbeitet werden. Der Leihvorgang kann entweder genehmigt werden, wodurch der Leihvorgang aktiv gesetzt und planungswirksam wird oder abgelehnt werden, was ein scheitern der Anfrage nach sich zieht.

„aktive Leihvorgänge ändern“: Aktive Leihvorgänge können sich mit der Zeit ändern. Beispielsweise, wenn Mitarbeiter

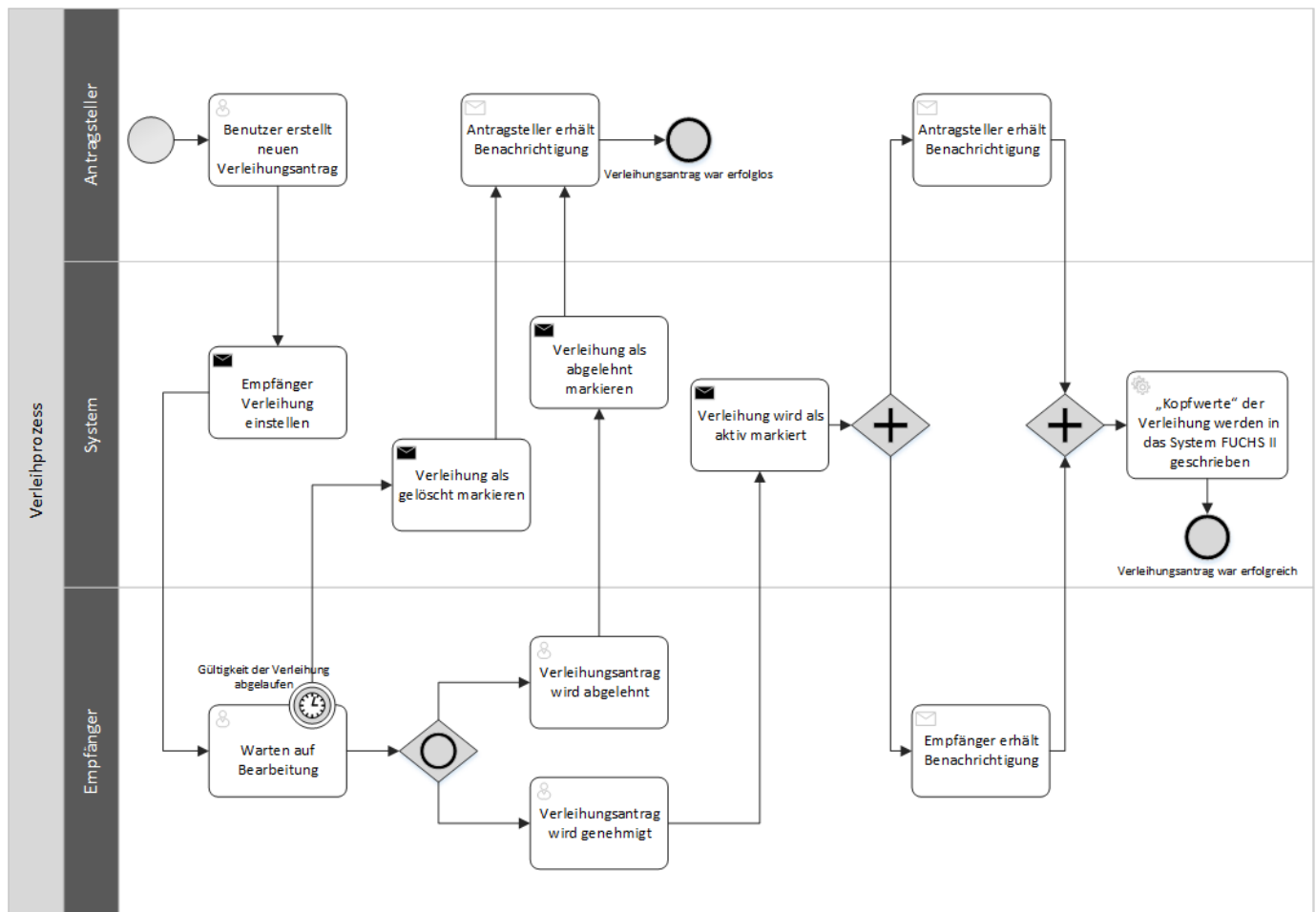


Abbildung 3: Der Verleihprozess modelliert mittels BPMN

länger oder kürzer als geplant verliehen werden. Für diesen Fall wird die Möglichkeit der Änderung von Leihvorgängen benötigt. Diese zieht einen Änderungsantrag nach sich, der von der anderen Partei, ebenso wie bei normalen Anträgen, bearbeitet werden muss.

„Übersichten einsehen“: Da das System wie ein Nachrichtensystem aufgebaut ist, sind die tatsächlichen monatlichen Planungswerte aus den Leihvorgängen nicht direkt ersichtlich. Aus diesem Grund wird eine separate Übersicht benötigt, die die Leihvorgänge bezogen auf die Planungsmonate und die entsprechenden Auswirkungen auf die Bedarfe anzeigt.

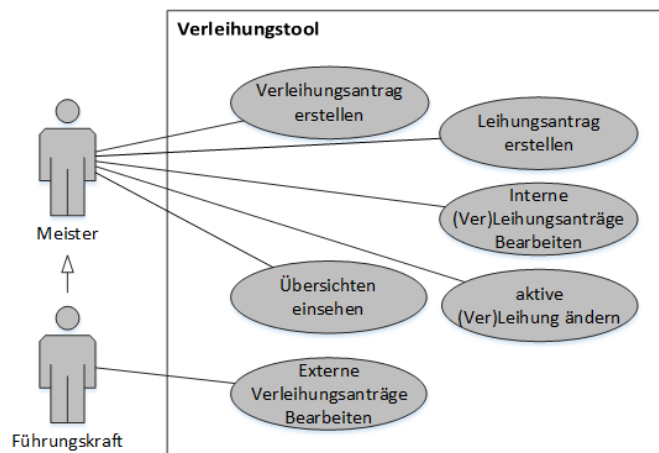


Abbildung 4: Use Case Diagramm zum Verleihungstool

Führungskräfte besitzen alle Anwendungsfälle der Meister. Zusätzlich können bzw. müssen sie die Verleihungsanträge der ihnen untergeordneten Meister, deren Ziel extern ist, bearbeiten. Dies sorgt für eine zusätzliche Absicherung der Korrektheit.

D. Implementierungsentscheidungen

Da das Tool in das System FUCHS II integriert wird, und dieses in C#.NET programmiert wurde und dessen Datengrundlage eine Oracle Datenbank bildet, verhält sich dies beim Verleihungstool identisch. Die für das Tool benötigten Relationen wurden in die Datenbank von FUCHS II aufgenommen. Alle Relationen befinden sich in der dritten Normalform. Das sorgt dafür, dass alle Redundanzen außerhalb der Schlüsselkandidaten beseitigt werden. [7]

Für die Oberflächenprogrammierung wurde das Windows Presentation Foundation (WPF) Framework verwendet, welches nach dem Model-View-ViewModel (MVVM) Entwurfsmuster funktioniert.

Zur objektrelationalen Abbildung der Datenbank wurde das Entity Framework benutzt.

VI. DAS VERLEIHUNGSTOOL

A. Die Oberfläche

Das Produkt dieser Arbeit unterteilt sich in drei verschiedene Ansichten. Das Postfach, die Genehmigungssicht

für Gruppenleiter und eine Übersicht. Das Postfach ist nur für Kostenstelle-Meisterbereich-Schicht Kombinationen verfügbar, die Genehmigungssicht ist nur für Gruppen verfügbar und die Übersicht ist immer verfügbar.

Das Postfach unterteilt sich in drei Spalten und ist in Abbildung 5 zu sehen. In der linken sind alle offenen Leihungen bzw. Verleihungen zu finden, die von der ausgewählten Arbeitsgruppe zu bearbeiten sind. Dies können nur FUCHS II interne Leihungen bzw. Verleihungen sein. In der mittleren Spalte sind die Leihungen bzw. Verleihungen, die ein Nutzer der Arbeitsgruppe erstellt hat und noch nicht bearbeitet wurden und in der rechten Spalte sind die aktiven Leihungen und die aktiven Verleihungen zu finden, nochmals unterteilt in zwei Bereiche.

Außerdem können aus dem Postfach heraus neue Leihungen bzw. Verleihungen erstellt werden. Für diesen Anwendungsfall öffnet sich ein entsprechendes Formular, in dem alle nötigen Daten für eine gültige Leihung bzw. Verleihung eingegeben werden müssen.

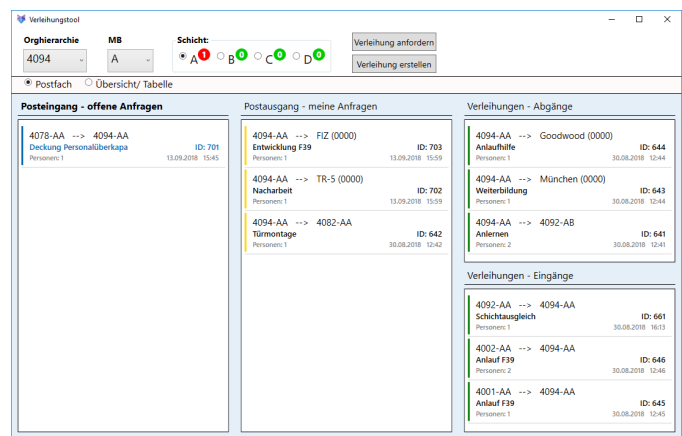


Abbildung 5: Postfach des Bereiches 4094:A, Schicht A

In der Genehmigungssicht sind in der linken Spalte alle offenen Verleihungen zu finden, die von der ausgewählten Organisationseinheit (Gruppe) zu bearbeiten sind. Dies können nur FUCHS II externe Verleihungen sein. Die mittlere Spalte enthält alle noch zu bearbeitenden Leihungen bzw. Verleihungen der untergeordneten Bereiche und die rechte Spalte enthält alle aktiven Verleihungen der Gruppe, deren Ziel FUCHS II extern ist.

Die Übersicht zeigt für die ausgewählte Organisationseinheit alle verliehenen Personen sortierbar und filterbar nach verschiedenen Kriterien.

B. Systemlandschaft

Die nachfolgende Grafik zeigt die Systemlandschaft mit allen Schnittstellen um das Personalplanungssystem und speziell um das Verleihungstool. Dunkle Pfeile beschreiben existente Schnittstellen und helle, gestrichelte Pfeile beschreiben mögliche Erweiterungen.

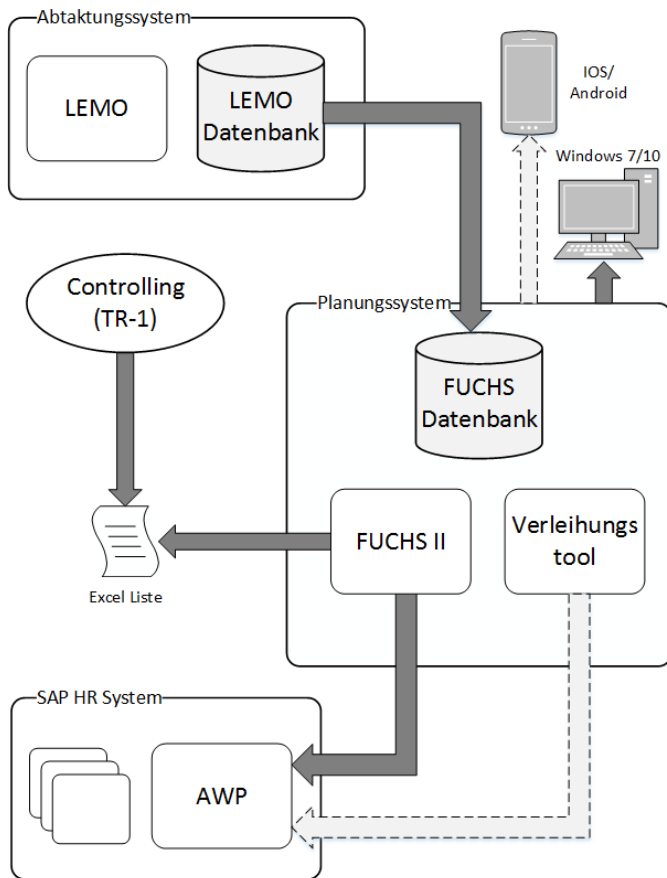


Abbildung 6: Systemlandschaft des Personalplanungstools

Im nachfolgenden Text, werden die einzelnen Komponenten und Zusammenhänge aus Abbildung 6 erklärt.

