

Duale Hochschule Baden-Württemberg
Mannheim

Bachelorthesis

**Integration einer Container-Umgebung in einen automatisierten
„Deployment“-Prozess und die Untersuchung ihrer Effekte auf diesen**

Studiengang Wirtschaftsinformatik

Studienrichtung Software Engineering

Sperrvermerk

Verfasser/in:	Yves Torsten Staudenmaier
Matrikelnummer:	7146590
Firma:	SV Informatik GmbH
Abteilung:	IE2 – Deployment
Kurs:	WWI17SEC
Studiengangsleiter:	Prof. Dr.-Ing. habil. Dennis Pfisterer
Wissenschaftlicher Betreuer:	Marius Ebel info@mariusebel.net +49 176 / 473 45452
Firmenbetreuer:	Thomas Teske thomas.teske@sv-informatik.de +49 621 / 454 44096
Lektorat:	Rita Galli
Bearbeitungszeitraum:	17.02.—08.05.2020

Sperrvermerk

Der Inhalt dieser Arbeit darf weder als Ganzes noch in Auszügen Personen außerhalb des Prüfungsprozesses und des Evaluationsverfahrens zugänglich gemacht werden, sofern keine anders lautende Genehmigung der Ausbildungsstätte vorliegt. Die Bachelorarbeit enthält unternehmensinterne Architektur- und Prozessmodellierung und deren Dokumentation. Es ist zum Zeitpunkt der Anmeldung nicht sicher, ob interne Schnittstellen in der Anwendungslandschaft offengelegt werden.

Mannheim, 05.05.2020

Nadja Haumbach, Ausbildungsverantwortliche

Lesehinweise

Die folgenden Hinweise sollen das Lesen dieser Projektarbeit erleichtern und spezielle Formatierung definieren:

- Im Sinne der Gleichberechtigung wird in dieser Arbeit entweder die weibliche Form oder die grammatikalisch korrekte Form „*die/der Entwickler/-in*“ verwendet werden. Die Kurzform (hier die weibliche Form) umschließt alle Geschlechter.
- Abbildungen, die mit dem Vermerk *unternehmensintern* gekennzeichnet sind, unterliegen folgendem rechtlichen Hinweis: „Alle Rechte, einschließlich derervielfältigung, Veröffentlichung, Bearbeitung und Übersetzung bleiben der SV Informatik GmbH vorbehalten.“
- Produkt- oder Eigennamen werden in KAPITÄLCHEN gesetzt, wie beispielsweise NODE.JS.
- Hochgestellte Ziffern weisen auf Fußnoten am Seitenende hin.
- Die Zitation von Software-Dokumentationen gestaltet sich ohne Angabe der Seitenzahl im Original als schwierig. Folgend wird der Stil zur Zitation solcher Dokumente beschrieben: „vgl. Red Hat, Inc. 2019, Application → Deployments“, dabei wird anstatt der Seitenzahl die Kapitel-Hierarchie mittels rechtsgerichtetem Pfeil („→“) illustriert. So kann die interessierte Leserin anhand der Kapitel in der jeweiligen Dokumentation zur Quelle blättern.
- Quellcode, der innerhalb des Fließtextes steht, wird folgendermaßen formatiert:
`System.out.println("Hello World!")`

Kurzfassung

Titel Integration einer Container-Umgebung in einen automatisierten
 „Deployment“-Prozess und die Untersuchung ihrer Effekte auf
 diesen
Verfasser/in: Yves Torsten Staudenmaier
Kurs: WWI17SEC
Ausbildungsstätte: SV Informatik GmbH

Inhaltsverzeichnis

Abstract	III
Abbildungsverzeichnis	VI
Tabellenverzeichnis	VII
Quelltextverzeichnis	VIII
Algorithmenverzeichnis	IX
Abkürzungsverzeichnis	X
1 Einleitung	1
2 Methodologie: Beschreibung des Vorgehens	5
3 Wie können Container-Anwendungen den Prozess des automatisierten „Deployments“ unterstützen?	7
3.1 Grundlagen: Definieren der Begrifflichkeiten zur Forschungsfrage eins .	7
3.1.1 Methodik der Anforderungsanalyse	7
3.1.2 Cloud-Computing (Cloud-C)	10
3.1.3 Container(-isierung) und Orchestrierung	13
3.2 Anforderungsanalyse des zu implementierenden Prozess	16
3.3 Konzeption eines container-basierten, automatisierten „Deployments“ .	20
3.3.1 Aufbau und „Deployment“ eines OPENSIFT-Labors	20
3.3.2 Modellierung einer „Deployment“-Konfigurationsdatei	22
3.3.3 Prozessmodellierung anhand der Anwendung CAMUNDA	30
3.4 Ergebnis der Forschungsfrage eins	34
4 Welche wirtschaftlichen Vorteile hat der Einsatz von Container auf den Prozess des automatisierten „Deployments“?	36
4.1 Grundlagen: Definieren der Begrifflichkeiten zur Forschungsfrage zwei .	36
4.2 „Business Case“: „Deployment“ einer Container-Anwendung	41
4.3 Ergebnis der Forschungsfrage zwei	41
5 Welche besonderen sicherheitstechnischen Aspekte muss ein solcher Prozess im Bereich der Versicherung erfüllen?	42
5.1 Grundlagen: Sicherheitstechnische Anforderungen	42
5.2 Prozessbeschreibung: Beschaffung von „open source“-Software	47

5.3	Konzept zur Implementierung der Sicherheitsanforderungen	49
5.4	Ergebnis der Forschungsfrage drei	49
6	Epilog	50
	Literaturverzeichnis	XI
	Anhang	XVIII
A	Ergänzungen zur Forschungsfrage eins	XVIII
A.1	Anforderungsdokument	XVIII
A.2	Statistiken zum Themengebiet Cloud-C	XXII
A.3	Ergänzungen zum Kapitel Container(-isierung) und Orchestrierung . .	XXIV
A.4	Anforderungskatalog der Forschungsfrage eins	XXVI
A.5	Quellcode zum Testen der Webseiten-Verfügbarkeit	XXVII
A.6	Entwurf einer Konfigurationsdatei durch die Entwicklerinnen	XXVIII
A.7	Grundgerüst der Konfigurationsdatei	XXX
B	Ergänzungen zur Forschungsfrage zwei	XXXII
B.1	Entscheidung über die Notwendigkeit eines „Business Case“	XXXII
B.2	Vor-/Nachteile der internen beziehungsweise externen Erstellung eines „Business Case“	XXXIV
C	Ergänzungen zur Forschungsfrage drei	XXXV
C.1	„Plan-Do-Check-Act“-Regelkreis	XXXV
C.2	Checkliste zur Vorbereitung der Informationssicherheitsmanagementsystem (ISMS)-Einführung	XXXVI
C.3	Schichtenmodell des IT-Grundschutzes	XXXVII
	Ehrenwörtliche Erklärung	XXXIX

Abbildungsverzeichnis

Abbildung 1.1	Dilbert Comic zu KUBERNETES	1
Abbildung 3.1	Entwicklungsprozess der Anforderungen	8
Abbildung 3.2	Architektur der Virtualisierungsmodelle: VM vs. Container . . .	14
Abbildung 3.3	(adaptiertes) Sequenzdiagramm zur Verteilung der Anwendung CAMUNDA	32
Abbildung 5.1	(adaptiertes) Sequenzdiagramm zur Beschaffung von „open source“- Software	48
Abbildung A.1	Volere Snow Card	XIX
Abbildung A.2	Ebenen der „Cloud“-Anforderungsanalyse	XXI
Abbildung A.3	Marktanteile der führenden Unternehmen am Umsatz im Be- reich Cloud Computing weltweit von Juli 2018 bis Juni 2019 . .	XXII
Abbildung A.4	Umsatz mit Cloud-Computing weltweit von 2009 bis 2018 und Prognose bis 2022	XXIII
Abbildung A.5	Architektur des Container-„Images“	XXIV
Abbildung A.6	Überblick über eine KUBERNETES-Architektur	XXV
Abbildung A.7	Architektur der „KUBERNETES (K8s)“-Interaktion	XXV
Abbildung B.1	Notwendigkeit eines „Business Case“	XXXII
Abbildung B.2	Chronologische Abfolge der Entwicklungsphase eines „Business Case“	XXXIV
Abbildung C.1	Der „Plan-Do-Check-Act“-Regelkreis	XXXV
Abbildung C.2	Das Schichtenmodell des IT-Grundschutzes	XXXVII

Tabellenverzeichnis

Tabelle 3.1	Definition der „K8s“-Begrifflichkeiten	17
Tabelle 3.2	Überblick über die verwendeten Methoden in Abbildung 3.3 auf Seite 32	33
Tabelle A.1	Anforderungskatalog zum implementierenden Prozess	XXVI
Tabelle B.1	Überblick über die Vor-/Nachteile der externen Erstellung eines „Business Case“	XXXIII
Tabelle B.2	Überblick über die Vor-/Nachteile der internen Erstellung eines „Business Case“	XXXIII
Tabelle C.1	Checkliste zur Vorbereitung der ISMS-Einführung	XXXVI

Quelltextverzeichnis

3.1	Installation des OPENSIFT-Clusters	21
3.2	Test-„Deployment“ ins OPENSIFT-Cluster	22
3.3	Beispiel einer „DeploymentConfig“-Datei	24
3.4	Beispiel einer „Deployment“-Datei	25
3.5	Ausschnitt aus Quellcode A.2: Deklaration der Umgebungsvaribalen	26
3.6	Umgebungsvariablen als Schlüssel-Wert (K-V)-Datei	27
3.7	Backus-Naur-Form (BNF) der Übergabedatei	28
A.1	Funktion zum Testen, ob eine Webseite verfügbar ist	XXVII
A.2	Entwurf einer „Deployment“-Datei für CAMUNDA	XXVIII
A.3	Grundgerüst der Konfigurationsdatei	XXX
A.4	Beispielumsetzung der BNF der Übergabedatei	XXXI

Algorithmenverzeichnis

1 Generierung der Konfigurationsdatei aus einer K-V-Datei	30
---	----

Abkürzungsverzeichnis

AWL	Anwendungslandschaft
APT	„Advanced Packaging Tool“
AWS	Amazon Web Services
BaFin	Bundesanstalt für Finanzdienstleistungsaufsicht
BPMN	Business Process Model and Notation
BSI	Bundesamt(es) für Sicherheit in der Informationstechnik
BWL	Betriebswirtschaftslehre
CAB	„Change Advisory Board“
Cloud-C	Cloud-Computing
EPK	Ereignisgesteuerte Prozesskette(n)
i.d.R.	in der Regel
IaaS	Infrastructure-as-a-Service
IE	IE – Entwicklungs- und Betriebsunterstützung
IE2	IE2 – Deployment
ISMS	Informationssicherheitsmanagementsystem
ITIL	Information Technology Infrastructure Library
IU11	IT-Einkauf/-Recht
K8s	KUBERNETES
LXC	Linux Container
NGOs	Nichtregierungsorganisation
NIST	United States National Institute of Standards and Technology
OS	Betriebssystem
OSI	„Open Systems Interconnection“
PaaS	Platform-as-a-Service
SaaS	Software-as-a-Service
SOA	service-orientierte Architektur
SV	SV SparkassenVersicherung
SVI	SV Informatik GmbH
SVS	SV Sachsen
TTM	Time to Market
VM	virtuelle Maschine
CLI	„Command-line Interface“
UML	„Unified Modeling Language“
PROD	Produktions-Umgebung
API	„application programming interface“
SPOT	„single point of truth“
PoC	„Proof of Concept“

URL	„Uniform Resource Locator“
K-V	Schlüssel-Wert
BNF	Backus-Naur-Form

1 Einleitung

Motivation der Arbeit irgendwas Originelles...

Solved all your problems. You're welcome.



Abbildung 1.1: Dilbert Comic zu KUBERNETES

Quelle: *Dilbert on Kubernetes* 2017

Redaktionelle Anmerkung: Abbildung nur als komprimiertes Format verfügbar (Qualitätseinbuße)

Problemstellung/-abgrenzung

Zielstellung der Arbeit Folgende *SMART*¹-formulierte Ziele sollen diese Bachelorthesis leiten, messbar machen und später als Anhaltspunkt zur Evaluierung des Erfolgs dienen:

1. Entwicklung eines Verteilungsprozess für einfache Container-Anwendungen bis zum 27. April 2020. Einfach bedeutet hier, dass die Container-Struktur aus einer „Base Image“²-Schicht und einer Logik-Schnitt (Eigenentwicklung) besteht.
2. Der Prozess muss zu 98 % ohne Einwirkung von Menschen während des Verteilungsvorgangs funktionieren, d. h. er ist (annähernd) voll automatisiert. Dies muss bis zum Ende des Bearbeitungszeitraum der Arbeit (8. Mai 2020) umgesetzt werden.
3. Die Generierung einer Konfigurationsdatei soll in 9 von 10 Verteilungen automatisch mit einem Skript durchgeführt werden. Umzusetzen ist dies bis zum 08. Mai 2020.

¹„SMART-Regel sind Formulierungshilfen, die eine einfache Methode zum Operationalisieren von Zielen und auch zur Überprüfung der Güte von Zielen darstellen.“ Quelle: Dechange 2020, S.69

²siehe dazu Kapitel 3.1.3 auf Seite 13

4. Die Vorteile einer Container-Anwendung für die Verteilung dieser sollen erforscht werden. Akzeptiert ist dieses Ziel, sobald eine Auflistung und eine kritische Betrachtung der Ergebnisse beschrieben wurde. Umzusetzen bis zum Ende des Bearbeitungszeitraums. (Dieses Ziel ist nicht komplett *SMART*-konform, da die zumindest die Messbarkeit ohne genannte Messgröße nicht nachvollziehbar ist.)
5. Die wirtschaftliche Betrachtung muss sich anhand des Standes von Wissenschaft und Technik orientieren. Dazu werden gängige Regeln von Herman und Siegelauß 2009, Brugger 2009 u. Ä. benutzt. Diese Betrachtung muss bis zum Ende des Bearbeitungszeitraums durchgeführt werden. Die Messbarkeit wird durch die Einhaltung der oben genannten Regeln beschrieben.
6. Die sicherheits-/rechtlich-relevanten Aspekte dieses Projektes sollen anhand der, für die Finanzdienstleistungs-/Versicherungsbranche, geltenden Vorschriften beleuchtet werden. Der Umfang dieser Beleuchtung beschränkt sich auf das Nötigste, d.h. es müssen nur die wichtigsten Regeln beschrieben werden. Dies ist bis zum Ende des Bearbeitungszeitraumes umzusetzen. Die Messbarkeit ist durch die sicherheits-/rechtlich-relevanten Vorschriften bestimmt.

Forschungsfragen/-design Die Forschungsfragen mit der sich diese Bachelorarbeit beschäftigen wird, sind eine direkte Konsequenz aus der Zielstellung und aus den unternehmensinternen Anforderungen an einen möglichen automatisierten Prozess. Dabei liegt der Fokus auf der Betrachtung beider Teildisziplinen der Wirtschaftsinformatik, nämlich der Informatik und der Wirtschaft – jedoch wird der größere Teil dieser Arbeit einen informationstechnischen Fokus besitzen. Die folgende Aufzählung nennt die einzelnen Forschungsfragen, die im weiteren Verlauf ein gemeinsames Ergebnis erbringen werden. Dieses ist in Kapitel 6 auf Seite 50 zu finden.

1. Wie können Container-Anwendungen den Prozess des automatisierten „Deployments“³ unterstützen?
2. Welche wirtschaftlichen Vorteile hat der Einsatz von Container auf den Prozess des automatisierten „Deployments“?
3. Welche besonderen sicherheitstechnischen Aspekte muss ein solcher Prozess im Bereich der Versicherung erfüllen?

³ „Software deployment may be considered to be a process consisting of a number of inter-related activities including the release of software at the end of the development cycle; the configuration of the software, the installation of software into the execution environment, and the activation of the software. It also includes post installation activities including the monitoring, deactivation, updating, reconfiguration, adaptation, redeploying and undeploying of the software.“ (Dearle 2007)

Die Forschungsfrage eins wird einen Ist-Zustand analysieren. Dieser enthält eine Prozessanalyse, eine identifizierte Technologie-Wertkette⁴ sowie einen Anforderungskatalog der Entwicklungsabteilungen an den zu konzeptionierenden „Deployment“-Prozess für die Container-Anwendungen. Danach wird ein Konzept eines container-basierten, automatisierten „Deployment“-Prozesses erstellt, dabei wird die Methodologie und das eigentliche Konzept erläutert. Die Forschungsfrage eins schließt mit einem Teilergebnis ab.

Die Forschungsfrage zwei beschäftigt sich mit den wirtschaftlichen Vorteilen eines Einsatzes der Container auf den Prozess des automatisierten „Deployment“-Prozesses. Dabei werden die Erstellung eines „Business Case“⁵, die Prüfung der Übereinstimmung der Ziele dieser Arbeit mit der Geschäftsstrategie der SV Informatik GmbH (SVI) und mögliche Disharmonien dieser identifiziert. Außerdem entsteht eine Konzeption eines verbesserten Geschäftsszenarios, das die Kosteneinsparpotentiale und die Zielharmonisierung enthalten wird. Ein Ausblick schließt die Forschungsfrage zwei ab.

Die Forschungsfrage drei identifiziert sicherheitsrelevante Anforderungen, die nicht nur die funktionalen/nicht-funktionalen Anforderungen einer Anwendung betreffen, sondern auch die komplette Anwendungslandschaft (AWL). Dabei beeinflusst die Bundesanstalt für Finanzdienstleistungsaufsicht (BaFin) und auch verschiedene DIN/ISO-Normen diese Anforderungen. Außerdem soll analysiert werden, wie bei der Beschaffung von „open source“- bzw. „closed source“-Anwendungen mögliche Schwachstellen identifiziert werden, die potenzielle Angriffsvektoren in der AWL eröffnen würden, und wie mit diesen verfahren wird. Dabei soll versucht werden Rückschlüsse auf die Anwendung OPENSIFT⁶ von RED HAT⁷ zu ziehen. Auch hier wird ein Teilergebnis diese Forschungsfrage abschließen

Einordnung der Abteilung in den Geschäftsprozess Die Abteilung IE2 – Deployment (IE2), die sich im Bereich der Organisationseinheit IE – Entwicklungs- und Betriebsunterstützung (IE) befindet, befasst sich in erster Linie mit dem Transport („Deployment“) von Software-Artefakten der einzelnen Software-Produkte der SVI. Diese werden für die SV SparkassenVersicherung (SV) entwickelt, betrieben und gewartet. Zu den zentralen Aufgaben der Abteilung gehören die Planung, Durchführung

⁴Definition: <Defintion/>

⁵engl. Geschäftsszenario

⁶„OPENSIFT is an open source container application platform by Red Hat based on the Kubernetes container orchestrator for enterprise app development and deployment.“ Quelle: Red Hat, Inc. 2020b

⁷„Red Hat ist der weltweit führender Anbieter von Open Source-Lösungen, die auf verlässlichen und leistungsstarken Technologien in den Bereichen Cloud, Virtualisierung, Storage, Linux, Mobile und Middleware basieren. Darüber hinaus bieten wir Support-, Trainings- und Consulting-Services an, die mehrfach prämiert wurden.“ Quelle: Red Hat, Inc. 2020c

und Überwachung der „Build/Deployment“-Prozesse auf den verschiedenen Serverumgebungen. Des Weiteren stellt IE2 die Einspielung von datenbank-relevanten Objekten sicher. Auch entwickelt sie die Bau- und Transportprozesse kontinuierlich weiter und passt diese an die sich ständig veränderten Anforderung der Entwicklungsabteilungen an. Von zentraler Bedeutung sind die Planung und Durchführung der Veröffentlichungen der neuen Versionen einer zu betreuenden Anwendung. Zu dieser Aufgabe gehören auch Aufbau und Bereitstellung der Systemtest-, Releasetest- und Produktionsumgebungen. Eine weitere zentrale Aufgabe, die nach der Organisationsumstrukturierung am 01.01.2020 in der Abteilung IE2 angesiedelt wurde, ist das Umgebungsmanagement. Die Aufgaben dieses Teilbereichs befasst sich mit folgenden Inhalten: Planung von Aktivitäten in der Produktionsumgebung, Planung und Koordination der Infrastruktur und Notfall-„Fix“ der Produktion, der allgemeinen „Patch“-Planung; Beratung zur Erweiterung, Koordination und Planung von verschiedenen Testumgebungen. Außerdem ist das Umgebungsmanagement Teil des „Change Advisory Board“ (CAB), das ein Gremium nach der Sammlung Information Technology Infrastructure Library (ITIL) darstellt. Dieses ist für die Freigabe von „Changes“ verantwortlich und hat ständige, wie auch der Situation angepasste, Mitglieder.

Aufbau der Arbeit In Kapitel 3 auf Seite 7

In Kapitel 4 auf Seite 36

In Kapitel 5 auf Seite 42

In Kapitel 6 auf Seite 50

2 Methodologie: Beschreibung des Vorgehens

Forschungsfrage eins Die Anforderungsanalyse, die in dieser Forschungsfrage benutzt wurde, verwendet das Vorgehen von Hull, Jackson und Dick 2011 und Partsch 2010. Vor allem in Hull, Jackson und Dick 2011 wurde die methodische Vorgehensweise stark fokussiert, um eine hohe Qualität und Aussagekraft der Analyse zu gewährleisten. Deswegen nutzte diese Arbeit die dort illustrierte Methodik, da, erstens, es ein de-facto-Standard darstellt⁸ und, zweitens, das Vorgehen passend für die Problemstellung dieser Arbeit erschien. Die „stakeholder“ wurden anhand des vorhandenen „Deployment“-Prozesses abgeleitet, d. h. es war beim aktuellen Prozess Projektbeteiligte in Form von Rollen definiert. Diese wurden für jede Ausprägung des Prozess mit bestimmten „stakeholder“ gefüllt. Dadurch war der relevante Personenkreis aus den aktuellen Prozessen auf den zu implementierenden übertragen. Das „statement of needs“ war durch den Fachbereich „Entwicklung“ konkretisiert. Des Weiteren sollte ein Fragebogen die Wünsche der beteiligten Fachbereiche („stakeholder“) aufnehmen, um daraus die präzisen Anforderungen abzuleiten. Dabei ward absichtlich eine offene Fragestellung an den Entwicklungs-Fachbereich (namentlich: „SQUAD1“) gesendet, da es keine Beeinflussung durch die Fragestellung geben sollte. Ziel war es, die wirklichen Wünsche des Fachbereichs herauszufinden. Aus den Wünschen wurden nach dem Muster von vgl. Hull, Jackson und Dick 2011, S. 28 (siehe dazu auch Kapitel 3.1.1 auf Seite 7) spezifische funktionale und nicht-funktionale Anforderungen formuliert. Als Formulierungshilfe, um die Verständlichkeit und die Messbarkeit zu wahren, dienten die Regeln nach Rupp 2020.

Die Modellierung einer „OPENS SHIFT“-Labor-Umgebung diente dem Zweck der Anwendungsevaluierung, so wurde die Funktionsweise dieses System unter eingeschränkten Bedingungen getestet. Einschränkend wirkten die Limitierung auf eine „worker node“, die beschränkte Leistung der virtuellen Maschine, die Version von OPENS SHIFT und die Entkopplung von der internen AWL. Hier wurde die „open source“-Variante genutzt, da das Unternehmen die „Entreprise“-Edition zum Zeitpunkt der Evaluation nicht-lauffähig präsentierte. Dieser Faktor verhinderte den Abschlusstest des modellierten Prozesses. Jedoch konnte durch die Labor-Umgebung die allgemeine Funktionsweise des Clusters getestet werden. Ziel dieser Umgebung war es, Tests zu ermöglichen und das Zusammenspiel der einzelnen Komponenten zu überprüfen. Aus diesem Grund wurde die Methodik der Labor-Umgebung gewählt, da sie einige Vorteile für diese Arbeit bot: Es konnte die Funktionsweise der Anwendungen getes-

⁸Die Monographie wurde 1200 mal laut GOOGLE SCHOLAR – Google LLC 2020a – zitiert.

tet werden, die Konfigurationsdateien für das Deployment wurden unter realistischen Bedingungen erforscht und die Interaktion mit anderer Hilfssoftware ist evaluiert worden. Die Erkenntnisse wurden, soweit möglich, auf die AWL übertragen. Problematisch war es, dass die kompletten Abhängigkeiten der einzelnen „AWL“-Bestandteile in der Labor-Umgebung nicht vollständig modelliert wurden.

Die Mustererkennung beziehungsweise Analyse der Konfigurationsdatei, die die Entwicklungsabteilung bei der Arbeitstagung zum „Proof of Concept“ (PoC) OPENSIFT vorstellte, wurde zur Analyse als zentraler Bestandteil herangezogen. Dabei wurde der Vergleich als Methodik benutzt, um die Unterschiede und deren Vorteile hervorzuheben. Das Vorgehen orientiert sich am Anwendungshersteller, der sich für einen Vergleich zwischen der angebotenen und der benötigten Funktionalität zur Findung der Lösung aussprach.⁹ Ziel der Analyse war es, die benötigten Funktionen herauszufinden und damit die Begründung für die Ausprägung der Konfigurationsdatei zu liefern. Abschließend wurde eine Vorlage entwickelt, die alle Anforderungen der einzelnen Beteiligten abdeckte. Der Algorithmus zur Generierung dieser, war in Pseudocode zur besseren Lesbarkeit dokumentiert. Diese Dokumentation ist der Nachvollziehbarkeit und dem Verständnis der Leserin geschuldet.

Die Prozessmodellierung des Container-„Deployments“ nutze die Erkenntnisse aus der Anforderungsanalyse und der Labor-Umgebung, um einen möglichst stark an die Anforderungen angepassten Prozess zu erzeugen. Hierbei wurde das Sequenzdiagramm¹⁰ der „Unified Modeling Language“ (UML) in einer adaptierten Form zur Visualisierung des Prozesses genutzt. Folgende Anpassungen wurden vorgenommen: die „Lifeline“ einer Instanz der Klasse stellte einen Prozessbeteiligten jeglicher Art dar. Sonst blieben die Semantik aller anderen Bestandteile unverändert. Das Sequenzdiagramm wurde gewählt, da es für die Beschreibung des Nachrichtenaustausches von verschiedenen Objekten benutzt wird. Dies war genau das darzustellende Ziel der Prozessmodellierung. Durch dieses Vorgehen wurde die Prozessmodellierung anwendungsunabhängig erstellt, um so dem Gedanken der Container¹¹ gerecht zu werden.

Forschungsfrage zwei

⁹vgl. Red Hat, Inc. 2019, Application → Deployments.

¹⁰Eine Art des Interaktionsdiagramms mit Fokus auf den Nachrichtenaustausch; spezifiziert in Object Management Group (OMG) 2017, S. 595-599.

¹¹Hiermit ist das Desinteresse der „Deployment“-Abteilung an dem Inhalt des Containers gemeint, d. h. es sollte dem „Deploy-Prozess“ egal sein, was der Container enthält.

3 Wie können Container-Anwendungen den Prozess des automatisierten „Deployments“ unterstützen?

Dieses Kapitel beschreibt die Entwicklung eines Verteilungsprozesses der Container-Anwendungen mit der, für die Abteilung IE2 zentralen, Software ARA. Zuerst werden Grundlagen der Anforderungsanalyse, der „Cloud“-Technologie und der Containerisierung gelegt. Danach folgt die Dokumentation der Entwicklung des automatisierten Prozesses, sowie Definition einer Übergabe- und Konfigurationsdatei. Ziel dieses Kapitels ist es, die Forschungsfrage eins zu beleuchten und ein fundiertes Ergebnis zu erzeugen.

