



Fakultät Wirtschaft

Studiengang Wirtschaftsinformatik Software Engineering

**Integrations- und  
Bereitstellungsautomatisierung von  
Cloud-Anwendungen für  
Composable-Enterprise-Architekturen im  
Kontext der SAP Business Technology Platform**

Bachelorarbeit

Im Rahmen der Prüfung zum Bachelor of Science (B. Sc.)

Verfasser:	Rafael Martin
Kurs:	WI SE-B 2020
Dualer Partner:	SAP SE, Walldorf
Betreuer der Ausbildungsfirma:	Klaus Räwer
Wissenschaftlicher Betreuer:	Herr Ulrich Wolf
Abgabedatum:	08.05.2023

# Selbstständigkeitserklärung

Ich versichere hiermit, dass ich die vorliegende Bachelorarbeit mit dem Thema:

**Integrations- und Bereitstellungsautomatisierung von  
Cloud-Anwendungen für Composable-Enterprise-Architekturen im  
Kontext der SAP Business Technology Platform**

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.

Mannheim, 08.05.2023, \_\_\_\_\_

Rafael Martin

# Inhaltsverzeichnis

Selbstständigkeitserklärung	II
Abkürzungsverzeichnis	V
Abbildungsverzeichnis	VI
Tabellenverzeichnis	VII
<b>1 Einleitung</b>	<b>1</b>
1.1 Motivation und Problemstellung . . . . .	1
1.2 Zielsetzung und Abgrenzung . . . . .	1
1.3 Aufbau der Arbeit . . . . .	1
<b>2 Grundlagen und Begriffserklärungen</b>	<b>2</b>
2.1 Die Composable-Enterprise-Architektur . . . . .	2
2.1.1 Begriffserklärung und Abgrenzung . . . . .	2
2.1.2 Technologische Konzepte des Composable-Enterprises . . . . .	5
2.2 Integration und Bereitstellung einer Softwareentwicklung . . . . .	7
2.2.1 Agile und DevOps als moderne Anwendungsentwicklungskonzepte . . . . .	7
2.2.2 Automatisierung der Integrations- und Bereitstellungsprozesse	10
2.2.3 Strategien zur Bereitstellung von Neuentwicklungen . . . . .	16
<b>3 Methodische Vorgehensweise</b>	<b>19</b>
3.1 Semistrukturierte Leitfadeninterviews . . . . .	19
3.2 Evaluation von Integrations- und Bereitstellungs-Tools unter Anwendung des Analytischen Hierarchieprozesses . . . . .	21
<b>4 Evaluation der Integrations- und Bereitstellungs-Pipelines unter Anwendung des Analytischen Hierarchieprozesses</b>	<b>25</b>
4.1 Definition der Entscheidungskriterien . . . . .	25
4.2 Festlegung der Bewertungsmetriken . . . . .	33

4.3	Ermittlung der Gewichtungsfaktoren . . . . .	34
4.4	Bewertung der Entscheidungsalternativen . . . . .	36
4.5	Entwicklung einer ganzheitlichen Bereitstellungsstrategie . . . . .	48
<b>5</b>	<b>Schlussbetrachtung</b>	<b>49</b>
5.1	Fazit und kritische Reflexion . . . . .	49
5.2	Ausblick . . . . .	49
	<b>Literaturverzeichnis</b>	<b>VIII</b>
	<b>Anhang</b>	<b>XIII</b>

# Abkürzungsverzeichnis

<b>XP</b>	Extreme Programming
<b>DevOps</b>	Development & Operations
<b>CI/CD</b>	Continuous Integration and Continuous Delivery
<b>CI</b>	Continuous Integration
<b>CD</b>	Continuous Delivery
<b>DoD</b>	Definition of Done
<b>E2E-Tests</b>	End-to-End-Tests
<b>PBC</b>	Packaged-Business-Capability
<b>CEA</b>	Composable-Enterprise-Architektur
<b>MACH</b>	Microservices, APIs, Cloud-native, Headless
<b>CE</b>	Composable-Enterprise
<b>EDA</b>	Event-driven Architecture
<b>NIST</b>	National Institute of Standards and Technology
<b>SaaS</b>	Software-as-a-Service
<b>PaaS</b>	Platform-as-a-Service
<b>IaaS</b>	Infrastructure-as-a-Service
<b>SAP CI/CD</b>	SAP Continuous Integration and Delivery
<b>SAP BTP</b>	SAP Business Technology Plattform
<b>MTA</b>	Multi-Target Application
<b>SAP CTM</b>	SAP Cloud Transport Management
<b>SAP BAS</b>	SAP Business Application Studio
<b>DAST</b>	Dynamic Application Security Testing
<b>SAST</b>	Static Application Security Testing
<b>ERP</b>	Enterprise-Ressourcen-Planning
<b>CRM</b>	Customer-Relationship-Management
<b>TCO</b>	Total Cost of Owner Ship
<b>SSO</b>	Single-Sign-On

# Abbildungsverzeichnis

1	Entstehung einer Composable-Enterprise-Architektur . . . . .	2
2	Bestandteile eines Composable-ERP-Systems . . . . .	3
3	Technische Realisierung der Composable-Enterprise-Architektur . . .	5
4	Exemplarische Abfolge eines agilen Entwicklungszykluses . . . . .	7
5	Zeitliche Darstellung der Herbeiführung von Kundennutzen bei der Entwicklung von IT-Services . . . . .	10
6	Aktivitäten im CI/CD-Prozess . . . . .	11
7	Versionskontrollsysteme zur Verwaltung von Quellcode . . . . .	12
8	Hierarchische Darstellung von Softwaretests . . . . .	13
9	Strategien zur Bereitstellung von Software . . . . .	17
10	Exemplarische Darstellung der Paarvergleichsmatrix im AHP . . . . .	22
11	Exemplarische Darstellung der hierarchischen Entscheidungsstruktur im AHP . . . . .	23
12	AHP-Entscheidungsstruktur zur Bewertung von CI/CD-Pipelines . .	26
13	Bereitstellung von MTA-Applikationen in ein Artefakt-Repository . .	28
14	Qualitative Bewertungsmetrik für AHP . . . . .	33
15	Quantitative Bewertungsmetrik für AHP . . . . .	34
16	Gewichtungsfaktoren der AHP-Entscheidungskriterien . . . . .	35
17	SAP Cloud Transportmanagement . . . . .	39
18	Pipeline-Monitoring mit Kibana und Jenkins . . . . .	40
19	Modularer Aufbau einer CI/CD-Pipeline . . . . .	44

# Tabellenverzeichnis

# 1 Einleitung

## 1.1 Motivation und Problemstellung

## 1.2 Zielsetzung und Abgrenzung

## 1.3 Aufbau der Arbeit



## 2 Grundlagen und Begriffserklärungen

### 2.1 Die Composable-Enterprise-Architektur

#### 2.1.1 Begriffserklärung und Abgrenzung

Flexibilität, Resilienz und Agilität. Nach Ansicht von Steve Denning, Managementberater und Autor der Forbes, stellen diese Eigenschaften wesentliche Faktoren dar, die zur Erhaltung der Wettbewerbsfähigkeit von Unternehmen beitragen [31]. Für Analystenhäuser wie Gartner stet dabei fest, dass es technologischer Innovation benötigt, um einhergehende Herausforderungen erfolgreich zu bewältigen und eine kontinuierliche Unternehmenstransformation voranzutreiben. Gartner empfiehlt dabei monolithische und starre Unternehmensarchitekturen, durch einen modularen Organisationsaufbau zu ersetzen. In seinen Veröffentlichungen verwendet Gartner für dieses Konzept den Begriff der **Composable-Enterprise-Architektur (CEA)**.

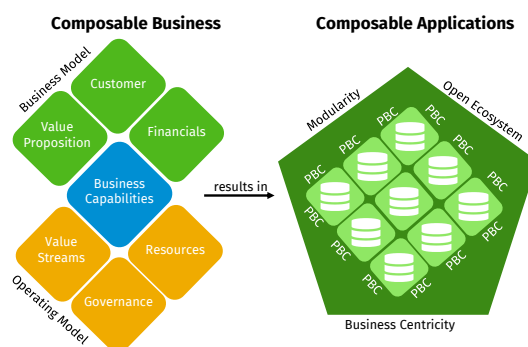


Abbildung 1: Entstehung einer Composable-Enterprise-Architektur. In Anlehnung an Schönstein [38].

In der Literatur wird die CEA dabei wie folgt definiert:

*„The Composable-Enterprise-Architecture is an architecture that delivers business outcomes and adapts to the pace of business change. It does this through the assembly and combination of packaged business capabilities [32].“*

Ein Composable-Enterprise ist somit ein aus mehreren Bausteinen, sog. *Packaged-Business-Capability (PBC)* bestehendes Unternehmen. PBCs sind vorgefertigte Softwareelemente, welche jeweils eine bestimmte Geschäftsfunktion abdecken (s. Abb.

1). Das Konzept der PBCs fußt dabei auf den drei Prinzipien der CEA: *Modulare Architektur*, *Offenes Ökosystem* und *Businesszentriertheit* [32]. Laut Gartner müssen Unternehmen nicht nur „akzeptieren, dass der disruptive Wandel zur Normalität gehört“. Vielmehr sollten diese den disruptiven Wandel als „Chance begreifen und ihn nutzen, um eine *modulare Architektur* zu implementieren“ [32]. In diesem Kontext wird von dem Analystenhaus Gartner ebenfalls der Begriff des *Composable-Enterprise-Ressourcen-Planning-Systems (Composable-ERP-Systems)* genannt. Hierbei stellen die modularen Komponenten (PBCs) vorgefertigte Geschäftsfunktionen bzw. prozesse dar, welche als Module in ein Composable-ERP-System integriert werden können. Diese PBCs können etwa Funktionen wie Finanzbuchhaltung, Einkauf, Verkauf, Lagerverwaltung, Produktion oder Personalmanagement enthalten. Ergibt sich eine Änderung in den Geschäftsanforderungen, ermöglicht diese Architektur ein flexibles und isoliertes Austauschen, Verändern sowie Weiterentwickeln einzelner PBCs. Zur Implementierung einer auf den Geschäftszweck maßgeschneiderten IT-Lösung werden diese spezialisierten Komponenten kombiniert und miteinander verknüpft [4, S. 315]. Um wachsenden Geschäftsanforderungen gerecht zu werden, können einzelne Module skaliert werden ohne dabei die Gesamt-Suite anpassen zu müssen.

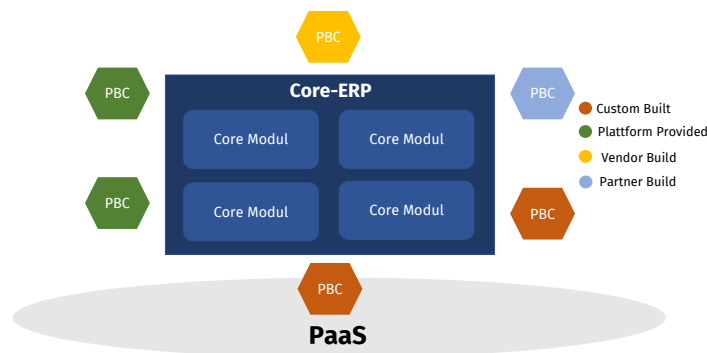


Abbildung 2: Bestandteile eines Composable-ERP-Systems. Eigene Darstellung.

I.d.R. verfügt ein Composable-ERP-System über eine Kollektion von Kernkomponenten [21, S. 7]. Diese Kernkomponenten werden i.d.R. von einem einzigen Software-Anbieter bereitgestellt und können deshalb ohne hohen Aufwand integriert und

aufeinander abgestimmt werden. Bei diesen Komponenten handelt es sich dabei um Funktionalitäten, welche das Hauptgeschäft eines Unternehmens unterstützen. Um den sich ändernden Geschäftsanforderungen gerecht zu werden, können diese Kernkomponenten durch externe PBCs erweitert werden [16, S. 58].. Dieses Konzept basiert auf dem Prinzip des *offenen Ökosystems*, welches Anwender und Entwickler ermöglicht, Werkzeuge welche zur Unterstützung der operativen Tätigkeiten benötigt werden, selbst zusammenzustellen und frei zu kombinieren. Die externen in das Kern-ERP-System integrierbaren PBCs, umfassen dabei i.d.R. stark spezialisierte Funktionalitäten. So könnte sich ein E-Commerce-Unternehmen dazu entschließen eine Kern-Customer-Relationship-Management-Komponente (Kern-CRM-Komponenten) um eine KI-basierte Kundenanalysefunktion zu erweitern. in den Online-Handel einzusteigen. Um die Integration dieser modularen Komponenten zu erleichtern, stellen Kern-ERP-Anbieter einen Marktplatz auf ihren Cloud-Plattformen zu Verfügung, auf welchen PBCs gebündelt werden. Auf diese Weise haben Mitarbeiter oder Teams die Möglichkeit, innerhalb ihres Unternehmens auf diesen Marktplatz zuzugreifen und benötigte PBCs zu aktivieren. Das ERP-System kann somit auf die spezifischen Bedürfnisse und Anforderungen zugeschnitten werden. Um eine anwenderzentrierte Gestaltung der auf dem Marktplatz angebotenen Werkzeuge zu ermöglichen, sollte der Fokus dieser Tools auf den Bedürfnissen und Erwartungen der Nutzer liegen (*Businesszentriertheit*). IT-Systeme dienen dem Zweck der Unterstützung operativer Aufgaben. Entsprechen diese nicht den Anforderungen der Nutzer kann dies zu Ineffizienzen innerhalb der Arbeitsprozesse führen. Deshalb ist essenziell, dass Mitarbeiter Systeme intuitiv nutzen und ggf. weiterentwickeln und anpassen können, ohne dabei von der IT-Abteilungen abhängig zu sein [32]. Durch die Verwendung von Low-Code/No-Code-Lösungen können Mitarbeiter eigene Anwendungen und Prozesse entwickeln ohne auf spezielle IT-Kenntnisse oder -Ressourcen angewiesen zu sein. Damit wird die Agilität und Flexibilität der Composable Enterprises (CEs) erhöht, während die Abhängigkeit von der IT-Abteilung reduziert wird.

### 2.1.2 Technologische Konzepte des Composable-Enterprises

Um die in Kapitel 2.1.1 aufgeführten betriebswirtschaftlichen Grundsätze in das eigene Unternehmen zu integrieren, benötigt es verschiedener technologischer Konzepte. Zusammenfassen lassen sich diese mit dem Akronym *MACH*: *Microservices*, *APIs*, *Cloud-native*, *Headless*.

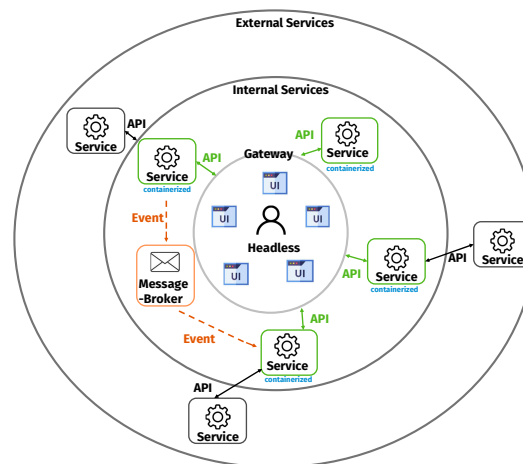


Abbildung 3: Technische Realisierung der Composable-Enterprise-Architektur. Eigene Darstellung.

Der zentrale Einstiegspunkt in eine CE-Anwendung ist das User-Interface. Insbesondere für Content-Management-Systeme wird für Frontend-Entwicklungen das *Headless-Konzept* verwendet. Dieses beschreibt, dass zwischen Front- und Backend keine feste Kopplung besteht. Vielmehr werden auf dem Backend standardisierte Daten verwaltet, welche auf verschiedenen Frontends ausgegeben werden können [32]. Die Geschäftsfunktionen einer CEA werden in verschiedene PBCs gekapselt. In der Applikationslogik des Backends kann ein PBCs durch ein oder mehrere *Microservices* dargestellt werden. Ein *Microservice* ist eine eigenständige Einheit, welche für eine spezifische Funktion zuständig ist. Im Kontext eines E-Commerce-Unternehmens könnte ein PBC etwa eine Bestellverwaltung sein. Diese Bestellverwaltung kann dabei aus verschiedenen *Microservices*, wie einem Bestellannahme-, Auftragsabwicklungs- oder Rechnungstellungsdienst bestehen. *Microservices* spielen dabei hauptsächlich für die technische Realisierung eine Rolle. Folglich sind

diese für den Endanwender nicht erkennbar. Es ist möglich für jeden Service eine unterschiedliche Programmiersprache sowie Datenbank zu verwenden. So können Architektur und Technologien eines Dienstes unmittelbar an dessen betriebswirtschaftliche Anforderungen angepasst werden [16, S. 41]. Zur Kommunikation zwischen Services werden standardisierte Schnittstellen, sog. *Application-Programming-Interfaces (APIs)* verwendet. Mit APIs werden die von den Services bereitgestellten Funktionalitäten und Daten veröffentlicht [2, S. 15]. Diese Schnittstellen können dabei unmittelbar von dem Frontend oder anderen Microservices konsumiert werden. Ein weiteres in CEs verwendetes Kommunikationskonzept ist die *Event-driven Architecture (EDA)*. Die EDA ist ein Architekturkonzept, bei welchen Microservices asynchron über eine zentrale Vermittlungsinstanz, dem *Message Broker*, kommunizieren [3, S. 54]. Alle Komponenten der CEA werden auf einer Cloud-Plattform betrieben (*Cloud-native*). Cloud-Computing ist ein Dienstleistungsmodell, welches Nutzern ermöglicht Ressourcen, wie Speicher, Analyse-Tools oder Software über das Internet von einem Cloud-Anbieter zu beziehen [19, S. 5]. Für das Cloud-Computing werden durch das National Institute of Standards and Technology (NIST) verschiedene Servicemodelle definiert. Neben *Software-as-a-Service (SaaS)* und *Infrastructure-as-a-Service (IaaS)*, bei welchem eine Anwendung bzw. eine gesamte Infrastruktur in der Cloud gemietet wird, gibt es ebenfalls das *Platform-as-a-Service (PaaS)* [19] [19, S. 9]. Bei diesem Computing-Modell wird eine Plattform bereitgestellt, auf welcher Kunden eigene Anwendungen entwickeln, testen und betreiben können. Ein auf dieser Service-Ebene von der SAP bereitgestelltes Produkt ist die SAP Business Technology Plattform (SAP BTP). Diese stellt eine Reihe von Diensten und Funktionen zur Verfügung, mit welchen Kunden die eigenen SAP-ERP-Systeme anpassen, integrieren und erweitern können. PaaS ermöglicht IT-Services schnell und kosteneffizient an aktuelle Markterfordernisse anzupassen. Aufgrund der nutzungsabhängigen Bepreisung von Cloud-Plattformen können Dienste ohne hohen Investitionseinsatz auf- und abgebaut werden [19, S. 10].

## 2.2 Integration und Bereitstellung einer Softwareentwicklung

### 2.2.1 Agile und DevOps als moderne Anwendungsentwicklungskonzepte

Das Hauptaugenmerk eines CEs besteht darin eine möglichst modulare und flexible Systemarchitektur zu schaffen. Damit soll sichergestellt werden, dass IT-Leistungen in einem sich stetig ändernden Umfeld schnell und risikoarm bereitgestellt werden. Das traditionelle Wasserfallmodell, welches eine sequenzielle Abfolge der Projekt-elemente *Anforderung*, *Design*, *Implementierung*, *Test* und *Betrieb* vorgibt, besitzt dabei signifikante Limitationen. Die in dieser Methodik detailliert durchgeführte Vorabplanung, kann insbesondere in umfangreichen Langzeitvorhaben aufgrund unvorhersehbarer Externalitäten selten eingehalten werden. Auch die starre Abfolge der Projektphasen mindert insbesondere in fortgeschrittenen Zeitpunkten des Vorhabens den Spielraum für Anpassungsmöglichkeiten [25, S. 5]. Dies resultiert nicht nur einem Anstieg der Kosten, sondern führt ebenfalls dazu, dass IT-Projekte länger als geplant ausfallen [24, S. 41]. Als Reaktion haben sich innerhalb der Projektmanagementlandschaft zunehmend **agile Vorgehensmodelle** etabliert. Im Gegensatz zum Wasserfallmodell, welches eine umfassende Vorabplanung vorsieht, wird das Vorhaben in einer agilen Entwicklung in viele zyklische Einheiten, sog. *Sprints*, segmentiert (s. Abb. 4) [10, S. 87]. Alle innerhalb des Projektumfangs zu entwickelnden Funktionalitäten werden dabei in einem zentralen Artefakt (*Product Backlog*) festgehalten und von dem Produktverantwortlichen (*Product Owner*) priorisiert.

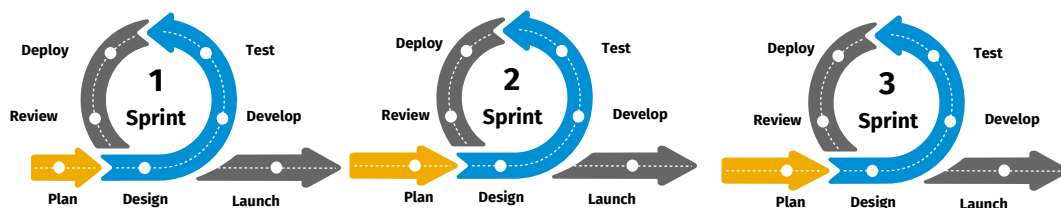


Abbildung 4: Exemplarische Abfolge eines agilen Entwicklungszykluses. In Anlehnung an K&C [27].