Aus dem Abtaktungssystem der Montage (LEMO), in dem aus den MTM-Zeiten und den produzierten Stückzahlen das nötige Bandpersonal ermittelt wird, erfolgt täglich ein Datenimport via SQL Befehlen und einem Datenbanklink. Zur Personalabstimmung und Budgetierung wird eine Excel-Liste, die von der Abteilung Controlling bereitgestellt wird, beschrieben. Außerdem erfolgt ein Datentransfer der Bedarfszahlen zum AWP System, kurz für Anwesenheitsplanung. AWP ist ein Teil des HRM Moduls von SAP, welches bei BMW eingesetzt wird. In diesem Modul wird das gesamte Personal mit ihren Bereichszugehörigkeiten und anderen Eigenschaften verwaltet. Außerdem wird hier vor allem das täglich anwesende Personal festgehalten und reguliert. Zusätzlich können die Meister für ihre Bereiche Arbeitsplätze angelegen und Mitarbeitern Arbeitsplätze zuweisen. Die Gesamtzahl an Arbeitsplätzen, die die Meister für ihre Bereiche anlegen können, stammen aus den Planungswerten in FUCHS II.

Das Teilsystem „Verleihungstool“ hat zu diesem Zeitpunkt keine Schnittstellen außerhalb des Personalplanungssystems. Allerdings würde die Möglichkeit bestehen eine Schnittstelle Richtung AWP einzurichten. In AWP werden die tatsächlichen Verleihungen festgehalten, indem der abgebende Bereich einen

konkreten Mitarbeiter in einen anderen Bereich verschiebt. Im Verleihungstool wird dies mit der neuen Systematik ähnlich gemacht. Es müssten allerdings in der Planung die Personen noch mit ihrer eindeutigen Identifikationsnummer, der „QNummer“, versehen werden, um einen korrekten Export der VerLeihvorgänge gewährleisten zu können. Der klare Vorteil wäre, dass die Meister, die diesen Prozess nun einmal für die Planung und einmal für den tatsächlichen Vorgang doppelt ausführen müssen, dies nur noch einmalig im Verleihungstool machen müssten.

Der Grund, warum diese Schnittstelle bislang nicht enthalten ist, ist zum einen die Datenschutz-Grundverordnung (DS-GVO) der Europäischen Union, die am 24.05.2016 in Kraft getreten ist und seit dem 25.05.2018 anzuwenden ist. [3] Um diese Schnittstelle zu realisieren, müssten Mitarbeiterdaten verarbeitet werden und dies ist für diesen Planungsprozess nicht zwingend notwendig. Zum Anderen ist man sich seitens BMWs nicht sicher, ob solch eine automatische Erstellung der Leihungen und Verleihungen sinnvoll ist, da man befürchtet, dass solche VerLeihvorgänge im Nachhinein nicht mehr bearbeitet werden, auch wenn sich der reale VerLeihvorgang ändert.

FUCHS II sowie das Verleihungstool sind derzeit nur über Rechner mit dem Betriebssystem Windows 7 oder Windows 10 bedienbar. An dieser Stelle wäre es zusätzlich sinnvoll, dass zumindest das Verleihungstool über ein mobiles Gerät, welches mit dem Betriebssystem IOS oder Android arbeitet, bedient werden könnte. Damit könnten Meister direkt in Gruppenrunden oder Gesprächen, in denen über VerLeihvorgänge diskutiert werden, die Verleihung einstellen und bearbeiten. Neben einer zeitlichen und logistischen Verbesserung würde so auch verhindert werden, dass Verleihungen vergessen werden.

VII. PROZESSVERBESSERUNGEN

Mit der Einführung des neuen Planungsprozesses für Verleihungen in Form des Verleihungstools werden einige Änderungen zum alten Prozess erzielt.

Zum Negativen hat sich die Eingabezeit für die Nutzer entwickelt. Während im alten System nur eine Zahl eingegeben und ein Kommentar verfasst wurde, was einem Minimum von drei Klicks und zwei Eingaben entspricht, muss im neuen System zunächst die eigene Arbeitsgruppe aufgerufen werden, das Formular geöffnet und ausgefüllt werden und schließlich abgesendet werden. Dies entspricht einem Minimum von elf Klicks und einer Eingabe für den Betreff. Allerdings ist dieser zeitliche Aufwand durchaus noch legitim und sorgt für ein Bewusstsein beim Nutzer über die Eingaben. Außerdem wird dieser zeitliche Aufwand benötigt, um die nachfolgend aufgeführten Punkte erreichen zu können.

Der wichtigste Punkt wurde mit dem neuen Prozess realisiert: Leihvorgänge sind konsistent. Durch inkonsistente Eingaben war es im alten System möglich, dass es Leihvorgänge gab, die keinen aufnehmenden Bereich hinterlegt hatten. Da es

im neuen System nicht mehr möglich ist, solchartige Leihvorgänge anzulegen wird der Personalmehrbedarf, der durch diese verursacht wurde, wegfallen. Konkret bedeutet dies, nach Kapitel II-C, dass der Personalbedarf, der durch Verleihungen entsteht, durchschnittlich um 33,9 Personen sinken wird.

Neben der Bedarfs einsparung ist ein weiterer Vorteil, dass über ein systemseitig bereitgestelltes Auswertportal Rückschlüsse über Leihungen und Verleihungen getroffen werden können. Davon profitieren nicht nur die Führungskräfte, die das Leihverhalten im eigenen Bereich nun sehr einfach überwachen können, sondern auch die Mitarbeiter der Zeitwirtschaft, deren Aufgabe unter anderem ist, bestimmte Themengebiete der Personalplanung zu kontrollieren.

Des Weiteren müssen Verleihungen, deren Ziel FUCHS II extern ist, nun von den jeweiligen Führungskräften des verleihenden Bereichs zunächst genehmigt werden, bevor diese gültig sind. Da die externen Verleihungen in der durchgeführten IST-Analyse nicht ausgewertet werden konnten, ist nicht klar, wie viel Optimierungspotential an dieser Stelle vorhanden ist. Es ist allerdings aufgrund der Auswertung der internen Leihungen und Verleihungen davon auszugehen, dass auch bei den externen Verleihungen Potential besteht. Durch die Überprüfung dieser Verleihungen durch den Vorgesetzten wird dieses Potential abgeschöpft. Außerdem wird so den Führungskräften ein besserer Überblick über die externen Verleihungen im eigenen Bereich vermittelt.

Eine weitere Verbesserung liefert die Einführung von Laufzeiten. Im alten System wurden die geliehenen/verliehenen Personen monatsweise und immer in ganzen Köpfen eingetragen. Dies musste dann für längerfristige Leihvorgänge, die mehrere Monate umfassten, jeden Monat erneut eingetragen werden. Eine Verleihung, deren Dauer 3 Monate beträgt, musste im abgebenden Bereich für drei Monate eingetragen werden und ebenso im empfangenden Bereich. Das entspricht sechs Eingaben an sechs verschiedenen Stellen. Dieser Sachverhalt war zum großen Teil auch Ursache für die Inkonsistenzen innerhalb der Montage. Mit dem neuen Tool muss jeder verliehenen Person ein Beginn und ein Ende zugewiesen werden. Dies muss tagesgenau angegeben werden und so werden Verleihungen, die beispielsweise über zwei Wochen laufen, mit dem Wert 0,5 in das System eingetragen. Außerdem muss auch eine Verleihung, deren Laufzeit sich über 5 Monate erstreckt, nur einmal angelegt und genehmigt werden. Dieser Vorteil gleicht den vorherig angesprochenen erhöhten Zeitaufwand oftmals wieder aus.

VIII. MÖGLICHE ERWEITERUNGEN UND VERBESSERUNGEN

Wie zu Beginn angesprochen, werden Leihvorgänge in FUCHS II als Einflussfaktoren des Personalbedarfs interpretiert. Allerdings wäre es ratsam, Leihvorgänge als Faktoren zu betrachten, die den Personalbestand verändern. Das heißt, dass eine Verleihung keinen Mehrbedarf erzeugt, sondern eine Personalbestandsminderung bewirkt. Die durch die Perso-

nalplanung ermittelten Über-/Unterdeckungen verändern sich durch dieses Vorgehen nicht. Allerdings ist das in anderen Bereichen des Human Resource Managements von Vorteil und beseitigt eventuelle Unstimmigkeiten.

In dem Kapitel zur Systemlandschaft wurde bereits eine mögliche Schnittstelle zum AWP System aufgezeigt. Es besteht allerdings noch eine weitere Möglichkeit, Leihvorgänge in das AWP System zu exportieren, vorausgesetzt diese werden als bestandsverändernd interpretiert. Die Planung im FUCHS II erfolgt monatsweise und der Bedarf eines Monats muss konstant sein auch in AWP. Leihvorgänge könnten allerdings aus dem jetzigen Datentransfer zum AWP System entfernt werden und über eine eigene Schnittstelle exportiert werden, die die Leihvorgänge Tagesgenau exportiert. In Folge dessen, können Meister im AWP System ihre Personalüber-/unterdeckungen genauer ausgleichen, da sich der Personalbestand an die Leihvorgänge anpasst.

Das System FUCHS II ist eine sogenannte Insellösung für den Bereich der Personalplanung. Diese ist nicht in das SAP System BMWs integriert und wird nur im Werk Regensburg und dort wiederum nur in der Montage und Logistik verwendet. Aufgrund der Größe BMWs gibt es für viele verschiedene Aspekte solche Insellösungen. Wünschenswert wäre allerdings, dass diese Teillösungen alle unter einem, unternehmensweitem ERP-System, mit einer gemeinsamen Datenbank vereinigt werden. Natürlich ist es, gerade für Unternehmen dieser Größe, nicht ohne weiteres möglich, solch ein ERP-System zu realisieren. Ein unternehmensweit integriertes Anwendungssystem kann entweder durch die nachträgliche Integration existierender Systeme oder durch Neuentwicklung bzw. -beschaffung erreicht werden. [4]

Die BMW Group verfolgt zur Zeit das Ziel, durch Neuentwicklung, die Personalplanung über Technologien und Werke in dem Unternehmenseigenen SAP System zu integrieren. Im Vergleich zur nachträglichen Integration bestehender Teilsysteme ist die Neuentwicklung unternehmensweiter ERP-Systeme von Grund auf allerdings eine noch wesentlich umfangreichere Aufgabe und erfordert ein sehr hohes Investitionsvolumen. [4] Aus diesem Grund kann es sein, dass dieses Ziel nicht zur Umsetzung gelangt. Sollte dieser Fall eintreten, so ist zu empfehlen, dass das System FUCHS II erweitert wird und werksübergreifend zum Einsatz kommt.

Die Datenstruktur des Systems ist für einen solchen Einsatz bereits ausgelegt. Die große Herausforderung besteht in der Festlegung der Schnittstellen. Der Datenimport der Abtaktungsdaten aus LEMO wird sich für die anderen Werke nicht ändern, an dieser Stelle müsste nicht viel gemacht werden. Allerdings haben die Werke unterschiedliche Methoden, die Bedarfszahlen der Planung mit den Sollzahlen des Controllings abzustimmen. Damit das System effektiv werksübergreifend ausgerollt werden kann muss also der Arbeitsbereich des Controllings mit in das System FUCHS II integriert werden. Als Nebeneffekt würden dadurch auch Redundanzen verschwinden und die Datenintegrität sichergestellt

werden. Außerdem müsste die Schnittstelle zu dem AWP System weiter ausgebaut werden und eine Kommunikation in beide Richtungen unterstützen. Ein möglicher Ansatz wurde bereits in einem vorhergehenden Absatz dieses Kapitels beschrieben.