3.1 Grundlagen: Definieren der Begrifflichkeiten zur Forschungsfrage eins

Dieses Teilkapitel soll grundlegende Begrifflichkeiten, die im weiteren Verlauf dieser Arbeit verwendet werden, definieren, um so eine einheitliche Terminologie der Begriffe zu entwickeln. Dadurch wird ein gemeinsames Verständnis erzeugt.

3.1.1 Methodik der Anforderungsanalyse

Die Anforderungsanalyse leitet sich aus dem thematischen Komplex des „Requirements-Engineering“ ab, die verschiedene Bedeutungsvarianten besitzt – dabei „[...] steht [es] einmal für alle konkreten Aktivitäten am Beginn einer Systementwicklung, die auf eine Präzisierung der Problemstellung abzielen. Ebenso steht es aber auch für eine ganze Teildisziplin im Grenzbereich zwischen Systems-Engineering, Informatik und Anwendungswissenschaften.“¹² Diese Analyse soll, laut der herrschenden Meinung der Wissenschaft, am Anfang jeder Systementwicklung stehen, um so bestimmte Vorgehensweise anzuwenden. Dabei entstehen, wenn der später weiter definierte Prozess verfolgt wird, viele systematisch verbundene Dokumente, die Anforderungen enthalten.

¹²Partsch 2010, S. 19.

So ist jede Anforderung wieder ein Cluster von kleineren Anforderungen, die miteinander verbunden sind. Diese werden durch den IEEE-Standard 1220 definiert als „a statement that identifies a product or process operational, functional, or design characteristic or constraint, which is unambiguous, testable or measurable, and necessary for product or process acceptability (by consumers or internal quality assurance guidelines).“¹³ Dieser Standard legt mit höchster Priorität den Fokus auf die Formulierung einer Anforderung als elementar wichtig für das Produkt bzw. für das Erreichen der Akzeptanz des Produktes. Ziel der Analyse ist es, funktionale und nicht-funktionale Anforderungen zu identifizieren und diese testbar zu dokumentieren. Funktionale Anforderungen definieren genau, was ein System später erfüllen muss, sie ergeben sich aus der Fragestellung „Was tut das System?/Was soll es aufgrund der Aufgabenstellung können?“¹⁴ Nicht-funktionale Anforderungen konkretisieren die Qualitätsansprüche an das System, die Forderung an das zu implementierende System als Ganzes, sowie Randbedingungen, die aus Projekt-/Prozess-/Unternehmensbedingungen resultieren können.¹⁵

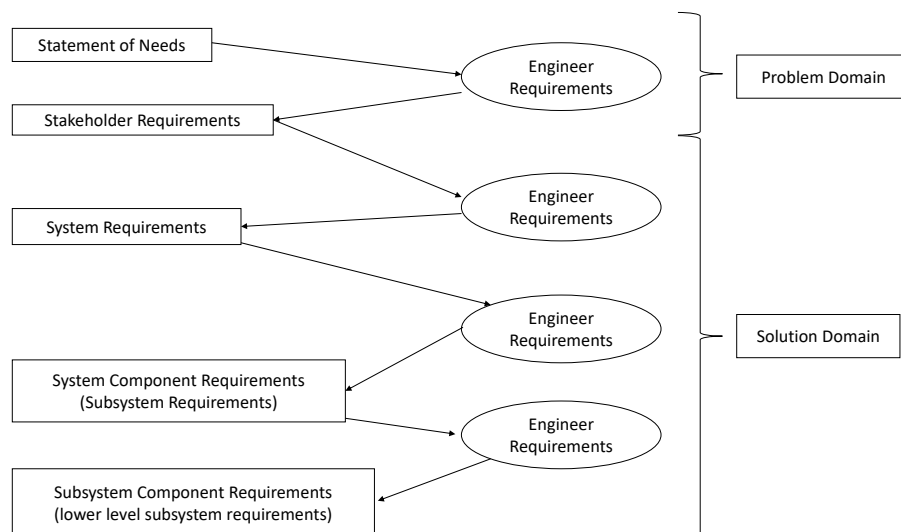


Abbildung 3.1: Entwicklungsprozess der Anforderungen

Quelle: in Anlehnung an Hull, Jackson und Dick 2011, S. 28

Das „statement of needs“ ist der Startpunkt für die Entwicklung einer Anforderung die am Ende des Prozesses, der in Abbildung 3.1 dargestellt ist, präzise dokumentiert sein wird. Dieses ist am Anfang immer ein Ausdruck eines Anspruchs oder Wunsches an das zu entwerfende System; dabei bildet das „statement“ und die „stakeholder requirements“ die „problem domain“. Diese definiert grundständige Methodik, wie auch

¹³IEEE 2005, S. 9.

¹⁴Partsch 2010, S. 27.

¹⁵vgl. Partsch 2010, S. 27-29.

eine nicht-technische Herangehensweise, die auf die Projektbeteiligten („stakeholder“) angepasst ist. Nachfolgend werden die Projektbeteiligten als „stakeholder“ bezeichnet, dabei ist die Rolle beschrieben als „(Stakeholder) sind Personen oder Organisationen, die ein potenzielles Interesse an einem zukünftigen System haben und somit in der Regel auch Anforderungen an das System stellen.“¹⁶ Später definiert die „problem domain“ den Zweck des Systems – dadurch ist bei der Ermittlung der Anforderungen die Frage „Was ist der Zweck des Systems?“ anstelle „Was soll das System ihrer Meinung nach tun?“. Dies soll die „stakeholder“ extrinsisch motivieren über den Zweck des zu entwerfenden Systems und nicht über einen möglichen Lösungsweg (das Wie) nachzudenken. Durch diesen Ansatz folgen Antworten nach dem Muster „Ich möchte etwas tun können ...“ – wissenschaftlich bzw. literarisch betrachtet sind diese Form der Anforderungen als „capability requirement(s)“¹⁷ bekannt. Sie stellen die wichtigsten Erkenntnisse in der „problem domain“ dar. Nun wird im weiteren Verlauf ein Modell konstruiert, das den Projektbeteiligten, den „stakeholder“, präsentiert wird. Dies unterliegt der Einschränkung, dass es jede/jedem Projektbeteiligte/n versteht. Denn sie validieren das konstruierte Modell in jedem weiteren Schritt, der in Abbildung 3.1 auf der vorherigen Seite, ersichtlich ist. Die Anforderungen an das Modell sind quantitativ gering: es muss nicht-technisch sein und es muss geeignet sein die Anforderungen an das System abzubilden. Eine solche Darstellung ist dann geeignet, wenn sie den gewünschten Zweck an das System abbildet, das heißt, dass sie keine technischen Details zeigt, sondern einen Überblick bietet. Ein „use scenario“¹⁸ wird meist verwendet, da es sich eignet menschliche Aktionen bzw. Ziele darzustellen. Abschließend müssen die „stakeholder“-Anforderungen folgende Kriterien erfüllen:

- kurz und prägnant formulierte Beschreibung, jedoch einfach zu verstehen und
- gleichzeitig sollten sie nicht-technisch, aber realistisch formuliert sein.

Die „solutions domain“, die auf Abbildung 3.1 auf der vorherigen Seite zu sehen ist, ist die Nachfolgerin von der „problem domain“. Der Hauptunterschied zwischen den beiden Bereichen ist, dass die „solution domain“ idealtypisch qualitativ hochwertig beschriebene Anforderungen als „Input“ bekommt. Dazu konträr erhält die „problem domain“ vage formulierte Wunschliste oder einem nicht klar definierten Ziel als initialen „Input“. Ausgehend von der Aussage von E. Hull, „in an ideal world, all the requirements would be clearly articulated, individual test able requirements“,¹⁹ ist zu deduzieren, dass viele Ebenen zu erforschen gibt, um dieser Aufforderung zu entsprechen. So muss iterativ in jeder Ebene eine neue Analyse des „Inputs“ erfolgen, um einen Ausgangspunkt für das weitere Vorgehen zu initialisieren. Die Komplexität dieser Ebenen ist anhängig von dem Grad der Innovation sowie vom Kontext des

¹⁶Partsch 2010, S. 8.

¹⁷vgl. Hull, Jackson und Dick 2011, S. 94.

¹⁸vgl. Hull, Jackson und Dick 2011, S. 94.

¹⁹Hull, Jackson und Dick 2011, S. 115.

zu entwickelnden Systems. Jede Entscheidung während des Prozesses kann mögliche Entscheidungspfade in einer anderen Ebene verhindern. Ziel des Prozesses ist es, ein Anforderungsdokument/-katalog zu entwerfen, das laut der gesichteten Literatur in verschiedenen Repräsentationen vorliegen kann. Dennoch sollten primäre Bestandteile, wie die Rahmenbedingungen, die Projektbeteiligten, die Projektaspekte und die funktionale/nicht-funktionale Anforderungen, enthalten sein. Ein Beispiel dieses Katalogs ist im Anhang A.1 auf Seite XVIII zur Ansicht enthalten. Außerdem gibt es im Bereich der Cloud besondere architektonische Anforderungen. Diese sind im Anhang als Abbildung A.2 auf Seite XXI einzusehen.

3.1.2 Cloud-Computing (Cloud-C)

Cloud-C, definiert als: „Paradigma, einen netzwerkbasierten Zugang auf ein skalierbares und elastisches Reservoir gemeinsam nutzbarer physikalischer oder virtueller Ressourcen nach dem Selbstbedienungsprinzip und bedarfsgerechter Administration zu ermöglichen“, ²⁰ ist ein neuartiger und disruptiver Ansatz in der Informationstechnologie, der seit mehreren Jahren Führungskräfte und IT-Abteilungen beschäftigt. Dieser Ansatz verspricht die Lösung für sämtliche Herausforderungen der Kapazitäts- und Leistungsengpässe moderner IT-Infrastruktur zu sein. ²¹ Auch diskutiert die Bevölkerung stark und meist auch sehr kontrovers über dieses Thema – Themen wie Datenschutz und Privatsphäre; Risiko eines Datendiebstahls und die rechtlichen Fragen sind auch nach 20 Jahren Diskussion immer noch allgegenwärtig. Ein Grund dafür ist die hohe Dynamik dieser Technologie, sowie die ständige Weiterentwicklung, die von großen Unternehmen, wie MICROSOFT, GOOGLE, AMAZON und IBM, vorangetrieben werden. Momentan haben MICROSOFT und AMAZON die meisten Marktanteile am Umsatz im Bereich des Cloud-C. ²² Des Weiteren prognostiziert Gartner 2019 einen exponentiell wachsenden weltweiten Umsatz bis 2022 auf ungefähr 354,6 Milliarden US-Dollar. Damit würde dieser in den nächsten zwei Jahren um circa 100 Milliarden US-Dollar steigen. Für eine ausführliche Umsatzprognose ist auf die Abbildung A.4 auf Seite XXIII zu verweisen. Diese verdeutlicht auch, dass in den folgenden Jahren nach 2022 weiterhin mit einer exponentiellen Umsatzsteigerung zu rechnen ist, wenn das mathematische Modell der exponentiellen Regression weiterhin Bestand hat.

Historisch betrachtet leitet sich Cloud-C an verschiedenen Konzepten anderer „Computing“-Bereiche und Architekturmustern ab: So spielte zur Entwicklung des heutigen Verständnis „Utility Computing“, „Service Orientation“ und „Grid Computing“ eine große Rolle. ²³ John McCarthy hat in den 1960er-Jahren das erste Konzept im Bereich

²⁰DIN Deutsches Institut für Normung 2020a, S. 7.

²¹vgl. Reinheimer und Springer Fachmedien Wiesbaden GmbH 2018, S. 4.

²²siehe dazu Abbildung A.3 auf Seite XXII

²³vgl. Hill 2013, S. 3-5.

des „Utility Computing“ entwickelt.²⁴ Später wurde es durch Douglas Parkhill verfeinert und durch die folgenden Schlüsselkomponenten beschrieben: „Parkhill examined the nature of utilities such as water, natural gas and electricity in the way they are provided to create an understanding of the characteristics that computing would require if it was truly a utility. When we consider electricity supply, for example, in the developed world, we tend to take it for granted that the actual electrical power will be available in our dwellings. To access it, we plug our devices into wall sockets and draw the power we need. Every so often we are billed by the electricity supply company, and we pay for what we have used“.²⁵ Dieses Konzept leitete er auch auf eine technologische Ressource im Bereich des Computers ab.²⁶ Der Gedanke der Serviceorientierung beschreibt eine klare Begrenzung einer Funktion, die zur Erfüllung eines bestimmten Ziels verwendet wird. Services werden meist durch die Konzepte der Objektorientierung und der Abstraktion in einer Organisation definiert. Aus dem Grundgedanken und den genannten Konzepten entwickelt sich die service-orientierte Architektur (SOA), die diese Prinzipien in ein technologiebasiertes Modell abbildet. Die Leitgedanken der SOA spielen auch im Cloud-C eine wichtige Rolle, denn, wie später noch näher definiert, ist der Servicegedanke ein elementarer Bestandteil der Cloud, der deutlich das Geschäftsmodell prägt. „Grid Computing“ ist ein Konzept aus den 1990er-Jahren und fand seine Anwendung im Bereich der elektrischen Netze.²⁷ Ziel dieses Konzeptes war es, die Einfachheit und Zuverlässigkeit der Stromnetze zu gewährleisten über einen standardisierten Adapter Zugriff auf dieses zu erhalten ohne sich um die technische Realisierung kümmern zu müssen. Dabei stellten die Pioniere dieses Konzeptes folgende Eigenschaften²⁸ an das System:

- Dezentrale Ressourcenkontrolle, d. h. ein Grid besteht aus geografisch verteilten Ressourcen, die administrativ unabhängig von Organisationen betreut werden.
- Standardisierte, offene Protokolle und Schnittstellen, d. h. die Grid-Middleware ist nicht anwendungsspezifisch und kann zu verschiedenen Zwecken eingesetzt werden.
- Nichttriviale Eigenschaften des Dienstes, z. B. in Bezug auf Antwortzeitverhalten, Verfügbarkeit oder Durchsatz.

Diese Prinzipien haben eine Ähnlichkeit zu denen des Cloud-C, jedoch sind die wirtschaftlichen Aspekte durch die Gedanken des „Grid Computing“ beschrieben. Des Weiteren werden die Aspekte des „Grid Computings“ im Bereich des dezentralen Managements und der verteilten Ressourcen beim Cloud-C nicht weiterverfolgt. Vielmehr

²⁴vgl. McCarthy 1983.

²⁵vgl. Parkhill 1966.

²⁶vgl. Hill 2013, S. 4.

²⁷vgl. Weinhardt et al. 2009.

²⁸vgl. Foster und Kesselman 1999.

bietet die Zentralisierung die ökonomischen Vorteile, die eine zentrale Rolle des Geschäftsmodells darstellen.

Da es mehrere Definitionen von Cloud-C gibt, beschränkt sich diese Arbeit auf folgende: „Cloud computing is a model for enabling ubiquitous, convenient, on-demand network access to a shared pool of configurable computing resources (e.g., networks, servers, storage, applications, and services) that can be rapidly provisioned and released with minimal management effort or service provider interaction. This cloud model is composed of five essential characteristics, three service models, and four deployment models.“²⁹ Das United States National Institute of Standards and Technology (NIST) beschreibt in der Publikation Mell und Grance 2011 folgende essenzielle Charakteristika³⁰:

- on-demand self-service
- broad network access
- resource pooling
- rapid elasticity
- measured service

Des Weiteren beschreibt die NIST drei Servicemodelle, wie sich Unternehmen die Cloud zunutze machen können: Software-as-a-Service (SaaS), Platform-as-a-Service (PaaS) und Infrastructure-as-a-Service (IaaS). Dabei wird SaaS definiert als: „The capability provided to the consumer is to use the provider’s applications running on a cloud infrastructure. [...] The consumer does not manage or control the underlying cloud infrastructure including network, servers, operating systems, storage, or even individual application capabilities, with the possible exception of limited user-specific application configuration settings.“³¹ Cloud-Infrastruktur ist eine Sammlung von Hard-/Software des Cloud-Anbieters, die die fünf essentiellen Charakteristika des Cloud-C unterstützt bzw. erfüllt. Beispiele hierfür sind GOOGLE DOCS und OFFICE 365. PaaS wird beschrieben durch: „The capability provided to the consumer is to deploy onto the cloud infrastructure consumer-created or acquired applications created using programming languages, libraries, services, and tools supported by the provider. The consumer does not manage or control the underlying cloud infrastructure including network, servers, operating systems, or storage, but has control over the deployed

²⁹Mell und Grance 2011, S. 2.

³⁰Jedoch werden diese Charakteristika in anderen wissenschaftlichen Ausarbeitungen um „multitenancy“, „service oriented“ und „utility-based pricing“ ergänzt. (vgl. Institute of Electrical and Electronics Engineers 2011, S. 1)

³¹Mell und Grance 2011, S. 2.

applications and possibly configuration settings for the application-hosting environment.“³² Bei der später in der Konzeptionierung verwendeten Software, OPENSIFT, handelt es sich um eine PaaS-Lösung. Weitere Beispiele sind GOOGLE APP ENGINE, WINDOWS AZURE und HEROKU.³³ IaaS wird durch folgende Definition abgebildet: „The capability provided to the consumer is to provision processing, storage, networks, and other fundamental computing resources where the consumer is able to deploy and run arbitrary software, which can include operating systems and applications. The consumer does not manage or control the underlying cloud infrastructure but has control over operating systems, storage, and deployed applications; and possibly limited control of select networking components (e.g. host firewalls).“³⁴ Hierzu zählen die Produkte AMAZON EC2, OPENSTACK und VMWARE. Nun sind die Bereitstellungsmodelle der Cloud noch von Bedeutung – die NIST sowie weitere, schon für diesen Abschnitt verwendete, Literatur definiert vier Modelle: „private, community, public and hybrid cloud“ Die „private cloud“ ist in exklusiver Nutzung eines Unternehmens, dass mehrere interne Konsumenten bedient. Es kann entscheiden, ob alle Management-/Betriebsoperationen intern oder extern von einem Anbieter durchgeführt werden. Die Cloud kann intern oder extern gehostet sein. Die „community cloud“ ist eine „private cloud“, jedoch unterscheiden sich die beiden durch die Benutzergruppen. Bei der „community“-Variante ist es nicht auf die Organisation sondern auf Gruppen mit gleichen Angelegenheiten beschränkt. Die „public cloud“ ist offen für die Öffentlichkeit natürlich beschränkt durch die Regel des Cloud-Anbieters. Die hybride Variante wird folgendermaßen beschrieben: „The cloud infrastructure is a composition of two or more distinct cloud infrastructures (private, community, or public) that remain unique entities, but are bound together by standardized or proprietary technology that enables data and application portability (e.g., cloud bursting for load balancing between clouds).“³⁵

3.1.3 Container(-isierung) und Orchestrierung

„Historically, virtualization technologies have developed out of the need for scheduling processes as manageable container units. The processes and resources in question are the file system, memory, network, and system information.“³⁶ Aus dieser Notwendigkeit heraus entstanden verschiedene Lösungsansätze: die Virtualisierung in einer virtuellen Maschine (virtuelle Maschine (VM)) und etwas später die Container-Lösungen. Virtuelle Maschinen konnten einige Herausforderungen, wie „scheduling, packaging

³²Mell und Grance 2011, S. 2.

³³vgl. Kumar und Vidhyalakshmi 2018, S. 8.

³⁴Mell und Grance 2011, S. 3.

³⁵Mell und Grance 2011, S. 3.

³⁶Pahl 2015, S. 25.

and resource access“, durch ihre technologischen Ansätze lösen. Dabei wurde der architektonische Ansatz des sogenannten „Guest Systems“ entwickelt, d. h. die virtuelle Maschine ist ein vollwertiges Betriebssystem (OS) mit komplettem Dateisystem und eigenem Prozess auf dem „Host System“.³⁷ Im Vergleich dazu können Container die gleichen Anforderung abbilden, jedoch unterscheidet sich die Architektur dieser (vgl. Abbildung 3.2). Ein Container enthält alle notwendigen, für die App relevanten, Bibliotheken beziehungsweise Abhängigkeiten und kann so, ohne ein komplettes OS, lauffähige Applikationen beinhalten. Diese Abstraktion ist im Cloud-Umfeld (bspw. in einer PaaS-Ausprägung) nützlich, da die Container leichtgewichtiger sind und weniger Speicherauslastung (persistenter Speicher) dadurch benötigen. Auch später für die Orchestrierung der Container in einem Cluster-Umfeld ist dies von Nutzen.

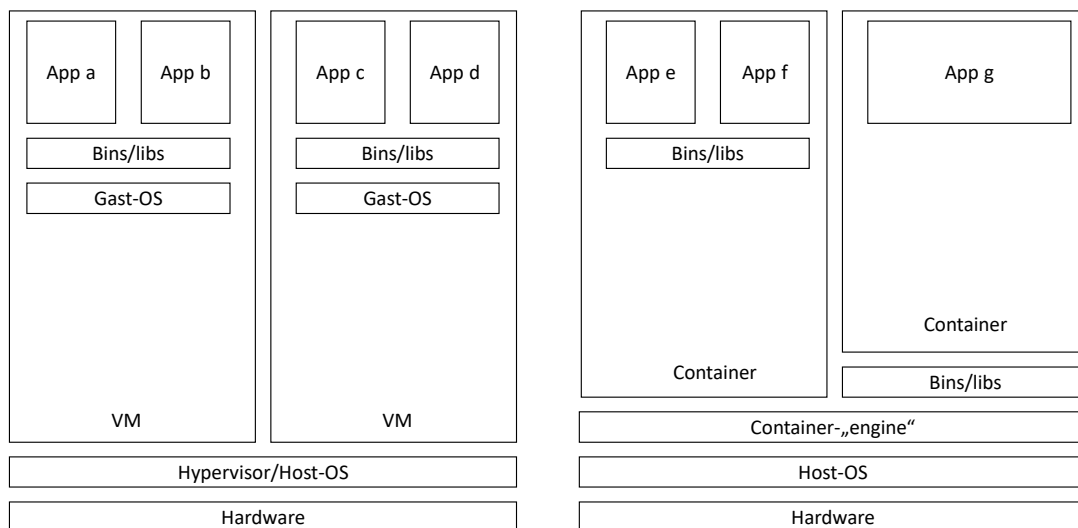


Abbildung 3.2: Architektur der Virtualisierungsmodelle: VM vs. Container

Quelle: in Anlehnung an Pahl 2015

Die gesichtete Literatur (Pahl 2015, Bernstein 2014, Kharb 2016; Combe, Martin und Di Pietro 2016 und weitere siehe Literaturverzeichnis) definieren Container immer anhand ihrer charakteristischen Merkmale und im Vergleich zur VM. Google Ireland Limited 2020 folgt auch diesem Muster, dennoch eher auf Makroebene: „Container bieten einen logischen Mechanismus der Paketerstellung, der darauf beruht, dass Anwendungen von ihrer Ausführungsumgebung abstrahiert werden. Mit dieser Entkopplung können containerbasierte Anwendungen einfach und konsistent bereitgestellt werden, unabhängig davon, ob es sich bei der Zielumgebung um ein privates Rechenzentrum,

³⁷bietet Services für die Gastssysteme an

die öffentliche Cloud oder auch um den persönlichen Laptop eines Entwicklers handelt.“³⁸ Ziel der Containerisierung ist es, Entwicklerinnen die Möglichkeit zu bieten, sich nur auf die Anwendungslogik und -abhängigkeiten zu konzentrieren. Gleichzeitig können andere IT-Teams, wie IE2, sich um die Bereitstellung und Verwaltung dieser Container kümmern. Diese Teams können den Container als geschlossene Verpackung sehen, bei der sie keine Kenntnis über das Innenleben (die Anwendungsdetails) für ihre Arbeit benötigen.³⁹ Dies ist ein Bestandteil der Grundlagen für schnellere und qualitativ hochwertigere Deployments.⁴⁰

Initial entwickelte Canonical Ltd 2010 die Linux Container (LXC); DOCKER INC. ist ein „open source“-Projekt, das sich die LXC-Technologie zunutze macht und eine Container-„engine“ gebaut hat, um diese Technologie benutzerfreundlicher zu gestalten: „Basically, DOCKER extends LXC with a kernel- and application-level API that together run processes in isolation: CPU, memory, I/O, network, and so on. DOCKER also uses namespaces to completely isolate an application’s view of the underlying operating environment, including process trees, network, user IDs, and file systems.“⁴¹ DOCKER-Container nutzen eine „Image“-Struktur. So lassen sich durch Kombination verschiedener „Images“ Applikationen abbilden, die durch Programmierlogik ergänzt werden (vgl. Abbildung A.5 auf Seite XXIV). In der Industrie ist DOCKER als de-facto Standard⁴² angesehen.⁴³ Außerdem bietet es viele Vorteile, wie die Lichtgewichtigkeit, „open source“, Sicherheit, Kollaboration zwischen verschiedenen IT-Teams, die Applikation kann überall (wo DOCKER installiert ist) ausgeführt werden und DOCKER passt sich an die Unternehmensanforderungen ständig neu an.⁴⁴ Durch diese Vorteile entstehen unmittelbare Konsequenzen, die Auswirkungen auf das Arbeiten haben, so wird das Einlernen eines neuen Mitarbeitenden beschleunigt, die Kreativität der Entwicklerinnen verstärkt, die Entwicklungsumgebung vereinheitlicht,⁴⁵ die Zusammenarbeit zwischen verschiedenen Teams wird vereinfacht und eine schnelle „Time to Market (TTM)“⁴⁶ wird erreicht.⁴⁷

Um die Stärken und Vorteile der DOCKER-Container, brauchen diese eine Netzwerkanbindung. Nur mit dieser können Container in der Produktion eingesetzt und eine Orchestrierung⁴⁸ möglich gemacht werden. Für die Orchestrierung von Container-

³⁸Google Ireland Limited 2020.

³⁹vgl. Google Ireland Limited 2020.

⁴⁰vgl. Kharb 2016, S. 1.

⁴¹Bernstein 2014, S. 82.

⁴²vgl. Pahl 2015, S. 30.

⁴³vgl. Kharb 2016, S. 1.

⁴⁴vgl. Kharb 2016, S. 1.

⁴⁵Dies wirkt sich direkt auf die Code-/Produktqualität aus

⁴⁶„TTM is the strategy of focusing on reducing the time to introduce new products to market.“ (Pawar, Menon und Riedel 1994)

⁴⁷vgl. Kharb 2016, S. 2.

⁴⁸Der Begriff ist aus der Musik abgeleitet: flexibles Kombinieren mehrerer Services oder Dienste zu

Anwendungen wird eine weitere Technologie benötigt, die von Google LLC 2020b entwickelt und als „open source“ veröffentlicht wurde: KUBERNETES (K8s).⁴⁹ Die Semantik des Wortes KUBERNETES bedeutet auf Griechisch „Loste/Steuermann“. Diese Metapher beschreibt die Hauptaufgaben von K8s zu treffend; es „verdeckt die Hardwareinfrastruktur und stellt ihr gesamtes Rechenzentrum als eine einzige, enorme Rechenressource dar. Dadurch können Sie ihre Softwarekomponenten bereitstellen und ausführen, ohne sich darum zu kümmern, welche Server konkret unterhalb dieser Schicht laufen. Bei der Bereitstellung von Anwendungen mit mehreren Komponenten wählt KUBERNETES für jede dieser Komponenten einen Server aus, stellt sie bereit und ermöglicht es ihr, die anderen Komponenten zu finden und mit ihnen zu kommunizieren.“⁵⁰ Der Nutzen von K8s wird bei einer großen Cloudanbieterin, wie Amazon Web Services (AWS) u. a., maximiert, da es den Entwicklerinnen ermöglicht die Ausführung und Bereitstellung von Anwendungen entkoppelt von den Systemadministratorinnen zu betreiben.⁵¹ Eine grundlegende Übersicht einer KUBERNETES-Architektur ist im Anhang A.6 auf Seite XXV zu finden.