Sprints sind Durchläufe, welche i.d.R. einen Zeitraum von ein bis vier Wochen umfassen. Während dieses Abschnitts ist die Fertigstellung einer vor dem Sprint definierten Aufgabenkontingente (*Sprint Backlog*) vorgesehen. Nach Abschluss eines Sprints soll dabei ein potenziell an den Kunden auslieferbares Produkt zur Verfügung gestellt werden. Dies erlaubt eine schnelle Bereitstellung funktionsfähiger Software, was neben einem beschleunigtem Kundennutzen ebenfalls in einer Optimierung der Planungsprozesse resultiert. So kann das nach Ablauf eines Sprints an die Stakeholder ausgelieferte Artefakt als Feedback-Grundlage verwendet und im unmittelbaren Folge-Sprint eingearbeitet werden [27, S. 39]. Innerhalb der letzten Dekade haben sich diverse auf agilen Prinzipien basierenden Vorgehensmodelle, wie Scrum, Kanban oder Extreme Programming (XP) in der Softwareentwicklung etabliert. Obwohl einige dieser Methoden zur erfolgreichen Zusammenarbeit innerhalb der Entwicklungsteams beigetragen haben, bleibt das sog. *Problem der letzten Meile* bestehen [28]. Traditionell erfolgt eine funktionale Trennung der Entwickler- und IT-Betriebs-Teams. Das Problem der letzten Meile beschreibt dabei, dass aufgrund ausbleibender Kooperation der Entwicklungs- und Betriebsteams der Programmcode nicht auf die Produktivumgebung abgestimmt ist. Erkenntnisse aus der Praxis zeigen, dass solche organisatorischen Silos häufig in einer schlechten Softwarequalität und somit in einem geminderten Ertragspotenzial bzw. in einer Erhöhung der Betriebskosten resultieren [11, S. 1]. So geht aus der von McKinsey veröffentlichten Studie *The Business Value of Design 2019* hervor, dass durchschnittlich 80 Prozent des Unternehmens-IT-Budgets zur Erhaltung des Status quo, also zum Betrieb bestehender Anwendungen verwendet wird. Stattdessen fordert das Beratungshaus eine Rationalisierung der Bereitstellung von Software, um finanzielle Mittel für wertschöpfende Investitionen zu maximieren [33]. Abhilfe schaffen kann das in der Literatur als **Development & Operations (DevOps)** bekannte Aufbrechen organisatorischer Silos zwischen Entwicklung und dem IT-Betrieb [11, S. 1]. Dabei stellt DevOps keine neue Erfindung dar. Stattdessen werden einzelne bereits bewährte Werkzeuge, Praktiken und Methoden, wie z.B. die agile Softwareentwicklung, zu einem umfassenden Rahmenwerk konsolidiert. DevOps zielt dabei auf eine Optimierung des gesamten Applikationslebenszykluses, von Planung

bis Bereitstellung der Software, ab. Neben der Bereitstellung von IT-Services umfasst DevOps ebenfalls Aktivitäten zu IT-Sicherheit, Compliance und Risikomanagement. Prägnant zusammenfassen lässt sich das DevOps-Konzept durch das Akronym CAMS: *Culture (Kultur)*, *Automation (Automatisierung)*, *Measurement (Messung)* und *Sharing (Teilen)* [11, S. 5]. Dabei gilt *Kultur* als das wohl wesentlichste DevOps-Erfolgselement. Diese bezweckt eine Kollaborationsmentalität, welche sich über alle Ebenen eines Unternehmens erstreckt. Operative Entscheidungen sollen dabei auf die Fachebenen herunter delegiert werden, welche aufgrund ihrer spezifischen Expertise am geeignetsten sind, Dispositionen zu verabschieden [11, S. 5]. Eine *Automatisierung* der Softwarebereitstellungsprozesse ermöglicht, sich wiederholende manuelle Arbeit zu eliminieren. Dies kann ebenfalls zur Rationalisierung und damit zur Senkung der IT-Betriebskosten beitragen. Der dabei erzielte Einfluss wird anhand verschiedener DevOps-Kennzahlen bemessen (*Messung*). Neben der Systemverfügbarkeit und der Instandsetzungszeit sind für Softwareentwicklungsunternehmen insbesondere *Time-to-Market* sowie *Time-to-Value* signifikante Metriken [11, S. 7]. Der Time-to-Market beschreibt die Zeitspanne zwischen Entwicklungsentstehungsprozess und der Markteinführung von IT-Services [23, S. 141]. Auch der *Time-to-Value* erhält zunehmend Bedeutung in der Softwareentwicklung. Im Gegensatz zum Time-to-Market wird hier nicht die Zeit bis zur Komplett-Einführung, sondern das Intervall bis die von dem Softwareunternehmen entwickelte Lösung ersten Kundennutzen herbeiführt, bemessen. Obwohl der im Time-to-Value bereitgestellte IT-Service möglicherweise Verbesserungspotenzial besitzt, überwiegt für Kunden des Unternehmens der mit der initialen Auslieferung herbeigeführte Mehrwert. Eine solche Früheinführung ermöglicht dem Softwareunternehmen ebenfalls einen Vorsprung gegenüber Konkurrenten. So ist diesem bereits gelungen, erste Kunden zu akquirieren, deren Input und Feedback möglichst rasch erfasst und verarbeitet werden kann [11, S. 9]. Softwareunternehmen können IT-Services ab dem Pre-Launch somit sukzessive und ressourcenoptimiert unter Zusammenarbeit mit den Pilotkunden erweitern. Auch Adam Caplan, leitender Strategieberater bei Salesforce, empfiehlt angesichts der bei Softwareintegration entstehenden Komplexität, Anwendun-



gen schnellst möglichst in produktionsähnlichen Umgebungen zu testen [23]. Aus diesen Erfahrungen sollen Best-Practises entwickelt werden, welche innerhalb von Teams und organisationsübergreifend weitergegeben werden (*Teilen*) [11, S. 7].

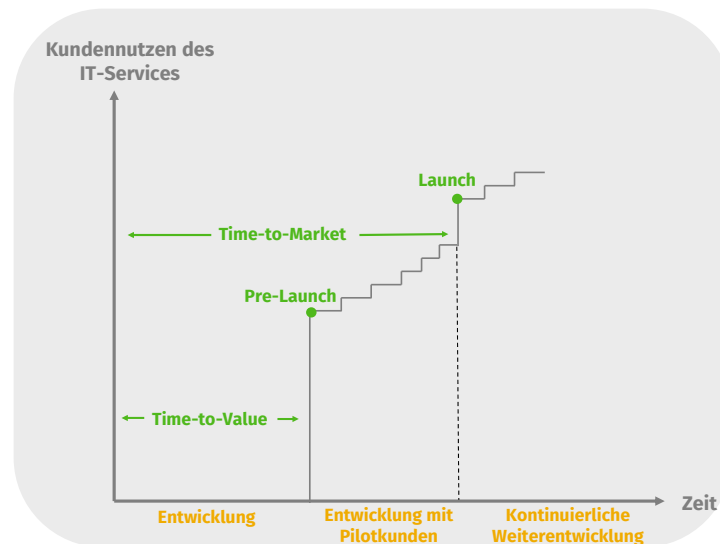


Abbildung 5: Zeitliche Darstellung der Herbeiführung von Kundennutzen bei der Entwicklung von IT-Services [11, S. 9].

### 2.2.2 Automatisierung der Integrations- und Bereitstellungsprozesse

DevOps beschreibt eine Philosophie zur Förderung der Zusammenarbeit zwischen Entwicklungs- und Betriebsteams. Ein integraler Bestandteil des DevOps-Rahmenwerks ist *Continuous Integration and Continuous Delivery (CI/CD)*. CI/CD ist ein Verfahren, welches zur Verbesserung der Qualität bzw. zur Senkung der Entwicklungszeit von IT-Services beiträgt. Abhilfe schaffen soll dabei eine Pipeline, welche alle Schritte von Code-Integration bis Bereitstellung der Software automatisiert. Hauptaugenmerk liegt dabei auf einer zuverlässigen und kontinuierlichen Bereitstellung von Software [26, S. 471].

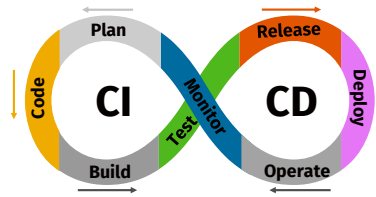


Abbildung 6: Aktivitäten im CI/CD-Prozess. In Anlehnung an Synopsys [41].

Alle in diesem Prozess anfallenden Aktivitäten werden dabei im CI/CD-Zyklus der Abb. 6 dargestellt. Der CI-Prozess (Continuous-Integration-Prozess) bezweckt, dass lokale Quellcodeänderungen in kurzen Intervallen und so schnell wie möglich in eine zentrale Codebasis geladen werden. Das frühzeitige Integrieren von Code soll dabei zu einer unmittelbaren und zuverlässigen Fehlererkennung innerhalb des Entwicklungsvorhabens beitragen [26, S. 471]. Der erste Schritt des CI-Prozesses umfasst die Planung zu entwickelnder Services (*Plan*: s. Abb. 6). Dabei soll festgestellt werden, welche Anforderungen eine Lösung besitzt bzw. welche Softwarearchitekturen sowie Sicherheitsmaßnahmen implementiert werden sollten. Um sicherzustellen, dass die in der Planung entworfene Anwendungsarchitektur auf das Design des Produktsystems abgestimmt ist, sollte zu jedem Zeitpunkt das Know-how der Betriebsteams einbezogen werden [11, S. 16]. Nach erfolgreichem Entwurf zu implementierender Anwendungsfeatures beginnt die Entwicklung der IT-Services (*Code*: s. Abb. 6). Arbeiten hierbei mehrere Entwickler parallel an demselben IT-Service, wird der entsprechende Quellcode in Versionsverwaltungssysteme (*Repositories*) wie Github oder Bitbucket ausgelagert. Ein Repository stellt dabei einen zentralen Speicherort dar, welcher das Verfolgen sowie Überprüfen von Änderungen und ein paralleles bzw. konkurrierendes Arbeiten an einer gemeinsamen Codebasis ermöglicht [15, S. 31]. Der in dem Repository archivierte Hauptzweig (*Master-Branch*) stellt dabei eine aktuelle und funktionsfähige Version des Codes dar. Dieser mit verschiedenen Validierungsprozessen überprüfte Code, stellt dabei die aktuelle in dem Produktionssystem laufende Anwendungsversion dar (s. Abb. 7). Im Sinne der agilen Entwicklung werden dabei große Softwareanforderungen (*Epics*), in kleine Funktionalitäten (*User Stories*) segmentiert, welche in separate Feature-Branche ausgelagert werden. Diese sind unabhängige Kopien des Hauptzweiges, in welcher ein Entwickler Änderungen

vornehmen kann, ohne Konflikte in der gemeinsamen Codebasis zu verursachen. Nach Fertigstellung der Funktionalitäten sollte der um die Features erweiterte Quellcode so schnell wie möglich in den Hauptzweig integriert werden. Da mit dieser Zusammenführungen automatische Validierungsprozesse ausgelöst werden, kann mit erfolgreicher Absolvierung der Tests sichergestellt, dass der Code stets stabil, also funktionsfähig ist und keine Konflikte mit dem aktuellen Code des Hauptzweiges aufweist [15, S. 169]. Die in diesem Schritt abgewickelten Tests leiten sich dabei aus der *Definition of Done (DoD)* ab. Die DoD ist eine in der Planungsphase festgelegte Anforderungsspezifikation, deren Erfüllung als notwendige Voraussetzung für den Abschluss eines Features gilt. Somit sind Entwickler dazu angehalten, für jedes implementierte Feature einen der DoD entsprechenden Test zu entwerfen.

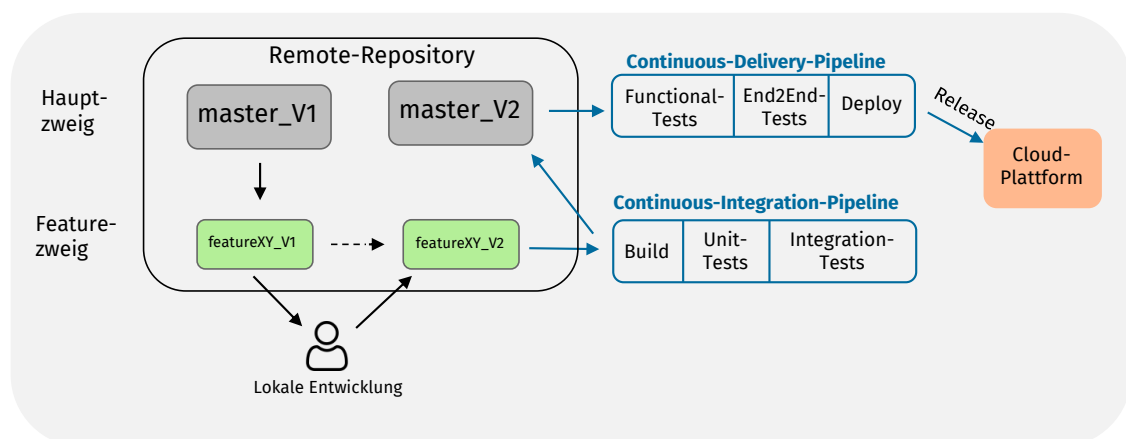


Abbildung 7: Versionskontrollsysteme zur Verwaltung von Quellcode.  
Eigene Darstellung.

Die Einbindung des Feature-Branches in den Hauptzweig resultiert i.d.R. in einem unmittelbaren Start des *CI/CD-Pipeline-Prozesses*. Bei der CI/CD-Pipeline handelt es sich dabei um eine vom Repository unabhängige Recheninstanz, welche auf einer virtuellen Maschine oder in einer containerisierten Computing-Umgebung betrieben wird [14, Kap. 1.2]. Im ersten Schritt des Pipeline-Prozesses wird die Applikationen zu einem ausführbaren Programm kompiliert (*Artefakt*) (*Build*: s. Abb. 6). Dafür können je nach Programmiersprache verschiedene Build-Tools, wie NPM für JavaScript oder Make für Multi-Target Application (MTA) verwendet werden [14, Kap.

7.1]. Nach Ablauf der Build-Workflows erfolgt eine automatische Abwicklung des Validierungsprozesses (*Smoke-Tests*).

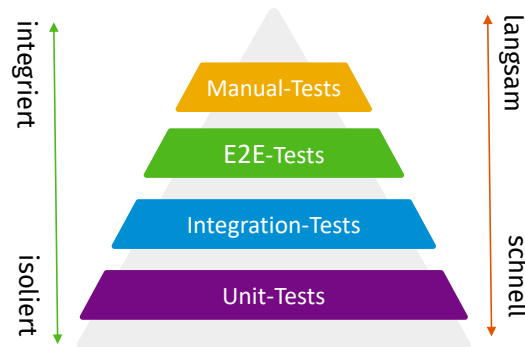


Abbildung 8: Hierarchische Darstellung von Softwaretests.  
In Anlehnung an Paspelava [34].

Damit soll sichergestellt werden, dass zu jeder Zeit ein rudimentär getesteter Code bereitsteht und grundlegende Funktionalitäten sowie Schnittstellen erwartungsgemäß ausgeführt werden [11, S. 19]. Der in dem Entwicklungszweig bereitgestellte Code wird dabei überwiegend anhand schnell durchführbarer Tests überprüft. Der Zweck dieser zügigen Validierungen liegt dabei insbesondere darin, dass Entwickler zeitnahe Feedback auf die Erweiterungen erhalten. So können Fehler und Konflikte so schnell wie möglich entdeckt und behoben werden, was die Entwicklung bei einer reibungslosen Auslieferung der IT-Services unterstützt. Die in der CI-Pipeline abgewickelten Validierungen umfassen i.d.R. *Unit-* sowie *Integration-Tests* [14, Kap. 1.2]. Unit-Tests befinden sich dabei auf unterster Hierarchieebene der Test-Pyramide (s. Abb. 8). Somit besitzen diese eine kurze Ausführungsdauer, werden jedoch ausschließlich in einer isolierten Testumgebung abgewickelt. Mit Unit-Tests wird die funktionale Korrektheit kleinster Einheiten, wie z.B. Methoden einer Klasse, überprüft. Der Zweck der Unit-Tests besteht dabei in einer von externen Einflüssen und Daten unabhängigen Überprüfung der einzelnen Komponenten [12, Kap. 2]. Um bei der Bereitstellung neuer Funktionalitäten ebenfalls das Zusammenspiel verschiedener Komponenten zu überprüfen, werden *Integration-Tests* durchgeführt. Bei diesen Tests können Aspekte, wie der Austausch eines Nachrichtenmodells zweier Web-Services oder das Response-Objekt einer Datenbankabfrage untersucht werden [12,

Kap. 2]. Im CI-Prozess werden i.d.R. auch einfache Code-Analysen durchgeführt. Diese sollen dem Entwickler eine schnelle Rückmeldung bezüglich Verletzung von Qualitätsstandards, potenziellen Schwachstellen sowie Leistungsproblemen liefern. Nachdem einzelne Funktionalitäten entwickelt und alle Tests erfolgreich absolviert wurden, werden die validierten Änderungen im Hauptzweig zusammengeführt. Mit diesem Prozessschritt beginnt der *Continuous-Delivery-Workflow (CD-Workflow)*. Während CI den Prozess der kontinuierlichen Integration des Quellcodes in das zentrale Repository verwaltet, steuert der CD-Workflow die Automatisierung der Anwendungsbereitstellung. Applikationen sollen somit ohne große Verzögerungen in die Produktivumgebung und somit zum Kunden ausgeliefert werden. Im Sinne des DevOps-Rahmenwerkes wird der CD-Prozess automatisch und unmittelbar nach Ablauf aller CI-Aktivitäten angestoßen. In der Praxis wird hierbei jedoch häufig ein manueller Schritt zwischengeschaltet [11, S. 20]. Damit soll sichergestellt werden, dass das Ausrollen der Anwendung erst nach Überprüfung und Genehmigung der Product Owner beginnt. Im ersten Schritt des CD-Prozesses wird das in die Produktivumgebung bereitzustellende Artefakt über die Deployment-Pipeline in eine *Staging-Area* geladen. Bei der Staging-Area handelt es sich dabei um ein System, welches zwischen Entwicklungs- und Produktivumgebung liegt. Die Staging-System-Konfigurationen werden dabei so angelegt, dass diese der Produktionsumgebung möglichst ähnlich sind [14, Kap. 1.3]. Neben den Datenbanken werden hierbei ebenfalls Serverkonfigurationen, wie Firewall- oder Netzwerkeinstellungen von dem Produktivsystem übernommen. Somit soll sichergestellt werden, dass eine neue Anwendungsversion unter produktions-ähnlichen Bedingungen getestet wird. Analog zum CI-Prozess werden innerhalb des CD-Workflows ebenfalls Unit- und Integration-Tests abgewickelt. Diese sind i.d.R. deutlich rechenintensiver und besitzen längere Ausführungszeiten. Somit werden im CD-Prozess essenzielle, jedoch während des Entwicklungsworkflows zu aufwendige Validierungen durchgeführt [11, S. 20]. In der Staging Area werden unterdessen auch in der Test-Pyramide (s. Abb. 8) höher positionierte, also rechenintensivere Tests ausgeführt [12, Kap. 2]. Dazu gehören End-to-End-Tests (E2E-Tests). Mit diesen soll

sichergestellt werden, dass die Anforderungen aller Stakeholder erfüllt werden. Hierbei wird ein vollständiges Anwenderszenario von Anfang bis Ende getestet. Dieses kann im Kontext eines E-Commerce-Webshops etwa das Anmelden mit Benutzername, das Suchen eines Produktes und das Abschließen einer Bestellung umfassen [29]. Auf oberster Ebene der Test-Pyramide befinden sich die *Manual-Tests*. Dabei handelt es sich um von menschlichen Testern ausgeführte Validierungen, mit welchen Benutzerfreundlichkeit sowie Funktionalität anhand authentischer Anwenderszenarien gewährleistet werden soll. Für kritische Systeme werden während des Delivery-Prozesses ebenfalls *Regression-Tests* vorgenommen. Diese umfassen ein erneutes Testen bereits vorhandener Software-Komponenten. Regression-Tests können dabei in Form von Unit-, Integration- sowie Functional-Tests ausgeführt werden. Nachdem alle erfolgreich absolviert wurden, werden i.d.R. verschiedene Codeanalysen angestoßen. Hierbei werden Metriken, wie die prozentuale Testabdeckung oder Schwachstellen verwendeter Code-Patterns überprüft. Nach Durchführung der Codeanalysen wird das überprüfte Artefakt auf die Cloud-Plattform geladen (*Deploy*: s. Abb. 6). Je nach Bereitstellungsstrategie (s. 2.2.3), wird die Anwendung dann unmittelbar oder erst nach weiteren Überprüfungen für den Kunden zugänglich gemacht. Der letzte Schritt des CD-Workflows umfasst die Laufzeitüberwachung der inbetriebgenommenen Anwendung (*Monitoring*: s. Abb. 6). So soll eine ordnungsgemäße Ausführung der Anwendung in der Produktionsumgebung sichergestellt werden. Wichtige Überwachungselemente sind dabei *Infrastruktur*-, *Plattform*- sowie *Anwendungs-Monitoring*. Beim Infrastruktur-Monitoring werden Metriken wie CPU-, Speicher- und Netzwerklast der Server bzw. Datenbanken untersucht. Das Plattform-Monitoring setzt dabei eine Ebene höher an und validiert, dass die Plattform, auf welcher die Anwendungen ausgeführt werden, stabil und funktionsfähig ist. Dabei werden Infrastrukturkomponenten, wie Datenbanken, virtuelle Netze bzw. Middlewares analysiert. Das Anwendungs-Monitoring umfasst die Überwachung der Funktionalitäten und der Applikation selbst. Hierbei werden Informationen wie Anfragen pro Sekunden, die Anzahl der Benutzer oder die in Log-Dateien gesammelten Fehlercodes analysiert [11, S. 21].

Zur Automatisierung der CI/CD-Prozesse werden von der SAP i.d.R. drei verschiedene Alternativen vorgeschlagen. Eine unmittelbare von der SAP bereitgestellte Lösung ist das *SAP Continuous Integration and Delivery (SAP CI/CD)*. Das SAP CI/CD ist eine auf der SAP BTP betriebene SaaS-Lösung, mit welcher vordefinierte Pipeline-Templates konfiguriert und ausgeführt werden können. Dieses Tool ist insbesondere mit SAP-Standardtechnologien, wie den Programmierframeworks SAP UI5 (Frontend) und SAP CAP Node (Backend) sowie der Laufzeitumgebung Cloud-Foundry kompatibel. Eine weitere bei der SAP verwendete CI/CD-Alternative ist das Open-Source-Tool *Jenkins*. Im Gegensatz zum templatebasierten SAP CI/CD, muss der Bereitstellungsworkflow bei Jenkins mit der Programmiersprache Groovy implementiert werden. Weiterhin wird Jenkins nicht unmittelbar auf der SAP BTP betrieben, sondern muss auf einem eigenen Server (On-Premise) oder von einem externen Cloud-Anbieter verwaltet werden. Um die Bereitstellung von SAP-spezifischen Technologien zu optimieren, wurde von der SAP die Programmbibliothek *Project Piper* entworfen. Zur Erstellung einer Pipeline werden dabei zwei Konzepte unterstützt. Mit dem *General-Purpose-Pipeline-Konzept* werden bereits vorgefertigte den Produktstandards der SAP entsprechende Pipelines bereitgestellt. In dem *Shared-Pipeline-Pool* werden hingegen hoch konfigurierbaren vorimplementierten CI/CD-Schritte gebündelt. Diese können bei der Implementierung eines Bereitstellungs-Workflows beliebig kombiniert und angepasst werden. Ein externes ebenfalls innerhalb der SAP verwendetes CI/CD-Werkzeug ist *Azure Pipelines*. Azure Pipelines ist ein von Microsoft entwickeltes Tool, welches umfassende Integrationsmöglichkeiten zu anderen Microsoft-Diensten wie die Azure-Cloud-Plattform oder Microsoft Visual Studio Code bietet. Zur Implementierung des CI/CD-Workflows SAP-spezifischer Technologien wird für Azure Pipelines ebenfalls die Programmbibliothek Project-Piper verwendet.

### **2.2.3 Strategien zur Bereitstellung von Neuentwicklungen**

Nachdem das Artefakt auf einer virtuellen Maschine bzw. containerisierten Cloud-Instanz installiert und gestartet wurde, erfolgt die Inbetriebnahme der neuen An-

wendungsversion je nach Bereitstellungsstrategie unmittelbar oder erst nach weiteren Validierung. Anhand der Bereitstellungsstrategie wird festgelegt, mit welcher Methode und zu welchem Zeitpunkt Nutzeranfragen von der aktuellen auf die neue Anwendungsinstanz umgeleitet werden.