Wenn es zu einem werksübergreifenden Einsatz kommt, sollte ferner für das Verleihungstool die Alternative 3a aus Kapitel IV-A erneut Diskutiert werden.

IX. FAZIT

Die bisherige Personalbedarfsermittlung im Bereich der Verleihungen wurde durch ein neues Tool einschließlich eines neuen Prozesses abgelöst. Dadurch konnten die in der IST-Analyse aufgezeigten Defizite behoben werden. Mit dem neuen Prozess und dem neuen System werden deutliche Prozessverbesserungen vor allem im Hinblick auf Datenqualität, Prozessgeschwindigkeit sowie statistische Auswertbarkeit erreicht. Beispielsweise wird folgende Beobachtung im Altsystem vermieden. Durchschnittlich über 35 % der internen Verleihungen konnten keinem Zielort zugeordnet werden. Dies ist repräsentativ für die Inkonsistenzen im alten System.

Um diesem Problem entgegen zu wirken wurden verschiedene Lösungsvorschläge unterbreitet. Mit Hilfe einer Nutzwertanalyse, bei der die Führungskräfte der Montage als Entscheidungsträger fungierten, wurde die beste Lösung ausgewählt und konkretisiert. Das Ergebnis ist ein Nachrichtensystem, in dem Nutzer Leihungs- bzw. Verleihungsanträge erstellen und diese Anträge erst von einem Empfänger genehmigt werden müssen, damit ein Leihvorgang zustande kommt.

Insgesamt wurde durch die Inbetriebnahme dieses neuen Systems - einschließlich des neuen Prozesses - eine signifikante Verbesserung der Personalbedarfsplanung des BMW Werks Regensburg im Bereich der Verleihungen erreicht. Zusätzlich hat die Qualität der gesamten Personalbedarfsplanung stark zugenommen.

LITERATUR

- [1] BMW Group Intranet: Werk Regensburg: Wir über uns. Zugriff am 04.09.2018 unter <https://contenthub.bmwgroup.net/web/werk-regensburg/wir-über-uns>.
- [2] Braun Hans-Jürgen. 1995. *Ein unscharfes Planungsverfahren zur mittelfristigen Personalkapazitätsanpassung für die bedarfsorientierte Serienproduktion*. Berlin: Springer.
- [3] Europäische Union: Document 32016R0679. Verordnung (EU) 2016/679 des Europäischen Parlaments und des Rates vom 27. April 2016 zum Schutz natürlicher Personen bei der Verarbeitung personenbezogener Daten, zum freien Datenverkehr und zur Aufhebung der Richtlinie 95/46/EG (Datenschutz-Grundverordnung) . Zugriff am 10.09.2018 unter <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/DE/ALL/?uri=CELEX:32016R0679>.
- [4] Kurbel Karl. 2016 *Enterprise Resource Planning und Supply Chain Management in der Industrie* Berlin/Boston: Walter de Gruyter GmbH.
- [5] Saaty Thomas. 2009. *Mathematical Principles of Decision Making*. Pittsburgh: RWS Publications.
- [6] Schendera Matthias. BMW Werk Regensburg; Abteilung TR-410. Gespräche während der Projektarbeit.

- [7] Schicker Edwin. 2014. *Datenbanken und SQL*. Wiesbaden: Springer Vieweg.
- [8] Stock Torsten. 2013. *Ein Verfahren zur Personalplanung und -steuerung und Restrukturierung der Aufbauorganisation für eine bedarfsorientierte und wandlungsfähige Produktion*. Stuttgart: Fraunhofer Verlag.
- [9] Zangemeister Christof. 1976. *Nutzwertanalyse in der Systemtechnik*. München: Wittmansche Buchhandlung.
- [10] Zirngibl Matthias. BMW Werk Regensburg; Abteilung TR-40. Gespräch am 15.05.2018.

Prozess Mining in S/4 HANA

Echtzeit-Visualisierung eines Einkaufsprozesses

Tizian Cockx
DXC Technology
Hewlett-Packard-Straße 1
61352 Bad Homburg
tcockx@dxc.com

Norbert Ketterer
Hochschule Fulda
Leipziger Str. 123
36037 Fulda
Norbert.Ketterer@cs.hs-fulda.de

ABSTRACT

In dieser Arbeit wird untersucht, in wie weit sich ein graphisches, interaktives Prozess Mining Tool mit Technologien, die über die Entwicklungsplattform im Standard einer aktuellen SAP S/4 HANA Version mit ausgeliefert werden, erstellbar ist. Es werden insbesondere die Fragen einer effizienten Datenextraktion der Prozessaktivitäten sowie einer benutzerfreundlichen, graphischen Darstellung der Ergebnisse des Mining-Laufs sowie der Implementierungsaufwand, der sich im Zielsystem ergibt, betrachtet. Bezüglich der Mining-Grundlagen orientiert sich diese Arbeit stark an Van der Alst [1]. Bei den betrachteten Prozessen handelt es sich um Prototypen um zwei Prozesse des Einkaufs. Die Arbeit basiert auf einer Abschlussarbeit, die bei der DXC technology GmbH unter der Betreuung der Hochschule Fulda erstellt wurde.

Keywords

Prozess Mining, SAP UI5, S/4 HANA, Core Data Services

EINLEITUNG

Geschäftsprozesse, laufen Sie nun in digitaler Form in betrieblichen Anwendungen ab oder auch rein analog in Papierform, bilden die Basis für jede unternehmerische Tätigkeit. Aufgrund dieser zentralen Rolle sollte grundsätzlich darauf geachtet werden, dass die Geschäftsprozesse in der gewünschten Form ablaufen und mit den gegebenen Prozesszielen konform sind. Der Ablauf der Geschäftsprozesse kann heutzutage in einem Anwendungssystem mit Prozess Mining Verfahren analysiert werden, deren Ziel es ist, aus den Aufzeichnungen der Vorgänge im System (Event-Logs) Erkenntnisse zu gewinnen, um darauf basierend Aktionen abzuleiten [1]. ERP-Systeme, als integrierte unternehmensweite Anwendungssysteme, die zur Koordination der wesentlichen internen Prozesse eines Unternehmens dienen, bilden eine relevante Datenquelle für Prozess Mining, da hier ein hoher Prozentsatz der Geschäftsprozesse abgewickelt wird und somit in den Datenbanktabellen des ERP-Systems die

Prozesse relevante Daten (oftmals in diesem Zusammenhang auch als „Spuren“ bezeichnet - z.B. wiederum in [1], hier Kapitel 2.2) für die Analyse hinterlassen. S/4 HANA ist ein ERP-System, welches auf aktuellen Technologien basiert (In-Memory Datenbank, HTML-5/ Javascript Technologien als SAP UI5 basierter Frontend), die einerseits Performancevorteile bei der Extraktion der Prozessdaten erwarten lassen und andererseits für den Benutzer aufgrund der technologischen Plattform einen webbasierten interaktiven Miningablauf in Aussicht stellen; dieses ist aber kundenspezifisch zu implementieren.

Der Fokus der Arbeit liegt nicht auf dem Prozess Mining selbst, sondern in der Evaluierung eines Implementierungsansatzes in S/4 HANA. Auch werden verwendete Basistechnologien, wie z.B. SAP Gateway Services [2], kurz anhand ihres Funktionsumfangs betrachtet. Es sollen hier nicht alle Facetten des Prozess Minings betrachtet werden, so wie sie in [1] beschrieben sind, sondern es soll ein spezifischer Algorithmus aus dieser Quelle implementiert werden. Zur Abgrenzung des Prozessrahmens beschränkt sich die Extraktion auf zwei spezifische Einkaufsprozesse; das für diese Prozesse Gesagte kann allerdings dann analog auf andere Prozesse verallgemeinert werden - es verändert sich lediglich die Datenextraktion. Das Untersuchungsziel der Arbeit stellt die Realisierbarkeit der Event-Log Extraktion von der Datenbank des S/4 HANA Systems dar, ergänzend werden prototypisch Lösungsansätze entwickelt, um das erstellte Prozessmodell mit Prozess Mining Verfahren zu erstellen und anschließend mit Hilfe von Bausteinen der UI5-Bibliothek des S/4 HANA Systems zu visualisieren. Bezüglich der Extraktion soll auch die Performance prinzipiell betrachtet werden; unter Berücksichtigung der Tatsache, dass das Coding nicht in einer Produktivumgebung mit entsprechenden Massendaten getestet werden kann.

PROBLEMDEFINITION

Extraktion der Datenbasis für das Mining

Nach Österle ([3], S. 10) ist ein Geschäftsprozess eine Abfolge von Aufgaben, die über mehrere organisatorische Einheiten verteilt sein können und deren Ausführung von informationstechnologischen Anwendungen unterstützt wird. In betrieblichen Anwendungen führen diese Aktivitäten zu Ereignissen (etwa der Anlage einer Bestellung), die prinzipiell extrahierbar sind, sei es durch Extraktion expliziter Änderungsinformation oder durch Abgleich von Datenbankabzügen (etwa der „Differential Snapshot Problematik“) - sehr Vergleichbar der Datenextraktion aus dem Bereich des „Da-

ta Warehousing“. Ein in diesem Zusammenhang extrahiertes Event-Log besteht üblicherweise aus einer Sammlung von Ereignisdaten, die bei der Ausführung einer Aktivität im Prozess aufgezeichnet werden [1], Kapitel 2.2 und 5.2. Diese Ereignisdaten sind dabei so zu speichern, dass ein Mining der Prozesse stattfinden kann. Die Extraktion sollte möglichst so erfolgen, dass sie Online als Teil des Mining-Prozesses erfolgen kann.

Analyse der Prozessdaten

Da ein Geschäftsprozess eine Folge von Aktivitäten ist, die unternehmensrelevante Ereignisse erzeugen, sind genau diese Aktivitäten zu extrahieren. Da aber von jedem Geschäftsprozess eine Reihe von individuellen Instanzen durchlaufen werden, sind die Aktivitäten diesen Instanzen zuzuweisen; es findet somit eine Gruppierung nach diesen Instanzen statt [1], Kapitel 5.2. Die Aufgabe von Prozess Mining ist es, Wissen aus Event-Logs heutiger Systeme zu extrahieren - dieses Wissen kann dann auf verschiedenste Arten verwendet werden - beispielsweise um die Basis für Ansätze von Prozessverbesserungen zu liefern. Das wesentlich zu lösende Problem beim Prozess Mining besteht dann darin, auf Basis der Event-Logs verschiedene Prozessinstanzen zu identifizieren und miteinander zu vergleichen - dieser Vergleich liefert dann Aufschlüsse über den konkreten und in den verschiedenen Instanzen potentiell unterschiedlichen Ablauf der Aktivitäten. Die Abfolge der Aktivitäten, die sich auf eine bestimmte Prozessinstanz bezieht, wird als „Trace“ bezeichnet [1], Kapitel 3. Ein Beispiel von zwei unterschiedlichen Traces, die aber beide auf dem gleichen Prozess basieren, zeigen die Abbildungen 1 und 2. Es sind auf Basis der extrahierten Event-Logs diese Traces zu finden und gegenüberzustellen.

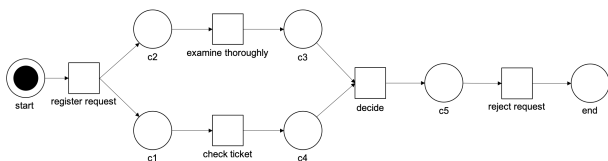


Abbildung 1: Bearbeitung Entschädigungsantrag bei Fluggesellschaft in Anlehnung an [1], Kapitel 3

Die durch das „AND“ eingeleitete Parallelität der beiden Vorgänge „examine thoroughly“ und „check ticket“ ist nicht synchronisiert und kann dann im Ablauf der Prozessinstanz zu verschiedenen Reihenfolgen der Ausführung dieser beiden Vorgänge führen, wie in Abbildung 2 zu erkennen ist.