K8s führt einige Begrifflichkeiten ein, die nachfolgend einer Definition (siehe Tabelle 3.1 auf der nächsten Seite) benötigen. Diese werden im weiteren Verlauf dieser Arbeit benötigt, jedoch konzentriert auf die Forschungsfrage eins.

Eine detailreiche Übersicht der Architektur der oben beschriebenen Konzepte ist im Anhang A.7 auf Seite XXV zusehen. Diese beschreibt das Zusammenwirken der einzelnen Komponenten.

3.2 Anforderungsanalyse des zu implementierenden Prozess

Das „statement of needs“ ist, wie in Kapitel 3.1.1 auf Seite 7 beschrieben, ein Wunsch beziehungsweise Anspruch an das zu entwickelnde System (hier: ein Prozess): Es sollen Container-Anwendungen automatisiert auf die OPENSIFT-Umgebung verteilt werden. Dies soll von der dafür zuständigen Abteilung im Unternehmen übernommen werden, d. h. die Verantwortung dieses Prozesses wird übergeben. Ziel ist es, Aufgaben und Verantwortlichkeiten so zu verteilen, dass sie dem Aufbau- sowie Ablauforganisation entsprechen. Die Entwicklungsabteilungen/-teams möchten weiterhin nicht mehr

einer sinnvollen Konzeption (Komposition), die einen Geschäftsprozess beschreibt. Quelle: Duden.de

⁴⁹ „is an open-source system for automating deployment, scaling, and management of containerized applications.“ (Google LLC 2020b)

⁵⁰Lukša 2018, S. 4.

⁵¹vgl. Lukša 2018, S. 4.

Begriff	Definition
„Pod“	„A Pod is a group of one or more tightly coupled Containers sharing a set of Linux namespaces and cgroups.“ Innerhalb des „Pod“ wird der Netzwerk-/„Mount“-Namensraum geteilt, dies ermöglicht die Kommunikationen innerhalb eines „Pod“. Mehrere dieser kommunizieren über <i>localhost</i>
„Services“	„A Service is a Kubernetes object that maps one or more incoming ports to targetPorts at a selected set of target of Pods. These represent a microservice or an application running on the cluster.“
„Master nodes“	„The master nodes are the nodes hosting core elements of the control plane like (not an exhaustive list) the kubeapi-server, kube-scheduler, kube-controller-manager, and in many instances the etcd database.“ Diese übernimmt die Management-Aufgaben im Cluster.
„Worker nodes“	„The worker nodes (formerly known as minions) host elements like the kubelet, kube-proxy, and the container runtime.“ Darin sind die „Pods“ enthalten, welche die Container-Anwendungen beinhalten.

Tabelle 3.1: Definition der „K8s“-Begrifflichkeiten

Quelle: Caban 2019, S. 10-14

für die Verteilung der Container-Anwendungen verantwortlich sein. Des Weiteren sprechen rechtliche Aspekte gegen dies, dass die Entwicklung auf Dauer Anwendungen in die Produktions-Umgebung (PROD) verteilt. Bei näherer Betrachtung der oben genannten Gründe ist folgendes festzustellen: es sprechen rechtliche Voraussetzung und unternehmens-organisatorische Aspekte dafür, hier ein weiteres Vorgehen anzustreben. Alleinig durch die rechtlichen Aspekte muss eine Veränderung des IST-Zustands angestrengt werden, damit ist das Vorgehen begründet und die Ermittlung der Projektbeteiligten („stakeholder“) kann durchgeführt werden.

Die Projektbeteiligten sind im engeren Sinn die Fachbereiche (also Kunden der Anwendung), die Entwicklungsteams und die „Deployment“-Abteilung. Im weiteren Sinne könnten die Geschäftsführung der SVI, der Vorstand der SV, die Kunden der SV, sowie die Kunden/der Vorstand der SV Sachsen (SVS) ein begründetes Interesse an diesen Projekt haben. So hat der Fachbereich Interesse an einem funktionsfähigen System, die Entwicklungsteams an einem häufigen (annäherungsweise kontinuierlichem) „Deployment“ und die „Deployment“-Abteilung an einem hoch automatisiertem und revisionskonformen Prozess. Dies sind nur einige Aspekte, die bei weitem nicht alle Gründe des Interesses abdecken. Es werden hier nur die „stakeholder“ im engeren Sinn weiter betrachtet, da diese Arbeit sich mit der Modellierung eines automatisierten Prozesses im Bereich der Entwicklung, der wirtschaftlichen Betrachtung und

der rechtlichen Sicherung dieses beschäftigt. Der Fokus liegt auf der Modellierung des Prozesses und mit diesem deckt es die engeren Projektbeteiligten ab.

Nachfolgend wird der automatisierte „Deployment“-Prozess zur Verteilung von Containern als *System* bezeichnet. Dies erfolgt auf der Grundlage der Formulierungshilfe für Anforderungen nach Rupp 2020. Es werden ausschließlich die funktionalen Anforderungen⁵² betrachtet, da die erfassten alle produkt-spezifisch sind – nicht-funktionale Anforderung sind im Gegensatz dazu produkt-unspezifisch. Zur besseren Übersichtlichkeit sind die Anforderungen mit $A_1, A_2, \dots, A_n, n \in \mathbb{N}$ nummeriert und ein Anforderungskatalog ist im Anhang A.1 auf Seite XXVI zu finden. Die folgenden Anforderungen A_1, A_2, \dots, A_8 stammen von dem Projektbeteiligten („stakeholder“) „Entwicklungsteam/-abteilung“. Diese wurden während einer Befragung dieses Teams am 11. März 2020 im Rahmen einer Arbeitstagung „Container-Verteilung“ erhoben. Die Anforderungen A_9 und A_{10} beschreiben wichtige Bedingungen der Abteilung IE2.

A₁: Das System muss die Möglichkeit bieten, über eine korrekte Konfigurationsdatei, alle Komponenten der Anwendung zu verteilen.

Damit gewährleistet das System beziehungsweise der Prozess die Verteilung aller Komponenten ins OPENSIFT-Cluster. Dieses benötigt die Konfigurationsdatei, um die Anwendung zu betreiben. Die Verteilung in OPENSIFT funktioniert über diese Datei, damit werden nicht die fertigen Container direkt verteilt sondern es wird nur beschrieben welche Container wohin müssen. Danach übernimmt OPENSIFT die Beschaffung der Container.

A₂: Das System soll die Möglichkeit bieten über eine standardisierte Übergabedatei alle Umgebungsvariablen des Containers zu definieren.

Diese Anforderung soll die Fehler in der Konfigurationsdatei minimieren, denn diese muss korrekt formatiert sein, sonst kann sie nicht richtig verarbeitet werden. Dabei spielen Einrückungen und Leerzeichen bei der Formatierung eine wichtige Rolle. Gleichzeitig birgt dieser Umstand großes Fehlerpotential. Mit der standardisierten Übergabedatei werden die Fehler mittels automatischem Einlesen und Generierung der Konfigurationsdatei – zumindest die Formatierungsfehler – verhindert. Dies hat keinen Einfluss auf fachliche Fehler, z. B. die Angabe einer falschen Umgebungsvariablen oder eine falsche Serveradresse der Versionskontrolle.

A₃: Das System muss die Möglichkeit bieten, über eine Validierung, konsistente Komponenten zu verteilen.

Dies beschreibt eine Kontrollinstanz, die Fehler erkennen soll und dann die Verteilung abbrechen oder eine Benutzeraktion fordern soll. Die Fehlerbearbeitung muss nicht komplett automatisiert sein, da sie meist Einzelfälle behandelt und diese nicht nach

⁵²vgl. International Organization for Standardization 2011.

dem selben Muster zu lösen sind. Die Verteilung wird nach Behebung der/des Fehler(s) fortgesetzt.

A₄: Das System muss die Möglichkeit bieten unabhängig von dem Inhalt des Containers diesen zu verteilen.

A₄ beschreibt die Anforderung den Vorteil von Container-Anwendungen auszunutzen: Dieser ist die Möglichkeit beim Verteilen des Container den Inhalt ignorieren zu können, da der Container eine Abstraktionsebene darstellt.⁵³ Die Entwicklungsabteilung möchte diese Vorteile nutzen, „da sonst die Umstellung auf Container wenig Sinn ergeben würde“, so ihre Aussage. Dies ist keine wissenschaftlich begründete Aussage und ist deswegen als direktes Zitat markiert.

A₅: Das System muss fähig sein mit OpenShift über das „application programming interface“ (API) zu kommunizieren.

Diese Anforderung ist ein Funktionswunsch, der es ermöglicht, mittels „Command-line Interface“ (CLI)-Kommandos mit der Anwendung OPENSHIFT zu kommunizieren. Dies hat den Vorteil die internen Möglichkeiten von OPENSHIFT vollständig ausnutzen zu können, z. B. die interne Validierung von Konfigurationsdateien.

A₆: Das System soll fähig sein das OpenShift-Cluster zu jedem Zeitpunkt mit einem konsistenten Zustand zu verlassen.

Mit dieser Forderung soll gewährleistet werden, dass das System die OPENSHIFT-Umgebung nicht unbrauchbar macht und es so zur Produktionsverhinderung kommt. Dass würde bedeuten die Kunden haben kein lauffähiges System mehr und es würde zu Umsatzausfällen, Vertrauensverlust bei den Versicherungsnehmern u. a. kommen.

A₇: Das System wird die Möglichkeit bieten die Verteilung von Komponenten zu unterbrechen.

A₇ beschreibt die Forderung nach einer Notfallunterbrechung, die jedoch dem System und der OPENSHIFT-Umgebung keinen Schaden zufügt. Dies soll, wie A₆, ein konsistentes System hinterlassen.

A₈: Das System muss die Möglichkeit bieten, über die zentrale Verteilungssoftware Ara, die Verteilung der Komponenten durchzuführen.

Diese Forderung widerspricht dem Anspruch nach Hull, Jackson und Dick 2011, Anforderungen ohne Bezug zu einer bestimmten Anwendung beziehungsweise einer Technologie zu formulieren. Jedoch ist es eine zwingende Forderung der Abteilung IE2 diese Technologie zu verwenden. Es sollen alle Systeme/Prozesse mit dieser umgesetzt werden.

⁵³vgl. dazu Kapitel 3.1.3 auf Seite 13, dass die Funktionsweise und Vorteile genauer erläutert.

A₉: Das System muss die Möglichkeit bieten automatisiert alle notwendigen Komponenten über die Konfigurationsdatei zu erkennen und zu verteilen.

Dies ist eine Anforderung an die Vollständigkeit der Konfigurationsdatei, die die benötigten Komponenten beschreibt. Wichtig dabei ist es, dass die Konfigurationsdatei nicht nur vollständig ist, sondern auch semantisch korrekt ist. Ein zentrales Akzeptanzkriterium ist, dass das System automatisiert funktioniert und bei Normalbetrieb keine menschliche Aufsicht benötigt.

A₁₀: Das System muss den gesetzlichen sowie sicherheitstechnischen Vorgaben entsprechen.

A₁₀ beschreibt eine nicht-funktionale Anforderungen, die zwingend erforderlich ist und deswegen an dieser Stelle erwähnt wird. Im Bereich der Finanzdienstleistungen, welche das Versicherungswesen inkludieren, sind strenge Sicherheitsvorschriften und gesetzliche Rahmenbedingung einzuhalten (vgl. dazu die Forschungsfrage drei im Kapitel 5 auf Seite 42). Diese nicht-funktionale Anforderung ist an alle Vorhaben/Projekte gerichtet und wird von dem Projektbeteiligten „Geschäftsführung“ eingebracht. Diese Anforderung muss zwingend umgesetzt werden.

3.3 Konzeption eines container-basierten, automatisierten „Deployments“

Dieses Teilkapitel beschreibt den Aufbau einer OPENSHIFT-Labor-Umgebung, um das Verhalten von OPENSHIFT zu testen. Des Weiteren wird eine Prozessmodellierung des automatisierten „Deployments“ anhand einer Beispielanwendung CAMUNDA erläutert. Dies ist gleichzeitig die Testapplikation, die in der SVI benutzt wird, um das automatisierte „Deployment“ von Container-Anwendungen zu untersuchen. Abschließend wird eine generische Konfigurationsdatei entwickelt, um Applikationen ins OPENSHIFT-Cluster zu verteilen.

3.3.1 Aufbau und „Deployment“ eines OpenShift-Labors

Nachfolgend wird der Aufbau einer OPENSHIFT-Labor-Umgebung mit „single node“-Architektur beschrieben, d. h. es ist nur eine „worker node“ im OPENSHIFT-Cluster vorhanden. Dieses wird auf einem UBUNTU-System in der Version 18.04 installiert. Der folgende Quelltext 3.1 auf der nächsten Seite beschreibt die Terminal-Eingaben:


```
1 curl -fsSL https://download.docker.com/linux/ubuntu/gpg | sudo
   ↪ apt-key add -
2 sudo add-apt-repository "deb [arch=amd64]
   ↪ https://download.docker.com/linux/ubuntu $(lsb_release
   ↪ -cs) stable"
3 sudo apt update && sudo apt -y install docker-ce
4 docker version
5 sudo usermod -aG docker $USER
6 wget $LINK
7 tar xvf openshift-origin-client-tools*.tar.gz
8 cd openshift-origin-client*/
9 sudo mv oc kubectl /usr/local/bin/
10 oc version
11 cat << EOF | sudo tee /etc/docker/daemon.json
12 {
13 "insecure-registries" : [ "172.30.0.0/16" ]
14 }
15 EOF
16 sudo systemctl restart docker
17 oc cluster up
```

Quelltext 3.1: Installation des OPENSIFT-Clusters

Das Konzept dieses „Shell“-Skripts 3.1 ist es, zuerst die notwendigen Abhängigkeiten und danach die OPENSIFT-Anwendungen zu installieren. So wird in den Zeilen eins bis drei die notwendigen Voraussetzungen geschaffen, um die DOCKER-Umgebung zu installieren. Zuerst wird der GPG⁵⁴-Schlüssel zum lokalen Schlüsselbund hinzugefügt, danach kann die Anwendung DOCKER mit dem „Advanced Packaging Tool“ (APT)-Programm heruntergeladen und installiert werden. Danach wird getestet, ob die Installation von DOCKER erfolgreich war und der eigene Benutzer wird der Gruppe „docker“ hinzugefügt. Dies wird benötigt um dem eigenen Benutzer die Steuerung der Software DOCKER zu erlauben. Die Zeilen sechs bis neun installieren KUBERNETES und OPENSIFT (in der „Community“-Variante). Sehr wichtig sind die Anpassungen, die in den Zeilen elf bis fünfzehn vorgenommen werden: Sie fügen einen Eintrag „insecure-registries“: ["172.30.0.0/16"] in die Datei `/etc/docker/daemon.json` ein. Dies erlaubt es DOCKER auf unsichere Verzeichnisse zuzugreifen; dadurch kann OPENSIFT lokal Container-„Images“ im Cache speichern, um diese schneller wiederzuverwenden. Schließlich wird ein Cluster in „default“-Konfiguration zur Kontrolle der Funktionsfähigkeit mit `oc cluster up` erstellt. Dies ist unter <http://127.0.0.1:8443/console> als Web-Konsole erreichbar.

⁵⁴ „GnuPG is a complete and free implementation of the OpenPGP standard as defined by RFC4880 (also known as PGP). GnuPG allows you to encrypt and sign your data and communications; it features a versatile key management system, along with access modules for all kinds of public key directories.“ Quelle: The People of the GnuPG Project 2020

Um das Verhalten des OPENSIFT-Clusters während eines „Deployments“ zu testen, wird ein Test-Projekt erstellt. Grundsätzlich sind die meisten Kommandos der CLI nach dem Muster `oc <action> <object type> <obj name or id>`⁵⁵ aufgebaut. Ein Projekt ist in OPENSIFT ein privater Bereich, indem Applikationen laufen können und nur die Erstellerin administrativen Zugriff besitzt. Dieser kann nach außen veröffentlicht werden, wenn dies erforderlich ist. Nachdem das Projekt mit `oc ↪ new-project <projectName> --display-name '<displayName>'`⁵⁶ erstellt wurde, wird dies automatisch als „default“-Projekt ausgewählt, d. h. darin werden nun alle folgenden Schritte ausgeführt. Des Weiteren ist die Überlegung zu treffen, ob noch weitere Benutzer für das angelegte Projekt eine Berechtigung erhalten (`oc adm policy ↪ add-role-to-user <admin/edit/view> <collabUser>`).

Als Test-Applikation soll eine Webseite auf Basis von DJANGO⁵⁷ in Cluster verteilt werden. Es wird ein vorgefertigtes „Image“ für diesen Test genutzt. Der Quellcode 3.2 zeigt die benötigten Kommandos, um eine neue Applikation zu erstellen. Des Weiteren illustriert dieser, wie die Anwendung nach außen freigegeben wird, d. h. sie ist außerhalb des Projektes erreichbar. Danach wird in Zeile 7 der Quellcode-Abbildung 3.2 die Verbindung zur Webseite mittels der Ermittlung des HTTP-Status-Codes überprüft.⁵⁸

```

1 oc new-app openshiftkatakoda/blog-django-py --name blog
2 oc describe svc/blog # print config
3 oc expose svc/blog
4 oc status | grep 'to pod port' # see all exposed services on
   ↪ this project
5
6 # test_connection is listed at A.1 auf Seite XXVII
7 test_connection blog-lab.127.0.0.1.nip.io
```

Quelltext 3.2: Test-„Deployment“ ins OPENSIFT-Cluster

Nach Abschluss des Tests wird die Applikation mit `oc delete all --selector app=blog` wieder gelöscht.

3.3.2 Modellierung einer „Deployment“-Konfigurationsdatei

Um eine Verteilung der Container-Anwendung auf dem OPENSIFT-Cluster durchzuführen, benötigt das System eine Konfigurationsdatei, die als API-Objekt an OPENS-

⁵⁵vgl. Red Hat, Inc. 2020a.

⁵⁶„<Platzhalter>“, die mit Werten vor der Ausführung ersetzt werden müssen

⁵⁷„Django is a high-level Python Web framework that encourages rapid development and clean, pragmatic design.“ Quelle: Django Software Foundation 2020

⁵⁸Der Quelltext dieser Funktion ist im Anhang A.1 auf Seite XXVII einzusehen

HIFT übergeben wird. Dabei definiert diese den gewünschten Zustand einer bestimmten Komponente der Anwendung als „pod“⁵⁹-Vorlage.⁶⁰ Diese Datei stellt, als alleinige Quelle („single point of truth“ (SPOT)), alle notwendigen Informationen bereit, die die Anwendungen OPENSIFT benötigt, um eine funktionsfähige Datei in dem ausgewählten Projekt des Clusters bereitzustellen. Dies ist der erste Unterschied zum klassischen „Deployment“ bei dem alle Quelldateien verteilt werden müssen.⁶¹ Dabei ist die Konfigurationsdatei deklarativ⁶² beschreiben, d. h. sie beschreibt *was* OPENSIFT mit der angegebenen Komponente machen soll.

Es gibt zwei verschiedene Ausprägungen der Konfigurationsdatei: „DeploymentConfig“ und „Deployment“. Nachfolgend werden die Ziele, der Nutzen und ein Beispiel der Ausprägung beschrieben. Die „DeploymentConfig“-Variante ist von RED HAT für OPENSIFT entwickelt worden, um eine erweiterte Unterstützung für die Softwareentwicklung und den Lebenszyklus des „Deployments“ zu unterstützen. Damit hat RED HAT ein eigenes Konzept entwickelt, wie die Verteilung von Software aussehen kann. Dieses Konzept bietet folgende Eigenschaften, die verschiedene Nutzungsmöglichkeiten ermöglichen:⁶³

1. „A DeploymentConfig, which is a template for running applications.“
2. „Triggers that drive automated deployments in response to events.“
3. „User-customizable deployment strategies to transition from the previous version to the new version. A strategy runs inside a Pod commonly referred as the deployment process.“
4. „A set of hooks (lifecycle hooks) for executing custom behavior in different points during the lifecycle of a deployment.“
5. „Versioning of your application in order to support rollbacks either manually or automatically in case of deployment failure.“
6. „Manual replication scaling and autoscaling.“

Allgemein definiert das „DeploymentConfig“-Objekt die Anzahl der Replikationen, beschreibt die Auslöser („trigger“) für die automatische Erstellung von neuen „Deployments“; die Strategie, mit der die Übergänge zwischen verschiedenen Versionsständen verwaltet sind, und Lebenszyklus-„Hooks“.⁶⁴ Wenn eine neue Verteilung von Komponenten angestoßen wird, aktiviert sich ein spezieller „pod“, um die die Verteilung zu

⁵⁹siehe Tabelle 3.1 auf Seite 17

⁶⁰vgl. Red Hat, Inc. 2019, Application → Deployments.

⁶¹vgl. Dearle 2007.

⁶²Programmierparadigma: im Gegensatz dazu gibt es das imperative Vorgehen, dass das *Was* in welcher Reihenfolge zu tun ist beschreibt.

⁶³vgl. Red Hat, Inc. 2019, Application → Deployments.

⁶⁴Funktionen, die beim Eintreten eines bestimmten Events automatisch ausgelöst werden

überwachen und zu betreuen. Dieser fährt die alten Replikationen herunter, aktiviert neue und startet die „hooks“. Wichtig ist, dass er die alten Replikationen behält, um ein schnelles „rollback“, also eine Wiederherstellung des Zustands vor der aktuellen Verteilung, zu ermöglichen. Der Verteilungs-„pod“ bleibt für unbestimmte Zeit im Cluster, damit die Logdatei nicht gelöscht wird.

```

1  apiVersion: v1
2  kind: DeploymentConfig
3  metadata:
4    name: frontend
5  spec:
6    replicas: 5
7    selector:
8      name: frontend
9    template: { ... }
10   triggers:
11     - type: ConfigChange
12     - imageChangeParams:
13       automatic: true
14       containerNames:
15         - helloworld
16       from:
17         kind: ImageStreamTag
18         name: hello-openshift:latest
19       type: ImageChange
20   strategy:
21     type: Rolling

```

Quelltext 3.3: Beispiel einer „DeploymentConfig“-Datei

Dieser Quellcode 3.3⁶⁵ zeigt eine Ausprägung der „DeploymentConfig“. Die Zeilen 10 ff. beschreibt typische „trigger“, die bei einem gewissen Ereignis ausgelöst werden. Die Bezeichner beschreiben die Funktionsweise ausreichend. Die Verteilungsstrategie wird durch die Zeilen 20 f. eingestellt. Hier wird die Strategie „rolling“ verwendet, d. h. die einzelnen „pods“ einer/mehrerer „worker node(s)“ werden während dem laufenden Betrieb unbemerkt gegen die neue Version getauscht – die Endanwenderin bekommt davon nichts mit. Im Gegensatz zu der Variante „DeploymentConfig“ gibt es die KUBERNETES-Version „Deployment“, die kompatibel mit OPENSHIFT ist. Sie werden als Nachkomme der OPENSHIFT-Variante („DeploymentConfig“)⁶⁶ bezeichnet. Die „Deployment“-Ausprägung beschreibt, wie die „DeploymentConfig“, den gewünschten Zustand einer Anwendungskomponente in Form einer „pod“-Vorlage. Der

⁶⁵vgl. Red Hat, Inc. 2019, Application → Deployments.

⁶⁶vgl. Red Hat, Inc. 2019, Application → Deployments.

Quellcode 3.4⁶⁷ erzeugt bei der Ausführung im OPENSHIFT-Cluster eine Replikation des „hello-openshift“-„pod“.

```

1 apiVersion: apps/v1
2 kind: Deployment
3 metadata:
4   name: hello-openshift
5 spec:
6   replicas: 1
7   selector:
8     matchLabels:
9     app: hello-openshift
10  template:
11    metadata:
12      labels:
13      app: hello-openshift
14    spec:
15      containers:
16      - name: hello-openshift
17        image: openshift/hello-openshift:latest
18        ports:
19      - containerPort: 80

```

Quelltext 3.4: Beispiel einer „Deployment“-Datei

Dabei spezifizieren die Zeilen 16-17, welches DOCKER-Abbild als Container geladen wird. Die Zeile 19 gibt den Port 80 für die Kommunikation innerhalb des „pod“ frei.

Beide Konfigurationsdatei-Ausprägungen sind vollständig nutzbar in der Anwendung OPENSHIFT, um eine Verteilung von Komponenten zu beschreiben und auszuführen. RED HAT empfiehlt die Variante „Deployment“ zu nutzen unter der Einschränkung, dass keine Funktionen beziehungsweise kein Verhalten benötigt wird, welches nur die „DeploymentConfig“-Variante bietet.⁶⁸ Nachfolgend soll betrachtet werden, welche der möglichen Varianten für die SVI, begründet durch die Anforderungen der „stakeholder“, sinnvoll erscheint. Zuvor werden die beiden Möglichkeiten verglichen und die Unterschiede hervorgehoben: Die Varianten unterschieden sich in einem Punkt sehr stark – dem Design. Genauer formuliert unterscheiden sie sich in der Eigenschaftsauswahl des CAP-Theorem,⁶⁹ so bevorzugt die „DeploymentConfig“- „consistency“

⁶⁷vgl. Red Hat, Inc. 2019, Application → Deployments.

⁶⁸vgl. Red Hat, Inc. 2019, Application → Deployments.

⁶⁹„The CAP theorem states that any networked shared-data system can have at most two of three desirable properties: consistency (C) equivalent to having a single up-to-date copy of the data; high availability (A) of that data (for updates); and tolerance to network partitions (P).“ (Brewer 2012, S. 1) CA macht keinen Sinn, da nicht jeder Client dieselben Daten sehen kann und gleichzeitig

während die „Deployment“-Variante „availability“ bevorzugt. Übersetzt bedeutet das, wenn der Verteiler-„pod“ während des „rollouts“ der „DeploymentConfig“ einen Fehler aufweist, wartet der komplette Prozess bis die „node“ mit dem „pod“ wieder aktiv wird oder manuell gelöscht wird. Während dieser Phase stockt der Prozess und es wird kein Fortschritt erreicht. Im Gegensatz dazu wird die Verteilung der „Deployment“-Variante über einen sogenannten „controller“-Manager durchgeführt, der als Hochverfügbarkeitslösung implementiert ist, d. h. die Verfügbarkeit („availability“) steht an erster Stelle. Diese Überlegung muss im Rahmen der Prozessmodellierung als erstes in der SVI vollzogen werden, um danach die spezifischen Funktionsunterschiede der beiden Konfigurationsdateien weiter zu beleuchten.