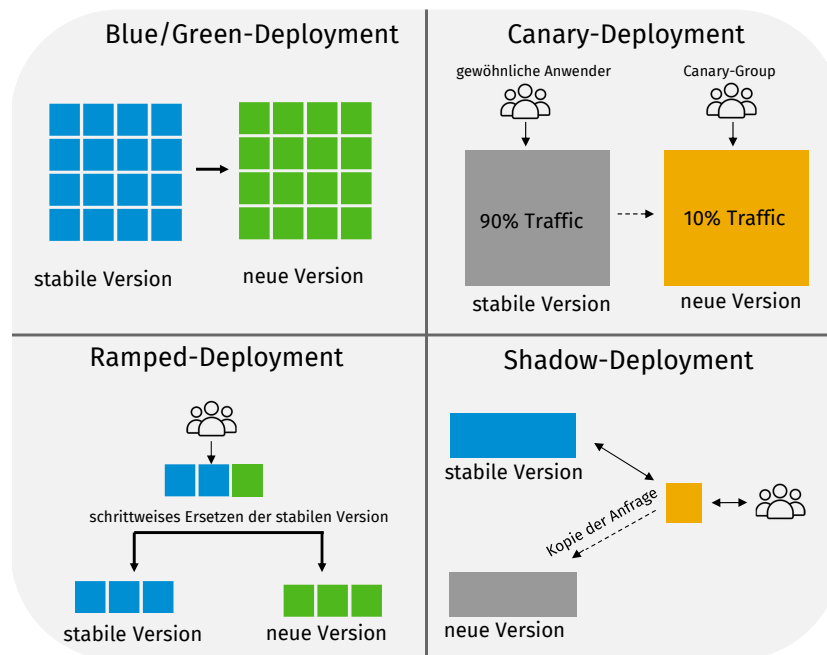


Abbildung 9: Strategien zur Bereitstellung von Software.  
In Anlehnung an Ugochi [42].

Eine häufig verwendete Deployment-Strategie ist dabei das *Blue/Green-Deployment*. Hierbei wird neben der stabilen aktuellen Anwendung (*Blaue Version*) ebenfalls eine Instanz der neuen Anwendung (*Grüne Version*) betrieben. Nutzeranfragen werden dabei von dem Lastenverteilungsservice (*Load-Balancer*) erst nach Validierung aller Tests umgeschaltet. Dazu gehören neben den in der CI/CD-Pipeline definierten Tests ebenfalls Überprüfungen der Qualitätssicherung. Diese umfassen manuelle Tests, in welchen Funktionen, Benutzeroberfläche sowie die Anwenderfreundlichkeit überprüft werden [42]. Im Gegensatz zum Blue/Green-Deployment, bei welchem eine neue Version simultan für die gesamte Nutzerbasis zur Verfügung gestellt wird, gewährleistet das *Canary-Deployment* eine restriktivere Nutzlastumleitung. Hierfür wird die neue Anwendungsversion vorerst einer überschaubaren Nutzeran-



zahl (*Canary-Gruppe*) bereitgestellt. Dabei sollte die zusammengestellte Canary-Gruppe die Gesamtnutzerbasis möglichst gut repräsentieren. Anhand des Canary-Traffics soll der fehlerfreie Betrieb neuer Anwendungen überprüft und ggf. Anpassungen vorgenommen werden, bevor diese der gesamten Nutzerbasis zur Verfügung gestellt werden [42]. Für Anwendungen auf einer kritischen IT-Infrastruktur wird i.d.R. die *Ramped-Deployment-Strategie* verwendet. Diese ermöglicht eine präzise Kontrolle horizontal skaliert Services. Bei einer horizontalen Skalierung erfolgt die Replizierung identischer Service-Instanzen, wodurch die Ausfallsicherheit einer Anwendung optimiert werden kann. Die neue Softwareversion wird während des Ramped-Deployment-Prozesses schrittweise auf die horizontalen Instanzen ausgerollt. Dabei werden die ersten aktualisierten Instanzen lediglich für bestimmte Anwender, eine sog. *Ramped-Gruppe*, bereitgestellt. Dabei soll das von dieser Anwendergruppe zur Verfügung gestellte Feedback während zukünftiger Planungsprozesse berücksichtigt werden [42]. Eine aufwendigere, jedoch risikoärmere Bereitstellungsstrategie stellt das *Shadow-Deployment* dar. Dabei wird neben der Instanz der aktuellen Version ebenfalls ein sog. *Shadow-Model* auf der Infrastruktur betrieben. Das Shadow-Model verwaltet die neue Version der Anwendung, kann jedoch nicht unmittelbar von den Nutzern aufgerufen werden. Diese Instanz stellt ein hinter der stabilen Version gelagertes Schattenmodell dar. Benutzeranfragen werden von dem Load-Balancer stets auf die aktuelle Version der Instanz weitergeleitet, verarbeitet und beantwortet. Gleichzeitig wird eine Kopie dieser Anfrage an das Shadow-Model weitergeleitet und von diesem prozessiert. Die Shadow-Modell-Verarbeitung des in der Produktionsumgebung abgewickelten Netzwerkverkehrs ermöglicht den Entwicklern somit eine anwendungsbezogene Überprüfung entwickelter Features [42].

### 3 Methodische Vorgehensweise

Der Forschungsbereich dieser wissenschaftlichen Abhandlung umfasst die Themengebiete CI/CD sowie CEA. Da in Kombination dieser beiden Forschungsbereiche sowie in der praktischen Umsetzung dieser Konzepte mit SAP-spezifischen Technologien in der Literatur kein Datenmaterial vorhanden ist, werden im Rahmen dieser Arbeit Experteninterviews durchgeführt. Die in diesen Gesprächen erhobenen Daten sollen dabei als Entscheidungsgrundlage zur Durchführung des AHP-Verfahrens verwendet werden.

#### 3.1 Semistrukturierte Leitfadeninterviews

Das Experteninterview stellt eine häufig angewandte Analysemethode dar, welche vorrangig bei qualitativen Untersuchungen verwendet wird. Die Meinungen, Erfahrungen und Perspektiven der Experten werden dazu verwendet, relevante Aspekte zu einem Thema zu identifizieren oder eine Forschungshypothese zu formulieren. Diese wissenschaftliche Methode wird dabei insbesondere für aktuelle, stets unerforschte Themen sowie Fragestellungen mit geringem Literaturaufkommen verwendet [9, 363 ff.]. Als Experten werden in diesem Zusammenhang Interviewpartner bezeichnet, welche aufgrund ihres im Rahmen beruflicher Tätigkeiten erworbenen Wissens umfassende Kenntnisse in einem spezifischen Fachgebiet besitzen. In der Literatur werden verschiedene Arten von Experteninterviews definiert. Dazu gehören strukturierte, semistrukturierte sowie unstrukturierte Interviews [9, 363 ff.]. Strukturierte Expertengespräche zeichnen sich dabei insbesondere durch die Vorabfestlegung der im Interview gestellten Fragen aus. Hierbei wird bezweckt, dass allen Teilnehmenden dieselben Fragen in standardisierter Reihenfolge vorgelegt werden. Im anderen Extrem der unstrukturierten Interviews erfolgt lediglich eine Definition des Forschungsbereichs, jedoch werden vorab keine expliziten Fragen festgelegt. Den konkreten Verlauf des Gespräches bestimmt dabei die dynamische Entwicklung des Antwort-Nachfrage-Verhaltens der Interviewteilnehmer. Aufgrund des eng abgegrenzten Forschungsbereichs, besteht bei der Durchführung von unstrukturierten

Interviews in dieser Arbeit das Risiko, dass die Gesprächsinhalte vom eigentlichen Untersuchungsgegenstand abweichen. Auch die Abwicklung von strukturierten Interviews ist für diese Arbeit nicht geeignet [13, 244 ff.]. Das liegt insbesondere an dem starren Erhebungsdesign der strukturierten Interviews. Angesichts der in dieser Arbeit angestrebten Erschließung unerforschter Themengebiete bietet eine Vorabfestlegung der Fragen nicht genügend Flexibilität, um auf neu auftretende Aspekte innerhalb des Gesprächs angemessen zu reagieren. Deshalb werden im Rahmen dieser Arbeit semistrukturierte Interviews durchgeführt. Diese Interviewform realisiert eine Leitfadenstruktur, welche eine vordefinierte Fragegestaltung vorgibt, jedoch im Verlauf des Gesprächs gleichzeitig ein hohes Maß an Flexibilität bietet. Ergeben sich während eines Expertengesprächs neue Aspekte, können diese mit unmittelbaren Ad-hoc-Fragen aufgegriffen werden. Um die Interviews auszuwerten, muss eine Transkription der Expertengespräche erfolgen [13, 244 ff.]. Dabei gibt es neben der lautsprachlichen bzw. vereinfachenden ebenfalls eine zusammenfassende Transkription. Während in der lautsprachlichen Transkription Gespräche in vollständiger Form erfasst werden, kennzeichnet sich eine vereinfachende Transkription durch das Korrigieren von Dialekten, Satzbrüchen oder Wortdopplungen. Demgegenüber werden bei einer zusammenfassenden Transkription nur essenzielle Gesprächsinhalte festgehalten. Da zur Beantwortung der Forschungsfrage dieser Arbeit nicht der exakte Wortlaut, sondern vielmehr die inhaltliche Ausgestaltung der Expertengespräche von Bedeutung ist, wird eine zusammenfassende Transkription durchgeführt. Zur Auswertung der Transkription wird dabei i.d.R. eine deduktive bzw. induktive Methode verwendet. Bei einer deduktiven Auswertung werden Aussagen der Experten vordefinierten Kategorien zugeordnet [13, 244 ff.]. Dieses Evaluationsverfahren bietet insbesondere zur Validierung einer vorgegebenen Forschungshypothese einen erheblichen Mehrwert. Da im Rahmen dieser Arbeit stattdessen die Beantwortung einer offenen Forschungsfrage vorgesehen ist, wird eine induktive Kodierung der Interviews vorgenommen. Statt Themengruppen im Voraus festzulegen, werden bei der induktiven Kodierung Kategorien dynamisch aus dem Interviewmaterial abgeleitet. Eine implizite Auswertung der induktiven Kodierung wird im AHP-Verfahren (s. Kap.

4) angewendet. So werden die während der Evaluation getroffenen Entscheidungen anhand der Expertenaussagen referenziert.

### **3.2 Evaluation von Integrations- und Bereitstellungs-Tools unter Anwendung des Analytischen Hierarchieprozesses**

AHP ist ein von dem Mathematiker Thomas Saaty konzipiertes Entscheidungs-Framework. Dieses Rahmenwerk eignet sich insbesondere für komplexe betriebswirtschaftliche und technische Entscheidungsprobleme. Bei AHP wird eine Bewertung der Entscheidungsalternativen anhand verschiedener Kriterien vorgenommen. Da das zugrundeliegende Rahmenwerk auf der Prämisse einer divergierenden Wichtigkeit der unterschiedlichen Entscheidungskriterien basiert, muss für die festgelegten Kriterien eine Gewichtung vorgenommen werden. [20, S. 86]. Das AHP-Verfahren besteht dabei aus mehreren Schritten. Zu Beginn des AHP-Verfahrens ist eine exakte Definition der zu lösenden Problemstellung notwendig. Im nächsten Schritt werden verschiedene Entscheidungsalternativen sowie Bewertungskriterien festgelegt. Die Entscheidungsstruktur kann dabei durch einen hierarchischen Aufbau beliebig gestaltet werden. Auf oberster Ebene des AHP-Baums befindet sich das Entscheidungsproblem (s. Abb. 11). Es besteht die Möglichkeit, ein Kriterium in mehrere Subkriterien zu unterteilen. Auf unterster Ebene befinden sich schließlich die im Hinblick auf die festgelegten Evaluationskriterien zu bewertenden Entscheidungsalternativen. Um eine auf die Präferenzen der Stakeholder abgestimmte Bewertung zu ermöglichen, müssen die zuvor festgelegten Entscheidungskriterien gewichtet werden. Besteht der AHP-Baum aus mehreren Stufen, erfolgt für jede Ebene zunächst eine isolierte Gewichtung. Zur Bestimmung der relativen Wichtigkeit wird für das AHP-Verfahren nach Saaty ein paarweiser Vergleich vorgeschlagen. Hierbei wird die Wichtigkeit eines Kriteriums gegenüber eines anderen ermittelt. Die in der Literatur aufgeführte Gegenüberstellung erfolgt dabei auf einer Skala von eins bis neun [20, S. 86]. Um den Prozess der Entscheidungsfindung für die Probanden intuitiver zu gestalten, ist im Rahmen dieser Arbeit eine Gewichtung von null bis zwei vorhergese-

hen. Während der Wert zwei impliziert, dass ein Entscheidungskriterium wesentlich wichtiger ist, wird mit dem Index eins eine gleiche Gewichtung ausgedrückt. Eine relative Wichtigkeit mit dem Wert null bedeutet in diesem Zusammenhang, dass ein Kriterium weniger wichtig als die Vergleichskategorie ist.

	Kriterium K1	Kriterium K2	Kriterium K3	$V_{ki}$	lok. Gew. ( $W_{ki}$ )
Kriterium K1	1	2	0	3	0,333
Kriterium K2	0	1	0	1	0,111
Kriterium K3	2	2	1	1	0,556

Abbildung 10: Exemplarische Darstellung der Paarvergleichsmatrix im AHP.  
Eigene Darstellung.

So wird dem in Abb. 11 exemplarisch dargestellten Kriterium K1 eine wesentlichere Bedeutung als K2 zugeschrieben. Das korrespondierende Äquivalent auf der rechten Matrixhälfte besitzt entsprechend eine Gewichtung von null (*weniger wichtig*). Um der in der Paarvergleichsmatrix getroffenen Gegenüberstellung eine höhere Aussagekraft zu verleihen, müssen die relativen Gewichtungen in prozentuale Werte transformiert werden. Im ersten Schritt werden dabei alle Paarvergleichswerte eines Entscheidungskriteriums aufsummiert:

$$V_{k1} = X_{11} + X_{12} + X_{13}$$

Anschließend muss diese Summe standardisiert werden. Hierfür wird die Gewichtungssumme ( $V_{ki}$ ) eines Kriteriums durch die Gesamtanzahl der in einer Paarvergleichsmatrix ( $N$ ) vergebenen Punkte dividiert. ( $N$ ) ergibt sich durch die Anzahl der Kriterien ( $n$ ) einer Paarvergleichsmatrix:

$$N = n \cdot n$$

Anschließend kann die prozentuale Gewichtung eines Entscheidungskriteriums wie folgt berechnet werden:

$$W_{k1} = \frac{V_{k1}}{N}$$

Diese lokale Gewichtung wird für jede Hierarchieebene durchgeführt. Um die globale Gewichtung zu ermitteln, wird die Gewichtung jedes Subkriteriums mit den Gewichtungen der übergeordneten Kriterien multipliziert (s. Abb. 11). In der Literatur wird vorgesehen, dass auf unterster Hierarchieebene ebenfalls eine Gewichtung der Entscheidungskriterien vorgenommen wird [20, S. 86]. Da dies insbesondere bei auf subjektiven Präferenzen basierenden Problemstellungen eine wichtige Rolle spielt, wird hierbei von dem Leitfaden nach Saaty abgewichen. Stattdessen wird für jedes Kriterium auf unterster Ebene eine feste Metrik definiert, anhand dieser die Alternativen bewertet werden. Die in der Metrik festgelegte Punktevergabe kann dabei sowohl anhand qualitativer als auch quantitativer Aspekte durchgeführt werden. Letztlich werden die für jedes Kriterium erzielten Punkte mit den globalen Gewichtungsfaktoren multipliziert und alle Teilbewertungen zu einer gewichteten Gesamtbenotung zusammengezogen. Die Entscheidungsalternative mit der höchsten Gesamtbewertung gilt dabei als optimale Alternative.

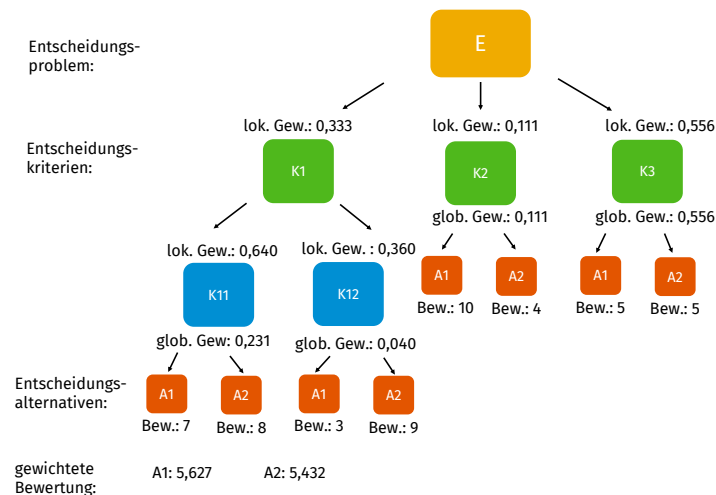


Abbildung 11: Exemplarische Darstellung der hierarchischen Entscheidungsstruktur im AHP. Eigene Darstellung.

Das Rahmenwerk eignet sich aufgrund des multidimensionalen Entscheidungsmodells besonders für die in der Arbeit zu untersuchende Fragestellung. Die bei der

Wahl einer CI/CD-Pipeline zu berücksichtigenden Aspekte können somit als Bewertungskriterien in den AHP-Baum aufgenommen werden. Des Weiteren ermöglicht die im AHP-Verfahren abgewinkelte Gewichtung, dass die Kriterien in unterschiedlichem Maße Einfluss auf die Bewertung einer Pipeline nehmen. Im Rahmen dieser Arbeit kann somit die Wichtigkeit der an die Entscheidung geknüpften Aspekte durch verschiedene an der Bereitstellung von Software beteiligten Stakeholder (Entwickler, DevOps-Spezialisten etc.) festgelegt werden. Dies ermöglicht eine auf die Präferenzen der Entscheidungsträger abgestimmte Bewertung der zu untersuchenden Pipelines. Während bei Methoden wie der SWOT-Analyse ausschließlich qualitative Aspekte berücksichtigt werden, ermöglicht das AHP-Model ebenfalls eine Evaluation quantitativer Bewertungsmetriken. Infolgedessen kann bei der Definition der Bewertungsmetrik für jedes Entscheidungskriterium überprüft werden, ob eine quantitative oder qualitative Bewertung geeignet ist.

Weitere Erläuterungen zu den im AHP-Verfahren getroffenen Entscheidungen werden zur besseren Verständlichkeit in Kapitel 4 ausgeführt.

## 4 Evaluation der Integrations- und Bereitstellungs-Pipelines unter Anwendung des Analytischen Hierarchieprozesses

Als Entscheidungsalternativen werden CI/CD-Pipelines für die Bereitstellung von Cloud-Software gegenübergestellt. Konkret handelt es sich dabei, um die Tools *SAP CI/CD*, *Jenkins*, sowie *Azure Pipelines*. Die Gegenüberstellung wird auf die genannten CI/CD-Pipelines beschränkt, da ausschließlich diese von der SAP vorgeschlagen werden. Bei der Untersuchung der Pipelines sind dabei verschiedene Aspekte zu beachten. So soll im Rahmen der Arbeit evaluiert werden, ob sich die verschiedenen Pipelines zur Bereitstellung von Software für CEs eignet. Weiterhin muss festgestellt werden, inwiefern die Tools für die Technologien SAP CAP bzw. SAP UI5 geeignet sind und ob eine Bereitstellung in der Laufzeitumgebung Cloud Foundry der SAP BTP möglich ist.

### 4.1 Definition der Entscheidungskriterien

Die zur Durchführung des AHP-Verfahrens benötigten Daten werden neben einer Literaturrecherche ebenfalls mittels Experteninterviews erhoben. Für die Experteninterviews wird eine Expertengruppe aus 8 Mitarbeitenden der SAP zusammengestellt (s. Anhang C). Diese sind jeweils in verschiedenen Bereichen der Cloud-Fullstack-Entwicklung, Test-Management, Product Management sowie in der Software-Architektur spezialisiert. Somit kann Expertise über verschiedene Fachbereiche hinweg aufgebaut und Anforderungen aller an der Entwicklung, Bereitstellung sowie an dem Betrieb von Software beteiligten Stakeholdern erfasst werden. Zur Festlegung der Entscheidungskriterien wird eine induktive Kodierung der Expertengespräche durchgeführt (s. Anhang C.5). Dabei werden aus besonders häufig von Experten genannten Aspekten systematisch Kategorien abgeleitet. Diese umfassen insbesondere Aspekte, welche die in vergangenen Kundenprojekten hervorgegangenen Anforderungen an eine CI/CD-Pipeline widerspiegeln. Da innerhalb dieser Kundenprojekte oft we-



niger strikte Qualitätsanforderungen an den CI/CD-Prozess gestellt werden, wird darüber hinaus erarbeitet, welche internen Bestimmungen von der SAP zur Bereitstellung von Standardsoftware definiert werden. Die bei der induktiven Kodierung erhobenen Kategorien werden anschließend ebenfalls als Entscheidungskriterien im AHP-Verfahren wiederverwendet. Die mit dieser Vorgehensweise erhobenen Entscheidungsalternativen sind folgender Abbildung zu entnehmen:



Abbildung 12: AHP-Entscheidungsstruktur zur Bewertung von CI/CD-Pipelines. Eigene Darstellung.

Auf der obersten Ebene des AHP-Entscheidungsbaums werden neun Kategorien definiert. Das erste Kriterium ist **Funktionalität** (K1). Diese Kategorie umfasst verschiedene innerhalb des CI/CD-Workflows benötigte funktionale Spezifikationen. So sollte eine Pipeline etwa dazu in der Lage sein, Anwendungen zu testen, Code-Analysen durchzuführen und eine Software auf der Cloud-Plattform bereitzustellen. Experte 1 begründet dabei, dass es „eine Unterstützung dieser Stufen benötigt, um eine effiziente Bereitstellung von Software zu ermöglichen“ [43, Z. 52].

Angesichts der Vielfältigkeit des Entscheidungskriteriums Funktionalität, wird eine Untergliederung in verschiedene Subkriterien vorgenommen. In Kategorie 1.1 wird evaluiert, welche Tests von der Pipeline unterstützt werden. Von der SAP werden diesbezüglich Produktstandards vorgegeben. Diese stützen sich auf *ISO 9001*, eine internationale Norm für Qualitätsstandards. Im Kontext der Softwareentwicklung verlangt diese, eine für neue Funktionalitäten kontinuierliche und automatisierte durchgeführte Prüfung. Dies erfordert eine Abwicklung von Unit-, Integration-, E2E-Test sowie Manual-Tests für Backend sowie Frontend. Hinsichtlich der Entwicklung von CAP-Node-Anwendungen wird in der SAP die Durchführung von Unit-Tests mittels Jest bzw. Mocha und Integration-Tests mittels Newmann vorgeschlagen. Für die Programmierung mit SAP UI5 sind hingegen Unit-Tests mittels Q-Unit, Integration-Tests mittels OPA5 und E2E-Tests mittels WDI5 vorgesehen. Während die Test-Frameworks Jest, Mocha, Newmann sowie Q-Unit in einer herkömmlichen Node-Laufzeitumgebung ausgeführt werden, benötigt es für OPA5 sowie WDI5 einer emulierten Browser-Umgebung (Webdriver.io). Die von dem Emulator generierte Benutzeroberfläche ermöglicht das Simulieren und Testen von gezielten Anwenderinteraktionen. Diese können z.B. das Ausfüllen von Formularen bzw. das Klicken auf Schaltflächen darstellen. Bei der Bewertung soll deshalb insbesondere evaluiert werden, ob neben der Node-Laufzeitumgebung ebenfalls eine emulierte Browser-Umgebung von den zu vergleichenden Pipelines unterstützt wird.

In Kriterium K1.2 wird die Kompatibilität verschiedener *Code-Analyse-Tools* untersucht. Es wurde gezielt eine Trennung dieser Kategorie mit dem Kriterium K1.2 (Tests) vorgenommen. Während Tests eine funktionale Erfüllung der Anforderung evaluieren, werden mit Code-Analysen Code-Qualitätsstandards der entwickelten Features untersucht. Dabei wird evaluiert, ob statische Codeanalysen, Security- sowie Performance-Überprüfungen von den CI/CD-Pipelines unterstützt werden. Gemäß den Produktstandards der SAP sind für statische Code-Analysen Lint sowie SonarQube vorgeschrieben. Mit diesen Tools können neben syntaktischen Formqualitätsüberprüfungen ebenfalls Code-Metriken wie Komplexität oder Quellcode-Duplikate analysiert werden. Zur Durchführung von Sicherheitsüberprüfungen wird

für SAP-CAP-Node-Anwendungen Checkmarx verwendet, während für SAP UI5 DASTER zum Einsatz kommt. Während für Performance-Tests von der SAP das Tool JMeter vorgeschlagen wird, gibt es bezüglich der Code-Coverage-Checks keine spezifische Vorgabe.