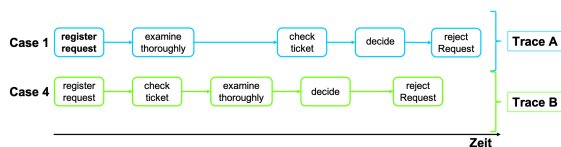


Abbildung 2: Instanzen von Traces für Entschädigungsantrag

STAND DER TECHNIK

Extraktion der Datenbasis für das Mining

Grundlagen der Datenextraktion

Um den Ablauf eines Traces in eine geordnete Reihenfolge zu bringen, wird in einem Event-Log zusätzlich ein Zeitstempel (Timestamp) benötigt ([1], Kapitel 5.2) - etwa wie in Tabelle 1 gezeigt. Am Ende wird jeder Eintrag in einem Event-Log durch eine Prozessinstanz, eine Aktivität und einen Zeitstempel beschrieben, zusätzliche Information mit Bezug zu den Ereignissen sind ebenfalls denkbar. Im Falle eines Einkaufsprozesses kann eine Instanz dann durch die entsprechende Belegnummer des Einkaufsobjekts (Bestell-anforderung, Bestellung, etc.) repräsentiert werden, es ist dabei darauf zu achten, dass ein Beleg bei einem vollständigen Prozessdurchlauf auch Folgebelege besitzt, etwa im Falle des Einkaufs den Beleg zur Bestellanforderung, dann Bestellung dann Avise, etc.

Table 1: Event-Log Beispiel mit zwei Fällen [4]

Prozessinstanz	Aktivität	Zeitstempel	Mitarbeiter
1	register request	30-12-2010:11.02	Pete
1	examine thoroughly	31-12-2010:10.06	Sue
1	check ticket	05-01-2011:15.12	Mike
1	decide	06-01-2011:11.18	Sara
1	reject request	07-01-2011:14.24	Pete
4	register request	06-01-2011:15.02	Pete
4	check ticket	07-01-2011:12.06	Mike
4	examine thoroughly	08-01-2011:14.43	Sean
4	decide	09-01-2011:12.02	Sara
4	reject request	12-01-2011:15.44	Ellen

Datenextraktion in S/4 HANA

Die Datenextraktion befasst sich mit der Bereitstellung eines Event-Logs, welches zur späteren Weiterverarbeitung mit Hilfe von Prozess Mining Algorithmen benötigt wird. Mit Auslieferung von S/4 HANA steht in der entsprechenden Entwicklungsplattform dieses ERP-Systems ein neues virtuelles Datenmodell (VDM) bereit, welches als architekturelle Grundlage für die meisten Anwendungen innerhalb von S/4 HANA dient. Beispielhaft ist das neue ABAP Programmiermodell für SAP Fiori [5] zu nennen, bei dem das VDM für das Datenmodell und die Datenbereitstellung zuständig ist. Eine Umsetzung des VDM erfolgt mit Hilfe von SAP Core Data Services (SAP CDS) bei denen die Datenmodellierung mit Hilfe der CDS Data Definition Language (CDS DDL) umgesetzt wird. Die CDS DDL lehnt sich stark an die SQL an und erlaubt Entwicklern die CDS Datenmodellierung. Unter dem VDM ist jedoch keine unstrukturierte Ansammlung von CDS Views zu verstehen, sondern es steht eine klare Struktur dahinter. Nachfolgend sollen die innere Struktur und die Schichten des VDM näher erläutert werden. Ein Gesamtüberblick der Architektur des VDM ist in der Abbildung 3 zu finden.

Interface Views

Basierend auf SAP HANA Datenbanktabellen bilden sogenannte „Interface Views“ die unterste Schicht innerhalb des Datenmodells. Als wichtigster Bestandteil des VDMs sollen sie zukünftig nicht von Updates bzw. Patches betroffen sein. Ausschließlich Views aus dieser Schicht greifen auf die zugrundeliegenden Datenbanktabellen zu und repräsentieren zumeist einzelne Entitäten, wie z.B. Warengruppen

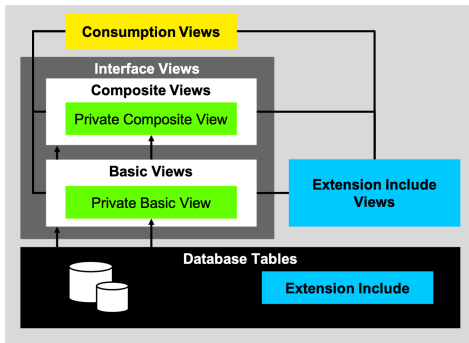


Abbildung 3: SAP CDS Architektur [6]

oder Lieferanten. CDS Annotationen reichern die SQL Logik der CDS Views mit zusätzlichen Metadaten an [7], eine Interface View wird immer mit der CDS Annotation `@VDM.viewType: #BASIC` versehen. Bei der Datenselektion findet zusätzlich eine Semantik Anreicherung statt, um die betriebswirtschaftliche Sicht nachvollziehen zu können. Umgesetzt wird diese Anreicherung, indem Datenbankfeldern mit Hilfe von Aliassen sprechende Identifikatoren zugeordnet werden. Eine Beispielimplementierung einer CDS View ist anhand des CDS „I_MaterialGroup“ in Listing 1 zu finden. Interface Views können jedoch auch kundenspezifisch erstellt werden.

Listing 1: Beispiel CDS View „I_MaterialGroup“, zur Selektion von Warengruppen.

```

1 @AbapCatalog.sqlViewName: 'IMATGROUP'
2 @Analytics: { dataCategory: #DIMENSION, dataExtraction.enabled: true }
3 @VDM.viewType: #BASIC
4 @AccessControl.authorizationCheck: #NOT_REQUIRED
5 @EndUserText.label: 'Material Group'
6 @Search.searchable: true
7 @ObjectModel.representativeKey: 'MaterialGroup'
8 @ObjectModel.usageType.serviceQuality: #A
9 @ObjectModel.usageType.sizeCategory: #S
10 @ObjectModel.usageType.dataClass: #MASTER
11 @ClientHandling.algorithm: #SESSION_VARIABLE
12
13 define view I_MaterialGroup
14 as select from t023
15 association [0..*] to I_MaterialGroupText as _Text on $projection.
16     MaterialGroup = _Text.MaterialGroup
17
18 {
19     @ObjectModel.text.association: '_Text'
20
21     @Search.defaultSearchElement: true
22     @Search.fuzzinessThreshold: 0.8
23     key cast(t023.matkl as productgroup) as MaterialGroup,
24     /* Associations */
25     _Text
26 }

```

Consumption Views

Eine Consumption View CDS (oftmals auch nur als „Consumption View“ bezeichnet) ermöglicht den Zugriff auf die Daten eines Business-Objekts bzw. eine Menge von Tabellen - etwa durch einen ODATA-Service (zur Veröffentlichung von CDS-Information über ODATA siehe z.B. [8]). Sie richten sich somit an individuelle Konsumenten der Daten des VDM und tragen die CDS-Annotation `@VDM.viewType: #Consumption`. Die oberste Schicht der Views setzt sich wiederum aus mind. 1 Interface Views zusammen; es gilt die Leitregel, das Datenbanktabellen nicht direkt von Consumption Views angesprochen werden dürfen [6]. Weiterhin ist zu beachten, dass sie nicht für die Wiederverwendung in anderen Consumption Views bestimmt sind, eine Ausnahme bilden analytische Queries, bei der die Mehrfachverwendung möglich ist [7].

	a_1	a_2	a_3	...
a_1				
a_2				
a_3				
...				

Table 2: Übergangsmatrix des Kontrollflussalgorithmus nach [9]

Extension Views

„Extension Views“ können sowohl für „Interface Views“ als auch „Consumption Views“ angelegt werden. Sie ermöglichen es Kunden und Entwicklern bestehende CDS Views zu erweitern. Bei der CDS View Erweiterung stehen zwei unterschiedliche Erweiterungsoptionen zur Auswahl: CDS View Erweiterungen und CDS Metadaten Erweiterungen [7]. Dabei dienen CDS Metadaten Erweiterungen der Anreicherung von aktiven Annotation eines CDS Datenmodells, oder zur Übersteuerung bereits vorhandener Annotationen von CDS Views. Ziel der CDS View Erweiterung ist es bestehende Datenmodelle um zusätzliche Felder bzw. Assoziationen zu erweitern, um diese den Anforderungen des Kunden anzupassen.

Prozess Mining Verfahren

Der wesentliche Aspekt in dieser Arbeit zum Prozess Mining wird auf die Ableitung des **Kontrollflusses** gelegt. Ein einfaches Verfahren hierzu stellt der „Kontrollflussalgorithmus“ zur Erzeugung der „Übergangsmatrix“ dar (siehe hierzu [9], Kapitel 2). Der Kontrollflussalgorithmus beschreibt dabei ausschließlich ein sequentielles Abarbeiten eines Event-Logs - er erzeugt im Rahmen seines Ablaufs dann die „Übergangsmatrix“. Es gilt besonders darauf zu achten, dass das Event-Log eine aufsteigende Sortierreihenfolge nach Prozessinstanz, gefolgt vom Zeitstempel, befolgt. Vor der Analyse eines Event-Logs ist nicht bekannt, wie viele Übergänge tatsächlich stattgefunden haben, so dass davon ausgegangen werden muss, dass jeder Übergang zwischen diesen Aktivitäten möglich ist. Wenn in dem Event-Log nun N Aktivitäten existieren, dann können somit N^2 Übergänge zwischen diesen Aktivitäten vorkommen.

Basis dieses Algorithmus bildet die Übergangsmatrix aus Tabelle 2, die die Anzahl der Übergänge zweier Aktivitäten listet. Die Matrix wird erzeugt, indem in Zeile und Spalte sämtliche Aktivitäten des Logs eingetragen werden. Die Zellen der Matrix beinhalten dann die Gesamtzahl der Übergänge der Aktivität der Zeile zur Aktivität der Spalte, die im Event-Log identifiziert werden konnte. Die Matrix enthält somit die Anzahl der Übergänge zwischen allen denkbaren Kombinationen von Aktivitäten im Event-Log.

Der Kontrollflussalgorithmus zum Aufbau der Übergangsmatrix lässt sich dann einfach wie folgt beschreiben (in dem Listing wird lediglich die Matrix selbst generiert, welche dann in die Darstellungsebene übergeben werden kann):

Listing 2: Kontrollfluss-Algorithmus in Anlehnung an [9].

```

1 Let M be a square matrix of size |T|^2
2 Initialize  $M_{i,j} \leftarrow 0$  for every position (i,j)
3 for each case id in the event log do

```



```

4   for each consecutive task transition  $a_i \rightarrow a_j$  in
      that case id do
5      $M_{i,j} \leftarrow M_{i,j} + 1$ 
6   end for
7   end for

```

Prinzipiell müssen die folgenden beiden Punkte bei Generierung der Übergangsmatrix beachtet werden:

- Die Übergangsmatrix hängt stark von der Reihenfolge der Prozessinstanzen im Event-Log ab - insbesondere der Zeitstempel ist hier zu beachten, auch da der Zeitstempel nicht immer aus den Business-Objekten selbst vollständig ablesbar ist
- Die Form der Generierung nach diesem einfachen Algorithmus kann zu Rauscheffekten führen, da es viele mögliche Prozesspfade gibt. Aus diesem Grund werden in Mininganwendungen manchmal auch komplexere Algorithmen eingesetzt, wie etwa der α -Algorithmus - tendenziell würden dann semantisch hochwertigere Prozessmodelle erzeugt werden, die nicht nur für Knoten die möglichen Nachfolger gemäß Event-Log anzeigt, sondern echte logische Verknüpfungen in den Prozessmodellen. Eine Alternative zur Erzeugung semantisch hochwertigerer Prozessmodelle wäre dann eine Filterung auf verschiedene Varianten von Prozessdurchläufen.