In einer Arbeitstagung zum PoC des OPENSIFT-Systems haben die Entwicklerinnen einen ersten Entwurf für die Konfigurationsdatei vorgestellt. Hier wurde die Version „Deployment“ verwendet – begründet war dies durch das Argument, dass keine Funktionen der „DeploymentConfig“-Version benötigt wurden (Dies ist konform zur Aussage von RED HAT⁷⁰). Im Anhang A.2 auf Seite XXVIII ist die vollständige Version abgedruckt. Wichtig für den „stakeholder“ Entwicklerin ist, die Beschreibung der Umgebungsvariablen, die die Anwendung braucht, um mit zusätzlichen Webservices zu kommunizieren. Der Quellcode 3.5 zeigt diese Stelle nochmals, die einer besonderen Analyse bedarf. Es soll ein Algorithmus zur Generierung der Konfigurationsdateien entwickelt werden. Ziel dieses ist es, mögliche Fehler bei der manuellen Erstellung der Datei zu verhindern und ein vollständig automatisierten Prozess zu entwickeln. Die Generierung mittels Programmlösung ist eine Bedingung der Abteilung IE2, die die Verantwortung für die Verteilung der Anwendungen tragen.

```

17      containers:
18      - name: polickenkopie-ep-demo
19        image: $urlToRepo_/polickenkopie:2.1.0
20        env:
21          - name: INKASSOMAHNINFOPORT2_ENDPOINT_URI
22            value: $urlToServer_:10702/mock/$id_
23          - name: DOKUMENTINFORMATION1_ENDPOINT_URI
24            value: $urlToServer_:10701/mock/$id_
25          - name: VERTRAGPRUEFUNG1_ENDPOINT_URI
26            value: $urlToServer_:10703/mock/$id_
27          - name: DRUCKAUFTRAGPORT_ENDPOINT_URI
28            value: $urlToServer_:10704/mock/$id_
29          - name: PRODUKTAUSKUNFT1_ENDPOINT_URI
30            value: $urlToServer_:10705/mock/$id_
31          - name:

```

immer erreichbar ist.

⁷⁰vgl. Red Hat, Inc. 2019, Application → Deployments.

```

↪ PARTNERPRUEFUNGASYNCHRON_ENDPOINT_URI
32   value: $urlToServer_:10709/mock/$id_
33 - name: PROZESSAKTIVITAET2_ENDPOINT_URI
34   value: $urlToServer_:10706/mock/$id_
35 - name: SPRING_DATASOURCE_URL
36   value: $urlToJDBC_
37 - name: SPRING_DATASOURCE_USERNAME
38   value: $usernameDatasource_
39 - name: SPRING_DATASOURCE_PASSWORD
40   value: $passwordDatasource_
41 - name: CAMUNDA_BPM_DATABASE_TYPE
42   value: $databaseType_

```

Quelltext 3.5: Ausschnitt aus Quellcode A.2: Deklaration der Umgebungsvariablen

Die Zeichenketten mit dem Muster „*\$Bezeichner_*“ stellen Platzhalter dar, die genutzt werden, um die eigentlichen Werte nicht in Klartext abzdrukken. Diese fallen unter das Betriebsgeheimnis. Platzhalter mit der gleichen Zeichenkette haben den identischen Inhalt. Es fällt auf, dass die „Uniform Resource Locator“ (URL) der Webservices immer mit dem gleichen Host beginnt und ein Teil des Pfades auch gleich ist. Es gibt zwei Möglichkeiten, wie der Algorithmus zur Generierung der Konfigurationsdateien aussehen könnte: Bei der „Deployment“-Variante müsste dieser die komplette Datei anhand definierter Regeln generieren. Die zweite Möglichkeit ist die Nutzung eines Vorlagen-Objektes („template“), das einmal erstellt, unter gewissen Bedingungen, wiederverwendet werden kann. Dies bedeutet, dass für die Beschreibung der Komponenten-Verteilung die „DeploymentConfig“-Variante genutzt werden muss, da das „template“-Objekt nur diese Variante unterstützt. Beides sind Eigenentwicklung von RED HAT. Die Ausprägung „Deployment“ ist ein natives K8s-Objekt und deswegen nicht mit dem „template“-Objekt kompatibel. Es besteht die Möglichkeit diese Objekt mit Parametern zu beschreiben, die in einer Datei **<Anwendung>.env** gespeichert und mittels der CLI eingelesen werden. Diese ersetzt dann die Parameter mit Werten aus der Datei. Die Entscheidung eine Schlüssel-Wert (K-V)-Datei, für die Umgebungsvariablen zu nutzen, hat den Vorteil, dass diese extern in einer verteilten Versionsverwaltungsanwendung (beispielsweise GIT oder SERENA DIMENSIONS) gespeichert werden kann. Nachfolgend ist der Aufbau einer K-V-Datei als Quellcode 3.6 für die Umgebungsvariablen des Beispiels A.2 auf Seite XXVIII angedeutet. Das Trennzeichen zwischen Schlüssel und Wert ist das Gleichheitszeichen („=“). Dieser Aufbau ist verpflichtend, wenn die CLI von OPENSIFT genutzt wird.

```

1 PROZESSAKTIVITAET2_ENDPOINT_URI=$urlToServer_:10706/mock/$id_
2 SPRING_DATASOURCE_URL=$urlToJDBC_
3 SPRING_DATASOURCE_USERNAME=$usernameDatasource_
4 SPRING_DATASOURCE_PASSWORD=$passwordDatasource_

```

5 CAMUNDA_BPM_DATABASE_TYPE=\$databaseType_

Quelltext 3.6: Umgebungsvariablen als K-V-Datei

Eine Anforderung der Abteilung IE2 ist es, die Konfigurationsdatei über eine Generierung zu erstellen, um mögliche Syntaxfehler ausschließen zu können. Des Weiteren soll so eine Standardisierung der Konfigurationsdatei unternehmensweit erzielt werden. Das Vorgehen dazu soll folgende Stufen enthalten:

1. Eine einheitliche Übergabedatei soll von den Entwicklungsteams in einer Versionsverwaltung abgelegt werden. Die Datei ist nach Vorgaben der Abteilung IE2 aufgebaut.
2. Danach soll aus dieser Datei die Konfigurationsdatei erzeugt werden.
3. Diese wird durch OPENSIFT validiert, bevor sie ins Cluster geladen wird.
4. Das Ergebnis ist die vollständige Konfigurationsdatei, die die Komponenten beschreibt, die verteilt werden sollen.

Für die Generierung ist es wichtig ein Grundgerüst der Konfigurationsdatei zu haben. Dieses ist im Anhang A.3 auf Seite XXX mit beispielhaften Werten zu sehen. Zweck des Grundaufbaus ist es, bei der Generierung die fehlenden Informationen möglichst leicht zu integrieren. Dabei hilft es, wenn eine Grundstruktur des Ergebnisses vorhanden ist. Der Aufbau der zulässigen Wortfolgen in einer Zeile der Übergabedatei ist nachfolgend in der Quellcode-Darstellung 3.7 als Backus-Naur-Form (BNF)⁷¹ beschrieben.

```

1      <Zeile> ::= <Schluessel> <Zuweisung> <Wert> <EOL> | <
           ↳ Gruppe> <EOL> | λ <EOL>
2      <Schluessel> ::= <Grossbuchstaben> | <Grossbuchstaben> <
           ↳ Schluessel>
3      <Zuweisung> ::= "="
4      <Wert> ::= <Zeichenkette>
5      <Gruppe> ::= "[" <Zeichenfolge> "]"
6      <Zeichenfolge> ::= <Grossbuchstaben> | <Grossbuchstaben> <
           ↳ Zeichenfolge>
7      <Zeichenkette> ::= λ | <Zeichen> | <Zeichen> <
           ↳ Zeichenkette>
8      <Grossbuchstaben> ::= "A" | "B" | "C" | "D" | "E" | "F"
           ↳ | "G" | "H" | "I" | "J" | "K" | "L" | "M" | "N"
           ↳ | "O" | "P" | "Q" | "R" | "S" | "T" | "U" | "V"
           ↳ | "W" | "X" | "Y" | "Z" |

```

⁷¹ „Using BNF it is possible to specify which sequences of symbols constitute a syntactically valid program in a given language. (The question of semantics—i.e, what such valid strings of symbols mean—must be specified separately.)“ (McCracken und Reilly 2003)


```

9      <Zeichen> ::= "A" | "B" | "C" | "D" | "E" | "F" | "G" |
        ↪ "H" | "I" | "J" | "K" | "L" | "M" | "N" | "O" |
        ↪ "P" | "Q" | "R" | "S" | "T" | "U" | "V" | "W" |
        ↪ "X" | "Y" | "Z" | "_" | "/" | "-" | ":" | "." |
        ↪ "a" | "b" | "c" | "d" | "e" | "f" | "g" | "h" |
        ↪ "i" | "j" | "k" | "l" | "m" | "n" | "o" | "p" |
        ↪ "q" | "r" | "s" | "t" | "u" | "v" | "w" | "x" |
        ↪ "y" | "z"

```

Quelltext 3.7: BNF der Übergabedatei

Ein Beispiel einer validen Übergabedatei ist im Anhang A.4 auf Seite XXXI zur Veranschaulichung des Konzeptes abgebildet. Nachfolgend beschreibt der Algorithmus 1 auf der nächsten Seite die Logik zur Generierung einer Konfigurationsdatei. Dieser ist absichtlich in Pseudocode verfasst, um den Fokus auf die Logik zu setzen und nicht auf Besonderheiten einer Programmiersprache. Die Idee dieses ist es, die Übergabedatei einzulesen, auszuwerten und auf Basis dieser eine valide Konfigurationsdatei zu erstellen.

Ziel des Algorithmus 1 auf der nächsten Seite ist es, aus einer definierten Übergabedatei (siehe dazu Quellcode 3.7 auf der vorherigen Seite) die Konfigurationsdateivorlage („yamlTemplate“) mit den Übergabedaten anzureichern. Dabei werden zuerst mit einer Schleife alle Zeilen der Übergabedatei eingelesen und nach zwei Kriterien klassifiziert. Kriterium eins beziehungsweise Fall eins bedeutet, dass die Zeile ein neues Gruppenelement (später in der YAML-Datei das Element der aktuellen Ebene minus eins) enthält. Damit ist ein Schlüsselement gefunden. Diesem werden nun im alternativen Fall alle folgende Zeilen zu geordnet bis wieder ein Gruppenelement gefunden ist. Nach Beendigung der ersten Schleife sind alle Zeilen in einem „map“-Objekt als K-V-Paare gespeichert. Diese werden an der entsprechenden Stelle der Konfigurationsdatei hinzugefügt. Nach Beendigung dieses Programms ist die Konfigurationsdatei mit den entsprechenden Werten der Übergabedatei beschrieben. Ein mögliche Implementierung könnte sich auch die Struktur der YAML-Datei zu nutze machen: Es gibt für verschiedene Programmiersprachen Module, die eine Objektstruktur in die entsprechende YAML-Syntax überführen. Mit solch einem Modul wäre die zweite Schleife des Algorithmus 1 auf der nächsten Seite nicht notwendig. So würde die Objektstruktur eingelesen werden, danach mit mittels Objektmanipulation (wie löschen, hinzufügen beziehungsweise editieren der Attribute) die entsprechenden Stellen angepasst und am Ende des Programms wieder in eine YAML-Datei überführt. Die aktuelle Version des Algorithmus 1 auf der nächsten Seite ist bezüglich seiner Laufzeit $T_P(x)$ ⁷² und der Komplexität \mathcal{O} nicht optimiert. Wenn die oben beschriebene Bibliothek⁷³ die YAML-Datei in eine Struktur übersetzt auf die direkt zugegriffen werden kann, d. h. die Kom-

⁷² T entspricht der Laufzeit des Programmes P auf x Eingaben

⁷³hier eine Sammlung von fertigen Programmen zur Verwendung

Algorithmus 1 Generierung der Konfigurationsdatei aus einer K-V-Datei

```

procedure GENERATEDEPLOYMENTCONFIG(pathToKVFile)
  path ← pathToKVFile
  map[ ] ← ▷ Map with a key and a value, e.g. a array of lines as value
  lines[ ] ← READFILEBYLINES(path)
  currentKey = null
  yamlTemplate ← READFILE(pathToYamlTemplate)

  for all lines[ ] as line do
    if line like REGEX("\{1\}([A-Z]+)\{1\}") then ▷ New group element?
      keyword ← TRIM(line, "[", "]")
      currentKey ← keyword
      map.ADDKEY(currentKey)
    else ▷ line contains a k-v-pair
      map[currentKey].ADD(line)
    end if
  end for ▷ All lines of file are stored in k-v-pairs in var map now

  allKeys[ ] ← map.GETALLKEYS
  for i ← 0, i ≤ LENGTH(allKeys[ ]), i ++ do
    for all lines of map[allKeys[i]] as line do
      ADDTOYAML(yamlFile, lineToBeAdded, key)
    end for
  end for
end procedure

```

plexität des Zugriffes entspricht $\mathcal{O}(1)$, verbessert sich die Laufzeit T des Algorithmus 1 erheblich. Es ist die Verwendungen solch einer Bibliothek zu empfehlen, da die Komplexität des Algorithmus und die Laufzeit verbessert wird. Des Weiteren reduziert sich der Entwicklungsaufwand des Programms, da die Umsetzung der YAML-Datei ohne zusätzliche Entwicklung einer Funktion auskommt.

3.3.3 Prozessmodellierung anhand der Anwendung Camunda

Die Überschrift dieses Kapitels bezieht sich auf den Verteilungsprozess der Container-Anwendung CAMUNDA und nicht auf die Geschäftsprozessmodellierung, die CAMUNDA anbietet. Dabei ist in dem Container, der verteilt werden soll, der Prozess mit Quellcode abgebildet. Die Formulierung „Anwendung CAMUNDA“ inkludiert sowohl die Anwendung als solche (das „Base Image“ im Wortlaut von DOCKER) als auch den zusätzliche Quellcode, den die Entwicklungsabteilung erstellt hat. Nachfolgend

wird aus platztechnischen Gründen von der *Anwendung CAMUNDA* gesprochen. Die Formulierung „Prozessmodellierung“ bezieht sich auf den oben genannten Verteilungsprozess.

CAMUNDA ist ein freies⁷⁴ „Workflow“-Management-System, mit dem Geschäftsprozess unter der Verwendung des Standards BPMN 2.0⁷⁵ modelliert und ausgeführt werden können.⁷⁶ Es ist in Java geschrieben und als Container-Anwendung in DOCKER verfügbar. Die SVI nutzt zusammen mit ihrem Kunden, der SV, die Container-Variante. Die Entwicklungsabteilung beschreibt das Vorgehen zur Entwicklung so: Der Fachbereich des Kunden SV entwickelt per „Drag&Drop“ ein Prozessablaufmodell, dass danach durch die Entwicklungsteams mit Logik (Programmcode in Java) versorgt wird. Für die Prozessmodellierung ist der Aufbau beziehungsweise Inhalt des Containers irrelevant.

Der Prozess muss zwingend mit der zentralen „Deployment“-Anwendung ARA erstellt und betrieben werden (vgl. dazu Anforderung A₈ der Abteilung IE2). Die wesentlichen Bestandteile sind die Übergabedatei als „Input“, die Konfigurationsvorlage als „Input“ und die angereicherte Konfigurationsdatei als „Output“. Die Übergabedatei wurde per BNF in der Quellcodeabbildung 3.7 auf Seite 28 standardisiert. Diese Grammatik wird der Entwicklungsabteilung zur Verfügung gestellt, um der Entwicklerin den genauen Aufbau der Übergabedatei zu erklären. Dieses Verfahren verhindert Unklarheiten bezüglich der Syntax. Außerdem könnte eine interessierte Entwicklerin ein Programm entwickeln, das auf Grundlage dieser Grammatik die Übergabedatei auf Syntaxfehler überprüft, bevor sie der „Deployment“-Abteilung IE2 zur Verfügung gestellt wird. Diese Datei wird in einer Versionsverwaltung (hier SERENA DIMENSIONS) übergeben. Nach erfolgreichem Herunterladen der Datei auf einen Arbeitsserver (hier „DIM.S-V“) beginnt die Verarbeitung dieser Datei. Für diese wird initial der Algorithmus 1 auf der vorherigen Seite verwendet. Zuvor wurde die Konfigurationsdateivorlage aus der Versionsverwaltung auf den Arbeitsserver geladen. Der Algorithmus 1 auf der vorherigen Seite wurde in einer veränderten Form durch die Programmiersprache PYTHON implementiert. Dieser wurde verändert, da PYTHON mit dem Modul PYYAML eine verbesserte Unterstützung bei der Bearbeitung von YAML-Dateien anbietet. Dabei übersetzt das Modul die YAML-Datei in ein Objekt, das mit allen möglichen, unterstützen Operation bearbeitet werden kann. Danach wird das Objekt in eine YAML-Datei umgewandelt. Da die Konfigurationsdatei in diesem Format beschrieben ist, bietet sich diese Vorgehensweise an. Nach erfolgreicher Anreicherung der Konfigurationsdatei muss diese an OPENSIFT übergeben werden. Dafür ist der Übergabeserver (hier „OSHIFT.S-V“) zuständig. Dieser Server führt vor Abschluss des Prozesses mehrere Schritte durch: eine Validierung der Konfigurationsdatei, hochladen der Datei auf das

⁷⁴ „open source“, teilweise

⁷⁵ Object Management Group (OMG) 2011.

⁷⁶ vgl. Camunda Services GmbH 2020.

OPENSIFT-Cluster (hier Cluster) ins entsprechende Projekt, die Breitstellung für alle berechtigten Benutzerinnen des Projektes und die aktivieren der Konfiguration, dass dem tatsächlichen Verteilung der Anwendung entspricht. Danach ist diese sichtbar für die Kunden. Um diesen Prozess visuell zu verdeutlichen, wird dieser mit einem adaptierten UML-Sequenzdiagramm in Abbildung 3.3 dargestellt. Dieses Vorgehen ist in Kapitel 2 auf Seite 5 begründet.

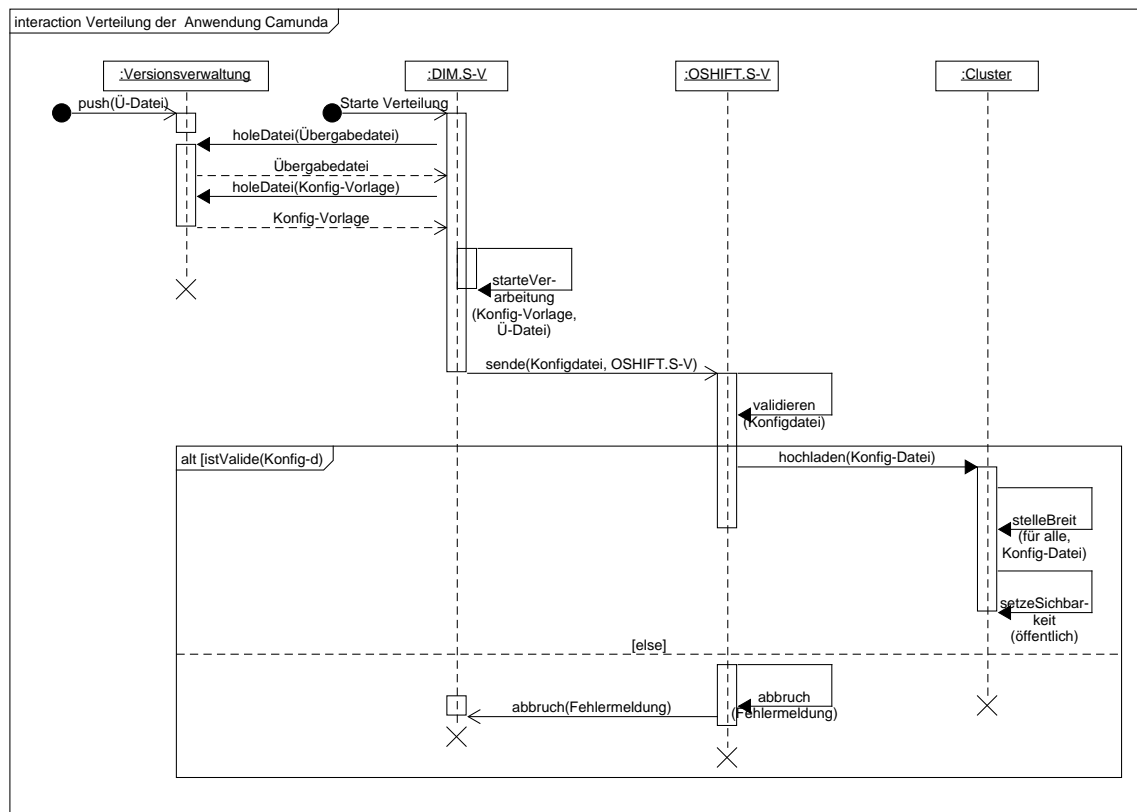


Abbildung 3.3: (adaptiertes) Sequenzdiagramm zur Verteilung der Anwendung CAMUNDA

Quelle: eigene Darstellung
unternehmensintern

Die Anforderungen A_1, \dots, A_{10} wurden auf unterschiedliche Weise in diesem Prozess umgesetzt. A_1 und A_2 beziehen sich auf die Konfigurationsdatei und die Übergabedatei. Die Anforderungen wurden durch die Standardisierung der Übergabedatei, die Generierung der Konfigurationsdatei und die Validierung dieser umgesetzt. Die Möglichkeit der Definition von Umgebungsvariablen ist in der Übergabedatei gegeben. Über die Konfigurationsdatei werden die Komponenten verteilt. A_3 beschreibt

die Anforderung, dass konsistente Komponenten verteilt werden. Die Validierung dieser erfolgt durch das OPENSIFT-Cluster und ist somit gewährleistet. Des Weiteren unterstützt der, in Abbildung 3.3 auf der vorherigen Seite, dargestellte Prozess die Anforderung A_4 , indem eine Konfigurationsdatei als „Deployment“-Artefakt verteilt wird. Damit ist der Prozess entkoppelt von dem Inhalt des Containers. Anforderung A_5 bis A_7 wird durch die direkte Kommunikation (über die API) der Verteilungsanwendung ARA erfüllt. ARA kommuniziert ausschließlich über die OPENSIFT-API. Da diese Verteilungsanwendung automatisch und revisions-konform ist, sind alle verbleibenden Anforderungen erfüllt. Die Funktionalitäten der Methoden, die in Abbildung 3.3 auf der vorherigen Seite verwendet wurden, werden in der Tabelle 3.2 kurz beschrieben. Dies dient der Übersichtlichkeit und dem Verständnis.

Methoden	Beschreibung
push(Ü-Datei)	Veröffentlicht die Übergabedatei in der Versionsverwaltung.
holeDatei(Datei)	Lädt die angegebene Datei von der Versionsverwaltung auf einen Server, der die Methode aufgerufen hat.
starteVerteilung(Konfig-Vorlage, Ü-Datei)	Damit wird die Erstellung der angereicherten Konfigurationsdatei gestartet.
sende(Konfig-Datei, Server)	Diese Methode versendet die Konfigurationsdatei an den entsprechend Server.
validieren(Konfig-Datei)	Überprüft die Konfigurationsdatei auf Syntax-Fehler.
hochladen(Konfig-Datei)	Lädt die Datei in OPENSIFT-Cluster hoch.
stelleBereit(für wen?, Datei)	Diese Methode schaltet die angegebene Datei für alle berechtigten Benutzerinnen auf dem Cluster frei.
setzeSichtbarkeit(Sichtbarkeit)	Veröffentlicht die Komponenten, die durch die Konfigurationsdatei beschrieben wurden. Damit ist der Verteilungsvorgang abgeschlossen.
abbruch(Fehlermeldung)	Bricht den Verteilungsprozess ab und gibt eine Fehlermeldung zurück.

Tabelle 3.2: Überblick über die verwendeten Methoden in Abbildung 3.3 auf der vorherigen Seite

3.4 Ergebnis der Forschungsfrage eins

Die Ergebnisse der Forschungsfrage eins – Wie können Container-Anwendungen den Prozess des automatisierten „Deployments“ unterstützen? – werden nachfolgend kurz zusammengefasst. Eine kritische Betrachtung des gesamten Ergebnisses der Bachelorarbeit ist im Epilog (siehe Kapitel 6 auf Seite 50) zu finden.

Prozess wird generisch(er) Durch die Verwendung dieses Prozess können in Zukunft viele Anwendungen mit nur einem Prozess verteilt werden. Dies ist bedingt durch die Entkopplung der Verteilungslogik und dem eigentlichen Prozess. Da OPENSIFT nach dem Erhalt der Konfigurationsdatei die wirkliche Verteilung der Komponenten übernimmt, hat sich das komplette Verständnis eines „Deployments“ innerhalb der SVI verändert beziehungsweise wird sich verändern. Der neuartige Prozess verteilt nur noch die Konfiguration(-sdatei) und nicht, wie bei den vorherigen Prozessen, den Programmcode oder das Kompilat des Codes. Damit kann der Prozess eine Verteilungsobjekt-unabhängige Logik verwenden. Dieser profitiert von den oben genannten Vorteilen der Container-Anwendungen (vgl. dazu 3.1.3 auf Seite 13). Des Weiteren profitiert die Endkundin von der ständigen Verfügbarkeit der „Cloud“, da eine Verteilung einer neuen Version während der Betriebszeiten gemacht werden kann – dadurch wird eine schnellere TTM erreicht. Der, in Abbildung 3.3 auf Seite 32 abgebildete, Prozess stellt einen ersten Versuch einer automatisierten Verteilung (von Container-Anwendungen) dar. In weiteren Evaluierungen muss der neue Prozess seine Vorteile unter Beweis stellen. Bis dieser von den Verantwortlichen freigegeben wird und produktiv geht, sind noch einige Schritte notwendig, wie z. B. die Qualitätssicherung und die Prüfung auf Revisions-Tauglichkeit.

Aufwand ist langfristig geringer Dieser Teil des Ergebnisses folgt aus der Aussage, dass der Prozess generischer wird: Der anfängliche Aufwand der Entwicklung eines Container-„Deployment“-Prozesses ist im Unternehmen SVI höher, da noch kein Wissen über die Container-/„Cloud“-Technologie vorhanden war. Des Weiteren gab es kein etabliertes Vorgehen, wie Container-Anwendungen im Bereich der Verteilung behandelt werden. So musste eine Übergabe- und Konfigurationsdatei entwickelt werden, die Infrastruktur (nicht Teil dieser Arbeit) für OPENSIFT und Container-/„Cloud“-Produkte geschaffen werden. Außerdem wurden Regeln entwickelt (nicht Teil dieser Arbeit), wie die Zusammenarbeit zwischen den einzelnen, beteiligten Abteilungen funktioniert. Ist der Verteilungsprozess entwickelt und läuft stabil, benötigt dieser keinen weiteren Entwicklungsaufwand. Solange die Anforderungen der Plattform „OpenShift“ nicht verändern, benötigt der Prozess fachlich keine Weiterentwicklung. Somit pendelt sich der Aufwand auf einem konstant niedrigem Niveau ein. Die verbleibenden, aufwand-verursachenden Aufgaben beschränken sich auf die Betreuung im Fehlerfall

(Konfigurationsdatei ist fachlich nicht korrekt) und auf die Überwachung der Verteilung neuer Anwendungen. Im Gegensatz dazu stehen die aktuellen Prozesse, die für die Bestandssysteme der SV implementiert sind. Hier müssen ständig Anpassungen am Verteilungsprozess gemacht werden, da Kompilate und Quellcode verteilt wird und der „Deployment“-Prozess auch Kompilierungen vornimmt.

Verbesserte Kontrolle des Erfolges Dies ist bedingt durch die Verteilung einer einzigen Konfigurationsdatei während eines „Deployments“. Es müssen nicht mehr tausende Artefakte eines Programms verteilt werden. Dadurch ist die Kontrolle des Erfolges beziehungsweise Misserfolges im Vergleich zum jetzigen Prozess einfacher. Im Fehlerfall muss eine Datei, die Konfigurationsdatei, überprüft werden. Die Generierung dieser Datei beschränkt sich auf einen Generierungsalgorithmus, der aus einer Übergabedatei die Konfigurierung ableitet. Wenn dieser getestet ist und fehlerfrei läuft, ist die Fehlerquelle bei einer falschen Verteilung von Komponenten initial beschränkt auf die Übergabedatei. Diese kann einfach kontrolliert und verbessert werden. Es sind immer noch Fehler möglich, jedoch ist die Anzahl der möglichen Fehlerquellen gesunken.