In der Kategorie K1.3 werden die *Build-Funktionalitäten* der CI/CD-Pipelines evaluiert. Um Anwendungen in die Cloud-Foundry-Laufzeitumgebung der SAP BTP bereitzustellen, wird i.d.R. das Multitarget-Application-Konzept (MTA-Konzept) verwendet.

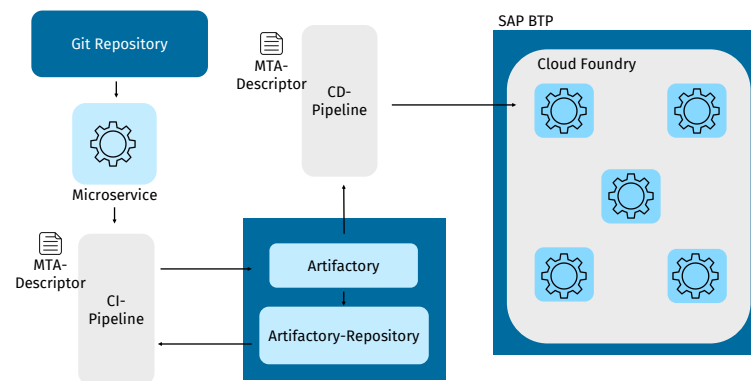


Abbildung 13: Bereitstellung von MTA-Applikationen in ein Artefakt-Repository. Eigene Darstellung.

Die MTA ist eine Applikation, z.B. ein Microservice eines CE, welche aus verschiedenen Modulen besteht. Diese Module umfassen typischerweise die durch einen Microservice bereitgestellte API oder eine von der Applikation verwendete Datenbank. Eine CE-Anwendung kann dabei ebenfalls von verschiedenen externen Ressourcen abhängig sein. Diese sind in einem Artefakt-Repository verwaltete externe Komponenten, welche bei der Entwicklung neuer Microservices wiederverwendet werden können [43, Z. 40]. Diese Komponenten werden während des Build-Prozesses von der CI/CD-Pipeline aus den Artefakt-Repositories geladen. Weiterhin können die von einer CI/CD-Pipeline bereitgestellten Anwendungen ebenfalls als wiederverwendbare Komponenten in das Artefakt-Repository eingelagert werden. Ein weiterer, für CEs essenzieller Build-Aspekt ist die Unterstützung von Docker-Workflows. Durch

den Einsatz von Docker-Containern können Entwickler schnell virtualisierte Umgebungen mit benötigten Frameworks und Tools bereitstellen ohne dabei eine gesamte Infrastruktur manuell konfigurieren zu müssen. Innerhalb dieses Bewertungskriteriums wird deshalb evaluiert, ob Build-Tools für MTA, Artefakt-Repositories sowie Docker-Workflows durch die CI/CD-Pipelines unterstützt werden.

In Kriterium K1.4 werden die *Deploy- und Release-Funktionalitäten* der CI/CD-Tools untersucht. Dabei wird evaluiert, ob die Pipelines neben dem Ausrollen auf die Cloud-Foundry-Laufzeitumgebung ebenfalls verschiedene Bereitstellungsstrategien (z.B. Blue/Green-Deployment s. Kap. 2.2.3) unterstützen. Des Weiteren wird erörtert, ob mit den CI/CD-Pipelines eine Bereitstellung in das SAP Cloud Transport Management (SAP CTM) möglich ist. Das SAP CTM kann als zusätzliche Schicht im CI/CD-Prozess verbaut werden (s. Abb. 17). Insbesondere innerhalb komplexer ERP-Systemlandschaften führt die Verwendung dieses Systems zu einer Optimierung der Bereitstellungsprozesse [18, Z. 59]. In Kategorie K1.5 wird die *Monitoring-Funktionalität* der verschiedenen CI/CD-Pipelines untersucht. In diesem Zusammenhang erfolgt eine Bewertung der Überwachbarkeit der CI/CD-Tools. Für interne Projekte wird dabei i.d.R. das SAP-Partner-Tool Splunk verwendet. Damit lassen sich verschiedene Metriken, wie Build-Zeiten, Performance-Checks oder Fehlerquoten verschiedener Pipelines in einem zentralisierten Dashboard visualisieren. Da CI/CD-Pipelines im Rahmen dieser Arbeit ebenfalls für externe Kundenprojekte evaluiert werden, ist innerhalb dieses Kriteriums ebenfalls eine Betrachtung von externen Open-Source-Tools notwendig. Dazu gehört das am häufigst verwendete Überwachungs-Dashboard Kibana.

In Kategorie K2 werden die **Integrationsmöglichkeiten** der Pipelines untersucht. In dem Subkriterium *Integrationsmöglichkeiten von Repositories* (Kriterium K2.1) wird evaluiert, ob sich das Repository in die Pipeline integrieren lässt [43, Z. 79]. Damit können bestimmte Ereignisse, wie Push-Mitteilungen bei Code-Änderungen automatisiert an die CI/CD-Pipeline übermittelt werden. Somit kann ein unmittelbarer Integrations- bzw. Bereitstellungs-Workflow ausgelöst werden. Bei der Bewertung wird dabei insbesondere darauf geachtet, dass häufig verwendete Repositories in die

Pipeline integrierbar sind. Da in der Literatur diesbezüglich keine öffentlichen Statistiken zugänglich sind, wird auf empirische Einschätzungen der Experten zurückgegriffen. So wurden nach Einschätzung des Experten 3 innerhalb interner und externer Projekte am häufigsten GitHub, GitLab und BitBucket verwendet [7, Z. 85]. In Kriterium K2.2 werden die *Integrationsmöglichkeiten von Entwicklungsumgebung* untersucht. Die Integration-Pipeline kann unmittelbar während des Entwicklungsprozesses aus der Entwicklungsumgebung gestartet werden. Auf diese Weise wird sichergestellt, dass Entwickler Feedback in noch geringeren Zeitabständen erhalten als bei einer ausschließlichen Integration der Pipeline in das Repository. Die Bewertung bezieht sich dabei ausschließlich auf SAP UI5 sowie SAP CAP Entwicklungsumgebungen. Dazu gehören Microsoft Visual Studio Code, SAP Business Application Studio (SAP BAS) sowie Eclipse. In Kriterium K2.3 wird die *Integrationsmöglichkeit von Planungssoftware* untersucht. Dazu gehören Projektmanagement-Tools wie Jira. Eine Integration solcher Planungssoftware erlaubt Projektmanager eine erhöhte Transparenz über den Bereitstellungs-Workflow aller zu implementierender Arbeitselemente zu erlangen. Auf diese Weise kann der CI/CD-Status eines Backlog-Items unmittelbar über die Planungssoftware eingesehen werden. Da keine SAP-spezifischen Vorgaben bezüglich Planungssoftware getroffen sind, erfolgt lediglich eine Untersuchung der generellen Integrationsfähigkeit von Planungssoftware.

In Kriterium K3 erfolgt die Evaluation der **Kosten**. Mit diesem Entscheidungskriterium werden die durch die CI/CD-Pipelines verursachten Kosten analysiert. Im Fokus stehen dabei die Total Cost of Ownership (TCO). Also der Geldbetrag, welchen ein Unternehmen vom Kauf bis zur vollständigen Entsorgung leisten muss [5, S. 3].

Das Kriterium K4 untersucht die **Skalierbarkeit** der CI/CD-Pipelines. Hierbei werden die Pipelines auf horizontale sowie vertikale Skalierbarkeit untersucht. Die horizontale Skalierbarkeit ermöglicht eine parallele Durchführung mehrerer Builds. Gerade bei einer hohen Anzahl gleichzeitiger Hauptzweigintegrationen birgt dies einen hohen Mehrwert. Die vertikale Skalierung bezieht sich auf die Erhöhung der Ressourcen einer Pipeline-Instanz. So kann die CI/CD-Pipeline dynamisch an die sich

ändernden Anforderungen angepasst werden.

In Kriterium K5 wird die **Performance** der verschiedenen CI/CD-Pipeline verglichen. Dabei werden die zu untersuchenden Tools anhand derselben Anwendung getestet. Damit soll für jede Pipeline die zur Prozessierung des CI/CD-Workflows benötigte Zeit bemessen werden. Im Rahmen dieser Gegenüberstellung wird eine Unterscheidung zwischen der Integration- bzw. Delivery-Zeit realisiert. Die Integrationszeit bezeichnet den Zeitraum, welcher von der Einführung eines Feature-Branchs bis zur vollständigen Konsolidierung in den Hauptzweig benötigt wird. Dabei werden in die Pipelines dem CI-Prozess entsprechende Validierungen wie Unit- und Integration-Tests eingebaut. Die Delivery-Zeit beschreibt die Zeitspanne, welche von der Freigabe des Hauptzweigs bis zur Bereitstellung der Software auf die Cloud-Plattform benötigt wird. Dabei werden CD-typische Schritte in die Pipelines integriert. Dazu gehört das Ausführen von Code-Analysen und E2E-Tests.

In Kriterium K6 wird die **Flexibilität** der verschiedenen Pipelines evaluiert. Eine bedeutende Dimension der Flexibilität ist die uneingeschränkte Konfigurierbarkeit der Pipelines. So sollte eine Pipeline etwa keinerlei Beschränkungen in Bezug auf Anzahl und Reihenfolge der im CI/CD-Workflow durchzuführenden Schritten besitzen. Weiterhin wird evaluiert, ob für die Pipeline ein modularer Aufbau möglich ist. Da CEs i.d.R. über eine Vielzahl an Services verfügen, bedarf es ebenfalls einer hohen Anzahl an Pipelines. Um die daraus resultierende Komplexität zu reduzieren, sollten Pipelines aus modularen wiederverwendbaren Komponenten bestehen. Wird ein neuer Service in die Systemlandschaft integriert, können diese Komponenten somit ohne hohen Aufwand wiederverwendet werden. Ein weiterer, für die Flexibilität der Pipelines essenzieller Aspekt ist die Unterstützung von Plug-ins. Mit Plug-ins können ebenfalls nicht im Standard verfügbare Funktionen in die Pipeline integriert werden. Dadurch sind CEs in der Lage, agil auf sich ändernde Bedürfnisse zu reagieren und können somit unabhängig von dem mit der Pipeline ausgelieferten Standard operieren.

In Kriterium K7 wird der für die CI/CD-Pipelines bereitgestellte **Support** evaluiert. Im Hinblick auf den *Administrativen Support (K7.1)* wird geprüft, ob die Pipeline-

Anbieter Unterstützung bei der Einrichtung, Konfiguration sowie Problembehebung der CI/CD-Tools bietet. Dies ist insbesondere dann hilfreich, wenn der Umgang mit den Pipelines einen hohen Grad an Expertise benötigt. Des Weiteren wird evaluiert, ob Schulungen sowie Informationsmaterial verfügbar sind. Ein weiterer wesentlicher Aspekt ist die Verfügbarkeit von Updates. Durch kontinuierliche Updates kann sichergestellt werden, dass die Pipeline stets auf dem neusten Stand der Technik ist. Im Kontext des *Community-Supports* wird geprüft, ob öffentliche Foren existieren, in welchen Anwender Fragen stellen und Probleme diskutieren können. Die Qualität des Community-Supports hängt dabei i.d.R. von dem Kontributionsmaß ab. Somit werden als Referenzwert für die Bewertung die in dem am häufigst verwendeten Entwicklerforum Stack-Overflow abgesetzten Posts verglichen [39].

In dem Kriterium K8 wird die **Sicherheit** der CI/CD-Pipelines untersucht. Um unerwünschte Zugriffe zu vermeiden, sollte die CI/CD-Pipeline ein Authentifizierungs- und Authentisierungskonzepte unterstützen. Besonders vorteilhaft ist dabei die Einbindung zentralisierter Drittanbieter, wie der SAP Identity Provider oder GitHub. Ein weiteres unter dem Kriterium der Sicherheit evaluierter Aspekt ist ebenfalls die Systemsicherheit. Dazu gehört neben dem Schutz der Systemintegrität ebenfalls die Ausfallsicherheit. In Kriterium K9 wird die **Benutzerfreundlichkeit** der CI/CD-Pipelines untersucht. Dafür wird eine Unterteilung in *Installation und Wartung* sowie in *Intuitive Bedienbarkeit* vorgenommen. Hinsichtlich des Kriteriums der *Installation und Wartung* ist es dabei besonders vorteilhaft, wenn das CI/CD-Tool wenn Installation und Wartung nicht selbst übernommen werden muss, sondern unmittelbar als Service bereitgestellt wird. Auch der für die Implementierung und Konfiguration der Pipelines benötigte Aufwand sollte so gering wie möglich sein (*intuitive Bedienbarkeit*). Um die Abhängigkeit einer Abteilung von hochqualifizierten DevOps-Spezialisten zu verringern, kann es etwa von Vorteil sein, wenn Pipelines nicht mittels Programmiersprachen, sondern über intuitive Benutzeroberfläche konfigurierbar sind.

## 4.2 Festlegung der Bewertungsmetriken

In diesem Abschnitt erfolgt die Festlegung der Bewertungsmetriken. Dabei ist eine Bewertung von null bis vier Punkte vorgesehen. Eine Bewertung mit vier Punkten wird vergeben, wenn eine CI/CD-Pipeline signifikant zur Zielerreichung eines Kriteriums beiträgt, während eine Bemessung mit null Punkten eine unterdurchschnittliche Leistung impliziert. Die Vergabe von null Punkten stellt sicher, dass ein Kriterium, falls die zu bewertenden CI/CD-Pipeline keinen Mehrwert birgt, nicht zur Erhöhung der Gesamtbewertung beiträgt. Für qualitative in dem Entscheidungs-Framework zu betrachtende Kriterien wird eine gewichtende Bewertung vorgenommen. Dabei erfolgt eine Abwägung der Vor- und Nachteile, welche sich aus der Nutzung einer bestimmten Pipeline ergeben. Auf diese Weise kann bei der Bewertung ebenfalls argumentativ auf die in einer CEA vorliegenden Bedürfnisse eingegangen werden.

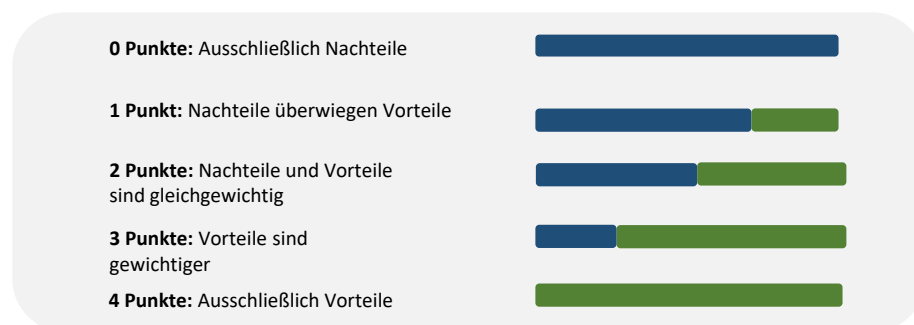


Abbildung 14: Qualitative Bewertungsmetrik für AHP. Eigene Darstellung.

Aufgrund des qualitativen Evaluations-Designs wird diese Metrik für *Funktionalität (K1)*, *Integrationsmöglichkeiten (K2)*, *Skalierbarkeit (K4)*, *Flexibilität (K5)*, *Administrativer Support (K7.1)*, *Sicherheit (K8)* und *Benutzerfreundlichkeit (K9)* angewendet. Da für die verschiedenen Pipelines divergierende Preismodelle festgelegt sind, kann für das Kriterium *Kosten (K3)* ebenfalls ausschließlich eine qualitative Erörterung abgewickelt werden. Für das quantitative Kriterium *Performance (K5)* wird eine divergierende Metrik definiert:



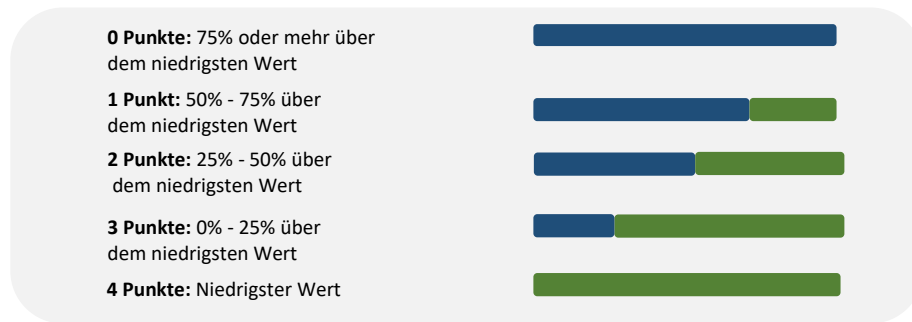


Abbildung 15: Quantitative Bewertungsmetrik für AHP. Eigene Darstellung.

In Kriterium K7.2 (*Community-Support*) wird die Anzahl der abgesetzten Blog-Posts zu einer CI/CD-Lösung untersucht. Dabei wird eine inverse Bewertung der in Abb. 15 beschriebenen Metrik durchgeführt. Dabei werden vier Punkte für die höchste Blog-Post-Anzahl vergeben. Für die restlichen Bewertungen wird invers nach dem in Abb. 15 definierten Abstufungen verfahren. Mit dieser Metrik können die relativen Kosten bzw. Blog-Posts der CI/CD-Pipelines verglichen werden. Indem der niedrigste bzw. höchste Wert als Basisgröße verwendet wird, ermöglicht sich ein Vergleich in Relation zur besten Entscheidungsalternative. Das vorliegende Bewertungs-Design erweist sich als vorteilhaft, da es ermöglicht eine Bewertung unabhängig von spezifischen Referenzwerte vorzunehmen.

### 4.3 Ermittlung der Gewichtungsfaktoren

Zur Bestimmung einer optimalen auf die Präferenzen der Entscheidungsträger ausgerichteten CI/CD-Pipeline wird eine Gewichtung der Bewertungskriterien vorgenommen. Die Gewichtung wird dabei von einem Expertengremium bestehend aus fünf Mitarbeitenden der SAP durchgeführt. Dieses umfasst einen Software-Architekten, einen Backend- sowie Frontend-Test-Entwickler, einen Fullstack-Entwickler und einen Product Manager. Dabei wird die in Kapitel 3.2 erläuterte Paarvergleichsgewichtung von jedem Experten zunächst eigenständig durchgeführt. Im Anschluss erfolgt die Berechnung des Mittelwertes aller Einzelgewichtungen. Mit diesem Vorgehen wird gewährleistet, dass bei der Gewichtung divergierende Anforderungen und Bedürfnisse aller an dem Bereitstellungsprozess von Software beteiligten Stakeholder

adäquat berücksichtigt werden.










Kriterium	Lokale Gewichtung pro hundert	Globale Gewichtung pro hundert
 <b>K1 Funktionalität</b>	<b>0,1728</b>	
K1.1 Tests	0,3200	0,0548
K1.2 Code-Analysen	0,2080	0,0212
K1.3 Build	0,2240	0,0380
K1.4 Deploy	0,1200	0,0390
K1.5 Monitoring	0,1280	0,0198
 <b>K2 Integrationsmöglichkeiten</b>	<b>0,1580</b>	
K2.1 Integration in Repository	0,2889	0,0796
K2.2 Integration in Entwicklungsumgebung	0,5111	0,0444
K2.3 Integration in Planungssoftware	0,2000	0,0340
 <b>K3 Kosten</b>	<b>0,0963</b>	<b>0,0963</b>
 <b>K4 Skalierbarkeit</b>	<b>0,1160</b>	<b>0,1160</b>
 <b>K5 Performance</b>	<b>0,0790</b>	
K5.1 Integration-Zeit	0,7000	0,0574
K5.2 Delivery-Zeit	0,3000	0,0216
 <b>K6 Flexibilität</b>	<b>0,1185</b>	<b>0,1185</b>
 <b>K7 Support</b>	<b>0,0815</b>	
K7.1 Administrativer Support	0,3500	0,0290
K7.2 Community Support	0,6500	0,0525
 <b>K8 Sicherheit</b>	<b>0,1259</b>	<b>0,1259</b>
 <b>K9 Benutzerfreundlichkeit</b>	<b>0,0519</b>	
K9.1 Installation und Wartung	0,4000	0,0222
K9.2 Intuitive Lernkurve	0,6000	0,0296

Abbildung 16: Gewichtungsfaktoren der AHP-Entscheidungskriterien. Eigene Darstellung.

In Abb. 16 werden die lokalen und globalen Durchschnittsgewichtungen der AHP-Entscheidungskriterien dargestellt. Die Experten legen dabei auf unterschiedliche Aspekte Wert. So ist für den Software-Architekten die von den Pipelines bereitgestellte Funktionalität von hoher Bedeutung. Besonders ausschlaggebend ist für den Experten dabei die Unterstützung verschiedener Test-Frameworks. Nach seiner Auffassung besteht zwar die Möglichkeit, Tests manuell und unabhängig von einer Pipeline auszuführen. Allerdings gestaltet es sich dabei für Software-Architekten sehr herausfordernd, die Einhaltung dieser Testrichtlinien durch die Entwickler angemessen zu überblicken [22, Z. 16]. Weiterhin ist für den Experten essenziell, dass Pipelines unterschiedliche Build-Tools unterstützen. So ist es bei einer CEA üblich, dass eine hohe Bandbreite verschiedener Programmier-Frameworks eingesetzt wird [22, Z. 11]. Da Pipeline-Systeme i.d.R. einmalig aufgesetzt werden, ist die Installation und Wartung für den Software-Architekten weniger wichtig. Sowohl für den Fullstack

als auch die Test-Entwickler stellt die Unterstützung automatisierter Tests einen signifikanten Aspekt dar [1, Z. 4]. Da die Entwickler ein möglichst zeitnahes Feedback auf Erweiterungen erhalten möchten, ist dabei insbesondere die Integration-Zeit essenziell [6, Z. 21]. Für den Product Manager ist die Integrationsmöglichkeit ein wichtiger Aspekt. Gemäß empirischer Erkenntnisse ist bei der Wahl eines CI/CD-Tools insbesondere von der Kompatibilität mit dem Repository abhängig [17, Z. 3]. Weiterhin erachtet der Experte Sicherheit als einen essenziellen Aspekt. Da die Bereitstellung von Software zur Wertschöpfung beiträgt, können Unterbrechung der CI/CD-Pipelines erhebliche Auswirkungen auf die Wettbewerbsfähigkeit besitzen [17, Z. 6].