Abhängigkeit vom Zeitstempel

Der Zeitstempel liefert für die Aktivitäten implizit eine Reihenfolge und spielt deshalb eine zentrale Rolle bei der Interpretation des Event-Logs. Tabelle 3 zeigt ein typisches Beispiel eines Extraktes eines Event-Logs nach [4] in dem die Abhängigkeit vom Zeitstempel gezeigt werden kann.

Table 3: Event-Log Beispiel mit zwei Fällen nach [4]

Instanz	Abstr. Aktivität	Aktivität	Zeitstempel
1	a	register request	30-12-2010:11.02
1	b	examine thoroughly	31-12-2010:10.06
1	c	check ticket	05-01-2011:15.12
1	d	decide	06-01-2011:11.18
1	e	reject request	07-01-2011:14.24
4	a	register request	06-01-2011:15.02
4	c	check ticket	07-01-2011:12.06
4	b	examine thoroughly	08-01-2011:14.43
4	d	decide	09-01-2011:12.02
4	e	reject request	12-01-2011:15.44

Table 4: Matrix für Tabelle 3

	a	b	c	d	e
a		1	1		
b			1	1	
c		1		1	
d					2
e					

Wird dagegen der Zeitstempel vertauscht, verändert sich die Matrix entsprechend, was dann zu einer anderen Prozessdarstellung führt.

Table 5: Event-Log Beispiel mit zwei Fällen nach [4] - umsortiert

Instanz	Abstr. Aktivität	Aktivität	Zeitstempel
1	a	register request	30-12-2010:11.02
1	b	examine thoroughly	31-12-2010:10.06
1	c	check ticket	05-01-2011:15.12
1	d	decide	06-01-2011:11.18
1	e	reject request	07-01-2011:14.24
4	c	check ticket	07-01-2011:12.06
4	a	register request	06-01-2011:15.02
4	b	examine thoroughly	08-01-2011:14.43
4	d	decide	09-01-2011:12.02
4	e	reject request	12-01-2011:15.44

Es ergibt sich dann die eine veränderte Übergangsmatrix, die in Tabelle 6 skizziert ist.

Table 6: Übergangsmatrix bei nicht korrekt eingehaltener Sortierreihenfolge.

	a	b	c	d	e
a		2			
b			1	1	
c	1	1		1	
d					2
e					

Verwendet man die Übergangsmatrizen der Tabellen 4 und 6 als Input für eine graphische Auswertung (hier dargestellt mit Hilfe des Tools „Disco“) ergeben sich selbstverständlich Unterschiede in den dargestellten Prozessspfaden, wie in Abbildung 4 und 5 zu erkennen ist.

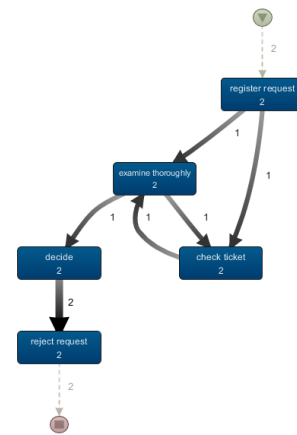


Abbildung 4: Ausgabegraph des korrekt sortierten Event-Logs

Visualisierung der Übergangsmatrix

Wird die Matrix mit einem Tool visualisiert, ist für jede Aktivität ein Knoten zu erzeugen und für jeden Zelleneintrag eine Kante zwischen Zeilen- und Spaltenaktivität - potentiell in einer Dicke, die die Anzahl der Übergänge repräsentiert - für Matrix 4 und Matrix 6 wären somit jeweils genau sieben Kanten vorzusehen, jedoch zwischen anderen Knoten und potentiell (je nach Visualisierungsplattform) in einer anderen Dicke; beispielsweise existiert eine Kante von Knoten

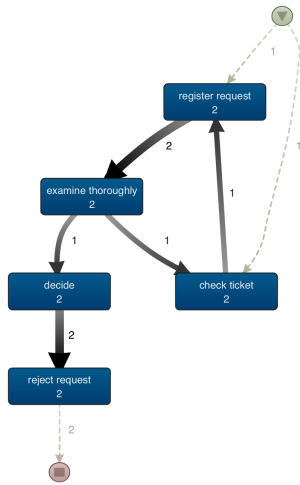


Abbildung 5: Ausgabegraph des nicht korrekt sortierten Event-Logs

a nach b dann potentiell in verschiedenen Dicken, um die Anzahl **Eins** bzw. **Zwei** zu repräsentieren.

α – Algorithmus

Der Kontrollflussalgorithmus zur Erstellung der Übergangsmatrix zählt lediglich die Übergänge zwischen Aktivitäten und konnte in dieser Arbeit verwendet werden, da die hiermit erstellte Matrix direkt an die graphische Ausgabe weitergegeben werden sollte - das Erkennen von Beziehungen erfolgt somit rein visuell. Ein einfacher Algorithmus, der bereits selbst Beziehungen zwischen den Aktivitäten findet, die über ein reines Abzählen hinausgehen, stellt der α – Algorithmus dar (siehe [1], Kapitel 6.2.1 und 6.2.2).

Ziel dieses Algorithmus ist das Extrahieren elementarer Beziehungen zwischen Aktivitäten (hier genannt **A** und **B**), die wie folgt definiert sind:

1. Eine direkte Vorgängerrelation R_1 , die zwei Einträge **A** und **B** identifiziert, die im Log genau hintereinander stehen (dies entspricht dem Kontrollflussalgorithmus); also $R_1(\mathbf{A}, \mathbf{B})$
2. Eine direkte Vorgängerrelation R_2 , die eine Kausalität impliziert. Dies ist eine schärfere Forderung zu R_1 , denn wenn gemäß R_1 gilt, daß $R_1(\mathbf{A}, \mathbf{B})$ und $R_1(\mathbf{B}, \mathbf{A})$, kann dies gemäß dieser Relation nicht sein. Es gilt gemäß dieser Relation also nur **eine** Beziehung zwischen **A** und **B**. Hier spielt somit der Zeitstempel wieder eine entscheidende Rolle; hier wird somit eine echte Vorgänger-Nachfolger Beziehung ausgewiesen, die unabhängig von der Prozessinstanz ist.
3. Eine Relation R_3 , die aussagt, daß die Elemente in keiner Beziehung zueinander gemäß R_1 stehen. Es gibt gemäß R_1 also weder eine Relation $R_1(\mathbf{A}, \mathbf{B})$ als auch $R_1(\mathbf{B}, \mathbf{A})$. Diese Relation gilt jedoch auch immer zwischen der Aktivität mit sich selbst, also $R_3(\mathbf{A}, \mathbf{A})$; dies drückt somit eine echte Exklusivität aus, wenn die Aktivität nicht identisch zu sich ist.
4. Eine Relation R_4 , die aussagt, dass gemäß R_1 sowohl $R_1(\mathbf{A}, \mathbf{B})$ als auch $R_1(\mathbf{B}, \mathbf{A})$ gilt. Dies tritt beispiels-

weise immer dann auf, wenn aufgrund von Ungenauigkeiten des Zeitstempels die Reihenfolge der Aktivitäten **A** und **B** schwankt oder selbstverständlich auch, wenn im Ablauf eine zeitliche Reihenfolge nicht vorgegeben werden kann, beispielsweise, da beide Aktivitäten in Prozessmodell mit einem „AND“ verknüpft sind. Ein „AND“-Split innerhalb der Prozesslogik legt bekanntlich genau die Reihenfolge der Prozesspfade nach dem Split nicht fest; die Aktivitäten hinter dem Split in der verschiedenen Prozesspfaden können somit in beliebigen Reihenfolgen zueinander durchgeführt werden - etwa die „**B**“-Aktivitäten zu den „**C**“-Aktivitäten in Abbildung 6.

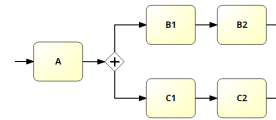


Abbildung 6: AND-Split mit zwei Prozesspfaden

Die Relation R_2 lässt sich dann direkt in eine Prozesssequenz umsetzen; Relation R_3 kann in ein „XOR“ umgesetzt werden, wenn die entsprechenden weiteren Relationen R_2 vorhanden sind; Relation R_4 endet mit entsprechenden Relationen R_2 in einem „AND“. Es werden somit die Prozesselemente wirklich mit Semantik belegt, nicht nur (wie in dieser Arbeit angestrebt) in eine Grafik umgesetzt, deren Elemente keine Semantik wie „AND“ oder „XOR“ tragen müssen. Da in einem ersten Schritt die Semantik nicht benötigt wird und auch bei einer Reihe von Prozessanalysetools diese Semantik nicht ausgewiesen wird, wurde dieser Algorithmus nicht implementiert. Ein Beispiel eines gefundenen „XOR“, welches auf zwei Beziehungen des Typs R_2 basiert (zwischen **A** und **B** sowie **A** und **C**) sowie einer Beziehung des Typs R_3 zwischen **B** und **C** zeigt Abbildung 7.

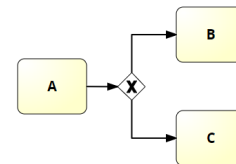


Abbildung 7: XOR basierend auf zwei bzw. einer gefundenen Relationen des Typs 2 bzw. 3

Prozess Mining Tools

Laut [1], Kapitel 6 werden bei Prozessmodellen zur Prozessentdeckung drei grundlegende Modelle unterschieden:

1. **Informelle Prozessmodelle** Prozessmodelle ohne formale Interpretation, die mit Traces aus einem Event-Log verknüpft werden können.
2. **Formale low-level Prozessmodelle** Dazu zählen zum Beispiel Übergangssysteme oder Markovketten.
3. **Formale high-level Prozessmodelle** Prozessmodelle, die Auswahlmöglichkeiten, Parallelität, Schleifen, etc. ermöglichen. Darunter zählen zum Beispiel BPMN Modelle, Petri-Netze oder Prozessbäume.

Ein Algorithmus zur Erzeugung einer Übergangsmatrix kann dann selbstverständlich nur die Basis für ein low-level Prozessmodell darstellen, während für ein high-level Prozessmodell der Algorithmus mehr Semantik aus dem Log extrahieren muss, wie dies in Abbildung 7 geschieht. Informelle und low-level Prozessmodelle bilden einen einfachen Einstieg, um Prozess Mining Techniken nachvollziehen zu können. Sie haben aber ein Problem, die Parallelität von Prozessen klar darzustellen, da ein paralleler Prozess lediglich in einer Reihe verschiedener Ausführungsreihenfolgen zwischen Aktivitäten resultiert, was letztlich in einer sehr umfangreichen Darstellung des Prozesses mündet; statt einfach im Prozessmodell die betroffenen Aktivitäten durch ein „AND“ zu verknüpfen und somit die Parallelität explizit zu modellieren werden sämtliche Durchläufe dargestellt, die in der verschiedenen Prozessinstanzen auftraten und somit im Event-Log festgehalten wurden.

Im folgenden sollen eine Reihe gängiger Tools bezüglich der folgenden Merkmale im Sinne des Fokus dieser Arbeit betrachtet werden:

1. Art des Modells: informell, low-level oder high-level
2. Echtzeiteinbindung in Anwendungssoftware
3. Einbindung in S/4 Hana mit graphischer Auswertung

Celonis

Das Mining-Tool Celonis ermittelt auf Basis der Anzahl der Durchläufe Prozessvarianten und Kennzahlen dazu - ein Beispiel einer Prozessvariante aus dem „Variant Explorer“ zeigt Abbildung 8. Wie man dort erkennen kann, werden die Häufigkeiten der Übergänge zwischen den Aktivitäten angegeben (ähnlich der Information in der Übergangsmatrix), es werden jedoch keine logischen Prozesselemente ermittelt, wie dies im Zusammenhang mit dem α -Algorithmus skizziert wird. Neben den Prozessvarianten werden auch Kennzahlen ermittelt, wie in Abbildung 9 dargestellt wird. Es existieren Interfaces, um Daten von SAP-Systemen nach Celonis zu extrahieren - beispielsweise scheint der Prozess in Abbildung 9 auf IDES-Daten zu basieren. Jedoch läuft das Tool nicht direkt in einer S/4 HANA Landschaft.