Kritik am Generierungsalgorithmus 1 Dieser Algorithmus 1 auf Seite 30 ist, wie schon erwähnt, bezüglich seiner Laufzeit $T(x)$ und Komplexität \mathcal{O} nicht optimiert. Somit Bedarf dieser noch weiteren Verbesserungen, um die Leistung zu steigern. Problematisch sind die ineinander kombinierten Schleifen, da sie die Laufzeit im schlechtesten Fall polynominell, d. h. pro Schleife erhöht sich der (positive) Exponent von n^c um eins und damit die Komplexitätsklasse $\mathcal{O}(n^c)$, $c \geq 1$. Wie oben beschrieben kann über die Vermeidung von ineinander kombinierten Schleifen die Komplexität klein gehalten werden. Eine erste Möglichkeit ist es, das Modul PYAML zu nutzen, dass durch die Übersetzung der Konfigurationsdatei in ein K-V-Objekt Zugriffe der Komplexität $\mathcal{O}(1)$ zulässt. Die Komplexität $\mathcal{O}(1)$ bedeutet übersetzt in diesem Kontext ein direkter Zugriff auf ein Element.

Ausblick: Weitere Evaluierung notwendig Um die Qualität des Prozesses weiter zu verbessern, sind weitere Schritte notwendig. So müssen die Regeln zur Übergabe der Dateien, zum Aufbau der Konfigurationsdatei und zur Zusammenarbeit erstellt beziehungsweise verbessert werden. Auch müssen Management-Entscheidungen zur Standardisierung dieses Prozess angestoßen und verfolgt werden. Eine weitere Empfehlung ist, den langfristigen Nutzen dieses Prozess zu analysieren, um Verbesserungspotentiale zu finden. Die Forschungsfrage eins versteht sich als ersten Versuch ein lauffähiges Container-„Deployment“ in der SVI zu entwickeln – es sind weitere Schritte bis zum Produktivgang des Prozesses nötig.

4 Welche wirtschaftlichen Vorteile hat der Einsatz von Container auf den Prozess des automatisierten „Deployments“?

In diesem Kapitel ...

4.1 Grundlagen: Definieren der Begrifflichkeiten zur Forschungsfrage zwei

Dieses Teilkapitel soll grundlegende Begrifflichkeiten, die im weiteren Verlauf dieser Arbeit verwendet werden, definieren, um so eine einheitliche Terminologie der Begriffe zu entwickeln. Dadurch wird ein gemeinsames Verständnis erzeugt.

Geschäftsprozessanalyse Der Begriff „Geschäftsprozess“ beschreibt eine zusammenhängende Folge von Aufgaben beziehungsweise Tätigkeiten, die in einem Unternehmen abgeschlossen werden, um die Unternehmens-/Organisationsziele zu erreichen. Die Analyse untersucht schlussendlich dieselben Sachverhalte, wie auch die klassischen Ansätze der Organisationslehre.⁷⁷ Diese sind klassisch die Effizienzsteigerung und die Einsparung. Dabei werden die zu leistenden Tätigkeiten, Aufgaben und Arbeitsabläufe auf die genannten Ansätze optimiert. Im Vergleich zur klassischen Optimierung steht bei der Geschäftsprozessanalyse eine andere Perspektive im Fokus. Hier werden die „längere(n) zusammenhängende(n) Folgen von Tätigkeiten, die zur Erledigung einer größeren Aufgabe nötig sind“, ⁷⁸ betrachtet. Damit ist der gesamte Ablauf eines Prozesses als Ausgangspunkt der Analyse zu betrachten und nicht mehr nur einzelne Tätigkeiten und Stellen.

Um das weitere Verständnis der Begrifflichkeiten zu fördern, werden folgende Begriffe definiert⁷⁹: Aufgaben und deren Eigenschaften, Aufgabenfolgen und Funktionen. Aufgaben sind Teilarbeitspakete einer Tätigkeit, die auf unterschiedlichen Ebenen betrachtet werden können. Die kleinste Einheit einer Aufgabe ist die Elementaraufgabe,

⁷⁷vgl. Staud 2006, S. 5.

⁷⁸Staud 2006, S. 5.

⁷⁹vgl. Staud 2006, S. 4-5.

die nicht weiter teilbar ist. Wichtig ist, dass Aufgaben teilbar und wieder zusammenfassbar sind, so wird eine unterschiedliche Aggregationsstufe erreicht. Das Problem der Aggregation ist, dass die ModelliererIn, geprägt durch ihre Wahrnehmung, die Ebene der Betrachtung einer Aufgabe/Tätigkeit subjektiviert und so das Ergebnis stark beeinflusst wird – so auch die Länge der Geschäftsprozesse. Die sequenzielle Folge von Aufgaben entsteht durch die Erstellung eines Vorgangs, der eine Abfolge von Tätigkeiten zur Realisierung von Aufgaben beschreibt. Schließlich wird ein Geschäftsprozess von Staud 2006 definiert als: „[...] besteht aus einer zusammenhängenden abgeschlossenen Folge von Tätigkeiten, die zur Erfüllung einer betrieblichen Aufgabe notwendig sind. Die Tätigkeiten werden von Aufgabenträgern in organisatorischen Einheiten unter Nutzung der benötigten Produktionsfaktoren geleistet. Unterstützt wird die Abwicklung der Geschäftsprozesse durch das Informations- und Kommunikationssystem IKS des Unternehmens.“⁸⁰ Eine weitere Definition charakterisiert den Geschäftsprozess als „[...] eine zielgerichtete, zeitlich logische Abfolge von Aufgaben, die arbeitsteilig von mehreren Organisationen oder Organisationseinheiten unter Nutzung von Informations- und Kommunikationstechnologien ausgeführt werden können. Er dient der Erstellung von Leistungen entsprechend den vorgegebenen, aus der Unternehmensstrategie abgeleiteten Prozesszielen. Ein Geschäftsprozess kann formal auf unterschiedlichen Detaillierungsebenen und aus mehreren Sichten beschrieben werden.“⁸¹ Die zweite Definition wird in dieser Arbeit verwendet, denn sie stellt die Unternehmensstrategie als zentralen Messfaktor in den Mittelpunkt. Werden alle Geschäftsprozesse linear kombiniert, entsteht die Darstellung der Wertschöpfungskette eines Unternehmens. Deswegen gibt es nur systemrelevante Geschäftsprozesse in einem Unternehmen. Sie können noch Optimierungspotential enthalten, jedoch sind sie nie unnötig oder nicht brauchbar. Ein Geschäftsprozess wird an dem Kunden orientiert. Es wird trotzdem zwischen Kern- und unterstützenden Prozessen unterschieden: bei Kernprozessen handelt es sich um die Hauptleistung eines Unternehmens, wie die Produktion eines Autos bei einem Autohersteller. Die Unterteilung in Kern- und unterstützende Prozesse beschreibt dabei nicht die Wichtigkeit dieser; es ist also keine Einteilung in weniger wichtig und wichtig vorzunehmen.⁸²

Geschäftsprozesse haben verschiedene Eigenschaften, wie der Automatisierungsgrad, die Datenintegration und die Prozessintegration. Der Automatisierungsgrad beschreibt wie groß der Anteil der Aufgabenerfüllung ist, welcher dunkel, d. h. ohne menschliche Interaktion, bewältigt werden kann. Die Datenintegration ist ein wichtiger Bestandteil bei Optimierungsvorhaben, denn sie sollte bei 100 Prozent liegen, um Inkonsistenzen der Daten auszuschließen. Bei weniger als 100 Prozent entwickeln sich Parallelwelten im Unternehmen. Ist ein Geschäftsprozess über viele verschiedenen traditionellen Organisationsbereiche aufgespannt, so ist seine Prozessintegration hoch. Gibt es Organi-

⁸⁰Staud 2006, S. 9.

⁸¹Gadatsch 2010, S. 41.

⁸²vgl. Staud 2006, S. 11.

tionsbrüche, d. h. wird ein Prozess aktiv an einer beteiligten Abteilung vorbeigeführt, muss die Notwendigkeit dieser Maßnahme bei der Optimierung überprüft werden. Zu den Komponenten der Geschäftsobjekte: Je nach Ziel der Untersuchung können beziehungsweise sind viele Komponenten beteiligt und damit identifiziert werden. Des Weiterenwegen beschränkt die Betriebswirtschaftslehre (BWL) diese auf die formellen Strukturen einer Organisation und auf das Handeln der Beteiligten, das unmittelbar Einfluss auf den Geschäftsprozess hat.⁸³

Ziel der Geschäftsprozessanalyse ist es, eine IST-Analyse des Prozesses durchzuführen, um so eine Bestandsaufnahme vorhalten zu können, und eine Optimierung dieses, die die Beseitigung von Schwachstellen zur Folge hat. Diese werden bei der IST-Analyse entdeckt. Einschränkend zu erwähnen ist, dass die Methodik der Geschäftsprozessanalyse nicht genau definiert ist, da die Identifikation (Detaillierungsgrad) und Abgrenzung (Länge) der Prozesse subjektiv beeinflusst wird. Das Modell der Ereignisgesteuerte Prozesskette(n) (EPK) ist eine mögliche Methodik, um Geschäftsprozesse zu analysieren und zu beschreiben.⁸⁴ EPK ist ein Vorgehensmodell zur sichten-orientierten Modellierung von Geschäftsprozessen, dabei wird ein Prozess und seine dazugehörigen Funktionen in einer zeitlich-logischen Abfolge illustriert.⁸⁵ Die Kontrollflusssteuerung zwischen den einzelnen Funktionen eines Geschäftsprozess werden über Geschäftsregeln gesteuert. Diese beinhalten folgende Konstrukte: Ereignis, Bedingung und Funktion/Methode/Aktion. Entscheidungen werden über die verfügbaren Verknüpfungsfunktionen modelliert:⁸⁶ *AND*-, *OR*- und *XOR*-Verknüpfung.⁸⁷ Des Weiteren gibt es eine andere Methodik, die in einem Standard, Business Process Model and Notation (BPMN) Version 2.0⁸⁸ definiert ist, die Geschäftsprozesse modelliert. Außerdem wurde dieser Standard in der Norm ISO/IEC 19510 verankert.⁸⁹ Im Gegensatz zur EPK fokussiert sich BPMN rein auf die Modellierung eines Prozesses und nicht auf folgende Strukturen: Prozesslandschaft, Aufbauorganisation, Daten, Strategie, Geschäftsregeln und IT-Landschaft.⁹⁰ Es gibt für BPMN eine Software-Lösung, CAMUNDA, die in der SVI eingesetzt wird und später die erste Container-Applikation für den neuen „Deployment“-Prozess ist.

„Business Case“ In diesem Teilkapitel werden der Aufbau eines Geschäftsszenarios und die grundsätzliche Methodik erläutert, da eine tiefgreifende, ausführliche Beschreibung des gesamten Themenkomplexes die Notwendigkeit für diese Arbeit über-

⁸³vgl. Staud 2006, S. 15.

⁸⁴vgl. Staud 2006, S. 59.

⁸⁵vgl. Scheer, Nüttgens und Zimmermann 1997, S. 4.

⁸⁶vgl. Scheer, Nüttgens und Zimmermann 1997, S. 4.

⁸⁷Hier wird an die gängige Schreibweise der Logikgatter angeknüpft.

⁸⁸Object Management Group (OMG) 2011.

⁸⁹ICT/1 2020.

⁹⁰vgl. Freund und Rücker 2017, S. 28.

schreitet. Eine vollumfängliche Betrachtung eines „Business Case“ kann eine eigene Bachelor-Thesis darstellen.

Die Erstellung eines Geschäftsvorfalles (engl. „Business Case“) ist für das Unternehmen bei der Betrachtung eines Projekts von elementarer Bedeutung. Ohne die Erstellung dieses könnten folgende Probleme mit hoher Wahrscheinlichkeit auftreten⁹¹:

- „The organization wastes valuable resources on projects that don't help the organization achieve its objectives. This leaves fewer resources available for more valuable projects.
- The organization has no clear basis to prioritize projects, for establishing what is important. Without a Business Case—and some organization-wide agreed measure of “value”—there is no means of determining which projects are important, and which are less so.
- There is likely to be disappointment after the completion of the project, as the stakeholders wonder why the project is not giving the great results they imagined [...].
- No target is established for why the project's deliverables are being created—other than the meeting of technical specifications.
- The organization has no opportunity to improve its project management maturity. One key learning from each project should be: “how well did the resource usage support the organization's goals?”“

Grundsätzlich ist ein Geschäftsszenario eine betriebswirtschaftliche Beurteilung einer Investition. Dabei werden Kosten und Nutzen dieser nach einer zuvor definierten Methodik gemessen, beurteilt und dokumentiert. Am Ende eines „Business Case“ entsteht eine, mit Informationen begründete, Aussage über die Investition – ist diese rentabel? Das Geschäftsszenario soll für jedes Projekt eines Unternehmens erstellt werden. Dabei soll mit diesem der Mitteleinsatz gegenüber den Führungskräften beziehungsweise der Geschäftsführung gerechtfertigt werden. Bestandteile des „Business Case“ sind somit: rein monetäre Größen und nicht-monetäre Aspekte (meist Abwägungen „hinsichtlich Risikoadressierung und Strategieorientierung in Verbindung mit den jeweiligen Optionen und deren wirtschaftlicher Vorteilhaftigkeit“⁹²). Es entsteht eine ganzheitliche Dokumentation aller entscheidungsrelevanter Sachverhalte: „Ein Business Case fasst alle entscheidungsrelevanten Aspekte eines geplanten Vorhabens mit dem Ziel zusammen, die wirtschaftliche Vorteilhaftigkeit und strategische Konformität des Gesamtprojekts aufzuzeigen und eine abschließende Management-Entscheidung über dessen Ausführung zu ermöglichen.“⁹³ Abzugrenzen ist dieser Begriff von dem „Business Plan“: er

⁹¹Herman und Siegelauß 2009, S. 4.

⁹²Brugger 2009, S. 12.

⁹³Brugger 2009, S. 13.

basiert auf der Gesamtbetrachtung einer organisatorischen Einheit und bis zur Ebene des Gesamtunternehmens. Der „Business Plan“ erstellt ein Gesamtbild und ist nicht auf einzelne Projekte/Investitionsentscheidungen fokussiert.

Im Bereich der Investitionen gibt es zwei Entscheidungspfade: die Durchführungsentscheidung (absolute Vorteilhaftigkeit) und die Auswahlentscheidung (relative Vorteilhaftigkeit).⁹⁴ Die Differenzierung beider Möglichkeiten ist durch den Faktor der Menge an zu bewertenden Investition gegeben: bei einer Investition wird die absolute (Ist diese wirtschaftlich?) und bei mehreren die relative Vorteilhaftigkeit (Welche ist wirtschaftlicher?) bewertet. Die Grundannahme der Investitionen lautet immer: der Nutzen muss größer sein als die Kosten. Wenn die Kosten den Nutzen übersteigen, gibt es drei Bewertungsmöglichkeiten. Die Investition ist: aussichtsreich; aussichtslos, doch andere Gründe sprechen dafür; aussichtslos. Aussichtsreiche Projekte sollten an die Erkenntnisse des Geschäftsszenario angepasst werden. Aussichtslose Projekt mit anderen Gründen müssen genaustens untersucht werden, um eine Entscheidung über die Realisation des Projekts zu treffen. Aussichtslose Projekte werden abgelehnt. Um den Nutzen der Erstellung eines „Business Case“ zu unterstreichen, sind folgende Vorteile zu nennen: er erhöht die Entscheidungssicherheit; schafft Entscheidungsspielraum, Übersicht und Transparenz, Verbindlichkeit, Klarheit, Nachvollziehbarkeit, und Vergleichbarkeit; er unterstützt die „Controlling“-Division.⁹⁵

Mit dem „Business Case“ kann die Informatik ihren Wertschöpfungsbeitrag am Unternehmen beweisen. Aus der Überlegung heraus die Informatik eines Unternehmens effektiv und effizient zu gestalten, ist die Betrachtung eines Geschäftsszenario von großer Bedeutung. Die Einordnung des Unternehmenszweck ist bei der Erstellung des „Business Case“ wichtig. Die Informatik kann auf zwei Arten dem Unternehmenszweck dienen: sie generiert Wert („value creation“) oder sie beschützt Wert („value protection“). So hat die Art des Dienstes direkte Auswirkungen auf den „Business Case“-Fokus. Bei der Wertsicherung wird ein Kostenvergleich in der Wirtschaftlichkeitsanalyse durchgeführt; die Wertgenerierung hingegen bedingt einen Kosten-Nutzen-Vergleich. Die Wertsicherung ist aus Sicht der Informatik für ein Unternehmen eine zwingende Aktivität. Problematisch ist es, da die Kunden (meist intern) keinen unmittelbaren Wertschöpfungscharakter erkennen und deswegen diese Maßnahmen meist nicht hoch priorisiert sind, jedoch erheblichen Einfluss auf die Geschäftstätigkeit eines Unternehmens haben.⁹⁶ Im Anhang B.1 auf Seite XXXII ist ein stark vereinfachtes Flussdiagramm dargestellt, dass die Entscheidungspfade für und gegen die Erstellung eines Geschäftsszenarios illustriert. Dieses kann benutzt werden, um eine schnelle Entscheidung zu erhalten, dennoch ist der eigentliche Prozess komplizierter wie in der Abbildung B.1

⁹⁴vgl. Brugger 2009, S. 14.

⁹⁵vgl. Brugger 2009, S. 17.

⁹⁶vgl. Brugger 2009, S. 27.

auf Seite XXXII dargestellt. Beeinflusst wird dieser nicht nur durch staatliche Verordnungen und Gesetze, sondern auch durch innerbetriebliche Vorschriften.

Ein „Business Case“ kann intern oder extern erstellt werden. Es sind noch weitere Kombinationsmöglichkeiten denkbar, die in der Praxis jedoch kaum eine Rolle spielen.⁹⁷ Es gibt für beide Möglichkeiten, intern oder extern erstellt, Vor- und Nachteile, die im Anhang B.2 auf Seite XXXIV abgebildet sind. Die beteiligten Einheiten des Unternehmens entstammen der Informatik, einer „Business Unit“, der Finanzabteilung (meist „Controlling“) und der Personalabteilung. Entscheidungen, die das Projekt und somit das Geschäftsszenario betreffen, werden durch die höheren Führungsebenen in Verbindung mit den projektanforderten Bereich getroffen. Die Erstellung teilt sich in drei Ebenen auf: Initialisierung („Business Case Definition“), Entwicklung („Business Case Development“) und Prüfung („Business Case Quality Check“).⁹⁸ Während der Initialisierungsphase werden die Teams definiert, eine Eingrenzung der beteiligten Abteilungen vereinbart, die Faktoren/Parameter für die Wirtschaftlichkeitsrechnung festgelegt und die Kalkulationsmethoden für die Ermittlung der Kennzahlen gewählt. In der Entwicklungsphase werden folgende Arbeitsschritte durchgeführt: Projektplanung/Systemkonzeption, Erhebung und Analyse der Kosten/des Nutzens, Aufbau des Wirtschaftlichkeitsmodells; Auswertung der Ergebnisse, die eine Sensitivitäts- (Versuch die optimale Lösung weiter zu verbessern), eine Risiko- und Strategieberücksichtigung enthält; und die Zusammenfassung für die Führungsebene. Im Anhang B.2 auf Seite XXXIV ist eine Abbildung mit der chronologischen Anordnung der Arbeitsschritte zu sehen, die nochmals auf die Abhängigkeit der Schritte hinweist. Die letzte Phase beschäftigt sich mit der Qualitätssicherung der gewonnenen Erkenntnisse, dabei werden eine Validierung der Annahmen, die Prüfung der eingegebenen Daten und eine Abstimmung mit anderen Projekten durchgeführt.

4.2 „Business Case“: „Deployment“ einer Container-Anwendung

4.3 Ergebnis der Forschungsfrage zwei

⁹⁷vgl. Brugger 2009, S. 33.

⁹⁸vgl. Brugger 2009, S. 41-42.

5 Welche besonderen sicherheitstechnischen Aspekte muss ein solcher Prozess im Bereich der Versicherung erfüllen?

Diese Kapitel ... <Einführung ins Kapitel>

Informations- und Kommunikationssysteme sind in der heutigen Gesellschaft von elementarer Bedeutung – sie spielen eine immer größer werdende Rolle. Der Innovationsgrad in der Informationstechnik ist konstant hoch und deswegen sind folgende Bereiche ständiger Weiterentwicklung unterlegen: steigende Vernetzung der Bevölkerung, IT-Verbreitung und Durchdringung, verschwinden der Netzgrenzen, kürze Angriffszyklen auf wichtige Infrastruktur, höhere Interaktivität von Anwendungen und die Verantwortung der Benutzer eines IT-Systems.⁹⁹

5.1 Grundlagen: Sicherheitstechnische Anforderungen

Informationen sind elementarer Bestandteil der heutigen Welt – diese sind von sehr hohem Wert für Unternehmen, Behörden und Privatpersonen. Die meisten Geschäftsprozesse, die im heutigen Prozessablauf einer Organisation verankert sind, funktionieren nicht ohne IT-Unterstützung. Somit ist die Informationstechnologie zentraler Bestandteil jedes Unternehmens. Deswegen ist ein zuverlässiges System mit entsprechender Soft- und Hardware unerlässlich. Es muss darauf geachtet werden, dass die Informationen, die auf diesem System verteilt sind, ausreichend gut geschützt sind, damit es nicht zu einer Bedrohungslage kommt. Unzureichend geschützte Systeme stellen ein sehr hohes Risiko dar. „Dabei ist ein vernünftiger Informationsschutz ebenso wie eine Grundsicherung der IT schon mit verhältnismäßig geringen Mitteln zu erreichen. Die verarbeiteten Daten und Informationen müssen adäquat geschützt, Sicherheitsmaßnahmen sorgfältig geplant, umgesetzt und kontrolliert werden. Hierbei ist es aber wichtig, sich nicht nur auf die Sicherheit von IT-Systemen zu konzentrieren, da Informationssicherheit ganzheitlich betrachtet werden muss. Sie hängt auch stark von infrastrukturellen, organisatorischen und personellen Rahmenbedingungen ab.“¹⁰⁰ Die

⁹⁹vgl. Bundesamt für Sicherheit in der Informationstechnik (BSI) 2020, S. 2f.

¹⁰⁰Bundesamt für Sicherheit in der Informationstechnik (BSI) 2020, S. 1.

Mängel in der IT-Sicherheit führen meist zu folgenden drei Kategorien von Problemen¹⁰¹:

- Verlust der Verfügbarkeit
- Verlust der Vertraulichkeit
- Verlust der Integrität

Der Verlust der Verfügbarkeit eines IT-Systems fällt in der Regel (i.d.R.) sofort auf, da meist Aufgaben ohne diese Informationen nicht weitergeführt werden können. Meist fällt dies in den Verlust der Funktionen eines Systems auf. Die Vertraulichkeit von personenbezogenen Daten ist ein bestehendes Grundrecht jedes Bürgers beziehungsweise jedes Kunden. Dies ist in verschiedenen Gesetzen wie auch Verordnung geregelt. Diese Daten müssen geschützt werden, da jedes Konkurrenzunternehmen Interesse an den Daten des Unternehmens hat. „Gefälschte oder verfälschte Daten können beispielsweise zu Fehlbuchungen, falschen Lieferungen oder fehlerhaften Produkten führen. Auch der Verlust der Authentizität (Echtheit und Überprüfbarkeit) hat, als ein Teilbereich der Integrität, eine hohe Bedeutung: Daten werden beispielsweise einer falschen Person zugeordnet. So können Zahlungsanweisungen oder Bestellungen zulasten einer dritten Person verarbeitet werden, ungesicherte digitale Willenserklärungen können falschen Personen zugerechnet werden, die digitale Identität wird gefälscht.“¹⁰²

Informationssicherheitsmanagementsystem (ISMS) Um ein ISMS besser verstehen zu können, ist es wichtig die Normenreihe des ISO 27001 Standards zu verstehen. So bietet die ISO-Norm 27000 einen Überblick über ein solches System und definiert Begrifflichkeiten. Die zentrale Norm ist die ISO 27001, die die ISMS-Anforderungen beschreibt.¹⁰³ Dieser Norm sind die ISO-Standards 27002-27005, ISO 27007 und ISO 27008 untergeordnet, welche verschiedene Detailfragen zu, in ISO 27001, genannten Konzepten definieren. Die Normen entstanden dem britischen Institut für Standards – deswegen „[...] ist [es] gleichzeitig eine international anerkannte Zertifizierungsstelle für ISO 27001 und damit eine der Stellen, die befugt sind, Auditoren zu qualifizieren und einzusetzen, um die Übereinstimmung einer Organisation mit der ISO 27001 im Rahmen einer Zertifizierung zu überprüfen.“¹⁰⁴ Die ISO-Norm 27001 ist durch die abstrakte Beschreibung und ihren Aufbau auf jegliche Art von Organisationen (Behörden, Unternehmen, Vereine, Nichtregierungsorganisation (NGOs), usw.) anwendbar.

¹⁰¹vgl. Bundesamt für Sicherheit in der Informationstechnik (BSI) 2020, S. 1ff.

¹⁰²Bundesamt für Sicherheit in der Informationstechnik (BSI) 2020, S. 1.

¹⁰³vgl. DIN Deutsches Institut für Normung 2020b.

¹⁰⁴vgl. Kersten et al. 2020, S. 2.

Außerdem ist sie beliebig zu skalieren und in jedem Land/länderübergreifend nutzbar.¹⁰⁵ Die ISO-Norm 27000 definiert: „Ein Informationssicherheitsmanagementsystem (ISMS) umfasst Politik, Verfahren, Richtlinien und damit verbundene Ressourcen und Tätigkeiten, die alle von einer Organisation gesteuert werden, um ihre Informationswerte zu schützen. Ein ISMS ist ein systematisches Modell für die Einführung, die Umsetzung, den Betrieb, die Überwachung, die Überprüfung, die Pflege und die Verbesserung der Informationssicherheit einer Organisation, um Geschäftsziele zu erreichen.“¹⁰⁶

Die ISO-Norm 27001 definiert in Kapitel vier bis zehn Anforderungen an ein Managementsystem der Informationssicherheit.¹⁰⁷ „Als Management-System für ein Thema X bezeichnet man allgemein alles, was eingesetzt wird, um die wesentlichen Ziele für das Thema X zu ermitteln, diese Ziele zu erreichen und ihre Aufrechterhaltung zu überwachen.“¹⁰⁸ Nachfolgend sind die typischen Aktivitäten genannt¹⁰⁹:

- Ziele in Form von Leitlinien zu formulieren,
- Risiken und Chancen für diese Ziele zu analysieren,
- Rollen bzw. Verantwortlichkeiten für bestimmte (Teil-)Ziele zu definieren,
- Methoden oder Verfahren zu deren Erreichung zu vermitteln,
- den vom Thema X Betroffenen besondere Regelwerke oder Richtlinien aufzugeben,
- Prozesse bzw. Abläufe und dafür erforderliche Maßnahmen zu planen und umzusetzen,
- Überprüfungen der Zielerreichung zu planen, durchzuführen und auszuwerten.