#### 4.4 Bewertung der Entscheidungsalternativen

Das Erste zu bewertende Kriterium ist die **Funktionalität**. Sowohl für Jenkins als auch für Azure DevOps wird die Programmbibliothek Project Piper verwendet. Daher erzielen beide CI/CD-Pipelines innerhalb der *Funktionalität* weitgehend ähnliche Ergebnisse. Im Kriterium *Tests* (K1.1) wird die Unterstützung von Unit-, Integration-, E2E sowie Manual-Tests untersucht. Mit der Programmbibliothek Project Piper wird eine Test-Laufzeitumgebung für Node zur Verfügung gestellt. Somit können mit dieser sowohl Frontend- als auch Backend-Unit-Tests ausgeführt werden. Zur Automatisierung von Integration-Tests wird eine Newmann-Laufzeitumgebung für das Backend bzw. eine Webdriver.io-Laufzeitumgebung für OPA5-Frontend-Tests zur Verfügung gestellt. Da für E2E-Test mit OPA5 ebenfalls die Webdriver-Laufzeitumgebung verwendet wird, werden diese Validierungen ebenfalls durch Project Piper unterstützt. In dem SAP CI/CD-Service können alle Tests mit Ausnahme der Backend-Integration-Tests mit Newmann ausgeführt werden. CEs sind aufgrund ihrer modularen IT-Architektur darauf angewiesen, dass einzelne Microservices reibungslos miteinander interagieren. Aus diesem Grund stellt die Inkompatibilität von Integration-Tests einen Nachteil für den SAP CI/CD-Service dar. Da ein implizites Validieren des Komponentenzusammenspiels ebenfalls über E2E-Tests abgewickelt wird, fällt dieser Nachteil jedoch weniger gewichtig aus. Aus diesem

Grund wird eine Bewertung von 3 Punkten für den SAP CI/CD-Service vergeben (Vorteile überwiegen Nachteile). Für Azure DevOps sowie Jenkins ist eine Bewertung mit 4 Punkten vorgesehen (ausschließlich Vorteile). In Kriterium K1.2 erfolgt eine Validierung der durch die Pipeline bereitgestellten *Code-Analyse-Funktionalitäten*. Mit dem Project Piper werden statische Codeanalyse mit Lint bzw. SonarQube, Sicherheitsüberprüfungen mit Checkmarx und DASTER sowie Performance-Tests mit Daster unterstützt. Mit dem SAP CI/CD-Tool sind ausschließlich statische Code-Analysen mit Lint bzw. SonarQube möglich. Neben der fehlenden Unterstützung von Performance-Tests birgt insbesondere die Inkompatibilität von Sicherheits-Tools für CEA erhebliche Nachteile. Die CE-typische Verwendung von APIs zur Kommunikation zwischen einzelnen Microservices hat zur Folge, dass eine für unautorisierte Zugriffe begünstigte Angriffsfläche entsteht. Obwohl mögliche Sicherheitsbedenken auch durch Security-Experten manuell behoben werden könnten, ist dies bei der von CEs angestrebten schnellen Reaktionsfähigkeit hinderlich. Zudem wird die Abwicklung von *Static Application Security Testing (SAST)* mit Checkmarx bzw. *Dynamic Application Security Testing (DAST)* mit DASTER von der SAP als Produktqualitätsstandard vorgeschrieben. Somit kann die SAP CI/CD-Pipeline nicht für interne Standardentwicklungen verwendet werden. Aus diesem Grund ergibt sich eine Bewertung von einem Punkt für den SAP CI/CD-Service (Nachteile überwiegen) und vier Punkten für Jenkins bzw. Azure DevOps (ausschließlich Vorteile). In Kriterium K1.3 wird die *Build-Funktionalität* der Pipelines evaluiert. Mit Project Piper wird dabei das für SAP UI5 sowie SAP CAP benötigte MTA-Build-Tool unterstützt. Weiterhin wird durch die Programmbibliothek ein Build-Tool für Docker-Container bereitgestellt. Die kompilierten Anwendungsprogramme können mit Project Piper in einem Artefakt-Repository bereitgestellt werden. Im SAP CI/CD-Service wird kein Docker-Workflow sowie Repository-Artefakt unterstützt. Besonders gewichtig ist dabei die fehlende Unterstützung des Artefakt-Repositories. Artefakt-Repositories spielen für CEs eine essenzielle Rolle bei der Durchführung von Rollbacks. Bei dem Auftreten von Fehlern kann zu einer im Artefakt-Repository abgelegten früheren Version zurückgekehrt werden. Somit wird das Risiko von Ausfällen und Unterbre-

chungen im Geschäftsbetrieb minimiert. Da der SAP CI/CD-Service dennoch das für SAP CAP und SAP UI5 benötigte MTA-Build-Tool bereitstellt und somit den minimal erforderlichen Satz an benötigter Build-Funktionalität unterstützt, wird eine Bewertung von zwei Punkten veranschlagt (Nachteile und Vorteile gleichgewichtig). Für Azure Pipelines sowie Jenkins wird eine Bewertung von 4 Punkten vergeben (Nur Vorteile). In Kriterium K1.4 erfolgt eine Evaluierung der *Deploy- und Release-Funktionalitäten*. Dabei herrscht bei SAP CI/CD-Service, Azure Pipelines sowie Jenkins Feature-Parität. Mit den Pipelines wird eine Bereitstellung sowohl in die Cloud-Foundry-Laufzeitumgebung als auch in das SAP CTM unterstützt. Eine Optimierung der Bereitstellungsprozesse durch das SAP CTM wird dabei insbesondere innerhalb von komplexen ERP-Systemlandschaften erzielt. So könnte ein Unternehmen etwa Systeme für das Entwickeln (DEV), Testen (TEST) sowie für die Produktionsumgebung (PROD) besitzen. Während die Verantwortung des Entwickler dabei auf die ordnungsgemäße Bereitstellung Development-System verantwortlich ist, können nachfolgende Schritte von dem Betriebsteam über das SAP CTM verwaltet werden. Über dieses System können dabei vielfältige Release-Konfigurationen wie z.B. eine zeitplangesteuerte Bereitstellung vorgenommen werden. Zudem können über das SAP CTM Abhängigkeiten verschiedenen Services festgelegt werden. Experte 2 bemerkt, dass dies insbesondere für CEA von hoher Bedeutung ist [18, Z. 64]. Im Falle einer API-Änderung bestimmter Microservices, besteht die Möglichkeit das in konsumierenden Diensten entsprechend Fehler auftreten. Mittels des SAP CTMs kann jedoch reguliert werden, dass die neue Version eines Microservices erst nach Anpassung der abhängigen Dienste in das Produktivsystem eingeführt wird (s. Abb. 17).

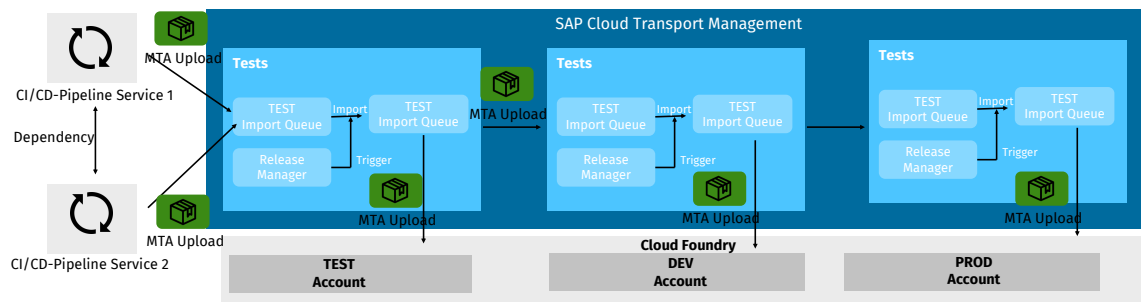


Abbildung 17: SAP Cloud Transportmanagement. In Anlehnung an Stevens [40].

Weiterhin wird von den Pipelines das Ausrollen einer neuen Anwendungsversion mit dem Blue/Green-Deployment unterstützt. Diese Strategie gewährleistet die notwendige Flexibilität und Agilität, welche es in CEs benötigt. Da im Blue-Green-Deployment neben der zu installierenden neuen Version ebenfalls die stabile Anwendung betrieben wird, können mit dieser Bereitstellungsstrategie Unterbrechungszeiten vermieden werden. Dies spielt insbesondere im Kontext von Composable-ERP-Systemen, in welchem etwa kritische Finanzprozesse abgewickelt werden, eine wichtige Rolle. Da die CI/CD-Lösungen kein Canary-, Shadow- sowie Ramped-Deployment unterstützen wird eine Bewertung von 3 Punkten abgegeben (Vorteile überwiegen). In Kriterium K1.5 wird die *Monitoring-Funktionalität* der Pipelines untersucht. Mit Project Piper können im CI/CD-Prozess generierte Logs unmittelbar an das Monitoring-Dashboard Splunk übermittelt werden. Open-Source-Tools wie das Kibana-Dashboard lassen sich dabei ebenfalls mit Jenkins bzw. Azure Pipelines verknüpfen. Während Kibana unmittelbar als Azure-SaaS-Tool verfügbar ist, benötigt das Aufsetzen auf Jenkins einen deutlich höheren Aufwand (s. Abb. 18).

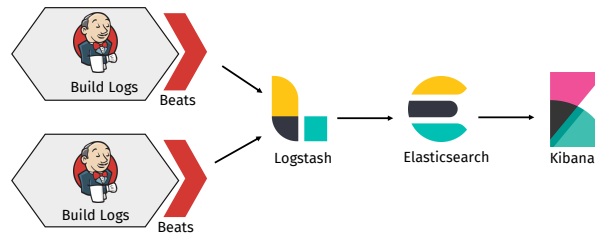


Abbildung 18: Pipeline-Monitoring mit Kibana und Jenkins. In Anlehnung an Atta

So müssen auf der Jenkins-Plattform Tools zum Versenden (Beats), Transformieren (Logstash) bzw. zum Speichern der Pipeline-Logs (Elasticsearch) manuell aufgesetzt werden. Um die Pipeline-Metriken letztlich auf dem Dashboard zu visualisieren, müssen die Logs über APIs an eine extern gehostete Kibana-Instanz übermittelt werden. Der SAP CI/CD-Service unterstützt ausschließlich ein reines Protokollieren der Build-Logs einzelner Pipelines. Die Inkompatibilität von Monitoring-Dashboards stellt dabei insbesondere für CEA einen erheblichen Nachteil dar. Für Experte 2 stellen diese zentralen Dashboards bei aus komplexen Microservices bestehenden Systemarchitekturen häufig die einzige Möglichkeit dar CI/CD-Prozesse nachhaltig zu überwachen [18, Z. 39]. Während für Azure Pipelines vier Punkte vergeben werden (ausschließlich Vorteile), erhält Jenkins aufgrund des hohen Einrichtungsaufwands für Kibana-Dashboard eine Bewertung von drei Punkten (Vorteile überwiegen). Für die SAP CI/CD-Pipeline wird aufgrund der fehlenden Unterstützung von Monitoring-Tools ein Punkt vergeben (Nachteile überwiegen).

In Kriterium K2 werden die **Integrationsmöglichkeiten** der Pipelines evaluiert. Alle drei Pipelines unterstützen dabei eine Integration der Repositories GitHub, BitBucket und GitLab (Kriterium K2.1). Für Jenkins und den SAP CI/CD-Service müssen in den entsprechenden Repositories Webhooks aufgesetzt werden. Ein Webhook ist eine HTTP-Anfrage, welche an den Dienst einer CI/CD-Pipeline gesendet wird. Sobald diese Webhook-Anfrage eintrifft, wird ein automatisiertes Auslösen des CI/CD-Workflows initiiert. Diese Webhook-Anfragen können bei einer Vielzahl von Events, einschließlich dem *Pushen* von Codeänderungen oder dem Eröffnen von *Pull-Requests*, ausgelöst werden. Die SAP CI/CD-Pipeline unterstützt dabei keine

Pull-Request-Webhooks. Dies birgt im Entwicklungsprozess erhebliche Nachteile. Eine Pull-Request-Pipeline gewährleistet, dass Entwicklungen eines Feature-Branches erst nach erfolgreicher Abwicklung aller Tests in den Hauptzweig integriert wird. Ohne diese Funktionalität muss die Pipeline stets manuell gestartet und überprüft werden, was zur Beeinträchtigung der Zusammenarbeit in Teams führt. Mit Azure Pipelines lassen sich die untersuchten Repositories unmittelbar in die CI/CD-Tools integrieren. Somit entfällt für diesen Service das manuelle Aufsetzen von Webhook-APIs sowie Authentifizierungstoken. Aus diesem Grund wird eine Bewertung von 4 Punkten für Azure Pipelines (ausschließlich Vorteile) bzw. 3 Punkten für Jenkins vergeben (Vorteile überwiegen). Da eine Pull-Request-Pipeline in einigen Entwicklungsabteilungen gängige Praxis darstellt, wird eine Bewertung von 2 Punkten vergeben (Vorteile und Nachteile gleichgewichtig). In Jenkins sowie Azure Pipelines lassen sich die Entwicklungsumgebungen Microsoft Visual Studio Code sowie Eclipse integrieren (Kriterium K2.2). Die SAP CI/CD-Pipeline unterstützt keine der zu evaluierenden Entwicklungsumgebungen. Somit ist es Entwicklern nicht möglich die CI-Pipeline unmittelbar aus der Entwicklungsumgebung zu starten. Somit ergibt sich eine Bewertung von drei Punkten für Azure Pipelines sowie Jenkins (Vorteile überwiegen Nachteile) bzw. null Punkte für den SAP CI/CD-Service (ausschließlich Nachteile). Sowohl mit Azure Pipelines als auch Jenkins lassen sich Planungstools wie Jira integrieren. Für den SAP BTP-Service besteht diese Integrationsmöglichkeit nicht. Demnach ist es Projektmanagern nicht möglich den Build-Status verschiedener Backlog-Items zu begutachten. Aus diesem Grund ergibt sich eine Bewertung von vier Punkten für Azure Pipelines sowie Jenkins bzw. null Punkte für den SAP BTP-Service.

In Kriterium K3 werden die **Kosten** der CI/CD-Pipelines evaluiert. Für den SAP CI/CD-Service werden Gebühren von einem Euro pro Build-Stunde fällig. Azure Pipelines berechnet hingegen unabhängig von der Nutzungszeit 40 Euro pro Pipeline. Sowohl für Azure Pipelines als auch für den SAP BTP Service werden für Kunden Rabatte vergeben. Da dies jedoch unternehmens- bzw. situationsabhängig ist, kann dieser Aspekt in der Bewertung nicht berücksichtigt werden. In die genann-



ten Preise der beiden Anbieter werden Kosten für die IT-Infrastruktur, Installation, Wartung sowie Support einberechnet. Zwar fallen für die Jenkins-Pipeline keine Lizenzgebühren an, jedoch müssen im Gegensatz zu den SaaS-Pipelines weitere TCO-Positionen beachtet werden. Da Jenkins von den Unternehmen selbst bereitgestellt werden, müssen hierbei zunächst Investitionskosten für Hardware berücksichtigt werden. Darüber hinaus fallen ebenfalls Personalaufwendungen für Sicherung der Plattformdaten, Überwachung der Systemleistung sowie das Einspielen von Updates an. Die hohen Investitionskosten sorgen dafür, dass On-Premise insbesondere in einer kurzfristigen Betrachtung teurer ist. Dies gilt jedoch nur unter der Annahme, dass keine Veränderungen an der IT-Infrastruktur vorgenommen werden. CEs sind jedoch darauf ausgerichtet flexibel und agil zu agieren, um auf sich ändernde Geschäftsanforderungen reagieren zu können. Somit müssen diese in der Lage sein, Systeme schnell auf- und abzubauen. Dies würde im On-Premise-Modell sehr hohe Investitionskosten verursachen, wobei das SaaS auch auf längere Sicht die günstigere Alternative bleibt. Aus diesem Grund wird für die SaaS-Systeme Azure Pipelines und SAP CI/CD eine Bewertung von drei Punkten bzw. für Jenkins zwei Punkten vergeben (Nachteile und Vorteile gleichgewichtig).

In Kriterium K4 wird die **Skalierbarkeit** der Pipelines evaluiert. Mit Azure Pipelines lässt sich die CI/CD-Pipeline eines Microservices horizontal skalieren. Um parallele Builds auszuführen, werden hierbei mehrere *Microsoft-hosted Agents* aktiviert. Ein Microsoft-hosted Agent ist eine von Azure gehostete virtuelle Maschine, welche eine vorkonfigurierte Build- und Testumgebung bereitstellt. Eine vertikale Skalierung kann dabei durch das Zuweisen zusätzlicher Ressourcen zu einem Microsoft-hosted Agent erreicht werden. Mit Jenkins ist ebenfalls eine horizontale Skalierung möglich. Dafür muss den sog. *Jenkins-Agents* jedoch eine separate virtuelle Maschine oder sogar ein eigenes System bereitgestellt werden. Eine vertikale Skalierung ist aufgrund architektonischer Einschränkungen nur begrenzt möglich. So müssen in das bestehende System zusätzliche Hardware-Ressourcen integriert werden. Somit ist die vertikale Skalierbarkeit auf die physische Einschränkung des Servers begrenzt. Sowohl horizontale als auch vertikale Skalierung ist mit dem SAP CI/CD-Service

nicht realisierbar. Dabei spielt die Skalierbarkeit von CI/CD-Pipelines insbesondere in einem volatilen Geschäftsumfeld eine signifikante Rolle. Als eines der größten Composable-Enterprises stellt der Streaminganbieter Netflix über 700 Microservices bereit. Da für jeden Microservices mindestens eine CI/CD-Pipeline benötigt wird, erfordert die Bereitstellung der Dienste eine umfangreiche IT-Infrastruktur. Netflix setzt dabei auf eine skalierbare Container-Orchestrierungstechnologie. Eine effiziente Nutzung von Ressourcen kann somit durch das automatische Erstellen von Containern bei Auslösung eines CI/CD-Builds und deren anschließende Löschung nach Abschluss eines Jobs erreicht werden. So wird Azure Pipelines mit vier Punkten, Jenkins mit drei Punkten und der SAP CI/CD-Service mit null Punkten bewertet.

In Kriterien K6 wird die **Flexibilität** der Services evaluiert. Sowohl mit Azure als auch Jenkins lassen sich die mit der Programmbibliothek Project Piper bereitgestellten CI/CD-Schritte (z.B. Build, Test etc.) frei nach Bedarf kombinieren und zu konfigurieren. Der SAP CI/CD-Service unterliegt dabei maßgeblicher Einschränkungen. Hierbei werden Anzahl, Reihenfolge sowie Konfiguration der Schritte von dem Service vorgeschrieben. Somit ist keine flexible Implementierung der Pipelines möglich. Wie von Experte 5 hervorgegangen, stellt Technologieoffenheit einen fundamentalen Wert der CEA dar [22, Z. 10]. So sollte die CI/CD-Pipeline in der Lage sein verschiedene Programmierframeworks, Test-Tools und Cloud-Plattformen zu unterstützen. Dafür wird in Jenkins eine Bibliothek mit mehr als 1500 Plug-ins bereitgestellt, womit Funktionalitäten, welche über den Standard hinausgehen, integriert werden können. Während mit Azure Pipelines 200 Plug-ins bereitgestellt werden besteht diese Möglichkeit im SAP CI/CD-Service nicht. Um schnell neue Microservices bereitzustellen, sollte die CI/CD-Pipeline eines CE eine modulare Aufbau ermöglichen. Für Azure Pipelines und Jenkins wird durch die Verwendung von Project Piper das Shared-Library-Konzept realisiert (s. Abb. 19). Damit ist es möglich ausgewählte Funktionalitäten oder Prozesse in einer gemeinsamen Bibliothek zu konsolidieren. Mit Project Piper werden standardisierte CI/CD-Schritte zu Versionierungs-, Build-, Test-, Security-Schritten etc. bereitgestellt. Eine weitere

Möglichkeit um die Komplexität der Bereitstellung zu reduzieren, besteht in der Wiederverwendung ganzer Pipelines. Die zugrundeliegende Konzeption besteht darin, dass sämtliche Microservices einen homogenen Bereitstellungszyklus durchlaufen. Somit werden diese auf analoge Weise kompiliert, verpackt und bereitgestellt. Demnach kann eine Pipeline für verschiedene Microservices wiederverwendet werden. Bei Jenkins und Azure lässt sich dies durch die Einbindung mehrerer Repositories in eine Pipeline realisieren. Im SAP CI/CD-Service wird ebenfalls ein Shared-Library-Konzept unterstützen. So werden die templatebasierten Schritte ebenfalls als standardisierte Elemente einer CI/CD-Pipeline ausgeliefert. Die Wiederverwendung ganzer Pipelines für unterschiedliche CI/CD-Services ist hingegen nicht möglich.

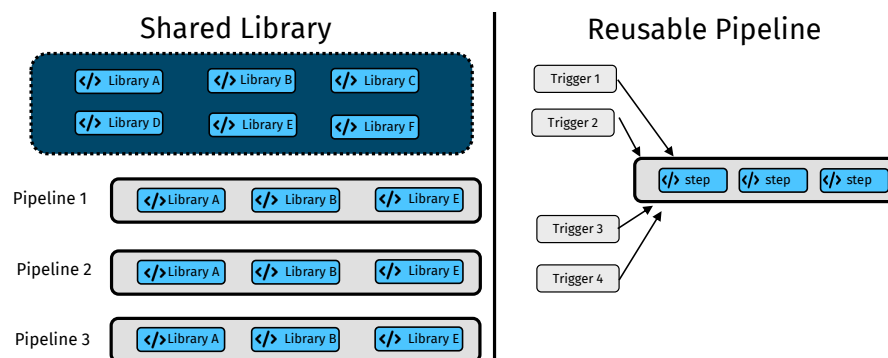


Abbildung 19: Modularer Aufbau einer CI/CD-Pipeline. In Anlehnung an Codefresh [30].

Während der SAP CI/CD-Service das Shared-Library-Konzept unterstützt, ist eine flexible Implementierung der Pipelines, die Einbindung von Plug-ins, sowie die Wiederverwendung von CI/CD-Pipelines nicht möglich. Deshalb wird für den SAP CI/CD-Service eine Bewertung von einem Punkt vergeben (Nachteile überwiegen Vorteile). Da Jenkins und Azure Pipelines bei den zu untersuchenden Entscheidungskriterien nur Vorteile bieten, werden jeweils vier Punkte vergeben.

In Kriterium K8 wird der **Support** der CI/CD-Pipelines evaluiert. Azure Pipelines stellt einen umfangreichen *administrativer Support* bereit (Kriterium K7.1). So besteht für Kunden die Möglichkeit einen Premium-Support in Anspruch zu nehmen. Dabei handelt es sich um eine kostenpflichtige Leistung, welche den Kunden unmittelbaren Zugang zu technischem Support und Beratung gewährt. Die Unterstützung

beinhaltet Installation bzw. Konfiguration von Pipelines, Integration einer vorhandenen CI/CD-Toolchain (Tests, Repositories etc.) einschließlich der Optimierung der Pipeline-Performance. Zudem wird über den Azure-Support-Center ein kostenfreies Support-Ticket-System angeboten. Für Kunden besteht die Möglichkeit diese Kanäle zu nutzen, um allgemeine technische Probleme des CI/CD-Services zu melden. Weiterhin wird von Azure eine umfangreiche Dokumentation sowie Schulungsmaterialien, einschließlich Online-Tutorials, Videos und Webinare bereitgestellt. Beim SAP CI/CD-Service wird Kundenservice über Service Now bereitgestellt. Service Now ist ein führender Anbieter für IT-Service-Management-Lösungen. Dieser Dienst ermöglicht die Erstellung von Tickets bei technischen Problemen. Bei spezifischen Fragestellungen zum CI/CD-Service erhalten die Kunden technische Unterstützung durch Berater der SAP. Wie auch bei Azure Pipelines stehen Schulungs- und Dokumentationsunterlagen für den SAP CI/CD-Service zur Verfügung. Für Jenkins sind diese Informationsmaterialien ebenfalls vorhanden, jedoch ist der administrative Support aufgrund des Open-Source-Charakters im Vergleich zu den andere Lösungen begrenzt. Dies ist insbesondere auf das Fehlen eines unmittelbaren Supports durch einen Service-Anbieter zurückzuführen. Ebenso spiegelt sich dieser Aspekt in der Verfügbarkeit von Updates wider. Viele Funktionalitäten von Jenkins werden über Open-Source-Plug-ins bereitgestellt. Experte 6 merkt an, das dabei jedoch immer das Risiko besteht, dass die Wartung einzelner Plug-ins in Zukunft vernachlässigt werden könnte [8, Z.30]. Aus den hier aufgeführten Aspekten ergibt sich eine Bewertung von vier Punkten für Azure Pipelines sowie dem SAP CI/CD-Service (ausschließlich Vorteile). Für Jenkins wird eine Bewertung von einem Punkt vergeben (Nachteile überwiegen). Aufgrund des Open-Source-Charakters ist für die Jenkins-Pipeline ein umfassender *Community-Support* vorhanden (Kriterium K7.2). Jenkins ist dabei auf zahlreichen hochfrequentierten Foren vertreten. So wurden auf Stackoverflow bereits 112000 Posts zur Jenkins-Pipeline veröffentlicht [36]. Dies bietet Anwendern den Zugriff auf eine breite Palette an Ressourcen, um Fragen und Probleme lösen zu können. Dabei merkt Experte 4 an, dass insbesondere die Gamifizierung dieser Plattformen zu einer schnellen und effektiven Unterstützung durch Spezialis-

ten beitragen. Auch Azure Pipelines sowie der SAP CI/CD-Service sind ebenfalls auf öffentlichen Community-Foren vertreten, jedoch ist der dort publizierte Inhalt im Vergleich zu Jenkins signifikant geringer. Das liegt an der Tatsache, dass die genannten Pipelines als SaaS-Lösungen konzipiert sind und somit weniger Raum für fragebedürftige Anpassungen bestehen. So sind für Azure Pipelines 25000 Post und für den SAP CI/CD-Service lediglich 26 Einträge auf Stackoverflow veröffentlicht [37][35]. Gemäß der in Kapitel 4.2 festgelegten Metrik erzielt wird eine Bewertung von vier Punkten für Jenkins (höchste Blog-Post-Anzahl) bzw. von einem Punkt für Azure Pipelines und dem SAP CI/CD-Service vergeben (0 Prozent bis 25 Prozent unter dem höchsten Wert).