ProM

Ein Großteil der bisher entwickelten Prozess Mining Verfahren ist in ProM umgesetzt. ProM ist ein erweiterbares Framework, das eine Vielzahl von Prozess Mining Techniken in Form von Plug-Ins unterstützt. Es ist plattformunabhängig (in Java) implementiert und kann kostenlos verwendet

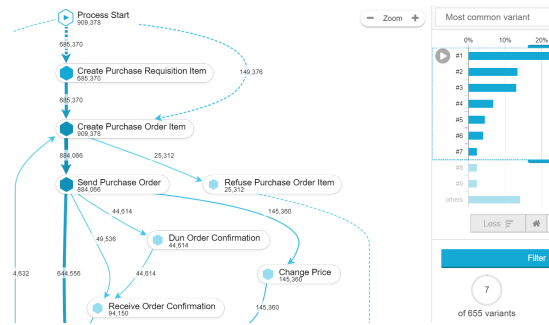


Abbildung 8: Beispiel von Prozessvarianten für einen Einkaufsprozess in Celonis - basierend auf Celonis' Demodaten

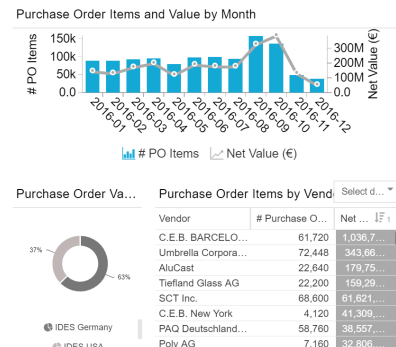


Abbildung 9: Beispiel von Kennzahlen für einen Einkaufsprozess in Celonis - basierend auf Celonis' Demodaten

werden. Anwendung findet ProM hauptsächlich in wissenschaftlichen Bereichen. Die Algorithmen gehen über eine reine Visualisierung der Prozesse/ deren Varianten hinaus - es besteht beispielsweise die Möglichkeit, ein konkretes Petri-Netz aus den Log-Files abzuleiten, wie dies in Abbildung zu erkennen ist. Hier werden demnach durchaus erweiterte Algorithmen (etwa wie der α -Algorithmus) implementiert, für diese Arbeit ist jedoch die Ableitung des Geschäftsprozesses nicht notwendig, es genügt die Varianten anzuzeigen. Zudem ist das Tool nicht in eine S/4 HANA-Umgebung integriert.

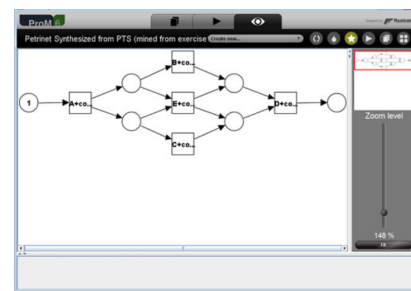


Abbildung 10: Beispiel eines Petri-Netzes - gemined in ProM (Bild aus www.promtools.org)

nerisch diese Prozesse nun wirklich sind, nicht relevant ist, so lange die Prozessdaten entsprechend von den Datenbanken extrahierbar sind und in ein Event-Log umgewandelt werden können.

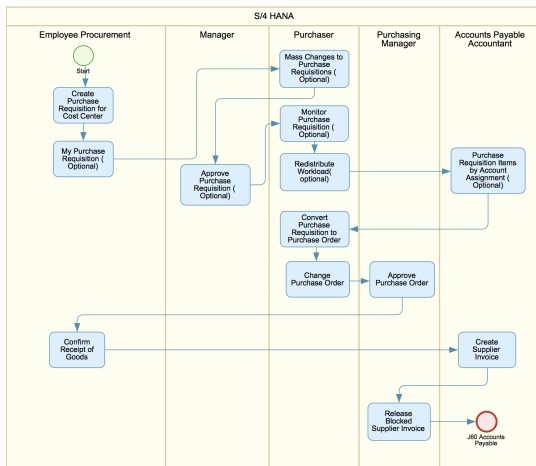


Abbildung 12: Beschaffung indirekter Materialien [11]

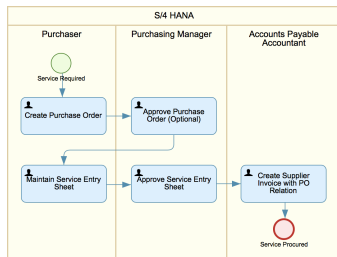


Abbildung 13: Beschaffung von Dienstleistungen [12]

Extraktion von Einkaufsinformation

Im Rahmen der Extraktion der Prozessdaten müssen für die ausgewählten Einkaufsprozesse die folgenden Daten zur Repräsentation des Prozesses im Event-Log ausgewählt werden:

1. Bestellanforderungspositionen
2. Bestellpositionen und Leistungserfassungsblättern
3. Wareneingänge
4. Rechnungseingänge

Das Event-Log muss auf Positionsebene (nicht Kopfebene) aufgebaut werden, da für einzelne Positionen unterschiedliche Aktivitäten ausgeführt sein können. Bestellanforderungen oder (typischer Bestellungen) können zum Beispiel Positionen enthalten, die aus anderen Einkaufsobjekten, wie etwa Bestellanforderungen, kopiert wurden, oder eine Position einer Bestellanforderung wurde bereits als erledigt gekennzeichnet. Es wird hier die Extraktion der Bestellanforderungspositionen beschrieben; die Extraktion der übrigen Positionen wurden zwar im Prototypen ebenfalls durchgeführt, aber die Logik ist analog zur den Bestellanforderungspositionen. Ausgangspunkt für die Erstellung eigener CDS-Views ist der Standardview „LPURCHASEREQUISITIONITEM“.

Ein Event-Log besteht aus einer Sammlung von Ereignisdaten. Führendes Element ist die Prozessinstanz, der die Aktivitäten und Zeitstempel folgen. Um die Aktivitäten einer Prozessinstanz nachvollziehbar zuordnen zu können, ist sicherzustellen, dass für jeden Prozess eine einzigartige Prozessinstanz erzeugt wird. Da in einem SAP-System der Mandant Primärschlüssel der Applikationstabellen ist (jedoch nicht der CDS-View) trennt der Mandant die Daten der verschiedenen Mandanten und muss somit auch Teil des Extraktes sein. Weitere Daten sind dann die „Belegnummer“ und die „Belegposition“ verbunden mit einem „Timestamp“ und einer „Aktivität“.

Das Feld „Erstellungskennzeichen“ dokumentiert die Herkunft einer Bestellanforderungsposition und spielt deshalb bei der Extraktion der Positionen eine Rolle - in diesem Prozess sind drei Herkunftsarten relevant:

1. **D** - Direktbeschaffung
2. **R** - Realtime (manuell)
3. **S** - Beschaffung per Self Service

Für die zu extrahierende Aktivität ist zudem im Detail zu extrahieren, was konkret auf der Bestellanforderungsposition erfolgt ist; mögliche Aktivitäten sind dann:

1. **Anlage** - Bestellanforderung angelegt
2. **Löschung** - Bestellanforderung gelöscht
3. **Änderung** - Bestellanforderung geändert
4. **Freigabe** - Bestellanforderung freigegeben
5. **Löschung Rücknahme** - Löschung einer Bestellanforderung zurückgenommen
6. **Freigabe Rücknahme** - Freigabe einer Bestellanforderung zurückgenommen

Für die Aktivität „Bestellanforderung angelegt“ sind sämtliche Informationen im selektierten CDS-View bereits vorhanden, maßgeblich ist hier das Anlagedatum (CreationDate) der CDS-View. Die Bestimmung eines exakten Zeitstempels ist aufgrund fehlender Daten für Bestellanforderungspositionen nicht möglich. Daher muss für Bestellanforderungspositionen die Annahme getroffen werden, dass der Zeitstempel einfach auf 00:00:00 Uhr definiert werden kann. Alle weiteren Aktivitäten können über den CDS-View Änderungsbelegpositionen „LCHANGEDOCUMENTITEM“, welche zusammen mit „LCHANGEDOCUMENT“ zu lesen ist, identifiziert werden. Wie zu erkennen ist, sind eine Reihe von Standard-CDS-Views betroffen, die zur Abbildung der Selektionslogik wiederum in eigene CDS-Views eingebaut werden. Die endgültige Consumption-View für die Extraktion ist dann in Listing 4 dargestellt, ein Beispiel einer Interface-View, die darin eingeht, stellt das Listing 3 dar. In diesem Listing werden die entsprechenden Änderungsbelege in Kombination mit den Bestellanforderungspositionen gelesen um die relevanten Änderungen zu selektieren. Dies geht dann in die View zur Selektion aller Aktivitäten der Bestellanforderungspositionen ein.

Listing 3: „Interface“ CDS-View „Z1PURREQUITITEMACTIVITYSC“ zur Selektion von Bestellanforderungspositionen mit dazugehörigen Änderungsbelegpositionen.

```
@AbapCatalog.sqlViewName: 'Z1PURREQACTSC'
```

```

2 @AbapCatalog.compiler.compareFilter: true
3 @AccessControl.authorizationCheck: #NOT_REQUIRED
4 @EndUserText.label: 'Event Log: Positionen fuer Bestellanforderung'
5 @VDM.viewType: #BASIC
6 define view Z_I_PURREQUISITIONITEMACTIVITYSC as select from
7   Z_I_PurchaseRequisitionItem
8   association [1..1] to I_ChangeDocumentItem as _ChangeDocumentItem on
9     $projection.PurchaseRequisition
10    _ChangeDocObject
11    and _ChangeDocumentItem.ChangeDocObjectClass = 'BANF'
12   association [1..1] to I_ChangeDocument as _ChangeDocument on $projection.
13     changedocument = _ChangeDocument.ChangeDocument
14     and _ChangeDocument.ChangeDocObject = PurchaseRequisition
15 {
16   key PurchaseRequisition,
17   key PurchaseRequisitionItem,
18   key PurReqRequestor as Requestor,
19   _ChangeDocumentItem.ChangeDocument,
20   _ChangeDocumentItem.ChangeDocDatabaseTableField,
21   _ChangeDocumentItem.ChangeDocNewFieldValue,
22   _ChangeDocumentItem.ChangeDocPreviousFieldValue as
23     ChangeDocOldFieldValue,
24   /* Associations */
25   _ChangeDocument
26 }

```

Listing 4: „Consumption“ CDS-View „Z.C.PURREQUISITIONITEMACTIVITY“ zur Selektion von Bestellanforderungspositionen.

```

1 @AbapCatalog.sqlViewName: 'ZCPMPURREQITMACT'
2 @AbapCatalog.compiler.compareFilter: true
3 @AccessControl.authorizationCheck: #NOT_REQUIRED
4 @EndUserText.label: 'Event-Log: Positionen fuer Bestellanforderung'
5 @VDM.viewType: #CONSUMPTION
6 define view Z_C_PURREQUISITIONITEMACTIVITY as select from
7   Z_I_PurchaseRequisitionItem
8 {
9   key concat(concat(concat(concat(mandt, '-'), PurchaseRequisition), '-'),
10     PurchaseRequisitionItem) as CaseId,
11   concat(trim(CreationDate, '-'), '000000') as Timestamp,
12   case $session.system_language
13     when 'E' then 'Create Purchase Requisition Item'
14     when 'D' then 'Bestellanforderungsposition angelegt'
15     else 'No activity maintained for this logon language'
16   end as Activity,
17   PurReqRequestor as Requestor
18 }
19 union all
20 select from Z_I_PURREQUISITIONITEMACTIVITY
21 {
22   key concat(concat(concat(concat(mandt, '-'), PurchaseRequisition), '-'),
23     PurchaseRequisitionItem) as CaseId,
24   concat(_ChangeDocument.CreationDate, _ChangeDocument.CreationTime)
25     as Timestamp,
26   _Activity.ActivityDescription as Activity,
27   Requestor
28 } where _Activity.ActivityDescription <> ''
29 union all
30 select from Z_I_PURREQUISITIONITEMACTIVITYSC
31 {
32   key concat(concat(concat(concat(mandt, '-'), PurchaseRequisition), '-'),
33     PurchaseRequisitionItem) as CaseId,
34   concat(CreationDate, CreationTime) as Timestamp,
35   ActivityDescription as Activity,
36   Requestor
37 }

```

Es sind somit pro ausgewählter Position des Einkaufsprozesses eine Reihe von CDS-Views zu erstellen, die eine Hierarchie basierend auf Standard-Views bilden, um die Extraktion abzubilden. Ein Beispiel für ein komplettes Log, welches auch wiederum über eine CDS-View implementiert wurde, zeigt dann Abbildung 14.