Ziel des ISMS und damit der ISO-Norm 27001 ist es, für möglichen Prozess/Aktivitäten der Informationssicherheit ein einheitliches, standardisiertes System zu gestalten. Damit werden Aufwand- und Kosteneinsparungen erzeugt und die Akzeptanz eines solchen Systems gesteigert. Beispielsweise implementiert die ISO-Norm 9001 ein Qualitätsmanagementsystem¹¹⁰ – die Architekturen der beiden Systeme sind kompatibel. Das ISMS wird auf die gesamte Organisation angewendet, dabei sind die wichtigsten

¹⁰⁵vgl. Kersten et al. 2020, S. 4.

¹⁰⁶DIN Deutsches Institut für Normung 2019, S. 20.

¹⁰⁷vgl. DIN Deutsches Institut für Normung 2020b, S. 6-16.

¹⁰⁸Kersten et al. 2020, S. 5.

¹⁰⁹Kersten et al. 2020, S. 5.

¹¹⁰DIN Deutsches Institut für Normung 2020c.

Aufgaben die Formulierung von Sicherheitszielen, die Bestimmung des „Assets“,¹¹¹ die Risikobeurteilung/-behandlung und die kontinuierliche Verbesserung. Die Sicherheitsziele beschreiben, die in Kapitel 5.1 auf Seite 42 genannten, die drei Hauptziele der Informationssicherheit (Verfügbarkeit, Vertraulichkeit und Integrität). Das Kapitel der Leitlinien beschäftigt sich mit der Definition der Organisation, der Analyse und den Regeln auf verschiedenen Ebenen der Organisation. Der Prozess der kontinuierlichen Verbesserung implementiert das Modell des „Plan-Do-Check-Act“-Regelkreises.¹¹² Eine akzeptierte Variante ist, den Regelkreis jährlich zu durchlaufen. Umso mehr Iterationen abgeschlossen sind, desto besser ist das ISMS.¹¹³ Der Anhang A der ISO-Norm 27001 definiert sogenannte „Controlls“, die als Sicherheitsanforderung an die Organisation gestellt werden. Möchte die Organisation streng die ISO-Norm 27001 implementieren, so ist jede „Controll“ (es gibt 114) für jedes „Asset“ aus der Inventarisierung umzusetzen. Um die Implementierung zu erleichtern, bietet die ISO-Norm 27002¹¹⁴ Beispiele. Des Weiteren kann der IT-Grundschutz-Katalog des Bundesamt(es) für Sicherheit in der Informationstechnik (BSI),¹¹⁵ sowie das Wissen externe Beraterinnen genutzt werden, um mit den organisationseigenen Mitarbeitenden Maßnahmen zu entwerfen. Im Anhang C.1 auf Seite XXXVI ist eine Checkliste abgebildet, die die Vorarbeiten der ISMS-Einführung illustriert.

IT-Grundschutz-Katalog des BSI Das IT-Grundschutz-Kompodium bildet mit den BSI-Standards 200-1, 200-2, 200-3 und dem „Leitfaden zur Basis-Absicherung“ eine umfassende Beschreibung von Methoden, Anforderungen und Gefährdungen für die IT-Sicherheit. Dabei richten sie sich an Behörden und kleine, mittelständische und große Unternehmen.¹¹⁶ Das IT-Grundschutz-Kompodium stellt dabei das Nachschlagewerk dar. Die BSI-Standards beschreiben, ähnlich zum ISO-Standard 27001, Themen, die das ISMS betreffen. Der „Leitfaden zur Basis-Absicherung“ ist die minimale Form der Implementierung von Sicherheitsanforderungen. Dieser kann für kleine Unternehmen schon ausreichend sein.¹¹⁷

„Im IT-Grundschutz-Kompodium werden standardisierte Sicherheitsanforderungen für typische Geschäftsprozesse, Anwendungen, IT-Systeme, Kommunikationsverbin-

¹¹¹ „Unter Assets wird alles verstanden, was für eine Organisation einen Wert darstellt. Dies können zunächst Grundstücke, Gebäude, Maschinen und Anlagen, Geschäftsprozesse sein – aber natürlich auch die sogenannten Information Assets (Informationswerte) wie Informationen/Daten, Systeme, Anwendungen, IT Services. Ergänzend kann man auch Soft Assets betrachten wie das Image oder die Kreditwürdigkeit einer Organisation.“ Quelle: Kersten et al. 2020, S. 8

¹¹² Eine Abbildung dieses ist im Anhang C.1 auf Seite XXXV zu sehen.

¹¹³ vgl. DIN Deutsches Institut für Normung 2020b, S. 16.

¹¹⁴ vgl. Deutsches Institut für Normung, e.V. 2017.

¹¹⁵ Es gibt eine Tabelle, die die Implementierungsbeispiele des IT-Grundschutz zu den „Controlls“ der ISO 27001 zuordnet. Quelle: Bundesamt für Sicherheit in der Informationstechnik (BSI) 2018

¹¹⁶ vgl. Bundesamt für Sicherheit in der Informationstechnik (BSI) 2020, S. 3.

¹¹⁷ vgl. Bundesamt für Sicherheit in der Informationstechnik (BSI) 2017, S. 5.

dungen und Räume in einzelnen Bausteinen beschrieben“¹¹⁸ Ziel dieses Schutzkompendiums ist es, einen, für die Institutionen, angepassten Schutz zu erreichen. Das Kompendium illustriert eine umfassende Methodik, die sich auf die organisatorische, personelle, infrastrukturelle und technische Sicherheit einer Institution bezieht. Es soll ein Sicherheitsniveau erreicht werden, dass für die jeweilige Institution angemessen und mindestens ausreichend ist, um die relevanten Informationen zu schützen. Vorteil des Kompendiums ist das Baukastenprinzip, denn damit ist es möglich sich an die heterogene Umgebung der Informationstechnik leichter anzupassen. Dies führt zu einer besser Planungsfähigkeit und Struktur der Maßnahmen.¹¹⁹ Diese Bausteine bilden den Stand der Technik ab und können nach Bedarf kombiniert werden. Der besondere Vorteil dieses Prinzips ist die Reduzierung des Arbeitsaufwandes. Bei einer klassischen Risikoanalyse nach dem ISO-Standard 27001 u. a., wie im Kapitel 5.1 auf Seite 43 beschrieben, muss für jedes „Asset“ eine eigene Analyse durchgeführt werden – dies entfällt, da das BSI diese im Vorfeld abgeschlossen hat und die Ergebnisse in der jeweiligen Dokumentation des Bausteins zur Verfügung stellt. „Bei der IT-Grundschutz-Methodik reduziert sich die Analyse auf einen Soll[-]Ist-Vergleich zwischen den im IT-Grundschutz-Kompendium empfohlenen und den bereits umgesetzten Sicherheitsanforderungen. Die noch offenen Anforderungen zeigen die Sicherheitsdefizite auf, die es zu beheben gilt.“¹²⁰ Des Weiteren muss nur bei hohem Schutzbedarf (bspw. Schutz von systemkritischer Infrastruktur) eine Risikoanalyse für jedes „Asset“ durchgeführt werden. Die Methodik der Risikoanalyse wird im BSI-Standard 200-3 „Risikoanalyse auf der Basis von IT-Grundschutz“ weiter beschrieben. Ist ein Unternehmen bestrebt eine Zertifizierung nach ISO 27001 zu erhalten, muss es die Basis- und Standard-Anforderungen des IT-Grundschutz-Kompendiums erfüllen. Darüber hinaus gibt es Anforderungen für einen erhöhten Schutzbedarf, die vom BSI ausdrücklich empfohlen sind.¹²¹

Um ein Informationsverbund¹²² nach dem IT-Grundschutz abzusichern, wird dieses mit den vorhandenen Bausteinen des Kompendiums nachgebildet. Es werden während dieses Prozesses alle IT-Systeme, Anwendungen und Prozesse erfasst und nach ihrem Schutzbedürfnis kategorisiert. Aus dieser Analyse wird ein IT-Grundschutz-Modell erstellt. Die Auswahl der passenden Komponenten/Bausteine wird durch das Schichten-

¹¹⁸Bundesamt für Sicherheit in der Informationstechnik (BSI) 2020, S. 2.

¹¹⁹vgl. Bundesamt für Sicherheit in der Informationstechnik (BSI) 2020, S. 2.

¹²⁰Bundesamt für Sicherheit in der Informationstechnik (BSI) 2020, S. 3.

¹²¹vgl. Bundesamt für Sicherheit in der Informationstechnik (BSI) 2020, S. 3.

¹²²„[...] ist die Gesamtheit von infrastrukturellen, organisatorischen, personellen und technischen Objekten zu verstehen, die der Aufgabenerfüllung in einem bestimmten Anwendungsbereich der Informationsverarbeitung dienen. Ein Informationsverbund kann dabei als Ausprägung die gesamte Institution oder auch einzelne Bereiche, die durch organisatorische Strukturen (z. B. Abteilungen) oder gemeinsame Geschäftsprozesse bzw. Anwendungen (z. B. Personalinformationssystem) gegliedert sind, umfassen.“ Quelle: Bundesamt für Sicherheit in der Informationstechnik (BSI) 2020, S. 37

modell¹²³ (siehe Anhang C.2 auf Seite XXXVII) des IT-Grundschutz-Kompendiums vereinfacht. Um die Modellierung zu vereinfachen werden die Bausteine jeder Schicht betrachtet, damit eine Entscheidung getroffen wird, in welchem Umfang diese zur Abbildung des Informationsverbundes nutzbar sind. Das Kompendium priorisiert die Bearbeitungsreihenfolge der Bausteine in drei Kategorien: „R1“, „R2“ und „R3“. „R1“-Bausteine sollten vorrangig eingesetzt werden, da sie das Fundament des effektiven Sicherheitsprozess bilden. Danach folgen Bausteine der beiden anderen Kategorien.

5.2 Prozessbeschreibung: Beschaffung von „open source“-Software

In der SVI gibt es, wie in den meisten anderen Unternehmen, eine prozessorientierte Vorgehensweise, um Software zu beschaffen. Die Beschaffung von Software orientiert sich an ITIL Version 4 – formal ist die Beschaffung von Software mit Hilfe eines „service requests“¹²⁴ zu beantragen. Für die Verteilung der Anwendung müssen danach mehrere „changes“ eingereicht werden. Im weiteren Verlauf wird die „open source“-Variante beleuchtet, da es sich bei den verwendeten Containern, die von DOCKER INC. angeboten werden, um diese Variante handelt. Definitionsgemäß muss „open source“-Software laut Opensource.org 2020 folgende Kriterien erfüllen: „free redistribution, source code, derived works, integrity of the author’s source Code, no discrimination against persons or groups, no discrimination against fields of endeavor, distribution of license, license must not be specific to a product, license must not restrict other software, license must be technology-neutral“.

Es gibt in der SVI drei Prozesse, die sich in zwei Aspekten unterscheiden: die Kosten und die Anforderungen, die an einen Prozess gestellt werden. Folgende Anfragen gibt es: die Beschaffungsanfrage, die „freeware“-Beschaffung und die juristische Prüfung von Vertragsdokumenten oder Sachverhalten. Die Beschaffungsanfrage wird bei kostenpflichtiger Software beantragt. Da es in diesem Kapitel um die kostenlose Software geht, wird auf die weitere Ausführung dieser Anfrage verzichtet. Der Prozess „freeware“-Beschaffung wird laut den Juristen der Abteilung IT-Einkauf/-Recht (IU11) kaum¹²⁵ verwendet, denn die Fachbereiche¹²⁶ (die IT-Abteilungen) arbeiten zum jetzigen Zeitpunkt an dem Prozess vorbei – sie übergehen wissentlich diesen. Folgende Probleme haben sich bei der Befragung der Fachbereiche herausgestellt:

¹²³nicht zu verwechseln mit „Open Systems Interconnection“ (OSI)-Modell der Netzwerkprotokolle

¹²⁴a request from a user or a user’s authorized representative that initiates a service action which has been agreed as a normal part of service delivery. Quelle: AXELOS Limited und Stationery Office (Great Britain) 2019, S. 195

¹²⁵ $n \leq 5, n \in \mathbb{N}_0$, gemessen p. a.

¹²⁶aus Sicht von IU11

die Anforderungen, die dieser Prozess an sie stellt, sind „nicht verhältnismäßig“ gegen über dem Nutzen; die Fachbereiche wissen nicht, dass es einen solchen Prozess gibt oder ignorieren diesen. Die Anforderungen/Kriterien, die die Abteilung IU11 festgelegt hat, sind folgende: es muss eine Produktverantwortliche definiert werden, es muss eine Architekturfreigabe von den zuständigen „Enterprise“-Architekten beantragt werden und es muss der genaue, angedachte Verwendungszweck der einzukaufenden „free-ware/open source“-Software definiert werden. Um den Ablauf des Prozesses besser verstehen zu können, zeigt Abbildung 5.1 ein adaptiertes Sequenzdiagramm, dass den Fokus auf die Interaktion zwischen einzelnen Abteilungen legt.

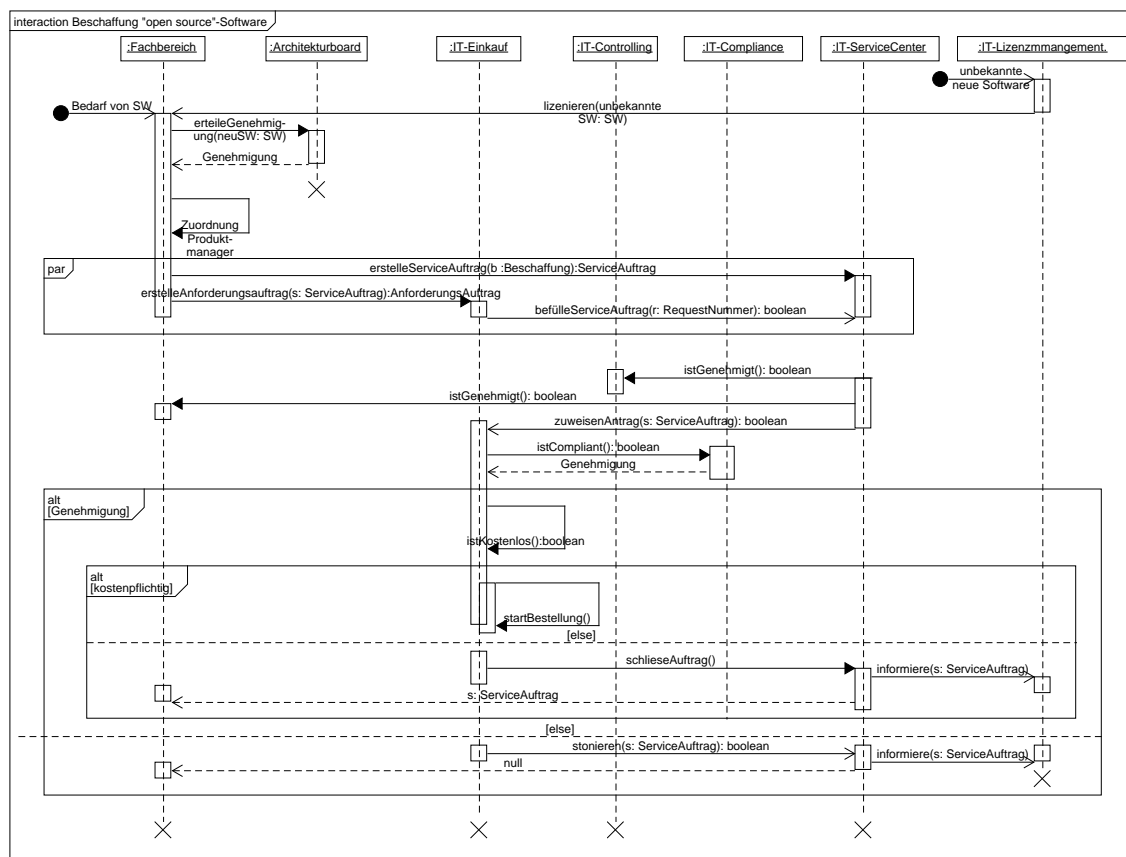


Abbildung 5.1: (adaptiertes) Sequenzdiagramm zur Beschaffung von „open source“-Software

Quelle: in Anlehnung an unternehmensinterne Prozessdokumentation

unternehmensintern

Die oben genannten Hürden, aus Sicht der IT-Abteilung, erfüllen nicht die Kosten-Nutzen-Konformität. Aus rechtlicher Sicht ist das ein sehr hoch zu bewertendes Risiko, da es zu unmittelbaren juristischen Konsequenzen führen kann. Deswegen nutzt

die IT-Abteilung meist den rechtlichen Prozess (juristische Prüfung von Vertragsdokumenten oder Sachverhalten) da dieser nicht die oben genannten Hürden enthält. Bei diesem wird der Verwendungszweck der Software erfragt und die Lizenz dieser durch IU11 geprüft. Jedoch ist davon auszugehen, dass eine offizielle Beschaffungsanfrage bei „open source“-Software in wenigen¹²⁷ Fällen gestellt wird. Begründet durch die Administrator-Berechtigung, die es Benutzern erlaubt ohne Restriktionen alles auf ihrem Computer zu installieren, kann keine numerische Aussage über die Dunkelziffer getroffen werden. Es bleibt nur die Hypothese der Juristen der Abteilung IU11, die weder falsifizierbar noch validierbar ist.

Ist die Software in der AWL implementiert, gibt es noch eine Anwendung, NEXUS LIFECYCLE von SONATYPE, die auf eventuelle Schwachstellen dieser benutzten Software prüft. NEXUS LIFECYCLE ist eine Hilfsanwendung, die u. a. auch von CREDITREFORM verwendet wird. Das Ziel dieses Produktes ist es, die gesamte Software-„Supply Chain“ kontinuierlich zu bereinigen und sicher zu halten.¹²⁸ Aus dem Prüfbericht werden dann entsprechende Maßnahmen abgeleitet. Die erste ist die Software, in der die Schwachstelle gefunden wurde, als unsicher zu markieren und danach zu sperren. Die Entwicklungsabteilung muss versuchen die Schwachstellen zu beseitigen. Problematisch ist es, wenn diese ignoriert werden. In letzter Konsequenz werden der Betrieb und die Verteilung der Anwendung gestoppt. Dies führt zu massiven Problemen in der Produktion und somit verringert sich die vertragliche, mit dem Kunden vereinbarte, Verfügbarkeit der Systeme.

5.3 Konzept zur Implementierung der Sicherheitsanforderungen

5.4 Ergebnis der Forschungsfrage drei

¹²⁷ $n \leq 10, n \in \mathbb{N}_0$, gemessen p. a.

¹²⁸vgl. Sonatype Inc. 2020.

6 Epilog

Zusammenfassung der Erkenntnisse

Fazit

Ausblick

Literaturverzeichnis

Atomic Requirement Download (19. Aug. 2019). URL: <https://www.volere.org/atomic-requirement-download/>.

AXELOS Limited und Stationery Office (Great Britain) (2019). *ITIL® Foundation, ITIL 4 edition*. v4. OCLC: 1122856407. Norwich: TSO (The Stationery Office). ISBN: 978-0-11-331607-6. URL: https://www.axelos.com/getmedia/5896d51f-ab6c-4843-992b-4f045eab0875/ITIL-4-Foundation-glossary_v0_22.aspx (besucht am 10.03.2020).

Bernstein, David (Sep. 2014). „Containers and Cloud: From LXC to Docker to Kubernetes“. In: *IEEE Cloud Computing* 1.3, S. 81–84. ISSN: 2372-2568. DOI: 10.1109/MCC.2014.51.

Brewer, Eric (Feb. 2012). „CAP twelve years later: How the "rules" have changed“. In: *Computer* 45.2, S. 23–29. ISSN: 0018-9162, 1558-0814. DOI: 10.1109/MC.2012.37. URL: <https://ieeexplore.ieee.org/document/6133253/> (besucht am 08.04.2020).

Brugger, Ralph (2009). *Der IT Business Case*. Xpert.press. Berlin, Heidelberg: Springer Berlin Heidelberg. ISBN: 978-3-540-93857-6 978-3-540-93858-3. DOI: 10.1007/978-3-540-93858-3. URL: <http://link.springer.com/10.1007/978-3-540-93858-3> (besucht am 19.03.2020).

Bundesamt für Sicherheit in der Informationstechnik (BSI) (20. Okt. 2017). *Leitfaden zur Basis-Absicherung nach IT-Grundschutz: In 3 Schritten zur Informationssicherheit*. URL: https://www.bsi.bund.de/SharedDocs/Downloads/DE/BSI/Publikationen/Broschueren/Leitfaden_zur_Basis-Absicherung.html (besucht am 27.03.2020).

Bundesamt für Sicherheit in der Informationstechnik (BSI) (20. Apr. 2018). *Zuordnungstabelle ISO zum modernisierten IT-Grundschutz*. URL: https://www.bsi.bund.de/SharedDocs/Downloads/DE/BSI/Grundschutz/Kompendium/Zuordnung_ISO_und_modernisierter_IT_Grundschutz.pdf;jsessionid=5ADB145EF2581C0DD41F6CBA3A702_cid360?__blob=publicationFile&v=9 (besucht am 27.03.2020).

Bundesamt für Sicherheit in der Informationstechnik (BSI) (2020). *IT-Grundschutz-Kompendium*. 2020. Aufl. OCLC: 1027470677. Bundesanzeiger Verlag GmbH. 816 S. ISBN: 978-3-8462-0906-6. URL: https://www.bsi.bund.de/SharedDocs/Downloads/DE/BSI/Grundschutz/Kompendium/IT_Grundschutz_Kompendium_Edition2020.pdf?__blob=publicationFile&v=6 (besucht am 09.03.2020).

- Caban, William (2019). *Architecting and Operating OpenShift Clusters OpenShift for Infrastructure and Operations Teams*. OCLC: 1138978697. Berkeley, CA: Apress : Imprint: Apress. ISBN: 978-1-4842-4985-7 978-1-4842-4984-0 978-1-4842-4986-4. URL: <https://link.springer.com/10.1007/978-1-4842-4985-7> (besucht am 24.02.2020).
- Camunda Services GmbH (2020). *Workflow und Decision Automation | Camunda BPM*. Camunda. URL: <https://camunda.com/de/> (besucht am 14.04.2020).
- Canonical Ltd (2020). *Linux Containers*. Linux Container. URL: <https://linuxcontainers.org/> (besucht am 17.03.2020).
- Combe, Theo, Antony Martin und Roberto Di Pietro (Sep. 2016). „To Docker or Not to Docker: A Security Perspective“. In: *IEEE Cloud Computing* 3.5, S. 54–62. ISSN: 2372-2568. DOI: 10.1109/MCC.2016.100.
- Dearle, Alan (Mai 2007). „Software Deployment, Past, Present and Future“. In: *Future of Software Engineering (FOSE '07)*. Future of Software Engineering (FOSE '07). Minneapolis, MN: IEEE, S. 269–284. ISBN: 978-0-7695-2829-8. DOI: 10.1109/FOSE.2007.20. URL: <https://ieeexplore.ieee.org/document/4221626/> (besucht am 18.03.2020).
- Dechange, André (2020). *Projektmanagement – Schnell erfasst*. Wirtschaft – Schnell erfasst. Berlin, Heidelberg: Springer Berlin Heidelberg. ISBN: 978-3-662-57666-3 978-3-662-57667-0. DOI: 10.1007/978-3-662-57667-0. URL: <http://link.springer.com/10.1007/978-3-662-57667-0> (besucht am 01.04.2020).
- Deutsches Institut für Normung, e.V. (10. Juni 2017). *Informationstechnik - Sicherheitsverfahren - Leitfaden für Informationssicherheitsmaßnahmen (ISO/IEC 27002:2013 einschließlich Cor 1:2014 und Cor 2:2015); Deutsche Fassung EN ISO/IEC 27002:2017*. URL: <https://perinorm-fr.reidi-bw.de/perinorm/fulltext.ashx?fulltextid=ae4372165f8d4fa1bb8bff06b0923e46&userid=96f4b659-56a0-45ff-a5be-da1774bd04e8> (besucht am 27.03.2020).
- Dilbert on Kubernetes (11. Aug. 2017). URL: https://miro.medium.com/max/1024/1*RODEnf_7sjswuBHouioQFg.jpeg.
- DIN Deutsches Institut für Normung, e. V. (5. Juli 2019). *Informationstechnik –Sicherheitsverfahren –Informationssicherheits-Managementsysteme – Überblick und Terminologie (ISO/IEC 27000:2018);Deutsche und Englische Fassung prEN ISO/IEC 27000:2019*. URL: <https://perinorm-fr.reidi-bw.de/perinorm/fulltext.ashx?fulltextid=3fb39d48521c4797907ba51ad7c443da&userid=96f4b659-56a0-45ff-a5be-da1774bd04e8> (besucht am 27.03.2020).

- DIN Deutsches Institut für Normung, e. V. (26. Feb. 2020a). *Informationstechnik - Cloud Computing - Übersicht und Vokabular (ISO/IEC 17788:2014)*. URL: <https://perinorm-fr.redi-bw.de/perinorm/fulltext.ashx?fulltextid=94c35b8fadfc4c51853726be&userid=96f4b659-56a0-45ff-a5be-da1774bd04e8>.
- DIN Deutsches Institut für Normung, e. V. (26. Feb. 2020b). *Informationstechnik - Sicherheitsverfahren - Informationssicherheitsmanagementsysteme - Anforderungen (ISO/IEC 27001:2013 einschließlich Cor 1:2014 und Cor 2:2015); Deutsche Fassung EN ISO/IEC 27001:2017*. URL: <https://perinorm-fr.redi-bw.de/perinorm/fulltext.ashx?fulltextid=b13c1f6be2f04f0298a6f7c96b1bbad1&userid=96f4b659-56a0-45ff-a5be-da1774bd04e8>.
- DIN Deutsches Institut für Normung, e. V. (26. Feb. 2020c). *Qualitätsmanagementsysteme - Grundlagen und Begriffe (ISO 9000:2015); Deutsche und Englische Fassung EN ISO 9000:2015*. URL: <https://perinorm-fr.redi-bw.de/perinorm/fulltext.ashx?fulltextid=230150cb1880449295f493e21a445a20&userid=96f4b659-56a0-45ff-a5be-da1774bd04e8>.
- Django Software Foundation (2020). *The Web framework for perfectionists with deadlines / Django*. URL: <https://www.djangoproject.com/> (besucht am 03.04.2020).
- Foster, Ian und Carl Kesselman, Hrsg. (1999). *The grid: blueprint for a new computing infrastructure*. San Francisco: Morgan Kaufmann Publishers. 677 S. ISBN: 978-1-55860-475-9.
- Freund, Jakob und Bernd Rücker (2017). *Praxishandbuch BPMN: mit Einführung in CMMN und DMN*. 5., aktualisierte Auflage. Type: Text (nur für elektronische Ressourcen). München: Hanser. ISBN: 3446450548 (Druck-Ausgabe). URL: <http://dx.doi.org/10.3139/9783446450783>.
- Gadatsch, Andreas (2010). *Grundkurs Geschäftsprozess-Management*. Wiesbaden: Vieweg+Teubner. ISBN: 978-3-8348-0762-5 978-3-8348-9346-8. DOI: 10.1007/978-3-8348-9346-8. URL: <http://link.springer.com/10.1007/978-3-8348-9346-8> (besucht am 20.03.2020).
- Gartner (2019). *Cloud Computing - Umsatz bis 2022*. Statista. Library Catalog: [de.statista.com](https://de.statista.com/statistik/daten/studie/195760/umfrage/umsatz-mit-cloud-computing-weltweit/). URL: <https://de.statista.com/statistik/daten/studie/195760/umfrage/umsatz-mit-cloud-computing-weltweit/> (besucht am 13.03.2020).
- Google Ireland Limited (2020). *Container und ihre Vorteile*. Google Cloud. Library Catalog: [cloud.google.com](https://cloud.google.com/containers?hl=de). URL: <https://cloud.google.com/containers?hl=de> (besucht am 17.03.2020).
- Google LLC (6. Apr. 2020a). *Google Scholar – Suche nach Hull*. URL: https://scholar.google.de/scholar?hl=de&as_sdt=0%2C5&q=hull+elizabeth+requirements+engineering&btnG=&oq=hull+elizabeth+requirements+engi.