In Kriterium K8 wird die **Sicherheit** der CI/CD-Tools evaluiert. Jenkins bietet flexible Möglichkeiten zur Authentifizierung. Neben einer integrierten Benutzerverwaltung lassen sich über Jenkins auch Drittanbieterdienste wie Github, Google, BitBucket oder SAP-Single-Sign-On (SAP-SSO) einbinden. Bei Jenkins ist ebenfalls die Implementierung eines Rollenkonzeptes möglich. Dabei können Rollen und Berechtigungen erstellt, welche bestimmten Benutzer zugewiesen werden. Damit kann sichergestellt werden, dass kritische Konfiguration ausschließlich von Spezialisten vorgenommen werden. Für Azure Pipelines sowie dem SAP CI/CD-Service werden ebenfalls Authentifizierungsmöglichkeiten unterstützt. Die Implementierung eines Rollenkonzeptes ist im SAP CI/CD-Service jedoch nicht möglich. Aufgrund der Integration eines Plug-in-Ökosystems bietet die Jenkins-Pipeline im Kontext der Systemsicherheit ein erhöhtes Risiko von unbefugten Zugriffen. Da in einer Community für jeden Entwickler die Möglichkeit besteht, Plug-ins zu veröffentlichen, besteht die Möglichkeit, dass Sicherheitsrisiken vor der Installation nicht ausreichend überprüft werden. Wie von Experte 5 angemerkt besteht dabei das Risiko, dass feindliche Programme in den Build-Prozess des CI/CD-Workflows eingeschleust werden, welche wiederum negative Auswirkungen auf das Produktivsystem besitzen [22, Z. 39]. Auch bei Azure Pipelines ist die Einbindung von Plug-ins möglich. Da hierbei jedoch ausschließlich validierte auf dem Azure Marketplace bereitgestellte Plug-ins integrierbar sind, fällt das korrespondierende Sicherheitsrisiko deutlich geringer

aus. Da IT-Sicherheit zum Kerngeschäft von Cloud-Providern wie Microsoft oder SAP gehört, verfügen diese über erfahrenes Sicherheitspersonal, welches ein tiefes Verständnis über aktuelle Bedrohungen und Angriffsmethoden verfügt. Somit lässt sich schlussfolgern, dass sowohl Azure Pipelines als auch der SAP CI/CD-Service ein hohes Niveau an Systemsicherheit bieten. Ein Vorteil der On-Premise-Bereitstellung mit Jenkins ist, dass Unternehmen vollständige Kontrolle über die Systemkonfiguration behalten. Dieser Aspekt ergibt sich ebenfalls im Hinblick auf die Ausfallsicherheit. Betreibt ein Unternehmen CI/CD-Pipelines auf firmeneigenen Servern, ist es diesem möglich, gezielte Maßnahmen zur Verbesserung der Ausfallsicherheit zu ergreifen. Im Gegensatz dazu hängt die Verfügbarkeit der SAP CI/CD-Lösung bzw. von Azure Pipelines in erheblichem Maße von den Cloud-Anbietern ab. Azure und SAP legen vertraglich jedoch eine Verfügbarkeit von 99,9 bzw. 99,5 Prozent fest. Aufgrund der situativen Gegenheiten werden Vor- und Nachteile der On-Premise- bzw. Cloud-Bereitstellung als gleichwertig betrachtet. Daraus resultiert sowohl für Azure Pipelines als auch für den SAP CI/CD-Service eine Bewertung von zwei Punkten. Aufgrund der zusätzlichen Sicherheitsrisiken im Zusammenhang mit dem Plug-in-Ökosystem wird für Jenkins eine Bewertung von einem Punkt vergeben (Nachteile überwiegen Vorteile). In Kriterium K9 wird die Benutzerfreundlichkeit der Pipelines evaluiert. Da Azure Pipelines und der SAP CI/CD-Service als SaaS vertrieben werden, bieten diese hinsichtlich der *Installation und Wartung (Kriterium K2)* einige Vorteile. Da es sich hierbei um cloudbasierte Lösungen handelt, entfällt die Notwendigkeit CI/CD-Tools in einem lokalen Rechenzentrum zu installieren. Auch die Wartung der IT-Infrastruktur liegt in Verantwortung der Cloud-Anbieter. Dadurch werden IT-Spezialisten zeitlich entlastet, wodurch IT-Fachpersonal verstärkt auf die Kernkompetenzen des Unternehmens fokussiert werden können. Da Jenkins in einer On-Premise-Umgebung betrieben wird, obliegt die Verantwortung der Installation und Wartung bei den Unternehmen selbst. Daraus resultiert eine Bewertung von vier Punkten für Azure Pipelines und dem SAP CI/CD-Service (ausschließlich Vorteile) bzw. von null Punkten für Jenkins (ausschließlich Nachteile). Azure Pipelines und der SAP CI/CD-Service bieten im Hinblick auf die *intuitive Bedienbarkeit* eine

webbasierte Benutzeroberfläche, über welche Builds-Prozesse, Systemkonfigurationen und Pipelines eingesehen und angepasst werden können. Die Implementierung der Pipeline erfolgt dabei jedoch über Code. Während für Azure Pipelines eine YAML-Syntax verwendet wird, werden CI/CD-Pipelines in Jenkins über Groovy implementiert. Unter Verwendung von Project Piper kann eine Pipeline jedoch mit minimalem Aufwand an Code erstellt werden. Im Gegensatz dazu benötigt der SAP CI/CD-Service überhaupt keine manuelle Implementierung über Code. So können die Anwender mithilfe einer webbasierten Benutzeroberfläche die gesamte Implementierung einer Pipeline konfigurieren. Dies ist dabei insbesondere für CEs von wesentlicher Bedeutung. Bei der Bereitstellung neuer Microservices ist ggf. die Implementierung einer neuen Pipeline erforderlich. Eine intuitive Bedienbarkeit bietet dabei erhebliche Vorteile, um bei der Erstellung von Pipelines Zeit zu sparen. Aus diesem Grund erhält der SAP CI/CD-Service eine Bewertung von vier Punkten (ausschließlich Vorteile). Obwohl Project Piper grundsätzlich zur Vereinfachung der Implementierung beitragen kann, benötigt es einer aufwändigen Programmierung von Anforderungen, welche über den Bibliotheksstandard hinausgehen. Aus diesem Grund wird für Azure Pipelines sowie dem SAP CI/CD-Service eine Bewertung von einem Punkt vergeben (Nachteile überwiegen).

## **4.5 Entwicklung einer ganzheitlichen Bereitstellungsstrategie**

## 5 Schlussbetrachtung

### 5.1 Fazit und kritische Reflexion

### 5.2 Ausblick



# Literatur

## Print-Quellen

- [1] Backend Test Developer SAP DTS Integration, Hrsg. *Expertengewichtung 4*. 29.03.2023.
- [2] Matthias Biehl. *API architecture: The big picture for building APIs*. API-university series. API-University Press, 2015. ISBN: 9781508676645.
- [3] Ralf Bruns und Jürgen Dunkel. *Event-Driven Architecture: Softwarearchitektur für ereignisgesteuerte Geschäftsprozesse*. Xpert.press. Berlin, Heidelberg: Springer-Verlag, 2010. ISBN: 9783642024399. DOI: 10.1007/978-3-642-02439-9.
- [4] Rong N. Chang u. a. „Realizing A Composable Enterprise Microservices Fabric with AI-Accelerated Material Discovery API Services“. In: *2020 IEEE 13th International Conference on Cloud Computing (CLOUD)*. IEEE, 10/19/2020 - 10/23/2020, S. 313–320. ISBN: 978-1-7281-8780-8. DOI: 10.1109/CLOUD49709.2020.00051.
- [5] Lisa Ellram. „Total Cost of Ownership: Elements and Implementation“. In: *International Journal of Purchasing and Materials Management* 29.3 (1993), S. 2–11. ISSN: 10556001. DOI: 10.1111/j.1745-493X.1993.tb00013.x.
- [6] Frontend Test Developer SAP Hyperspace Adoption & Onboarding, Hrsg. *Expertengewichtung 3*. 22.03.2023.
- [7] Frontend Test Developer SAP Hyperspace Adoption & Onboarding, Hrsg. *Experteninterview 4*. 22.03.2023.
- [8] Full-Stack-Entwickler SAP DTS Integration, Hrsg. *Expertengewichtung 2*. 21.03.2023.
- [9] Kathleen Gerson und Sarah Damaske. *The science and art of interviewing*. New York, NY: Oxford University Press, 2021. ISBN: 9780199324293. DOI: 10.1093/oso/9780199324286.001.0001.

- [10] Joachim Goll und Daniel Hommel. *Mit Scrum zum gewünschten System*. Wiesbaden: Springer Vieweg, 2015. ISBN: 9783658107208. DOI: 10.1007/978-3-658-10721-5.
- [11] Jürgen Halstenberg. *DevOps: Ein Überblick*. Essentials Ser. Wiesbaden: Springer Fachmedien Wiesbaden GmbH, 2020. ISBN: 9783658314057. URL: <https://ebookcentral.proquest.com/lib/kxp/detail.action?docID=6380828>.
- [12] Brian Hambling und Brian, Hrsg. *Software testing: An ISTQB-BCS certified tester foundation guide*. 3rd ed. London, England: BCS Learning & Development Limited, 2015. ISBN: 9781780173016. URL: <https://learning.oreilly.com/library/view/-/9781780172996/?ar>.
- [13] Achim Hildebrandt u. a. *Methodologie, Methoden, Forschungsdesign: Ein Lehrbuch für fortgeschrittene Studierende der Politikwissenschaft*. Wiesbaden: Springer Fachmedien Wiesbaden, 2015. ISBN: 978-3-531-18256-8. DOI: 10.1007/978-3-531-18993-2.
- [14] Mohamed Labouardy. *Pipeline as code: Continuous delivery with Jenkins, Kubernetes, and Terraform*. Shelter Island, New York: Manning Publications Co, 2021. ISBN: 9781638350378. URL: <https://ebookcentral.proquest.com/lib/kxp/detail.action?docID=6785307>.
- [15] Jon Loeliger und Matthew McCullough. *Version control with git: Powerful tools and techniques for collaborative software development*. 2nd ed. Sebastopol, CA.: O'Reilly, 2012. ISBN: 9781449345051.
- [16] Dieter Masak. *Digitale Ökosysteme: Serviceorientierung bei dynamisch vernetzten Unternehmen*. Xpert.press. Berlin, Heidelberg: Springer Berlin Heidelberg, 2009. ISBN: 978-3-540-79129-4. DOI: 10.1007/978-3-540-79130-0.
- [17] Product Management CLM, Hrsg. *Expertengewichtung 5*. 29.03.2023.
- [18] Product Manager SAP Hyperspace CI/CD, Hrsg. *Experteninterview 2*. 24.03.2023.

- [19] Stefan Reinheimer. *Cloud Computing: Die Infrastruktur der Digitalisierung*. Edition HMD. Wiesbaden, Germany und Ann Arbor: Springer Vieweg und ProQuest EbookCentral, 2018. ISBN: 978-3-658-20966-7. DOI: 10.1007/978-3-658-20967-4.
- [20] Thomas L. Saaty. „Decision making with the analytic hierarchy process“. In: *International Journal of Services Sciences* 1.1 (2008), S. 83. ISSN: 1753-1446. DOI: 10.1504/IJSSCI.2008.017590.
- [21] Sensedia, Hrsg. *The Future is Composable: How APIs, Microservices and Events are reshaping the next-gen Enterprises*. 2020. URL: <https://f.hubspotusercontent30.net/hubfs/4209582/%5BInternational%5D%20Boardroom%20Nordics/%28EN%29%20Composable%20Enterprises%20-%20Sensedia.pdf>.
- [22] Software Architekt SAP DTS Integration, Hrsg. *Expertengewichtung 1*. 27.03.2023.
- [23] Joseph T. Vesey. „Time-to-market: Put speed in product development“. In: *Industrial Marketing Management* 21.2 (1992), S. 151–158. ISSN: 0019-8501. DOI: 10.1016/0019-8501(92)90010-Q. URL: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/001985019290010q>.
- [24] Wolfgang Vieweg. „Agiles (Projekt-)Management“. In: *Management in Komplexität und Unsicherheit*. Springer, Wiesbaden, 2015, S. 41–42. DOI: 10.1007/978-3-658-08250-5\_11. URL: [https://link.springer.com/chapter/10.1007/978-3-658-08250-5\\_11](https://link.springer.com/chapter/10.1007/978-3-658-08250-5_11).
- [25] Alberto Vivencio, Hrsg. *Testmanagement Bei SAP-Projekten: Erfolgreich Planen \* Steuern \* Reporten Bei der Einführung Von SAP-Banking*. 1st ed. Wiesbaden: Springer Fachmedien Wiesbaden GmbH, 2013. ISBN: 978-3-8348-1623-8. DOI: 10.1007/978-3-8348-2142-3.
- [26] Fiorella Zampetti u. a. „CI/CD Pipelines Evolution and Restructuring: A Qualitative and Quantitative Study“. In: *2021 IEEE International Conference on Software Maintenance and Evolution (ICSME)*. IEEE, 9/27/2021 - 10/1/2021, S. 471–482. ISBN: 978-1-6654-2882-8. DOI: 10.1109/ICSME52107.2021.00048.

## Online-Quellen

- [27] John Adam. *Was ist agile Softwareentwicklung?* Hrsg. von K&C. 2021. URL: <https://kruschecompany.com/de/agile-softwareentwicklung/> (besucht am 05.03.2023).
- [28] Shweta Bhandra und Abby Taylor. *The Evolution from Agile to DevOps to Continuous Delivery — Qentelli*. Hrsg. von Qentelli. 2023-03-05. URL: <https://www.qentelli.com/thought-leadership/insights/evolution-agile-devops-continuous-delivery> (besucht am 05.03.2023).
- [29] Shreya Bose. *What is End To End Testing?* 2023-02-20. URL: <https://www.browserstack.com/guide/end-to-end-testing> (besucht am 08.03.2023).
- [30] Codefresh, Hrsg. *CI/CD Pipelines for Microservices*. 2023-04-02. URL: <https://medium.com/containers-101/ci-cd-pipelines-for-microservices-ea33fb48dae0> (besucht am 02.04.2023).
- [31] Steve Denning. *Beyond Agile Operations: How To Achieve The Holy Grail Of Strategic Agility*. Hrsg. von Forbes. 2017. URL: <https://www.forbes.com/sites/stevedenning/2017/02/10/beyond-agile-operations-how-to-achieve-the-holy-grail-of-strategic-agility/?sh=712d37dc2b6a> (besucht am 16.03.2023).
- [32] Johannes Klingberg. *Composable Enterprise: Warum das Unternehmen der Zukunft modular aufgebaut ist*. Hrsg. von Magnolia. 2021. URL: [https://www.magnolia-cms.com/de\\_DE/blog/composable-enterprise.html](https://www.magnolia-cms.com/de_DE/blog/composable-enterprise.html) (besucht am 13.03.2023).
- [33] McKinsey, Hrsg. *The business value of design*. 2019. URL: <https://www.mckinsey.com/capabilities/mckinsey-design/our-insights/the-business-value-of-design> (besucht am 05.03.2023).
- [34] Darya Paspelava. *What is Unit Testing in Software: Why Unit Testing is Important*. Hrsg. von Exposit. 2021. URL: <https://www.exposit.com/blog/what-unit-testing-software-testing-and-why-it-important/> (besucht am 08.03.2023).

- [35] *Posts containing 'azure pipelines' - Stack Overflow*. 2023-04-03. URL: <https://stackoverflow.com/search?q=azure+Pipelines> (besucht am 03.04.2023).
- [36] *Posts containing 'jenkins' - Stack Overflow*. 2023-04-03. URL: <https://stackoverflow.com/search?q=jenkins> (besucht am 03.04.2023).
- [37] *Posts containing 'sap ci/cd' - Stack Overflow*. 2023-04-03. URL: <https://stackoverflow.com/search?q=SAP+ci%2FCD> (besucht am 03.04.2023).
- [38] Jörg Schönenstein. *Composable-Business und -Commerce durch MACH-Architektur*. Hrsg. von communicate AG. 2023. URL: <https://www.communicode.de/blog/work/composable-business-und-commerce-durch-mach-technologie> (besucht am 13.03.2023).
- [39] Stack Overflow, Hrsg. *Stack Overflow Developer Survey 2020*. 2020. URL: <https://insights.stackoverflow.com/survey/2020> (besucht am 03.04.2023).
- [40] Stevens und Harald. *Interplay of SAP Cloud Platform Transport Management, CTS+ and ChaRM in hybrid landscapes*. 2023-03-27. URL: <https://blogs.sap.com/2020/01/31/interplay-of-sap-cloud-platform-transport-management-cts-and-charm-in-hybrid-landscapes/> (besucht am 27.03.2023).
- [41] Synopsys, Hrsg. *What Is CI/CD and How Does It Work?* 2023-02-01. URL: <https://www.synopsys.com/glossary/what-is-cicd.html> (besucht am 08.03.2023).
- [42] Ukpai Ugochi. *Deployment Strategies: 6 Explained in Depth*. Hrsg. von Plutora. 2022. URL: <https://www.plutora.com/blog/deployment-strategies-6-explained-in-depth> (besucht am 08.03.2023).

## Exerteninterviews

- [43] Product Owner SAP BTP Prod&Infra und Experte 1, Hrsg. *Experteninterview 1*. 17.03.2023.

# Anhang

## Anhangsverzeichnis

<b>A</b>	<b>Allgemeine Ergänzungen</b>	<b>XIV</b>
<b>B</b>	<b>Grafiken</b>	<b>XV</b>
<b>C</b>	<b>Expertenmaterialien</b>	<b>XVI</b>
C.1	Experteninterview 1 . . . . .	XVII
C.2	Experteninterview 2 . . . . .	XXI
C.3	Experteninterview 3 . . . . .	XXIV
C.4	Experteninterview 4 . . . . .	XXVI
C.5	Kodierung der Experteninterviews . . . . .	XXIX
C.6	Expertengewichtung 1 . . . . .	XXXIX
C.7	Expertengewichtung 2 . . . . .	XLIV
C.8	Expertengewichtung 3 . . . . .	XLIX
C.9	Expertengewichtung 4 . . . . .	LIV
C.10	Expertengewichtung 5 . . . . .	LIX
C.11	Expertengewichtung Durchschnitt . . . . .	LXIV

## Anhang A Allgemeine Ergänzungen

## Anhang B Grafiken



## Anhang C    Expertenmaterialien

## C.1 Experteninterview 1

Interviewpartner: Product Owner SAP BTP Prod&Infra (Experte 1)

Datum: 17.03.2023

Interview-Medium: Microsoft-Teams

1     **Interviewer:** Du kannst dich ja mal kurz vorstellen und erläutern, was du be-  
2 reits mit dem CI/CD-Bereich zu tun hattest und was deine täglichen Aufgaben sind.

3     **Experte:** Ich bin Product Owner für den Continuous Integration and Delivery Ser-  
4 vice. Meine tägliche Aufgabe ist die Steuerung des Backlogs für unsere Anforderun-  
5 gen. Dabei muss ich die Anforderungen, die über verschiedene Kanäle von unseren  
6 Kunden hereinkommen konsolidieren und für unsere Abteilung bereitstellen.

7     **Interviewer:** Wie definierst du den Begriff CI/CD?

8     **Experte:** Also für mich gibt es einmal den CI Begriff. Dabei habe ich einen CI-  
9 Server, der mir nach einem Push in mein zentrales Repository innerhalb kurzer Zeit  
10 ein Feedback gibt. Danach kommt der CD-Prozess. Dabei kann ich abhängig von  
11 verschiedenen Mechanismen, wie zum Beispiel ein Review oder einem Request die  
12 CD-Pipeline auslösen. Die ist dann auch mächtiger als die CI-Pipeline. Mit dieser  
13 wird zentral gebaut, getestet und gegebenenfalls auch noch Sachen wie Complian-  
14 ce, Vulnerabilities, statische Codechecks, Integrations-Tests und Performance-Tests  
15 abgewickelt. Das getestete Programm kann dann anschließend zum Beispiel in ein  
16 Artefakt-Repository oder in eine Produktionsumgebung bereitgestellt werden.

17     **Interviewer:** Welche Vorteile hat es, wenn Software kontinuierlich bereitgestellt  
18 wird?

19     **Experte:** Der Vorteil ist der, dass ich meine Änderungen in kleinen Paketen, die  
20 sich auch leichter integrieren lassen, mache. Wenn ich tägliche oder alle zwei drei  
21 Tage Changes mache und dann jeweils schaue, ob der Status noch grün ist, birgt  
22 das gegenüber dem klassischen Wasserfallmodell sehr viele Vorteile. Wenn ich dann  
23 schnell in eine Canary-Umgebung deploye, kann ich natürlich früh Fehler finden,  
24 was schließlich auch deutlich günstiger ist.

25 **Interviewer:** Welche unterschiedlichen Arten von Pipelines gibt es?

26 **Experte:** Das hängt ein wenig von den Anforderungen. Also typischerweise hat man  
27 eine sehr kleine Pipeline für Request-Votes. Die sollte dann maximal 10 - 15 Minuten  
28 laufen. So soll der Entwickler ein schnelles Feedback bekommen. Dann gibt es da  
29 noch die Delivery-Pipelines. Dazu gehört, wenn man ein Artefakt in ein Repository  
30 deployed oder man auch tatsächlich releaset. Für solche Pipelines kann entschieden  
31 werden, ob entweder alles am Stück gemacht wird oder ob Komponenten aufgeteilt  
32 werden. Also, dass ich am Anfang ein paar kleine Unit- und Code-Tests mache und  
33 das in mein Artefakt Repository bereitstelle. Zu einem gegebenen Zeitpunkt x kann  
34 ich dann sagen, dass ich entsprechend aufwändigere Tests mache.