Darstellung von Prozessen in S/4 HANA

SAP UI5 Network Graph

Der „SAP UI5 Network Graph“ dient zur Darstellung großer Datenmengen, bei denen die Beziehungen zwischen den einzelnen Datensätzen hervorgehoben werden [13]. Datensätze werden als Knoten angezeigt, und Konnektoren stellen die Beziehungen zwischen ihnen dar. Ein einfaches Beispiel des Network-Graphen mit drei Knoten und zwei Konnektoren zeigt Abbildung 15.

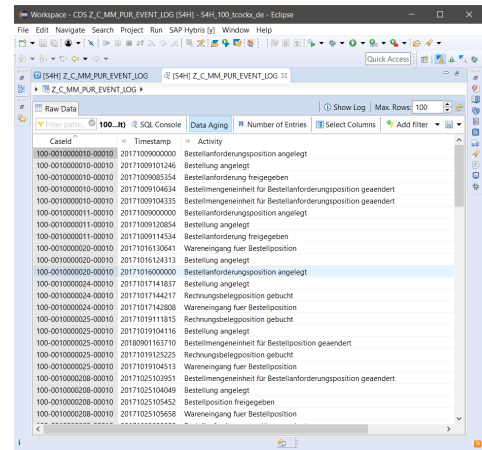


Abbildung 14: Vorschau auf CDS-View zur Abbildung des Event-Logs

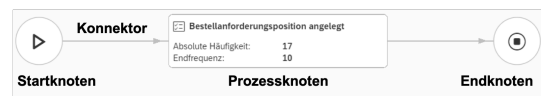


Abbildung 15: Elemente des Network Graphen

Die Knoten und Konnektoren werden innerhalb des „Network Graph“ im sogenannten „Network Graph Content“ Bereich dargestellt. Ergänzt wird dieser Bereich um eine „Network Graph Toolbar“ und eine „Network Graph Map“; diese stellt den gesamten Graphen in einer verkleinerten Navigationsansicht dar (Abbildung 16) - das Konstrukt erlaubt somit eine Navigation über größere Netzwerke. Zur verbesserten Übersicht und Lesbarkeit sind für den „Network Graph“ Start- und Endknoten eingeführt worden. Diese Knoten werden im Backend grundsätzlich erzeugt, so dass für den Anwender immer ersichtlich ist, wo der Prozess begonnen hat und mit welchen Knoten der Prozess beendet wird. Der „Network Graph“ unterstützt im Standard nur die Darstellung von großen Netzwerken, für die anschauliche Darstellung von Netzwerkknoten, welche nicht triviale Datenunterschiede aufzeigen, die bisher übersehen worden wären [13].

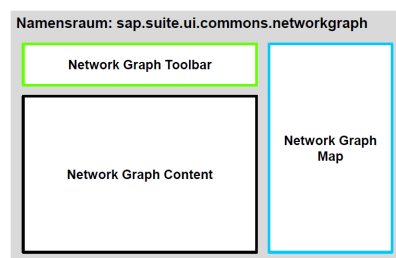


Abbildung 16: Schematischer Aufbau des Network Graphen

Aggregationskonzepte in SAP UI5

In SAP UI5 erben alle Controls von der Oberklasse „sap.ui.core.Control“ (alles aus [14]), diese wiederum erbt von der abstrakten Superklasse „sap.ui.base.Object“. Ausgehend vom „Network Graph“ ist dies auch der Fall, so dass alle Con-

trols im Namensraum „sap.suite.ui.commons.networkgraph“ des „Network Graph“ auf der Klasse „sap.ui.core.Control“ basieren. Controls können andere Controls aggregieren, sofern die Angabe von Aggregationen bei einem Control zulässig sind. Das Control dient dann als Container, dem die Applikation sogenannte untergeordnete Controls hinzufügen kann. In SAP UI5 wird dann von einem „zusammengesetzten Control“ gesprochen, wenn das Control selbst untergeordnete Controls hinzufügt und verfügbare Komponenten wiederverwendet.

Aggregationen eines Controls beschreiben also eine Sammlung in der alles definiert werden kann, was vom übergeordneten Control vorgesehen ist. Zur Laufzeit sind untergeordnete Controls im Besitz des übergeordneten Control und werden zusammen mit dem übergeordneten Control vernichtet. In Abbildung 17 ist ein Auszug der möglichen Aggregationen, die für den „Network Graph“ in Frage kommen zusammengefasst.

Name	Kardinalität	Klasse	Beschreibung
lines	[0..n]	sap.suite.ui.commons.networkgraph.Line	Linien die im Diagramm dargestellt werden sollen.
nodes	[0..n]	sap.suite.ui.commons.networkgraph.Node	Knoten die im Diagramm dargestellt werden sollen.
groups	[0..n]	sap.suite.ui.commons.networkgraph.Group	Enthält eine Liste der im Diagramm verwendeten Gruppen.

Abbildung 17: Aggregationen für den Network-Graphen

Aggregations Bindung ist als Erweiterung des Konzepts zu verstehen. Verwendung findet es, um zum Beispiel basierend auf Backend Daten durch Klonen eines Template Controls oder durch die Verwendung einer Factory-Funktion untergeordnete Controls zu erzeugen. Am Beispiel des „Network Graph“ werden solange Knoten im Diagramm erzeugt, wie vom Backend Daten durchgereicht werden. Die Aggregations Bindung kann entweder direkt im Konstruktor des übergeordneten Controls angegeben werden oder durch den Aufruf der Methode „bindAggregation“ des Control Objekts.

Datenbereitstellung

Das zuvor vorgestellte Konzept der Aggregations Bindung hat zur Folge, dass sich der bereitzustellende SAP Gateway Service aus der Aufrufstruktur des Network Graph ableitet. Um das Prozessmodell darstellen zu können, werden Aggregationen für Prozessknoten und Konnektoren zwischen diesen benötigt. Zur Bereitstellung der Daten verwendet das SAP Gateway das Open Data Protocol (kurz OData). Das SAP Gateway ist integraler Bestandteil des SAP NetWeaver Anwendungsservers und ermöglicht die Anbindung von Geräten, Umgebungen und Plattformen an SAP Systeme [2]. Dadurch kann jede beliebige Programmiersprache oder jedes beliebige Modell verwendet werden, um eine Verbindung zwischen SAP und nicht SAP Anwendungen herzustellen. Das OData Protokoll ermöglicht die Erstellung von HTTP-basierten Datendiensten, die Ressourcen werden mit Hilfe von Uniform Resource Identifiers (kurz URIs) identifiziert und in einem abstrakten Datenmodell definiert. Die Definition des abstrakten Datenmodells dient dann zur Implementierung, um die erforderlichen Daten bereitzustellen. In Abb. 18 ist ein Auszug aus dem im Zuge dieser Arbeit

entwickelten Gateway Service zu sehen. Die Entitätsmenge „GraphNode“ dient im Anschluss als URI, um zum Beispiel die erforderlichen Daten zur Erstellung der Prozessknoten zu erhalten. Die Abbildung 20 zeigt die XML-View zur Erzeugung des Network Graph aus der SAP Web IDE unter Verwendung der Aggregationen „nodes“ und „lines“, Abbildung 19 zeigt ein Standardbeispiel des Network-Graphen ohne die Mining-Prozessspezifischen Elemente.

Implementierung von SAP Gateway Services

Es bestehen mehrere Möglichkeiten der Implementierung von SAP Gateway Services. Zur Eingrenzung werden ausschließlich die beiden Ansätze, die in dieser Arbeit verwendet werden, vorgestellt. Zur Umsetzung der analytischen KPIs und Diagramme werden CDS-Views zur Datenextraktion modelliert, welche auf Basis der zuvor erstellten „Interface Views“ im Rahmen der Datenextraktion entstanden sind. Dies ist dem Grund geschuldet, dass ausschließlich Datensätze in die Betrachtung mit einfließen sollen, die auch zur Erzeugung des Prozessmodells Verwendung finden. CDS-Views, deren einziger Verwendungszweck es ist, auf Daten aus Datenbanktabellen zuzugreifen und diese über „Consumption Views“ für individuelle Konsumenten des VDM bereitzustellen, werden am besten über eine Datenquellenreferenz bereitgestellt. Eine Umsetzung dieser Datenquellenreferenzen erfolgt mit Hilfe der Service Adaptation Definition Language (SADL), welche dann als Infrastruktur für das modellbasierte Lesen und Verarbeiten von Daten dient. Das abgeleitete Datenmodell aus der referenzierten CDS-View dient somit wiederum der Definition des abstrakten Datenmodells des zu konsumierenden SAP Gateway Services und wird zusätzlich zur Festlegung der Namen der einzelnen URIs verwendet. Je spezifischer die Anforderungen an einen SAP Gateway Services sind, umso mehr empfiehlt sich eine eigene Implementierung über die Programmiersprache ABAP. Die im Zuge dieser Arbeit entwickelten globalen ABAP Klassen, in denen der Kontrollflussalgorithmus implementiert ist, werden zur Bereitstellung der Daten im SAP Gateway Service konsumiert. Eine Auslagerung des Algorithmus in globale ABAP Klassen ermöglicht dann auch eine potentiell zukünftige Implementierung fortgeschrittener Algorithmen.

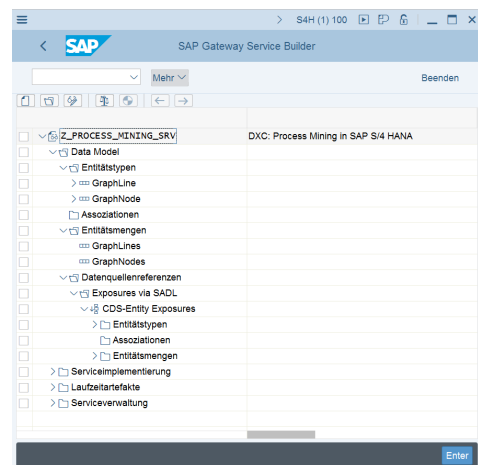


Abbildung 18: Entwickelter SAP Gateway Service im SAP Gateway Service Builder (Transaktion SEGW).