- Google LLC (2020b). *Production-Grade Container Orchestration with K8s*. Library Catalog: kubernetes.io. URL: <https://kubernetes.io/> (besucht am 18.03.2020).
- Herman, B und J Siegelau (2009). „Is this really worth the effort? The need for a business case“. In: *PMI Global Congress, Orlando, FL, October*. PMI Global Congress. Orlando, FL, USA: PMI. URL: <https://www.pmi.org/learning/library/need-business-case-6730> (besucht am 19.03.2020).
- Hill, Richard, Hrsg. (2013). *Guide to cloud computing: principles and practice*. Computer communications and networks. OCLC: ocn807043821. London ; New York: Springer. 278 S. ISBN: 978-1-4471-4602-5 978-1-4471-4603-2.
- Hull, Elizabeth, Ken Jackson und Jeremy Dick (2011). *Requirements engineering*. 3rd ed. London ; New York: Springer. 207 S. ISBN: 978-1-84996-404-3 978-1-84996-405-0.
- ICT/1 (26. Feb. 2020). *Information technology. Object Management Group Business Process Model and Notation*. URL: <https://www.omg.org/spec/BPMN/2.0/PDF>.
- IEEE (2005). „IEEE Standard for Application and Management of the Systems Engineering Process“. In: *IEEE Std 1220-2005 (Revision of IEEE Std 1220-1998)*, S. 1–96. DOI: 10.1109/IEEESTD.2005.96469.
- „Cloud Computing: Deployment Models, Delivery Models, Risks and Research Challenges“ (2011). In: 2011 International Conference on Computer and Management (CAMAN). Hrsg. von Institute of Electrical and Electronics Engineers. OCLC: 838686677. Wuhan, China: IEEE, S. 1–4. ISBN: 978-1-4244-9283-1 978-1-4244-9282-4. DOI: 10.1109/CAMAN.2011.5778816. URL: <https://ieeexplore.ieee.org/abstract/document/5778816>.
- International Organization for Standardization (2011). *ISO/IEC 25010:2011*. ISO. Library Catalog: www.iso.org. URL: <https://www.iso.org/cms/render/live/en/sites/isoorg/contents/data/standard/03/57/35733.html> (besucht am 12.04.2020).
- ITCandor (2019). *Cloud Computing - Marktanteile der führenden Unternehmen 2019*. Statista. Library Catalog: de.statista.com. URL: <https://de.statista.com/statistik/daten/studie/150979/umfrage/marktanteile-der-fuehrenden-unternehmen-im-bereich-cloud-computing/> (besucht am 13.03.2020).
- Kersten, Heinrich et al. (2020). *IT-Sicherheitsmanagement nach der neuen ISO 27001: ISMS, Risiken, Kennziffern, Controls*. Edition <kes>. Wiesbaden: Springer Fachmedien Wiesbaden. ISBN: 978-3-658-27691-1 978-3-658-27692-8. DOI: 10.1007/978-3-658-27692-8. URL: <http://link.springer.com/10.1007/978-3-658-27692-8> (besucht am 26.03.2020).
- Kharb, Dr Latika (2016). „Automated Deployment of Software Containers Using Dockers“. In: 4.10, S. 3.

- Kumar, Vikas und R. Vidhyalakshmi (2018). *Reliability aspect of cloud computing environment*. Singapore: Springer. 170 S. ISBN: 9789811330230 9789811330223. URL: <https://doi.org/10.1007/978-981-13-3023-0>.
- Lukša, Marko (2018). *Kubernetes in Action: Anwendungen in Kubernetes-Clustern bereitstellen und verwalten*. OCLC: 1017485179. München: Hanser. 642 S. ISBN: 978-3-446-45510-8 978-3-446-45602-0.
- McCarthy, John (1983). *REMINISCENCES ON THE HISTORY OF TIME SHARING*. REMINISCENCES ON THE HISTORY OF TIME SHARING. URL: <http://www-formal.stanford.edu/jmc/history/timesharing/timesharing.html> (besucht am 13.03.2020).
- McCracken, Daniel D. und Edwin D. Reilly (2003). „Backus-Naur Form (BNF)“. In: *Encyclopedia of Computer Science*. GBR: John Wiley und Sons Ltd., S. 129–131. ISBN: 0-470-86412-5.
- Mell, Peter und Timothy Grance (28. Sep. 2011). *The NIST Definition of Cloud Computing*. Special Publication (NIST SP) 800-145. Gaithersburg, MD 20899-8930: National Institute of Standards und Technology. 7 S. URL: <https://doi.org/10.6028/NIST.SP.800-145> (besucht am 13.03.2020).
- Object Management Group (OMG) (1. Dez. 2011). *Business Process Model and Notation (BPMN)*. URL: <https://www.omg.org/spec/BPMN/2.0/PDF> (besucht am 23.03.2020).
- Object Management Group (OMG) (1. Dez. 2017). *Unified Modeling Language (UML)*. URL: <https://www.omg.org/spec/UML/2.5.1/PDF> (besucht am 06.04.2020).
- Opensource.org (2020). *The Open Source Definition*. The Open Source Definition. URL: <https://opensource.org/osd> (besucht am 10.03.2020).
- Pahl, Claus (Mai 2015). „Containerization and the PaaS Cloud“. In: *IEEE Cloud Comput.* 2.3, S. 24–31. ISSN: 2325-6095. DOI: 10.1109/MCC.2015.51. URL: <http://ieeexplore.ieee.org/document/7158965/> (besucht am 13.03.2020).
- Parkhill, Douglas Freeman (1966). *The Challenge of the computer utility: D.F. Parkhill*. OCLC: 460679364. Reading: Mass., London : Addison-Wesley Publishing C°.
- Partsch, Helmuth (2010). *Requirements-Engineering systematisch: Modellbildung für softwaregestützte Systeme*. 2., überarb. und erw. Aufl. eXamen.press. OCLC: 845656932. Berlin: Springer. 394 S. ISBN: 978-3-642-05358-0 978-3-642-05357-3. URL: <http://dx.doi.org/10.1007/978-3-642-05358-0>.

- Pawar, Kulwant S., Unny Menon und Johann C.K.H. Riedel (1. Jan. 1994). „Time to Market“. In: *Integrated Manufacturing Systems* 5.1. Publisher: MCB UP Ltd, S. 14–22. ISSN: 0957-6061. DOI: 10.1108/09576069410815765. URL: <https://doi.org/10.1108/09576069410815765> (besucht am 17.03.2020).
- Red Hat, Inc. (1. Mai 2019). *OKD Latest Documentation*. OKD Latest Documentation. URL: <https://docs.okd.io/latest/welcome/index.html> (besucht am 07.04.2020).
- Red Hat, Inc. (2020a). *CLI Operations / CLI Reference / OpenShift Enterprise 3.0*. URL: https://docs.openshift.com/enterprise/3.0/cli_reference/basic_cli_operations.html (besucht am 03.04.2020).
- Red Hat, Inc. (2020b). *OpenShift Container Platform by Red Hat, Built on Kubernetes*. OpenShift Container Platform by Red Hat, Built on Kubernetes. URL: <https://www.openshift.com/> (besucht am 11.03.2020).
- Red Hat, Inc. (2020c). *Red Hat – Wir entwickeln Open Source-Technologien für Unternehmen*. Red Hat – Wir entwickeln Open Source-Technologien für Unternehmen. URL: <https://www.redhat.com/de> (besucht am 11.03.2020).
- Reinheimer, Stefan und Springer Fachmedien Wiesbaden GmbH, Hrsg. (2018). *Cloud Computing: die Infrastruktur der Digitalisierung*. Edition HMD. OCLC: 1038769740. Wiesbaden: Springer Vieweg. 216 S. ISBN: 978-3-658-20966-7 978-3-658-20967-4. URL: <https://doi.org/10.1007/978-3-658-20967-4>.
- Rimal, Bhaskar Prasad et al. (März 2011). „Architectural Requirements for Cloud Computing Systems: An Enterprise Cloud Approach“. In: *J Grid Computing* 9.1, S. 3–26. ISSN: 1570-7873, 1572-9184. DOI: 10.1007/s10723-010-9171-y. URL: <http://link.springer.com/10.1007/s10723-010-9171-y> (besucht am 13.03.2020).
- Rupp, C. (3. Apr. 2020). *Formulierungsregel für die funktionalen Anforderungen*. URL: https://www.pst.ifi.lmu.de/Lehre/fruhere-semester/sose-2009/seprakt/Formulierungsregel_DE_Rupp_Schablone.pdf (besucht am 03.04.2020).
- Scheer, A.-W., M. Nüttgens und V. Zimmermann (1. Mai 1997). „Objektorientierte Ereignisgesteuerte Prozeßkette (oEPK) – Methoden und Anwendung“. In: *IWi-Hefte* 141, S. 29. URL: <https://www.uni-saarland.de/lehrstuhl/loos/publikationen/iwi-hefte.html> (besucht am 23.03.2020).

- Sonatype Inc. (2020). *Nexus Lifecycle Product*. Nexus Lifecycle Product. URL: https://de.sonatype.com/product-nexus-lifecycle?utm_campaign=NVS&utm_source=ppc&utm_medium=adwords&ahcs_source=paid&utm_term=%2Bnexus%20%2Blifecycle&hsa_tgt=kwd-437257894053&hsa_grp=90875397990&hsa_src=s&hsa_net=adwords&hsa_mt=b&hsa_ver=3&hsa_ad=406628330148&hsa_acc=2665806879&hsa_kw=%2Bnexus%20%2Blifecycle&hsa_cam=8625747087&gclid=EAIaIQobChMIgsvQt8mP6AIVh-h3Ch29zQJJEAAAYASAAEgK02fD_BwE (besucht am 10.03.2020).
- Staud, Josef L. (2006). *Geschäftsprozessanalyse: ereignisgesteuerte Prozessketten und objektorientierte Geschäftsprozessmodellierung für betriebswirtschaftliche Standardsoftware*. 3. Aufl. OCLC: 180896033. Berlin: Springer. 538 S. ISBN: 978-3-540-24510-0. URL: <https://doi.org/10.1007/3-540-37976-2>.
- The People of the GnuPG Project (7. Jan. 2020). *The GNU Privacy Guard*. Library Catalog: gnupg.org Publisher: The GnuPG Project. URL: <https://gnupg.org/> (besucht am 02.04.2020).
- Volere Requirements Specification Template* (19. Aug. 2019). URL: <https://www.volere.org/templates/volere-requirements-specification-template/>.
- Weinhardt, Christof et al. (Okt. 2009). „Cloud Computing – A Classification, Business Models, and Research Directions“. In: *Bus. Inf. Syst. Eng.* 1.5, S. 391–399. ISSN: 1867-0202. DOI: 10.1007/s12599-009-0071-2. URL: <http://link.springer.com/10.1007/s12599-009-0071-2> (besucht am 13.03.2020).

A Ergänzungen zur Forschungsfrage eins

In diesem Teil des Anhangs sind Ergänzungen zur Forschungsfrage eins des Kapitels 3 auf Seite 7 beschrieben.

A.1 Anforderungsdokument

Ein Anforderungskatalog hat bestimmte Anforderungen, die an den Katalog gestellt werden. Neben der Forderung nach Einhaltung der Qualitätskriterien, definiert nach dem ISO-Standard 9000/9001, sind noch folgende Forderungen in der Literatur beschrieben:¹²⁹

- vollständig (inhaltlich – d. h., alle Anforderungen sind erfasst –, formal, Normkonform)
- konsistent (keine Widersprüche zwischen den Bestandteilen des Dokuments, insbesondere keine Konflikte zwischen verschiedenen Anforderungen)
- lokal änderbar (Änderungen an einer Stelle sollten keine Einflüsse auf Konsistenz und Vollständigkeit des Gesamtdokuments haben)
- verfolgbar (ursprüngliche Stakeholderwünsche und Zusammenhänge zwischen Anforderungen sind leicht zu finden)
- klar strukturiert
- umfangsmäßig angemessen
- sortierbar/projizierbar (nach verschiedenen Kriterien, für verschiedene Stakeholder).

Die folgende Aufzählung beschreibt eine Vorlage für das Anforderungsdokument nach Quelle: Sie nutzt die Hilfsmittelsammlung „Volere“. Diese bietet im Themenbereich „requirements engineering“ kostenpflichtig Dokumentenvorlagen an. Die beiden Bekanntesten sind die hier gezeigte „Volere Requirements Specification Template“ und das kostenlose „Volere Atomic Requirement Template“, das umgangssprachlich „Snow Card“ genannt wird. Die „Snow Card“ (A.1 auf Seite XIX) ist eine Karteikarte, die

¹²⁹sig. Partsch 2010, S. 34.

benutzt wird, um eine vollständige Aufnahme aller Informationen einer einzelnen Anforderung zu gewährleisten.¹³⁰

Requirement #:	Requirement Type:	Event/BUC/PUC #:
Description:		
Rationale:		
Originator:		
Fit Criterion:		
Customer Satisfaction:	Customer Dissatisfaction:	
Priority:	Conflicts:	
Supporting Materials:		
History:		

Volere
Copyright © Atlantic Systems Guild

Abbildung A.1: Volere Snow Card
Quelle: *Atomic Requirement Download* 2019

Die folgende Liste wurde in Anlehnung an die Quelle *Volere Requirements Specification Template* 2019 erstellt.

¹³⁰vgl. *Atomic Requirement Download* 2019.

- Projekt-Treiber
 1. Zweck des Projekts
 2. Auftraggeber, Kunde und andere Stakeholder
 3. Nutzer des Produkts
- Projekt-Randbedingungen
 1. Einschränkungen
 2. Namenskonventionen und Definitionen
 3. Relevante Fakten und Annahmen
- Funktionale Anforderungen
 1. Arbeitsrahmen
 2. Systemgrenzen
 3. Funktionale und Daten-Anforderungen
- Nicht-funktionale Anforderungen
 1. Look-and-Feel-Anforderungen
 2. Usability-Anforderungen
 3. Performanz-Anforderungen
 4. Operationale und Umfeld-Anforderungen
 5. Wartungs- und Unterstützungsanforderungen
 6. Sicherheitsanforderungen
 7. Kulturelle und politische Anforderungen
 8. Rechtliche Anforderungen
- Projekt-Aspekte
 1. Offene Punkte
 2. Standardlösungen
 3. Neu aufgetretene Probleme
 4. Installationsaufgaben
 5. Migrationstätigkeiten
 6. Risiken
 7. Kosten
 8. Nutzerdokumentation
 9. Zurückgestellte Anforderungen
 10. Lösungsideen

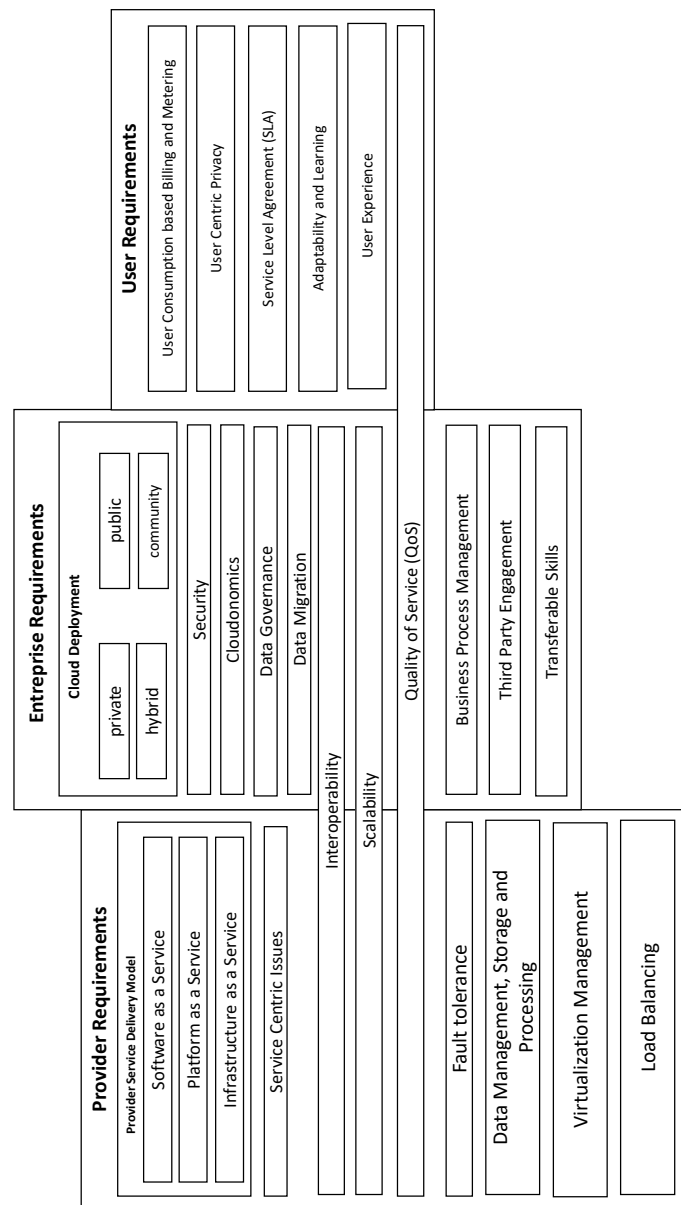


Abbildung A.2: Ebenen der „Cloud“-Anforderungsanalyse
 Quelle: in Anlehnung an Rimal et al. 2011

A.2 Statistiken zum Themengebiet Cloud-C

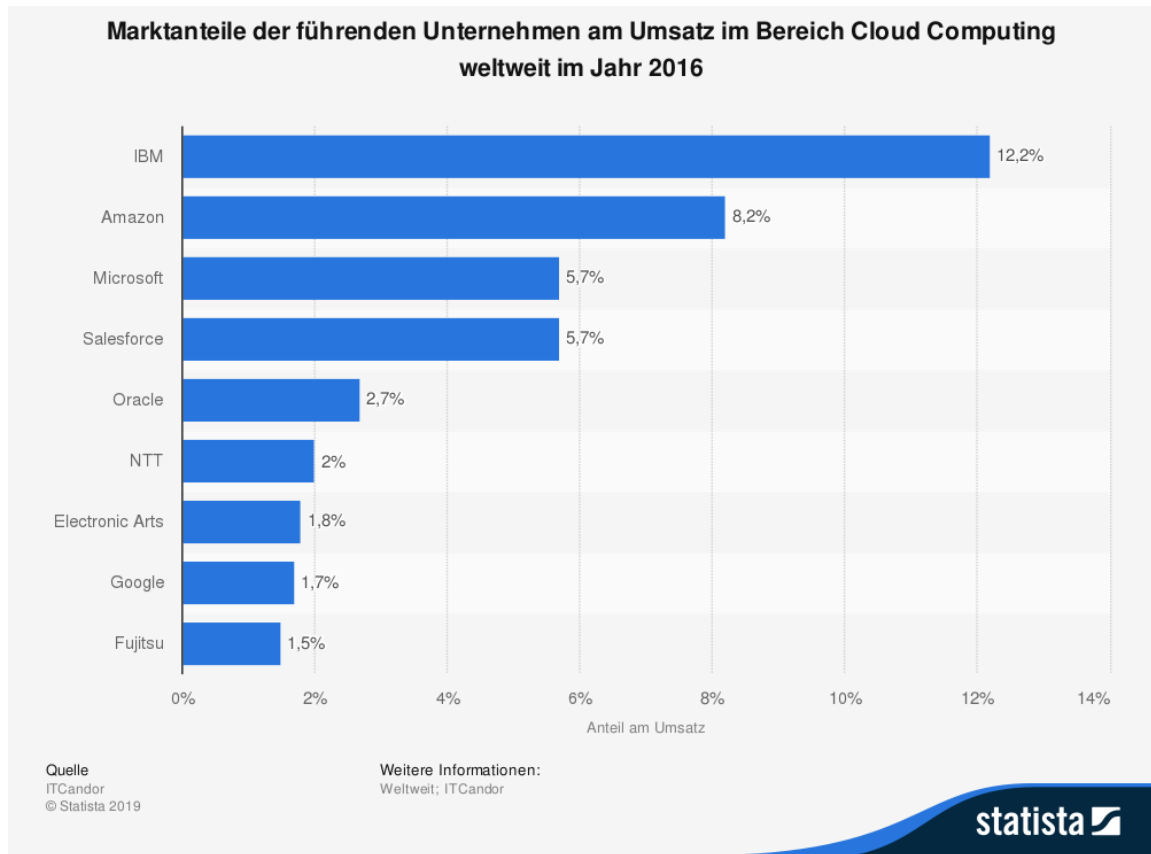


Abbildung A.3: Marktanteile der führenden Unternehmen am Umsatz im Bereich Cloud Computing weltweit von Juli 2018 bis Juni 2019
Quelle: ITCandor 2019

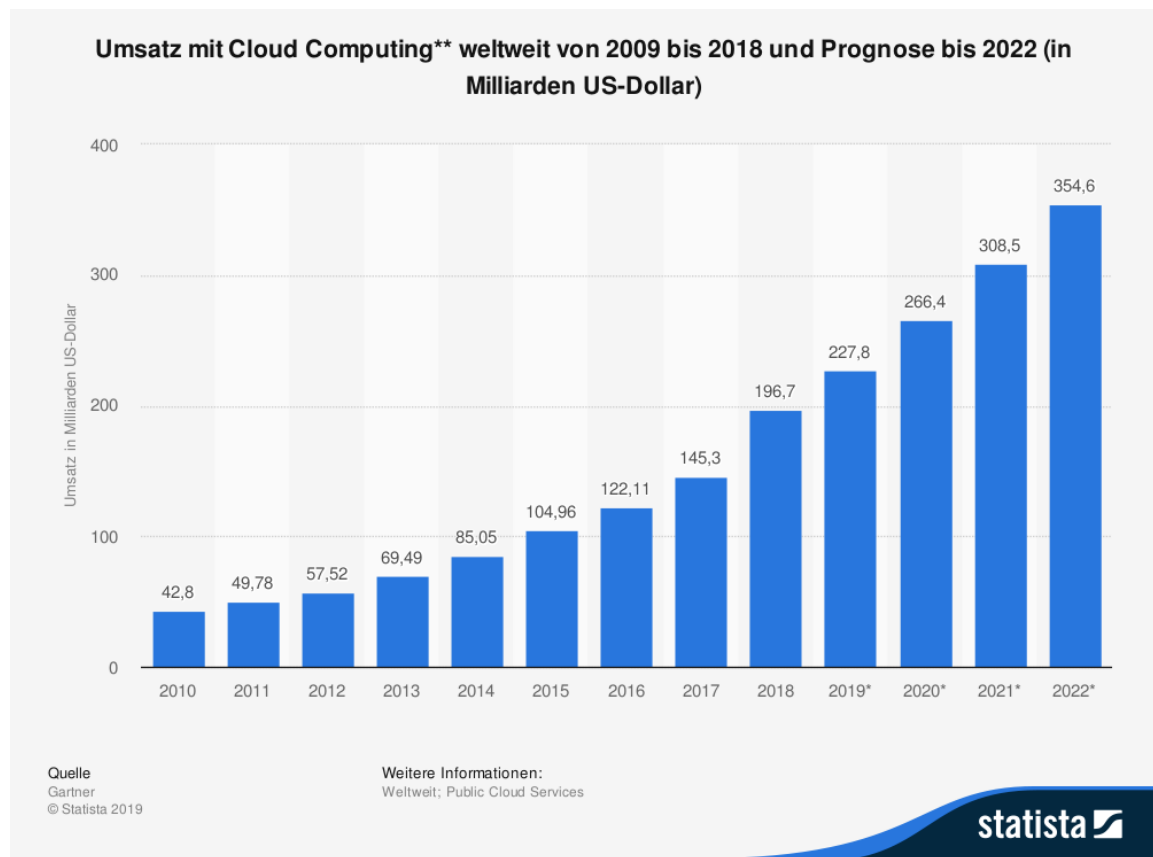


Abbildung A.4: Umsatz mit Cloud-Computing weltweit von 2009 bis 2018 und Prognose bis 2022

Quelle: Gartner 2019

A.3 Ergänzungen zum Kapitel Container(-isierung) und Orchestrierung

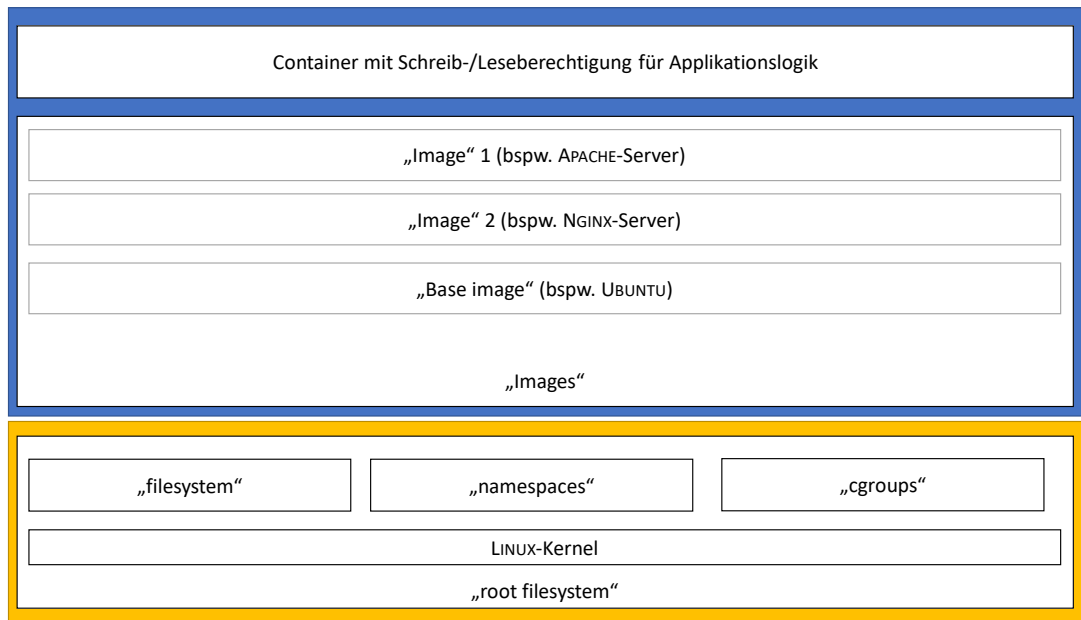


Abbildung A.5: Architektur des Container-„Images“

Quelle: in Anlehnung an Pahl 2015

Hierbei ist zu beachten, dass das orange gefärbte die Funktionalitäten der DOCKER-„Engine“ und das blau gefärbte die möglichen Bestandteile eines DOCKER-„Images“ darstellen soll.