35 **Interviewer:** Du hattest Artefakt-Repository genannt. Welche Vorteile bringt das?

36 **Experte:** Das spielt gerade in der Composable Enterprise Architektur eine wichtige  
37 Rolle. Kleine entwickelte Komponenten können mit Versionierung in das Artefakt-  
38 Repository bereitgestellt werden. Andere Entwickler können diese Komponente dann  
39 aus dem Artefakt-Repository herausziehen und für eigenen Entwicklungen wieder-  
40 verwenden.

41 **Interviewer:** Welche Stages hat eine typische CI/CD-Pipeline?

42 **Experte:** Typischerweise beginnt es mit der Build-Stage, bei welcher Unit-Tests  
43 ausgeführt werden. Für CAP werden dabei die Frameworks Mocha oder Jest ver-  
44 wendet. Dann haben wir eine Acceptance-Stage, in welcher dann Akzeptanztests  
45 laufen. Solche Akzeptanztests können dann z.B. auch Integration-Tests umfassen.  
46 Die Integration-Tests werden mit Newman gemacht. Dann gibt es eine Compliance-  
47 Stage. In dieser laufen dann Tools wie die SonarQube. Dort wird dann z.B. geprüft,  
48 ob ich irgendwelche Lizenzrechte verletze. Dann kommt die Security-Stage. Dort  
49 wird nach Vulnerabilities und statischen Kontexten geprüft und evaluiert ob Ge-  
50 fahr für Cross-Skripting Null-Pointer-Exceptions etc. besteht. Dann gibt es noch die  
51 Release-Stage. Dort wird die Anwendung dann tatsächlich in die Cloud-Plattform  
52 bereitgestellt. Es benötigt einer Unterstützung dieser Stufen, um eine effiziente Be-  
53 reitstellung von Software zu ermöglichen.

54 **Interviewer:** Welche Pipelines werden denn so bei der SAP verwendet?

55 **Experte:** Zum einen wird der von der SAP bereitgestellte CI/CD-Service verwen-  
56 det. Des Weiteren gibt es Jenkins. Diese wird i.d.R. mit Project Piper verwendet.  
57 Die Jenkins muss dabei selbst gehostet werden. Für interne Projekte wird dafür das  
58 Jenkins-as-a-Service angeboten. Häufig wird für interne Projekte auch Azure De-  
59 vOps verwendet.

60 **Interviewer:** Welche Aspekte sind bei der Wahl eines CI/CD-Pipeline-Tools zu be-  
61 achten?

62 **Experte:** Zum einen wie viel Wissen habe ich denn jetzt schon. Da sollte evaluiert  
63 werden, ob man DevOps-Spezialisten hat die schon häufig Pipelines implementiert  
64 haben. Für Abteilungen welche keine DevOps-Spezialisten haben spielt die Benut-  
65 zerfreundlichkeit eine große Rolle. Weiterhin ist wichtig zu wissen, wie flexibel man  
66 bei der Pipeline-Gestaltung sein will. Zudem muss natürlich auch evaluiert werden,  
67 welche Funktionalitäten also Tests, Code-Scans und Builds auf der Pipeline aus-  
68 geführt werden sollen. Zuletzt sollte dann was die Funktionalität angeht auch noch  
69 evaluiert werden auf welcher Plattform die Software bereitgestellt werden soll. Ska-  
70 lierbarkeit spielt dann auch noch eine wichtige Rolle. Da Jenkins selbst gehostet  
71 wird, hat das natürlich in diesem Aspekt einen großen Nachteil.

72 **Interviewer:** Wie sieht es mit der Unterstützung von Tests aus?

73 **Experte:** Es ist eigentlich fast alles auf dem SAP BTP CI/CD-Service möglich.  
74 Was bisher noch nicht wirklich funktioniert sind API-Tests.

75 **Interviewer:** Wie sieht es mit den Integrationsmöglichkeiten aus. Worauf muss da  
76 geachtet werden?

77 **Experte:** Integration ist auch ein sehr wichtiger Aspekt bei der Auswahl von CI/CD-  
78 Pipelines. Da muss natürlich auf die Integrationsmöglichkeiten mit dem Repository  
79 geachtet werden. Der SAP CI/CD-Service unterstützt dabei einen ganz normalen  
80 Git-Server. Was auch noch funktioniert sind BitBucket Repositories. Die Integration  
81 funktioniert dabei über eine Webhook. Es können dabei jedoch ausschließlich Com-  
82 mit Events verarbeitet. Sehr selten wird eine CI/CD-Pipeline auch in die Entwick-  
83 lungsumgebung integriert. Aber das ist mit dem SAP CI/CD-Service nicht möglich.

84 **Interviewer:** Gibt es irgendwelche Einschränkungen bezüglich der Laufzeitumge-

85 bung?

86 **Experte:** Bei unserem Service nicht. Wir können sowohl auf Cloud Foundry als  
87 auch auf Kyma deployen.

88 **Interviewer:** Gibt es in dem SAP CI/CD-Tool irgendwelche Überwachungsfunktionalitäten?

89 **Experte:** Für die Anwendung selbst gibt es direkt Funktionalitäten auf der BTP.  
90 Da gibt es verschiedene Notification-Service, die über den Erfolg der Pipeline-Builds  
91 benachrichtigen. Aber ein direktes Monitoring der Pipeline gibt es nicht.

92 **Interviewer:** Welche Kosten fallen für die CI/CD-Pipeline an?

93 **Experte:** Eine Build-Hour kostet einen Euro.

94 **Interviewer:** Sind parallele Builds möglich und ist die Pipeline mit dem Transport  
95 Management System integrierbar?

96 **Experte:** Nein leider nicht. Aber die Pipeline kann Software auf das Transport Ma-  
97 nagement System bereitstellen [43].

98

## C.2 Experteninterview 2

Interviewpartner: Product Manager SAP Hyperspace CI/CD (Experte 2)

1 Datum: 24.03.2023

2 Interview-Medium: Microsoft-Teams

3 **Interviewer:** Du kannst dich nun gerne vorstellen. Wie kommst du während deiner  
4 Arbeit mit CI/CD in Verbindung?

5 **Experte:** Ich bin Product Manager. Ich habe zuerst für den SAP BTP CI/CD-  
6 Service gearbeitet. Nun mit ich im Hyperspace.

7 **Interviewer:** Was bedeutet für dich CI/CD?

8 **Experte:** CI ist die Integration bei welchem die Änderungen von unterschiedlichen  
9 Entwickler so schnell wie möglich in einem Source-Code-Management-System in-  
10 tegriert werden müssen. CD ist Continuous Delivery. Das ist die Möglichkeit ein  
11 Feature so schnell wie möglich auf die Produktion zu deployen und für den Kunden  
12 bereitzustellen

13 **Interviewer:** Welchen Vorteil hat es Software schnell bereitzustellen?

14 **Experte:** Der Vorteil für mich ist, dass man mit kleineren Pakete arbeitet. So  
15 ist die Gefahr, dass etwas im Produktivsystem kaputtgeht sehr gering. Mit klei-  
16 nen Änderungen sind die Auswirkungen, die eine Integration hat auch besser zu  
17 überblicken.

18 **Interviewer:** Aus welchen typischen Komponenten besteht eine gewöhnliche Pipe-  
19 line?

20 **Experte:** Also man fängt typischerweise mit dem Sync auf seinem Git Repository  
21 an. Der zweite Schritt ist dann der Build. Dort werden dann auch Unit-, Integration-,  
22 und Acceptance-Tests in unterschiedlichen Spaces ausgeführt. In einer Acceptance-  
23 Stage, fließen dann noch mehr Teile zusammen. Dazu gehören dann neben normalen  
24 Tests auch Security-Scans. Zuletzt wird die Software dann deployet. **Interviewer:**  
25 Wie sind Pipelines aufgebaut?

26 **Experte:** Also früher haben wir keine unterschiedlichen Pipelines für CI und CD  
27 verwendet. Da haben wir aber gesehen, dass das ziemlich problematisch ist. Wenn

28 alles sequenziell ausgeführt wird und dann in der Mitte irgendwas abbricht, dann  
29 haben wir sehr viel Zeit verloren. Nun geht der Trend in Richtung Shift-Left. Die  
30 Pipelines werden somit deutlich verkleinert und somit bekommt man auch schneller  
31 Feedback.

32 **Interviewer:** Welche Kriterien sollte man bei der Auswahl von Pipelines beachten.

33 **Experte:** Es kommt natürlich darauf an, welche Produktstandards vorgegeben sind.  
34 Wenn die Standards hoch sind, dann ist die Test-Funktionalität sehr wichtig. Da-  
35 zu gehören dann, insbesondere Security-Checks, wie mit Fortify. Wenn du in sehr  
36 großen Entwicklungen bist, dann ist es natürlich auch sehr wichtig, dass die Pipeline  
37 eine gute Performance besitzt. Somit kann Software schneller bereitgestellt werden.  
38 Des Weiteren ist es essenziell, dass die CI/CD-Prozesse überwacht werden können.  
39 Gerade bei komplexen Systemen mit vielen Services ist das für DevOps-Engineers  
40 oft die einzige Möglichkeit die Prozesse nachhaltig zu überblicken. Dann ist natürlich  
41 auch wichtig, wie gut sich die Pipeline in die Infrastruktur integrieren. Bei dieser  
42 Integration ist dann auch wichtig, ob alle Sicherheitsstandards eingehalten werden.

43 **Interviewer:** Mit welchen Pipelines hattest du bisher Erfahrung?

44 **Experte:** Mit Azure DevOps habe ich bisher noch keine Erfahrung gemacht. In  
45 meinem jetzigen Team arbeite ich mit dem Jenkins-as-a-Service. In meinem vorhe-  
46 rigen Team habe ich auch Erfahrung mit dem SAP BTP CI/CD-Service gemacht.  
47 Ursprünglich wurde das Projekt Piper für Jenkins nur für interne Projekte genutzt.  
48 Mittlerweile wurde die Bibliothek als Open-Source veröffentlicht. Für interne Projek-  
49 te darf der SAP BTP CI/CD aufgrund der derzeitigen Produktstandards nicht ver-  
50 wendet werden. Dieser wird eigentlich nur für Kunden angeboten. Das SAP CI/CD-  
51 Tool lohnt sich insbesondere für Kunden, die noch nicht viel DevOps-Expertise be-  
52 sitzen und auch keine teure Infrastruktur betreiben wollen.

53 **Interviewer:** Ist in dem CI/CD-Service von der SAP schon der Preis für Tools wie  
54 SonarQube mit einberechnet?

55 **Experte:** Nein der Preis ist nicht mit drin. Tools wie SonarQube müssen von den  
56 Kunden selbst gehostet werden.

57 **Interviewer:** Weißt du ob die Tools in das SAP CTM integrierbar sind?

58 **Experte:** Ja sowohl JaaS als auch SAP BTP CI/CD sind in das SAP CTM inte-  
59 grierbar. Intern habe ich noch nicht oft gehört, dass dieser verwendet wird. Aber  
60 Kunden können theoretisch auf die CTM bereitstellen. Das CTM ist ebenfalls mit  
61 einem Change Management Surface verbunden. Damit kann man einen Change-  
62 Auftrag erstellen und dann Artefakte zwischen unterschiedlichen Systemen bereit-  
63 stellen. Dadurch hat man einfach mehr Transparenz. Außerdem bietet das System  
64 für Composable-ERP-Systeme einen großen Vorteil. Über das SAP CTM können  
65 Abhängigkeiten zwischen verschiedenen Microservices definiert werden.

66 **Interviewer:** Welche Überwachungsfunktionalitäten bieten die Pipelines?

67 **Experte:** Bei Jenkins weiß ich, dass man Logs auslesen kann und den Workflow  
68 somit nachvollziehen kann.



### C.3 Experteninterview 3

Interviewpartner: Product Manager SAP Hyperspace Security Tools (Experte 3)

Datum: 22.03.2023

Interview-Medium: Microsoft-Teams

1 **Interviewer:** Wie hat sich das Thema Security im CI/CD-Kontext verändert?

2 **Experte:** In letzter Zeit hat sich das Thema Shift Left sehr stark etabliert. Das be-  
3 deutet, dass das Feedback eigentlich möglichst früh an den Entwickler zurückgegeben  
4 wird. Der Entwickler lernt somit viel nachhaltiger, da er im Integration-Kontext noch  
5 keine große Verantwortung hat und somit kleine Arbeitspakete zur Verfügung gestellt  
6 bekommt. Wenn du hingegen ganz große Pakete in die Main-Line integrierst dann  
7 ist irgendwann nicht mehr ersichtlich wer welche Änderungen gemacht hat. Früher  
8 gab es dabei immer ein Security-Experten der sich vor der Auslieferung dann um  
9 alles kümmern musste.

10 **Interviewer:** Wie wird Security in DevOps heutzutage gemacht?

11 **Experte:** Security sollte nicht mehr nur von einem Spezialisten behandelt werden.  
12 Vielmehr sollte dies als Kollektiv abgehandelt werden. Jeder muss bei der Entwick-  
13 lung seiner Funktionalitäten schon so früh wie möglich schauen, ob alle sicherheitsre-  
14levanten Aspekte eingehalten wurden. Das wird dann i.d.R. durch Automatisierung  
15 gemacht. Es wird dabei schon sehr lange mit Security-Tools gearbeitet. Diese sind  
16 aber nicht sehr benutzerfreundlich. D.h., dass die Findings nicht gut präsentiert wer-  
17 den. Somit versteht ein normaler Entwickler nicht, was mit einem Finding gemeint  
18 ist und wie dieses Problem behoben werden kann. Da haben sich in der letzten Zeit  
19 aber sehr viele neue und benutzerfreundlichere Tools etabliert. Diese sollen dabei  
20 helfen den Shift-Left-Ansatz voranzutreiben.

21 **Interviewer:** Welche Arten von Security-Tools gibt es

22 **Experte:** Es gibt i.d.R. zwei verschiedene Arten von Security-Tools. Es gibt da zum  
23 einen die statischen Code-Analysen (SAST). Dort wird insbesondere OS-Scanning  
24 betrieben. Dann gibt es noch das Dynamic Application Security Testing. Dort wer-

25 den dann auch tatsächlich UI-Elemente, APIs sowie Datenbanken gescannt. Somit  
26 können dann z.B. Scripting-Attacks oder SQL-Injections verhindert werden. Manch-  
27 mal wird dann auch noch die Kategorie des Interactive Application Security Testing  
28 (IAST) definiert. Dabei wird ein Agent in die Laufzeitumgebung mit integriert, wel-  
29 cher die Insights der Analysen liefert. Dort können dann z.B. Software-Component-  
30 Analysen gemacht werden. Dabei werden HTTP-Requests gespoofed, um bestimmte  
31 Lücken im System zu finden.

32 **Interviewer:** Welche Tools werden bei der SAP angewendet?

33 **Experte:** Da haben wir z.B. Foritfy. Das ist insbesondere für Java und Python.  
34 Das Tool ist allerdings kaum noch in Verwendung, da es sich historisch nicht wei-  
35 terentwickelt hat. In näherer Zukunft wird das durch GitHub Advanced Security  
36 abgelöst. Für CAP Node wird von der SAP das Tool Checkmarx vorgeschrieben.  
37 Für Open-Source ist das Tool Whitesource vorgeschrieben. Für SAP UI5 wird bei  
38 der statischen Code-Analyse Checkmarx verwendet. Für Open-Source gibt es keine  
39 Vorgabe. Das liegt daran, dass UI5 eigentlich über JavaScript geschrieben wird und  
40 somit NPM als Package-Manager bräuchte. Node wird in dieser Technologie jedoch  
41 nicht unterstützt.

## C.4 Experteninterview 4

Interviewpartner: Frontend Test Developer SAP Hyperspace Adoption & Onboarding (Exper

Datum: 22.03.2023

Interview-Medium: Microsoft-Teams

1 **Interviewer:** Du kannst dich nun gerne vorstellen.

2 **Experte:** Derzeit bin ich im Adoption and Onboarding Team von Hyperspace. Wir  
3 unterstützen Kunden darin ihre Projekte zu onboarden. Dafür bieten wird verschie-  
4 dene Toolings, wie Security-Tools, Deployment-Tools, Test-Tools etc. an.

5 **Interviewer:** Was hat das Hyperspace denn mit CI/CD zu tun?

6 **Experte:** Hyperspace ist eine Plattform, die einem ermöglicht, sein CI/CD-Setup  
7 möglichst konsistent und einfach aufzusetzen. Das soll einem die Möglichkeit geben  
8 den kognitiven Load in den Teams zu reduzieren. So muss nicht alles manuell ge-  
9 macht werden. So ein Aufsetzen von einer Pipeline mit Jenkins und Groovy-Scripten  
10 usw. kann ja ein ziemlicher Aufwand sein. Da benötigt man sehr viel Wissen. Hy-  
11 perspace gibt den Entwicklungsteams Guidelines vor. D.h. auf Hyperspace kann ich  
12 einfach ein Template auswählen. Das Hyperspace kümmert sich dann darum, das  
13 alle benötigten Tools zur Verfügung stellen, dass du da nicht explizit in jedem Tool  
14 alles wieder selbst konfigurieren musst.

15 **Interviewer:** Wird im Hyperspace auch eine konkrete Step-Implementierung abge-  
16 nommen?

17 **Experte:** Hyperspace erzeugt einem eigentlich erst mal so eine Ready-Made-Pipeline.  
18 Das ist eine standardisierte Vorgabe auf welcher man dann Konfiguration vornimmt.  
19 Dann kannst du z.B. einstellen welche Tools du verwenden möchtest. Du kannst  
20 natürlich davon ausbrechen und sagen okay, ich möchte da jetzt einen kompletten  
21 Step überschreiben. Das Ziel ist jedoch den kognitiven Load so gering wie möglich  
22 zu halten.

23 **Interviewer:** Wie definierst du für dich CI/CD?

24 **Experte:** Ich bin dort jetzt kein kompletter Experte, aber mein Hauptmotiv als

25 Entwickler ist es möglichst schnelles Feedback zubekommen. Früher war es so, dass  
26 ich Tests geschrieben habe und die dann einmal in der Woche ausgeführt habe. Auf-  
27 grund der Verzögerung ist das natürlich nicht besonders geschickt. Bei einem guten  
28 Setup mache ich eine Änderung und bekomme beim Commit direkt ein Feedback.  
29 Das zweite ist natürlich, dass ich neue Produktversionen sehr schnell zum Kunden  
30 bekomme. Idealerweise innerhalb von einer Woche oder vielleicht sogar manchmal  
31 in einem Tag. Als ich damals in einer SAP-Partnerfirma war, haben wir manchmal  
32 ein ganzes Jahr entwickelt. Dann gab es eine sehr große Testphase. Und am Ende  
33 hat sich herausgestellt, dass der Kunde etwas ganz anderes haben wollte.

34 **Interviewer:** Welchen Vorteil hat es, wenn man den CI/CD-Prozess automatisiert?

35 **Experte:** Man hat die Möglichkeit neue Features erstmal einzelnen Kunden bereit-  
36 zustellen. Wenn ich dann feststelle, dass irgendwas nicht funktioniert kann ich schnell  
37 ein Rollback machen. Da gibt es dann z.B. das Feature-Toggle. Da wird eine neue  
38 Funktionalität dann hinter einer Flag versteckt. Wenn ein bestimmter Kunde dieses  
39 Feature dann haben möchte, dann setzt er entsprechend die Flag.

40 **Interviewer:** Welche Art von Pipelines werden denn i.d.R. verwendet?

41 **Experte:** Ich kenne hauptsächlich die Pull-Request-Pipeline. Häufig gibt es dann  
42 auch noch einmal eine Pipeline, welche einmal am Tag läuft, bei welcher dann Tests  
43 gemacht werden, welche deutlich länger laufen.

44 **Interviewer:** Welchen Vorteil hat ein Artefakt-Repository?

45 **Experte:** Das Artefakt-Repository wird verwendet, um das Coding was erzeugt  
46 wurde versioniert abzulegen. Dieses wird dann in der Pipeline immer wieder verwen-  
47 det, um z.B. Tests dagegen auszuführen. Mit diesen Artefakts kann man dann auch  
48 noch sehr gut Rollbacks ausführen. Das heißt, wenn man merkt, dass eine neue Ver-  
49 sion nicht funktioniert, kann man einfach wieder zur alten Version zurückspringen.

50 **Interviewer:** Welche Pipelines werden bei der SAP im Regelfall verwendet?

51 **Experte:** Auf der Orchestratorseite ist es so, dass ganz viel über Azure-DevOps  
52 gemacht wird. Hierbei gibt es jetzt auch einige speziellen Governace-Checks, die  
53 darüber möglich sind. Außerdem ist der Wartungsaufwand einfach viel geringer.  
54 Das SAP Tools Team hatte dann alles auf einen zentralen Blick und konnte ent-

55 sprechend sagen, dass wenn für eine Pipeline mehr Kapazität benötigt wird, dass  
56 entsprechend Ressourcen zugeschaltet werden. Und die SAP hat da wahrscheinlich  
57 einfach auch gute Konditionen bekommen. Andere kleine Teams, wie z.B. das Sports  
58 One haben dabei eher eine eigene Pipeline über den JaaS. Aber es ist einfach sehr  
59 davon abhängig, welche Technologie du hast.

60 **Interviewer:** Welche Tests werden bei SAP UI5 i.d.R. gemacht?

61 **Experte:** Für Unit Tests gibt es verschiedene Frameworks. I.d.R. wird in der SAP Q-  
62 Unit für sowas verwendet. Was aber auch noch geht, ist z.B. Mocha. Für Integration-  
63 Tests wird OPA5 verwendet. Da wird dann sowas wie die Backend-Anbindung ein-  
64 fach gemockt. Und für System-Tests wird dann i.d.R. WDI5 verwendet. Das kann  
65 man dafür verwenden, wenn man jetzt tatsächlich eine gesamte App testet. Das  
66 hat den Vorteil, dass ich wie ein End-User teste. Nachteil ist dabei jedoch, dass ich  
67 schauen muss, dass die Daten verfügbar sind, Customizings gemacht wurden etc.  
68 Aber man muss die Tests natürlich immer gezielt einsetzen. Wir haben damals in  
69 unsere Pipeline E2E-Tests eingebaut und dadurch hat die Pipeline um den Faktor 3  
70 länger gebraucht. Noch einmal zur zentralen Aussage der Testpyramide. Die Emp-  
71 fehlung ist möglichst viel auf den unteren Ebenen abzudecken, also mit Unit-Tests  
72 und auf den oberen Ebenen nur noch das zu testen, was man nicht mit Unit- und  
73 Integration-Tests testen kann.

74 **Interviewer:** Werden denn immer alle Tests ausgeführt?

75 **Experte:** Also bei einer Pull-Request-Pipeline sollten auf jeden Fall die Unit- und  
76 Integration-Tests laufen. Die System-Tests werden dann z.B. einmal am Tag aus-  
77 geführt. Manche Teams verwenden auch eine parallele Ausführung von Tests und  
78 führen dann eben verschiedene Szenarien gleichzeitig durch. Das läuft dann i.d.R.  
79 schneller und dann können solche Tests auch beim Pull-Request ausgeführt werden.  
80 Gerade die Compliance und Accessibility-Tests werden dann eher in der Delivery-  
81 Pipeline durchgeführt.

82 **Interviewer:** Auf welche Integrationsaspekte muss geachtet werden?

83 **Experte:** In den bisherigen Projekten, in welchen ich gearbeitet habe, wurde die  
84 Auswahl einer CI/CD-Pipeline immer sehr stark von dem Repository abhängig ge-

85 macht. Die Repositorys, welche von Kunden dabei besonders oft verwendet werden  
86 sind GitHub, GitLab und BitBucket.

87 **Interviewer:** Wie wird der Entwickler über den Erfolg der Tests informiert?