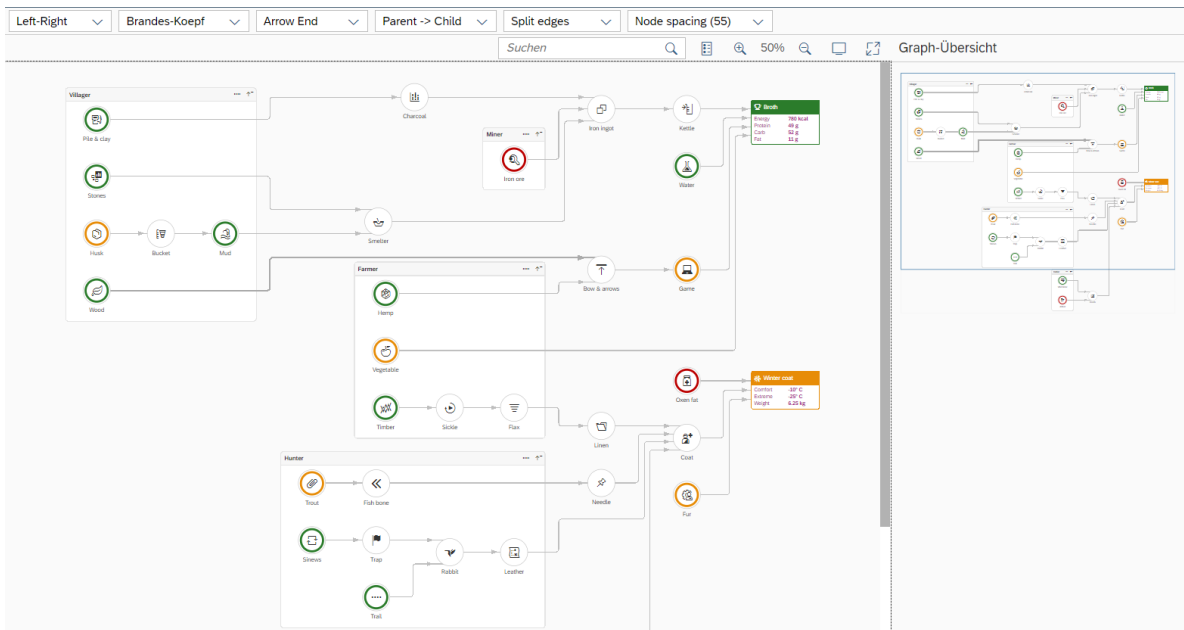


Abbildung 19: Network-Graph aus den SAP UI5 Beispielen.

```

36 </l:flexContent>
37 <m:FlexBox fitContainer="true" renderType="Bare" wrap="Wrap" id="graphWrapper">
38 <m:items>
39 <Graph id="graph" nodes="{/GraphNodes}" lines="{/GraphLines}" enableWheelZoom="false" orientation="{settings}/orientation"/>
40 <layoutData>
41 <m:FlexItemData growFactor="1" shrinkFactor="1" baseSize="0%" minWidth="400px"/>
42 </layoutData>
43 <layoutAlgorithm>
44 <layout:LayeredLayout mergeEdges="{settings}/mergeEdges" nodePlacement="{settings}/nodePlacement" nodeSpacing="{settings}/nodeSpacing"/>
45 </layoutAlgorithm>
46 <nodes>
47 <Node key="{Key}" title="{Title}" icon="{Icon}" group="{group}" shape="{Shape}" status="{status}" width="300px">
48 <attributes>
49 <ElementAttribute label="{i18n}processTaskCount" value="{Count}"/>
50 </attributes>
51 </Node>
52 </nodes>
53 <lines>
54 <Line arrowPosition="End" arrowOrientation="ParentOf" lineType="solid" from="{From}" to="{To}" attachHover="displayoverPopUp">
55 <attributes>
56 <ElementAttribute label="{i18n}processTaskCount" value="{Count}"/>
57 </attributes>
58 </Line>
59 </lines>
60 </Graph>
61 <GraphMap id="map" graph="graph">
62 <layoutData>
63 <m:FlexItemData minWidth="200px" maxWidth="25%"/>
64 </layoutData>
65 </GraphMap>
66 </m:items>
67 </m:FlexBox>
68 </l:flexContent>

```

Abbildung 20: XML-View zur Erzeugung des Prototypen des Network-Graphen

PROTOTYP EINES PROZESS MINING TOOLS

Eine Implementierung der Controls und Füllen mit den Extraktionsdaten sowie einer Berechnung der Kennzahlen führt dann zu dem Prototypen des Mining-Tools, welches hier mit Hilfe einiger Screenshots dokumentiert werden soll. Wie zu erkennen ist, kann rechts zwischen einer reinen Navigation oder auch zwischen einer Navigation, kombiniert mit einer Anzahl von Kennzahlen ausgewählt werden. Die Knoten wurden mit den entsprechenden Icons versehen.

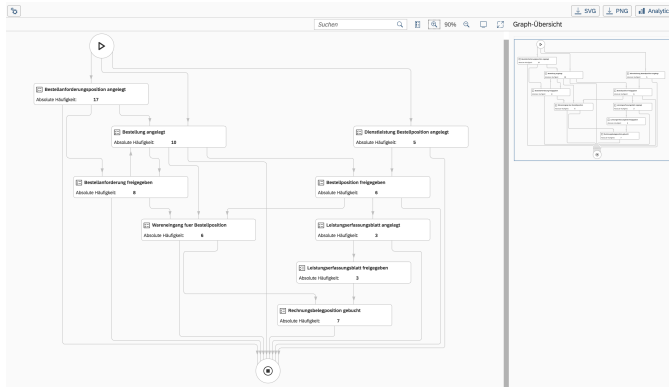


Abbildung 21: Prozessmodell auf Basis des Network Graph

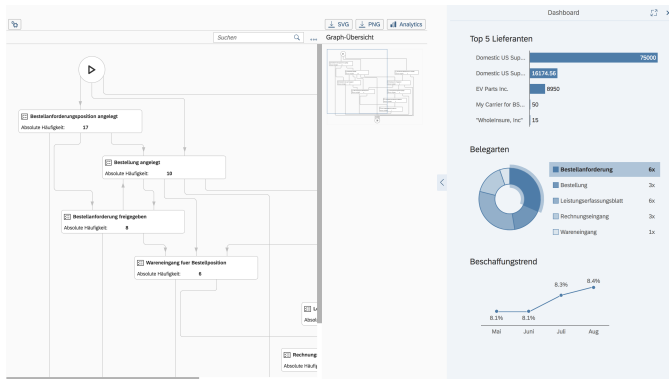


Abbildung 22: Networkgraph angereichert mit Kennzahlen

Das erstellte Prozessmodell ist in der Lage, ein in der Übergangsmatrix dargestellte zuvor extrahierte Event-Log mit Hilfe des „Network Graph“ wiederzugeben und die verschiedenen Traces darzustellen. Fortgeschrittenere Prozess Mining Tools sind oftmals in der Lage, auf Basis von Prozessinstanzen, Aktivitäten und Zeitstempel zusätzliche Informationen zu extrahieren. So ist zum Beispiel die Erweiterung denkbar, den „Network Graph“ dahingehend anzupassen, dass die Dicke der Konnektoren in Abhängigkeit der absoluten Häufigkeit aufgetretener Übergänge bestimmt wird. Auf Basis der Zeitstempel könnte die absolute Gesamtdauer zwischen zwei Prozessknoten bestimmt werden, sinnvollerweise könnte über eine Wiedergabe der Dauer über den Median ebenfalls nachgedacht werden. Zwischen Prozessknoten wird üblicherweise die Anzahl der Übergänge anhand von Kantenbeschriftungen der Konnektoren visuell dargestellt. Der „Network Graph“ bietet diese Möglichkeit nicht im Standard, kann aber die Anzahl dieser Übergänge anhand von

Detailfenstern darstellen. Diese Detailfenster können üblicherweise für jeden Konnektor innerhalb des Prozessmodells aufgerufen werden. So wäre die Folgeimplementierung denkbar, die zuvor beschriebenen Werte der Gesamtdauer zwischen zwei Prozessknoten in diesem Fenster mit aufzunehmen. Dies erfordert eine entsprechende Berücksichtigung bei der Ermittlung des Prozessmodells und eine Anpassung bei der Datenbereitstellung.

RESUME UND AUSBLICK

In dieser Arbeit sollte die technischen Machbarkeit einer Implementierung eines echtzeitbasierten Prozess Mining Tools in S/4 HANA untersucht werden. Es bestanden die Hauptprobleme in der Datenextraktion und Visualisierung des Prozessmodells. Der entwickelte Ansatz zeigt, dass im Zuge der Datenextraktion weitreichende Möglichkeiten bestehen, so stellt die CDS-Datenmodellierung alle notwendigen Funktionen der Erzeugung von Event-Logs bereit. Aufgrund der In-Memory-Technologie von S/4 HANA waren die Daten auch effizient extrahierbar. Es ist jedoch zu bemerken, dass eine Reihe von CDS-Views erstellt werden mussten, um das Event-Log für den Einkaufsprozess zu erhalten. Hier sollte in Zukunft ein generischeres Konzept der Extraktion stehen, um zu vermeiden, dass eine Vielzahl solcher Views anzulegen ist. Der in dieser Arbeit verwendete Algorithmus zur Erzeugung des Prozessmodells, basiert auf Grundideen der Literatur (speziell [9]) und könnte zukünftig durch fortschrittlichere Prozessmining-Funktionen ersetzt werden. Es konnte gezeigt werden, dass sich ein bestehendes Control des SAP UI5 Frameworks in ein informelles Prozessmodell überführen lässt und auf Basis der CDS Views analytische Diagramme und KPIs erstellt werden können. Der in dieser Arbeit betrachtete Geschäftsprozess konnte im Sinne der Typen von Prozess Mining entdeckt werden und das in Echtzeit zur Beantwortung von wiederkehrenden Routinefragen. Es gilt jedoch zu prüfen, wie sich die Antwortzeiten verhalten, sobald 10.000 oder gar 1 Million Datensätze im System entdeckt werden sollen; dies konnte hier nicht geprüft werden, es ist jedoch zu bemerken, dass mit dem jetzigen Datenbestand eine Echtzeitverarbeitung möglich war und dass die Daten alle direkt von der In-Memory Datenbank extrahiert werden, was vermuten lässt, dass die Laufzeit bei der Extraktion auch größerer Datensätze noch in Echtzeit erfolgen kann - dies ist jedoch zu validieren.

LITERATUR

- [1] Wil van der Alst. *Process Mining Data Science in Action, Second Edition*. Springer Verlag, 2016.
- [2] SAP. Sap gateway foundation developer guide. <https://help.sap.com/de/7.5.12/en-US/SAPGWDeveloperGuide.htm>. Zuletzt eingesehen am 12.10.2018.
- [3] Hubert Oesterle. *Business Engineering. Prozeß- und Systementwicklung*. Springer-Verlag, 1995.
- [4] Eindhoven University of Technology. Process Mining Group, Math & CS department. http://www.processmining.org/event_logs_and_models_used_in_book, 2016. Zuletzt eingesehen am 12.10.2018.
- [5] SAP. ABAP Programming Model for SAP Fiori. <https://help.sap.com/viewer/-cc0c305d2fab47bd808adca3ca7ee9d/7.51.2/en->

- US/3b77569ca8ee4226bdab4fcebd6f6ea6.html. Zuletzt eingesehen am 12.10.2018.
- [6] Abani Pattanayak. Sap s4hana embedded analytics: An overview. https://file.scrip.org/pdf/JCC_2017063016573251.pdf, 2017. Zuletzt eingesehen am 12.10.2018.
- [7] Colle and Dentzer et al. *Core Data Services für ABAP*. Rheinwerk Verlag, 2018.
- [8] SAP. Expose cds view as an odata service. <https://help.sap.com/viewer/-cc0c305d2fab47bd808adcad3ca7ee9d/7.5.9/en-US/79cb3bf4eafd4af9b39bc6842e5be8bd.html>, 2018. Zuletzt eingesehen am 12.10.2018.
- [9] Diogo R. Ferreira. *A Primer on Process Mining: Practical Skills with Python and Graphviz*. SpringerBriefs in Information Systems. Springer, 2017.
- [10] SAP. Sap process observer. https://help.sap.com/erp2005_ehp_06/help-data/en/33/14dd25b1964c6b8b44cf5b9d757b81/frameset.htm. Zuletzt eingesehen am 12.10.2018.
- [11] SAP. Sap best practices explorer - requisitioning. https://rapid.sap.com/bp/#/browse/categories/sap_s4hana/areas/on-premise/packageversions/BP_OP_ENTPR/S4HANA/1709-DE/4/EN/scopeitems/18J, 2017. Zuletzt eingesehen am 12.10.2018.
- [12] SAP. Sap best practices explorer - procurement of services. https://rapid.sap.com/bp/#/browse/categories/sap_s4hana/areas/on-premise/packageversions/BP_OP_ENTPR/S4HANA/1709-DE/4/EN/scopeitems/22Z, 2017. Zuletzt eingesehen am 12.10.2018.
- [13] SAP. Sap fiori design guidelines network graph. <https://experience.sap.com/fiori-design-web/network-graph/>. Zuletzt eingesehen am 12.10.2018.
- [14] SAP. Open ui5 hana on demand. <https://openui5.hana.ondemand.com/>. Zuletzt eingesehen am 12.10.2018.