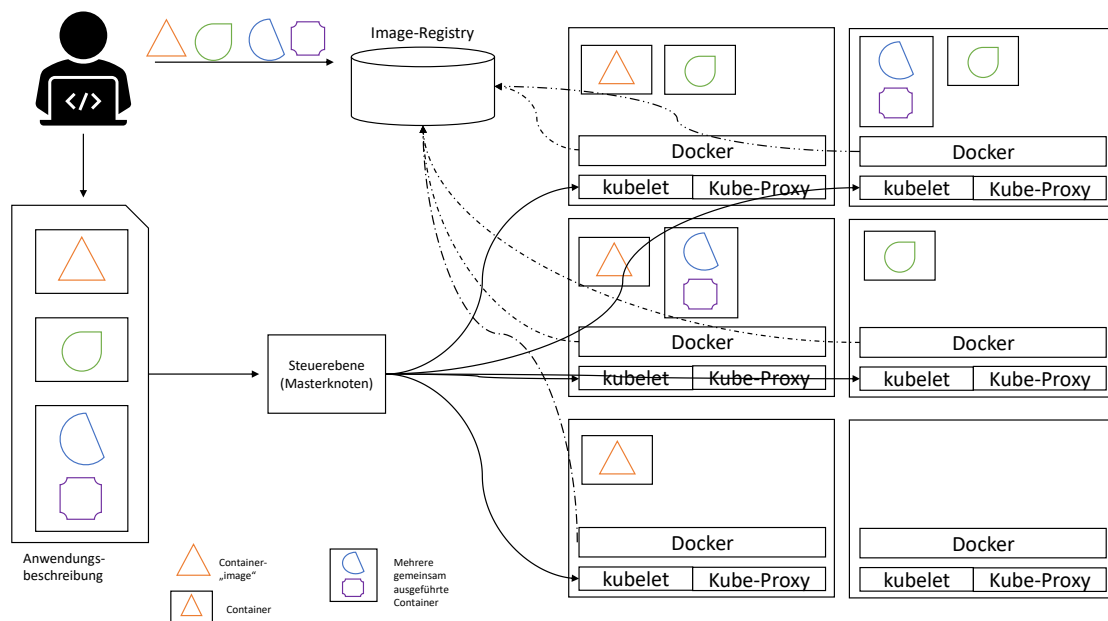


Abbildung A.6: Überblick über eine KUBERNETES-Architektur

Quelle: in Anlehnung an Lukša 2018, S. 23

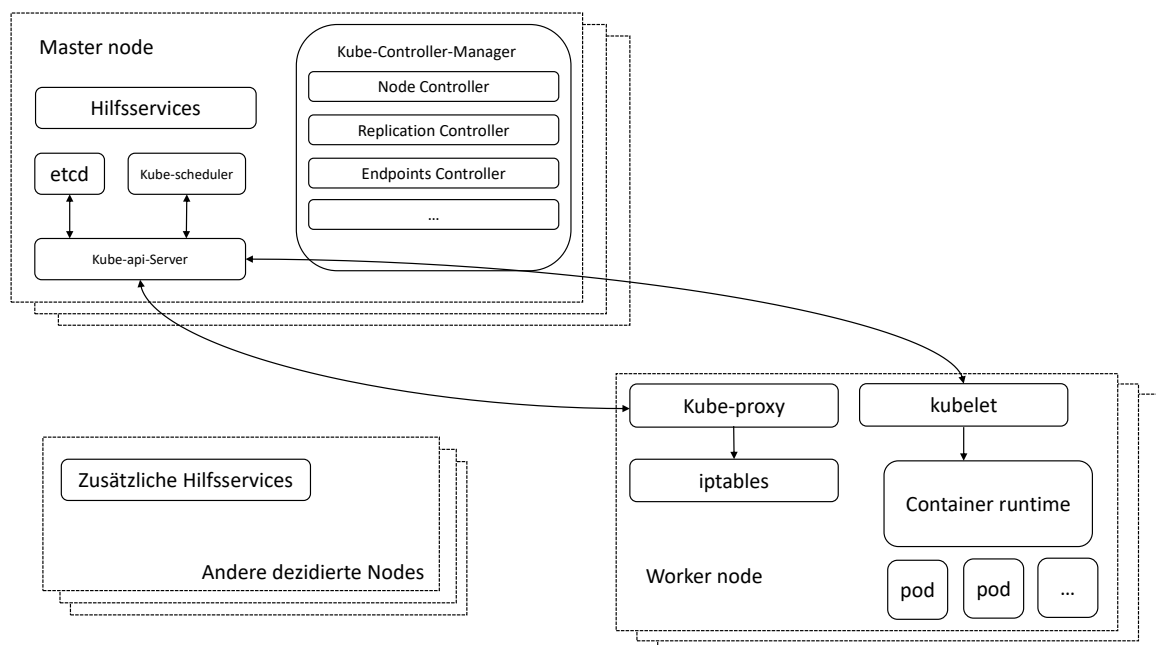


Abbildung A.7: Architektur der „K8s“-Interaktion

Quelle: in Anlehnung an Caban 2019, S. 15

A.4 Anforderungskatalog der Forschungsfrage eins

Die Klassifizierung beschreibt die Wichtigkeit (gering, mittel, hoch) im Kontext des zu implementierenden Prozesses und die Nummer dient der besseren Identifizierbarkeit der jeweiligen Anforderung.

Nummer	Klassifizierung	Anforderung
A ₁	hoch	Das System muss die Möglichkeit bieten, über eine korrekte Konfigurationsdatei, alle Komponenten der Anwendung zu verteilen.
A ₂	mittel	Das System soll die Möglichkeit bieten über eine standardisierte Übergabedatei alle Umgebungsvariablen des Containers zu definieren.
A ₃	hoch	Das System muss die Möglichkeit bieten, über eine Validierung, konsistente Komponenten zu verteilen.
A ₄	hoch	Das System muss die Möglichkeit bieten unabhängig von dem Inhalt des Containers diesen zu verteilen.
A ₅	hoch	Das System muss fähig sein mit OPENSHIFT über das API zu kommunizieren.
A ₆	mittel	Das System soll fähig sein das OPENSHIFT-Cluster zu jedem Zeitpunkt mit einem konsistenten Zustand zu verlassen.
A ₇	niedrig	Das System wird die Möglichkeit bieten die Verteilung von Komponenten zu unterbrechen.
A ₈	hoch	Das System muss die Möglichkeit bieten, über die Verteilungssoftware ARA, die Verteilung der Komponenten durchzuführen.
A ₉	hoch	Das System muss die Möglichkeit bieten automatisiert alle notwendigen Komponenten über die Konfigurationsdatei zu erkennen und zu verteilen.
A ₁₀	hoch	Das System muss den gesetzlichen sowie sicherheitstechnischen Vorgaben entsprechen.

Tabelle A.1: Anforderungskatalog zum implementierenden Prozess

A.5 Quellcode zum Testen der Webseiten-Verfügbarkeit

```
1  #!/bin/bash
2  # call function: test_connection <urlToCheck>
3
4  function test_connection() {
5      HTTPS_URL="$1"
6      CURL_CMD="curl -w httpcode=%{http_code}"
7
8      # -m, --max-time <seconds> FOR curl operation
9      CURL_MAX_CONNECTION_TIMEOUT="-m 100"
10
11     # perform curl operation
12     CURL_RETURN_CODE=0
13     CURL_OUTPUT=$( ${CURL_CMD} ${CURL_MAX_CONNECTION_TIMEOUT}
14         ↪ ${HTTPS_URL} 2>/dev/null) || CURL_RETURN_CODE=$?
15     if [ ${CURL_RETURN_CODE} -ne 0 ]; then
16         echo "Curl connection failed with return code -
17         ↪ ${CURL_RETURN_CODE}"
18     else
19         echo "Curl connection success"
20         # Check http code for curl operation/response in
21         ↪ CURL_OUTPUT
22         httpCode=$(echo "${CURL_OUTPUT}" | sed -e
23         ↪ 's/.*\httpcode=//')
24         if [ ${httpCode} -ne 200 ]; then
25             echo "Curl operation/command failed due to server
26             ↪ return code - ${httpCode}"
27         fi
28     fi
29 }
```

Quelltext A.1: Funktion zum Testen, ob eine Webseite verfügbar ist

A.6 Entwurf einer Konfigurationsdatei durch die Entwicklerinnen

```

1  apiVersion: apps/v1
2  kind: Deployment
3  metadata:
4    name: deployment-demo
5    namespace: pjt-police-demo
6  spec:
7    selector:
8      matchLabels:
9        app: app-police-demo
10   replicas: 1
11   template:
12     metadata:
13       labels:
14         app: app-police-demo
15     spec:
16       serviceAccountName: sa-police-demo
17       containers:
18         - name: policekopie-ep-demo
19           image: $urlToRepo_/policekopie:2.1.0
20           env:
21             - name: INKASSOMAHNINFOPORT2_ENDPOINT_URI
22               value: $urlToServer_:10702/mock/$id_
23             - name: DOKUMENTINFORMATION1_ENDPOINT_URI
24               value: $urlToServer_:10701/mock/$id_
25             - name: VERTRAGPRUEFUNG1_ENDPOINT_URI
26               value: $urlToServer_:10703/mock/$id_
27             - name: DRUCKAUFTRAGPORT_ENDPOINT_URI
28               value: $urlToServer_:10704/mock/$id_
29             - name: PRODUKTAUSKUNFT1_ENDPOINT_URI
30               value: $urlToServer_:10705/mock/$id_
31             - name:
32               ↪ PARTNERPRUEFUNGASYNCHRON_ENDPOINT_URI
33               value: $urlToServer_:10709/mock/$id_
34             - name: PROZESSAKTIVITAET2_ENDPOINT_URI
35               value: $urlToServer_:10706/mock/$id_
36             - name: SPRING_DATASOURCE_URL
37               value: $urlToJDBC_
38             - name: SPRING_DATASOURCE_USERNAME

```



```
38         value: $usernameDatasource_  
39     - name: SPRING_DATASOURCE_PASSWORD  
40       value: $passwordDatasource_  
41     - name: CAMUNDA_BPM_DATABASE_TYPE  
42       value: $databaseType_  
43     ports:  
44     - containerPort: 8080  
45     resources:  
46       limits:  
47         cpu: 1  
48         memory: 1 Gi  
49       requests:  
50         cpu: "0.5"  
51         memory: 500 Mi
```

Quelltext A.2: Entwurf einer „Deployment“-Datei für CAMUNDA

Dabei stellen alle Zeichenketten mit dem Muster „*\$Bezeichner_*“ ein Platzhalter dar. Aus Gründen des Schutzes der Infrastruktur der SVI/SV ist es nicht gestattet die wirklichen Endpunkte der Webservices im Klartext abzubilden – sie unterliegen dem Betriebsgeheimnis.

A.7 Grundgerüst der Konfigurationsdatei

```
1 kind: "DeploymentConfig"
2 apiVersion: "v1"
3 metadata:
4   name: "frontend"
5 spec:
6   template:
7     metadata:
8       labels:
9         name: "frontend"
10    spec:
11      containers:
12        - name: "helloworld"
13          image: "openshift/origin-ruby-sample"
14          ports:
15            - containerPort: 8080
16              protocol: "TCP"
17          env:
18            - name: "env1"
19              value: "http://"
20 replicas: 5
21 triggers:
22   - type: "ConfigChange"
23   - type: "ImageChange"
24     imageChangeParams:
25       automatic: true
26       containerNames:
27         - "helloworld"
28       from:
29         kind: "ImageStreamTag"
30         name: "origin-ruby-sample:latest"
31 strategy:
32   type: "Rolling"
33   rollingParams:
34     updatePeriodSeconds: 1
35     intervalSeconds: 1
36     timeoutSeconds: 120
37     maxSurge: "20%"
38     maxUnavailable: "10%"
39     pre: {}
```

```
40     post: {}  
41     paused: false  
42     revisionHistoryLimit: 2  
43     minReadySeconds: 0
```

Quelltext A.3: Grundgerüst der Konfigurationsdatei

In Anlehnung an Red Hat, Inc. 2019, Application → Deployments.

```
1 [CONTAINERS]  
2 NAME=helloworld  
3 IMAGE=openshift/origin-test  
4  
5 [ENV]  
6 NAME=envTest  
7 VALUE=https://server.example.loc:8080
```

Quelltext A.4: Beispielumsetzung der BNF der Übergabedatei

B Ergänzungen zur Forschungsfrage zwei

In diesem Teil des Anhangs sind Ergänzungen zur Forschungsfrage zwei des Kapitels 4 auf Seite 36 beschrieben.

B.1 Entscheidung über die Notwendigkeit eines „Business Case“

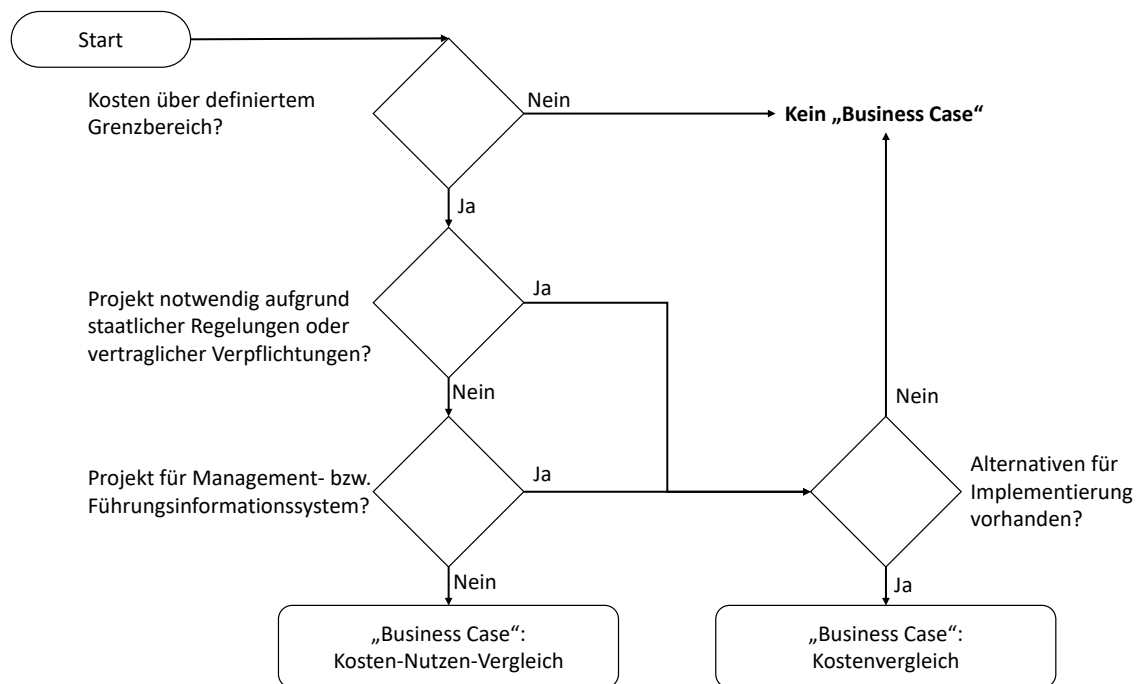


Abbildung B.1: Notwendigkeit eines „Business Case“

Quelle: in Anlehnung an Brugger 2009, S. 29

Vorteile	Nachteile
Neutralität	Kein Wissenstransfer
Verfügbarkeit	Kosten, egal ob der „Business Case“ rentabel ist
Effiziente Erstellung	hohe Kosten im Vergleich zur internen Erstellung
Glaubwürdigkeit	Abhängigkeit
Qualität	Verlust der firmeninternen Standards
Innovation	
Schlichtung	

Tabelle B.1: Überblick über die Vor-/Nachteile der externen Erstellung eines „Business Case“

Quelle: in Anlehnung an Brugger 2009, S. 34

Vorteile	Nachteile
Wissensaufbau	Verfügbarkeit
Qualität	Effizienzverlust bei rein technischen/operativen Mitarbeitern
„Teamwork“	Glaubwürdigkeit
Standardisierung	Qualitätskontrolle durch „Controlling“-Division

Tabelle B.2: Überblick über die Vor-/Nachteile der internen Erstellung eines „Business Case“

Quelle: in Anlehnung an Brugger 2009, S. 34

B.2 Vor-/Nachteile der internen beziehungsweise externen Erstellung eines „Business Case“

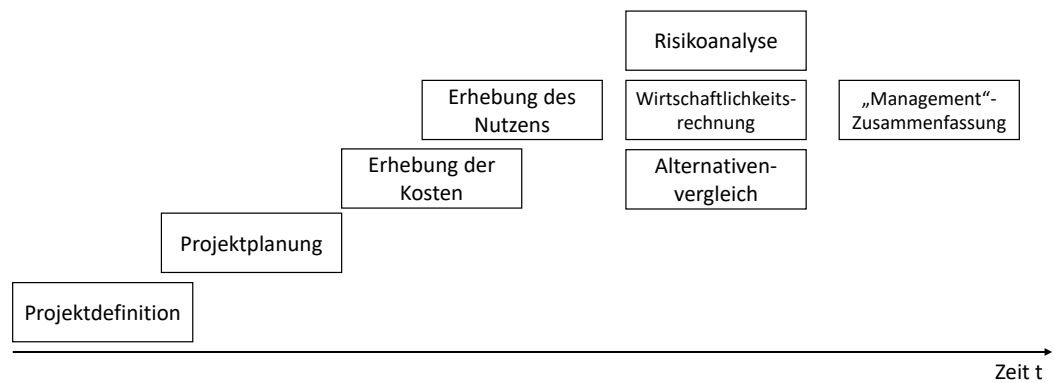


Abbildung B.2: Chronologische Abfolge der Entwicklungsphase eines „Business Case“

Quelle: in Anlehnung an Herman und Siegelauß 2009

C Ergänzungen zur Forschungsfrage drei

In diesem Teil des Anhangs sind Ergänzungen zur Forschungsfrage drei des Kapitels 5 auf Seite 42 beschrieben.

C.1 „Plan-Do-Check-Act“-Regelkreis

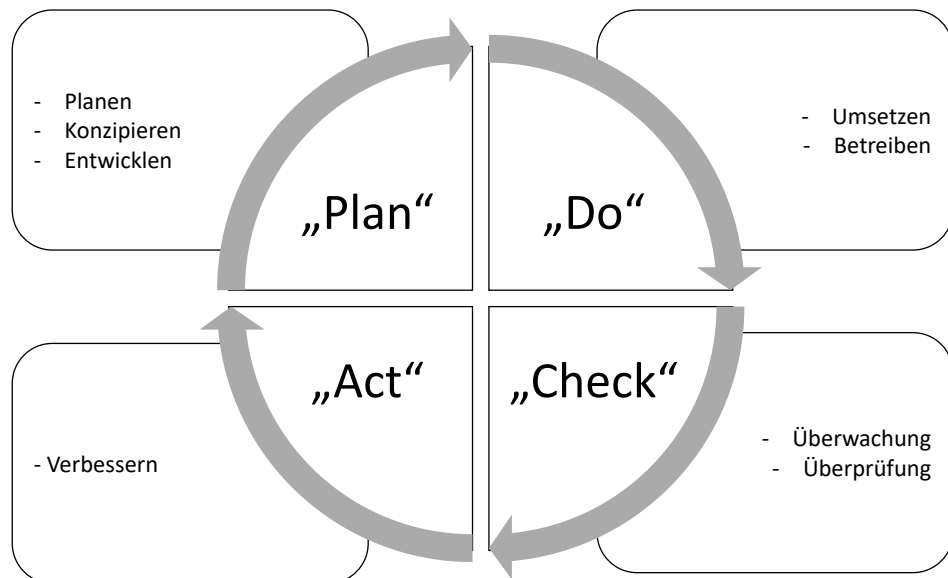


Abbildung C.1: Der „Plan-Do-Check-Act“-Regelkreis

Quelle: in Anlehnung an Kersten et al. 2020, S. 12

C.2 Checkliste zur Vorbereitung der ISMS-Einführung

Aktion	Gegenstand	Erfüllt?
1	Sind die Normen (27000, 27001, 27002) in aktueller elektronischer Form vorhanden?	<input type="checkbox"/>
2	Sind die Vorteile und der Nutzen eines ISMS erläutert worden?	<input type="checkbox"/>
3	Ist ein Grob-Abgleich mit ISO 27001 erfolgt? (Ziel: erste Aufwandsabschätzung)	<input type="checkbox"/>
4	Ist eine Entscheidung zur Orientierung an der ISO 27001 getroffen worden?	<input type="checkbox"/>
5	Denken wir in Management-Systemen? Existieren schon andere Management-Systeme?	<input type="checkbox"/>
6	Ist der Begriff ISMS eingeführt?	<input type="checkbox"/>
7	Denken wir in Geschäftsprozessen und informationstechnischen Anwendungen?	<input type="checkbox"/>
8	Ist der Anwendungsbereich des ISMS (Scope) zumindest grob skizziert?	<input type="checkbox"/>
9	Sind zumindest die Top Level Assets und deren Asset/Risk Owner erfasst worden?	<input type="checkbox"/>
10	Wurden – zumindest grob – Sicherheitsziele für diese Assets festgelegt?	<input type="checkbox"/>

Tabelle C.1: Checkliste zur Vorbereitung der ISMS-Einführung

Quelle: in Anlehnung an Kersten et al. 2020, S. 15

C.3 Schichtenmodell des IT-Grundschutzes

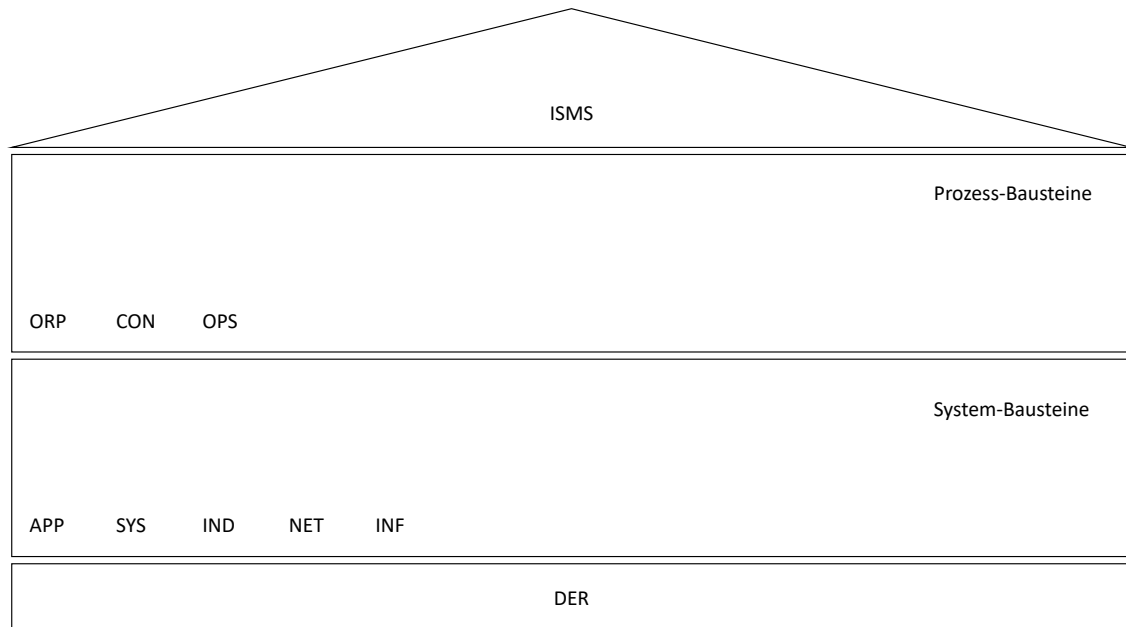


Abbildung C.2: Das Schichtenmodell des IT-Grundschutzes

Quelle: in Anlehnung an Bundesamt für Sicherheit in der Informationstechnik (BSI) 2020, S. 9

„Die Prozessbausteine, die in der Regel für sämtliche oder große Teile eines Informationsverbunds gleichermaßen gelten, unterteilen sich in die folgenden Schichten, die wiederum aus weiteren Teilschichten bestehen können.

- Die Schicht ISMS enthält als Grundlage für alle weiteren Aktivitäten im Sicherheitsprozess den Baustein Sicherheitsmanagement.
- Die Schicht ORP befasst sich mit organisatorischen und personellen Sicherheitsaspekten. In diese Schicht fallen beispielsweise die Bausteine Organisation und Personal.
- Die Schicht CON enthält Bausteine, die sich mit Konzepten und Vorgehensweisen befassen. Typische Bausteine der Schicht CON sind unter anderem Kryptokonzept und Datenschutz.
- Die Schicht OPS umfasst alle Sicherheitsaspekte betrieblicher Art. Insbesondere sind dies die Sicherheitsaspekte des operativen IT-Betriebs, sowohl bei einem Betrieb im Haus, als auch bei einem IT-Betrieb, der in Teilen oder komplett durch Dritte betrieben wird. Ebenso enthält er die Sicherheitsaspekte, die bei

einem IT-Betrieb für Dritte zu beachten sind. Beispiele für die Schicht OPS sind die Bausteine Schutz vor Schadprogrammen und Outsourcing für Kunden.

- In der Schicht DER finden sich alle Bausteine, die für die Überprüfung der umgesetzten Sicherheitsmaßnahmen, die Detektion von Sicherheitsvorfällen sowie die geeigneten Reaktionen darauf relevant sind. Typische Bausteine der Schicht DER sind Behandlung von Sicherheitsvorfällen und Vorsorge für IT-Forensik.

Neben den Prozess-Bausteinen beinhaltet das IT-Grundschutz-Kompodium auch System-Bausteine. Diese werden in der Regel auf einzelne Zielobjekte oder Gruppen von Zielobjekten angewendet. Die System-Bausteine unterteilen sich in die folgenden Schichten. Ähnlich wie die Prozess-Bausteine können auch die System-Bausteine aus weiteren Teilschichten bestehen.

- Die Schicht APP beschäftigt sich mit der Absicherung von Anwendungen und Diensten, unter anderem in den Bereichen Kommunikation, Verzeichnisdienste, netzbasierte Dienste sowie Business- und Client-Anwendungen. Typische Bausteine der Schicht APP sind Allgemeine Groupware, Office-Produkte, Webserver und Relationale Datenbanksysteme.
- Die Schicht SYS betrifft die einzelnen IT-Systeme des Informationsverbunds, die ggf. in Gruppen zusammengefasst wurden. Hier werden die Sicherheitsaspekte von Servern, Desktop-Systemen, Mobile Devices und sonstigen IT-Systemen wie Druckern und TK-Anlagen behandelt. Zur Schicht SYS gehören beispielsweise Bausteine zu konkreten Betriebssystemen, Allgemeine Smartphones und Tablets sowie Drucker, Kopierer und Multifunktionsgeräte.
- Die Schicht IND befasst sich mit Sicherheitsaspekten industrieller IT. In diese Schicht fallen beispielsweise die Bausteine Betriebs- und Steuerungstechnik, Allgemeine ICS-Komponente und Speicherprogrammierbare Steuerung (SPS).
- Die Schicht NET betrachtet die Vernetzungsaspekte, die sich nicht primär auf bestimmte IT-Systeme, sondern auf die Netzverbindungen und die Kommunikation beziehen. Dazu gehören zum Beispiel die Bausteine NetzManagement, Firewall und WLAN-Betrieb.
- Die Schicht INF befasst sich mit den baulich-technischen Gegebenheiten, hier werden Aspekte der infrastrukturellen Sicherheit zusammengeführt. Dies betrifft unter anderem die Bausteine Allgemeines Gebäude und Rechenzentrum.

« 131

¹³¹Bundesamt für Sicherheit in der Informationstechnik (BSI) 2020, S. 23-24.

Ehrenwörtliche Erklärung

Ich versichere hiermit, dass ich die vorliegende Arbeit mit dem Thema: *Integration einer Container-Umgebung in einen automatisierten „Deployment“-Prozess und die Untersuchung ihrer Effekte auf diesen* selbstständig verfasst und keine anderen als die angegebenen Quellen und Hilfsmittel benutzt habe. Ich versichere zudem, dass die eingereichte elektronische Fassung mit der gedruckten Fassung übereinstimmt.

Ort, Datum

Yves Torsten Staudenmaier