88 **Experte:** Da gibt es unterschiedliche Verfahrensweisen. Es gibt da dann z.B. ver-  
89 schiedene Monitoring-Tools in der CI/CD-Pipeline. Ein anderer Weg ist, wenn man  
90 die CI/CD-Pipeline über APIs in das Repository integriert. Was auch häufig ge-  
91 macht wird ist, dass man die Pipelines in den SAP Alert Service integriert, sodass  
92 Entwickler dann entsprechend Nachrichten über Mail oder Slack bekommen.

## C.5 Kodierung der Experteninterviews

### Was ist CI/CD?

Aussage	Kodierung	Experte	Zeilennummer
„Dabei habe ich einen CI-Server, der mir nach einem Push in mein zentrales Repository innerhalb kurzer Zeit ein Feedback gibt.“	CI	Experte 1	8 ff.
„Das ist die Möglichkeit ein Feature so schnell wie möglich auf Produktion zu deployieren und für den Kunden bereitzustellen“	CD	Experte 2	10 ff.

### Verschiedene Arten von Pipelines

Aussage	Kodierung	Experte	Zeilennummer
---------	-----------	---------	--------------

„[Mit der CD-Pipeline] wird zentral gebaut, getestet und gegebenenfalls auch noch Sachen wie Compliance, Vulnerabilities, statische Codechecks, Integrations-Tests und Performance-Tests abgewickelt.“	Bestandteile CD-Pipeline	Experte 1	12 ff.
„Die sollte dann maximal 10 - 15 Minuten laufen. So soll der Entwickler ein schnelles Feedback bekommen.“	Pull-Request-Pipeline	Experte 1	26 ff.
„ Die Pipelines werden somit deutlich verkleinert, aber damit bekommt man auch schneller Feedback.“	Kleine Pipelines	Experte 2	29 ff.

### Deploy und Release

Aussage	Kodierung	Experte	Zeilennummer
„Das getestete Programm kann dann anschließend zum Beispiel in ein Artefakt-Repository oder in eine Produktionsumgebung bereitgestellt werden.“	Artefakt-Repository und Produktionsumgebung	Experte 1	15 ff.
„Mit diesen Artefakts [im Artefakt-Repository] kann man dann auch noch sehr gut Rollbacks ausführen.“	Artefakt-Repository	Experte 4	48 ff.

„Kleinen entwickelten Komponenten können mit Versionierung in das Artefakt-Repository bereitgestellt werden. Andere Entwickler können diese Komponente dann aus dem Artefakt-Repository herausziehen und für eigenen Entwicklungen wiederverwenden“	Komponentenwiederverwendung im Artefakt-Repository	Experte 1	37 ff.
---	--	-----------	--------

#### Test

Aussage	Kodierung	Experte	Zeilennummer
„Typischerweise beginnt es mit der Build-Stage, bei welcher Unit-Tests ausgeführt werden. Für CAP werden dabei die Frameworks Mocha oder Jest verwendet.“	Unit-Tests mit SAP CAP	Experte 1	42 ff.
„Die Integration-Tests werden mit Newman gemacht.“	Integration-Tests mit SAP CAP	Experte 1	46 ff.
„I.d.R. wird in der SAP Q-Unit für [Unit-Tests] verwendet“	Unit-Tests mit SAP UI5	Experte 4	62 ff.
„Für Integration-Tests wird OPA5 verwendet.“	Integration-Tests mit SAP UI5	Experte 4	63 ff.



„Und für System-Tests wird dann i.d.R. WDI5 verwendet.“	System-Tests mit SAP UI5	Experte 4	64 ff.
„Die Empfehlung ist möglichst viel auf den unteren Ebenen abzudecken, also mit Unit-Tests und auf den oberen Ebenen nur noch das zu testen, was man nicht mit Unit- und Integration-Tests testen kann.“	Test-Pyramide	Experte 4	72 ff.

#### Code-Analysen

Aussage	Kodierung	Experte	Zeilennummer
„[Mit SonarQube] wird dann z.B. geprüft, ob ich irgendwelche Lizenzrechte verletze.“	SonarQube	Experte 1	48 ff.

#### Vorteile von kontinuierlicher Bereitstellung

Aussage	Kodierung	Experte	Zeilennummer
„Wenn ich dann schnell in eine Canary-Umgebung deploye, kann ich natürlich früh Fehler finden, was schließlich auch deutlich günstiger ist.“	Frühe Fehlerfindung	Experte 1	22 ff.
„So ist die Gefahr, dass etwas im Produktivsystem kaputtgeht sehr gering.“	Wenig Fehler in der Produktion	Experte 2	25 ff.

„[Beim Feature Toggle] wird eine neue Funktionalität dann hinter einer Flag versteckt. Wenn ein bestimmter Kunde dieses Feature dann haben möchte, dann setzt er entsprechend die Flag.“	Feature Toggle	Experte 4	37 ff.
--	----------------	-----------	--------

#### CI/CD-Pipeline-Tools bei der SAP

Aussage	Kodierung	Experte	Zeilennummer
„Zum einen wird der von der SAP bereitgestellte CI/CD-Service verwendet.“	SAP BTP CI/CD	Experte 1	54 ff.
„Des Weiteren gibt es Jenkins. Diese wird i.d.R. mit Project Piper verwendet.“	Jenkins	Experte 1	55 ff.
„Häufig wird für interne Projekte auch Azure DevOps verwendet.“	Azure Pipelines	Experte 1	57 ff.

#### Aspekte für Wahl einer CI/CD-Pipeline

Aussage	Kodierung	Experte	Zeilennummer
„Für Abteilungen welche keine DevOps-Spezialisten haben spielt die Benutzerfreundlichkeit eine große Rolle. “	Benutzerfreundlichkeit	Experte 1	63 ff.

„Weiterhin ist wichtig zu wissen, wie flexibel man bei der Pipeline-Gestaltung sein will.“	Flexibilität	Experte 1	65 ff.
„Zudem muss natürlich auch evaluiert werden, welche Funktionalitäten also Tests, Code-Scans und Builds auf der Pipeline ausgeführt werden sollen.“	Tests, Code-Analysen Build	Experte 1	67 ff.
„Zuletzt sollte dann was die Funktionalität angeht auch noch evaluiert werden auf welcher Plattform die Software bereitgestellt werden soll.“	Deploy und Release	Experte 1	68 ff.
„Skalierbarkeit spielt dann auch noch eine wichtige Rolle.“	Skalierbarkeit	Experte 1	69 ff.
„Integration ist auch ein sehr wichtiger Aspekt bei der Auswahl von CI/CD-Pipelines.“	Integrati- onsmöglichkeiten	Experte 1	76 ff.
„Da muss natürlich auf die Integrationsmöglichkeiten mit dem Repository geachtet werden.“	Integrati- onsmöglichkeiten von Repositorys	Experte 1	77 ff.
„Sehr selten wird eine CI/CD-Pipeline auch in die Entwicklungsumgebung integriert.“	Integrati- onsmöglichkeiten von Entwick- lungsumgebung	Experte 1	81 ff.

„Wenn du in sehr großen Entwicklungen bist, dann ist es natürlich auch sehr wichtig, dass die Pipeline eine gute Performance besitzt.“	Performance	Experte 2	36 ff.
--	-------------	-----------	--------

#### SAP BTP CI/CD-Service

Aussage	Kodierung	Experte	Zeilennummer
„Was bisher noch nicht wirklich funktioniert sind API-Tests.“	Keine API-Tests	Experte 1	72 ff.
„Der SAP CI/CD-Service unterstützt dabei einen ganz normalen Git-Server. Was auch noch funktioniert sind BitBucket Repositorys.“	Unterstützung von Repositorys	Experte 1	78 ff.
„Es können dabei jedoch ausschließlich Commit Events verarbeitet.“	Unterstützung von Commit-Events	Experte 1	80 ff.
„Aber ein direktes Monitoring der Pipeline gibt es nicht.“	Kein Monitoring für SAP CI/CD	Experte 1	82 ff.
„Eine Build-Hour kostet einen Euro.“	Kosten	Experte 1	92 ff.
„Wir können sowohl auf Cloud Foundry als auch auf Kyma deployen.“	Deployment	Experte 1	85 ff.

„Nein leider nicht. Aber die Pipeline kann Software auf das Transport Management System bereitstellen.“	Parallel Build und SAP CTM	Experte 1	95 ff.
„Für interne Projekte darf der SAP BTP CI/CD aufgrund der derzeitigen Produktstandards nicht verwendet werden.“	Nicht für interne Projekte	Experte 2	46 ff.
„Das SAP CI/CD-Tool lohnt sich insbesondere für Kunden, die noch nicht viel DevOps-Expertise besitzen und auch keine teure Infrastruktur betreiben wollen.“	Für Kunden mit wenig Expertise	Experte 2	48 ff.

### Azure Pipelines

Aussage	Kodierung	Experte	Zeilennummer
„Hierbei gibt es jetzt auch einige speziellen Governace-Checks, die darüber möglich sind.“	Governance-Checks	Experte 4	52 ff.
„Das SAP Tools Team hatte dann alles auf einen zentralen Blick und konnte entsprechend sagen, dass wenn für eine Pipeline mehr Kapazität benötigt wird, dass entsprechend Ressourcen zugeschaltet werden.“	Erhöhte Flexibilität	Experte 4	53 ff.

---

Security

Aussage	Kodierung	Experte	Zeilennummer
„Früher gab es dabei immer ein Security-Experten der sich vor der Auslieferung dann um alles kümmern musste.“	Security damals	Experte 3	8 ff.
„Security sollte nicht mehr nur von einem Spezialisten behandelt werden. Vielmehr sollte dies als Kollektiv abgehandelt werden.“	Security heute	Experte 3	32 ff.
„Jeder muss bei der Entwicklung seiner Funktionalitäten schon so früh wie möglich schauen, ob alle sicherheitsrelevanten Aspekte eingehalten wurden. Das wird dann i.d.R. durch Automatisierung gemacht.“	Automatisierung mit Tools	Experte 3	32 ff.
„[Bei statischen Codde-Analysen wird insbesondere OS-Scanning betrieben.]“	Automatisierung mit Tools	Experte 3	23 ff.
„[Bei Dynamic Application Security Testing] werden dann auch tatsächlich UI-Elemente, APIs sowie Datenbanken gescannt.“	Dynamic Application Security Testing	Experte 3	24 ff.

„Für CAP Node wird von der SAP das Tool Checkmarx vorgeschrieben. Für Open-Source ist das Tool Whitesource vorgeschrieben.“	Security-Scans für SAP CAP Node	Experte 3	36 ff.
---	---------------------------------------	-----------	--------

C.6 Expertengewichtung 1

Interviewpartner: Software Architekt SAP DTS Integration (Experte 5)  
Datum: 27.03.2023  
Interview-Medium: Microsoft-Teams

Funktionalität	Integrationsmöglichkeiten	Kosten	Skalierbarkeit	Performance	Flexibilität	Support	Sicherheit	Benutzerfreundlichkeit	Lokale Gewichtung
Funktionalität	1	2	2	2	1	2	2	2	0,1852
Integrationsmöglichkeiten	1	1	2	2	1	2	1	2	0,1605
Kosten	0	1	1	2	2	2	1	2	0,1481
Skalierbarkeit	0	0	1	2	1	2	1	2	0,1235
Performance	0	0	0	1	1	0	0	1	0,0370
Flexibilität	1	1	1	1	1	1	1	2	0,1111
Support	0	0	0	0	2	1	1	2	0,0864
Sicherheit	0	1	1	2	1	1	1	2	0,1235
Benutzerfreundlichkeit	0	0	0	1	0	0	0	1	0,0247
									1,000

Funktionalität	Tests	Build	Deploy/Release	Monitoring	Code-Analysen	Lokale Gewichtung
Tests	1	1	1	2	1	0,2400
Build	1	1	2	2	2	0,3200
Deploy/Release	1	0	1	2	2	0,2400
Monitoring	0	0	0	1	0	0,0400
Code-Analysen	1	0	0	2	1	0,1600
						1,0000

Integrationsmöglichkeiten	Entwicklungsumgebung	Repository	Planungssoftware	Lokale Gewichtung
Entwicklungsumgebung	1	0	2	0,3333
Repository	2	1	2	0,5556
Planungssoftware	0	0	1	0,1111
				1,000





Endfaktoren	
Kriterien	Globale Gewichtung
Test	0,0444
Code-Analysen	0,0296
Build	0,0593
Deploy und Release	0,0444
Monitoring	0,0074
Integration in Repository	0,0892
Integration in Entwicklungsumgebung	0,0535
Integration in Planungssoftware	0,0178
Kosten	0,1481
Skalierbarkeit	0,1235
Integration-Zeit	0,0185
Delivery-Zeit	0,0185
Flexibilität	0,1111
Administrativer Support	0,0648
Communitiy-Support	0,0216
Sicherheit	0,1235
Installation und Wartung	0,0123
Intuitive Bedienbarkeit	0,0123
	1,0000

1     **Interviewer:** Für dich besonders wichtig ist die Funktionalität. Kannst du das  
2 begründen?

3     **Experte:** Wenn ich eine Pipeline einbaue, dann ist für mich besonders wichtig, dass  
4 die Pipeline bestimmte Funktionalitäten, wie z.B. Tests abdecken. Weniger gewich-  
5 tig ist da z.B. die Benutzerfreundlichkeit. Ich bin der Meinung, dass ich eine Pipeline  
6 einmal einrichte. Da spielt es dann auch weniger die Rolle wie viel Aufwand das beim  
7 initialen Einrichten war.

8     **Interviewer:** Von den Subkriterien der Funktionalität war für dich Build Funktio-  
9 nalität besonders wichtig. Kannst du das begründen?

10    **Experte:** Bei Cloud-Native-Projekten werden i.d.R. verschiedene Sprachen und ver-  
11 schiedene Frameworks verwendet. Die Pipeline sollte da einfach alle Build-Packages  
12 unterstützen. So muss ich dann nicht hergehen und manuell irgendwelche Deploy-  
13 ments ausführen. Tests waren für mich auch sehr wichtig. Es ist wichtig, dass ich  
14 die Tests mache, bevor es zu Merges kommt. Natürlich kann ich auch Tests abseits  
15 von einer CI/CD-Pipeline ausführen. Bei einem größeren Team von Entwickler ist  
16 das jedoch kaum noch kontrollierbar.

17    **Interviewer:** Kommen wir zu den Integrationsmöglichkeiten. Deiner Meinung nach  
18 ist die Integration eines Repositorys sehr wichtig. Woran liegt das?

19    **Experte:** Oft ist es so, dass sich der Kunde auf eine oder zwei CI/CD und ein oder  
20 zwei Repositorys einschießt. Gerade, wenn da die Abhängigkeit mit dem Repository  
21 besteht sollte das natürlich in die CI/CD-Pipeline integrierbar sein.

22    **Interviewer:** Kannst du begründen, warum für dich die Integration- und Delivery-  
23 Zeit gleich wichtig ist.

24    **Experte:** Aus meiner Sicht gibt es da kein wichtigeres Kriterium, da sowohl CI als  
25 auch CD im Hintergrund läuft. Somit ist es für mich jetzt nicht so wichtig, falls eine  
26 der beiden Pipelines länger durchläuft.

27    **Interviewer:** Warum ist für dich der administrative Support wichtiger als der  
28 Community-Support?

29    **Experte:** Für mich ist es eben sehr wichtig, dass es eine gute Dokumentation gibt. So  
30 kann ich z.B. bevor ich eine Pipeline installiere schon abschätzen, wie gut bestimmte

31 Aspekte funktioniere und bin da nicht davon abhängig, dass ich durch Community-  
32 Foren irgendwelche Workarounds bekomme. Außerdem ist es mir natürlich auch sehr  
33 wichtig, dass die Lösung immer auf dem neusten Stand der Technik ist.

34 **Interviewer:** Kannst du noch einmal deine Entscheidung zur Sicherheit begründen?

35 **Experte:** Also es gehört natürlich einfach zur Developer-Experience dazu, wenn  
36 man bestimmte Authentifizierung- und Autorisierungskonzepte hat. Dann ist es  
37 natürlich aber auch schon wichtig, dass die Pipeline an sich sicher ist. Gerade die  
38 Pipeline bietet natürlich eine sehr gute Möglichkeit feindliche Programme in eine  
39 Produktionsumgebung einzuführen.

40

C.7 Expertengewichtung 2

Interviewpartner: Full-Stack-Entwickler SAP DTS Integration (Experte 6)

Datum: 21.03.2023

Interview-Medium: Microsoft-Teams

Funktionalität	Integrationsmöglichkeiten	Kosten	Skalierbarkeit	Performance	Flexibilität	Support	Sicherheit	Benutzerfreundlichkeit	Lokale Gewichtung
Funktionalität	1	1	2	1	1	1	1	1	0,1235
Integrationsmöglichkeiten	1	1	2	1	1	0	1	1	0,1235
Kosten	0	0	2	1	0	0	0	0	0,0123
Skalierbarkeit	1	0	1	0	0	0	0	0	0,0494
Performance	1	1	2	1	0	0	0	0	0,1111
Flexibilität	1	1	2	1	1	0	1	0	0,1235
Support	1	2	2	2	2	1	1	1	0,1728
Sicherheit	1	2	2	2	1	1	1	1	0,1358
Benutzerfreundlichkeit	1	1	2	2	1	1	1	1	0,1481
									1,000

Funktionalität	Tests	Build	Deploy/Release	Monitoring	Code-Analysen	Lokale Gewichtung
Tests	1	2	2	2	2	0,3600
Build	0	1	0	0	0	0,0400
Deploy/Release	0	2	1	2	0	0,2000
Monitoring	0	2	0	1	2	0,2000
Code-Analysen	0	2	2	0	1	0,2000
						1,0000

Integrationsmöglichkeiten	Entwicklungsumgebung	Repository	Planungssoftware	Lokale Gewichtung
Entwicklungsumgebung	1	0	2	0,3333
Repository	2	1	2	0,5556
Planungssoftware	0	0	1	0,1111
				1,000



Endfaktoren	
Kriterien	Globale Gewichtung
Test	0,0444
Code-Analysen	0,0247
Build	0,0049
Deploy und Release	0,0247
Monitoring	0,0247
Integration in Repository	0,0686
Integration in Entwicklungsumgebung	0,0412
Integration in Planungssoftware	0,0137
Kosten	0,0123
Skalierbarkeit	0,0494
Integration-Zeit	0,0833
Delivery-Zeit	0,0278
Flexibilität	0,1235
Administrativer Support	0,0432
Community-Support	0,1296
Sicherheit	0,1358
Installation und Wartung	0,0741
Intuitive Bedienbarkeit	0,0741
	1,0000

1     **Interviewer:** In Tabelle 1 ist für dich besonders wichtig der Support und weni-  
2 ger wichtig sind für dich die Kosten. Warum?

3     **Experte:** Ich als Entwickler habe die Erfahrung, dass Tool noch so toll sein kann.  
4 Wenn keine gute Dokumentation vorhanden ist, dann hilft mir das als Entwickler  
5 nicht viel. Die Kosten sind mir aus Entwicklersicht egal. Da sind mir erstmal die  
6 anderen Kriterien wichtiger

7     **Interviewer:** In Tabelle 2 waren dir die Tests besonders wichtig. Kannst du das  
8 begründen.

9     **Experte:** Es spart mir sehr viel Zeit, wenn Tests automatisiert werden. Für mich  
10 gehört das automatisierte Ausführen von Tests auch zu den Hauptzwecken einer  
11 CI/CD-Pipeline. So kann ich frühzeitig erkennen, wenn eine Änderung etwas ka-  
12 putt macht.

13     **Interviewer:** Kommen wir zu den Integrationsmöglichkeiten. Warum ist dir die In-  
14 tegration in Repositorys besonders wichtig?

15     **Experte:** Ich sehe, dass als eine sehr grundlegende Funktion. Wenn meine CI/CD-  
16 Pipeline nicht mit dem Repository integrierbar ist, dann wird das gesamte Konzept  
17 einer Pipeline hinfällig. Die Planungssoftware war mir hingegen kaum wichtig, da  
18 ich als Entwickler mit so etwas kaum arbeite.

19     **Interviewer:** Kannst du deine Entscheidungen zur Performance begründen?

20     **Experte:** Für mich ist die Integration-Zeit deutlich wichtiger, einfach um da eine  
21 höhere Developer-Experience zu bekommen. Wenn ich ein Pull-Request aufmache,  
22 dann möchte ich auch schnell Feedback bekommen, ob alles passt oder eben nicht.

23     **Interviewer:** Kannst du deine Entscheidungen zum Support begründen?

24     **Experte:** Ich finde den Community-Support am wichtigsten. Dabei bekommt man  
25 den leichtesten Zugriff als Entwickler auf neues Wissen. Weniger geeignet fände ich,  
26 wenn ich jedes Mal mit jemanden telefonieren müsste oder immer ein neues Ticket  
27 aufmachen müsste. Weiterhin ist es sehr gut, wenn von einer Community Plug-  
28 ins bereitgestellt werden. Damit kann ich den Funktionsumfang erweitern. Jedoch  
29 besteht hier immer die Gefahr, dass Plug-ins Sicherheitslücken besitzen oder irgend-  
30 wann nicht mehr richtig gewartet werden können.



31 **Interviewer:** Wie sieht es mit dem Punkt der Sicherheit aus?

32 **Experte:** Ich finde das Authentifizierungs- und Autorisierungs-Konzept sehr wich-  
33 tig, da dies mit der Developer-Experience zusammenhängt. Damit komme ich eben  
34 in meinem Entwickleralltag am meisten in Berührung. Wenn die Plattform bspw.  
35 SSO enabled ist, dann ist das für mich als Programmierer sehr gemütlich.

36 **Interviewer:** Kannst du deine Entscheidung zur Benutzerfreundlichkeit begründen?

37 **Experte:** Sowohl mit Wartung bzw. Installation und mit der gewöhnlichen Bedien-  
38 barkeit kommt man gelegentlich in Berührung. Das sollte deshalb beides einigerma-  
39 ßen gut funktionieren.

40

C.8 Expertengewichtung 3

Interviewpartner: Test Developer SAP Hyperspace Adoption & Onboarding (Experte 4)

Datum: 22.03.2023

Interview-Medium: Microsoft-Teams

Funktionalität	Integrationsmöglichkeiten	Kosten	Skalierbarkeit	Performance	Flexibilität	Support	Sicherheit	Benutzerfreundlichkeit	Lokale Gewichtung
Funktionalität	1	2	2	2	2	2	0	2	0,1852
Integrationsmöglichkeiten	0	1	1	2	1	2	0	2	0,1358
Kosten	0	0	1	0	2	1	0	1	0,0741
Skalierbarkeit	0	1	2	1	2	2	0	2	0,1358
Performance	0	0	1	1	1	2	0	2	0,0988
Flexibilität	0	1	1	0	0	1	0	1	0,0617
Support	0	0	1	0	0	1	1	0	0,0370
Sicherheit	2	0	2	2	2	2	1	2	0,2099
Benutzerfreundlichkeit	0	0	1	0	0	1	0	1	0,0617
									1,000

Funktionalität	Tests	Build	Deploy/Release	Monitoring	Code-Analysen	Lokale Gewichtung
Tests	1	1	2	2	1	0,2800
Build	1	1	2	2	1	0,2800
Deploy/Release	0	0	1	1	1	0,1200
Monitoring	0	0	1	1	1	0,1200
Code-Analysen	1	1	1	1	1	0,2000
						1,0000

Integrationsmöglichkeiten	Entwicklungsumgebung	Repository	Planungssoftware	Lokale Gewichtung
Entwicklungsumgebung	1	0	2	0,3333
Repository	2	1	2	0,5556
Planungssoftware	0	0	1	0,1111
				1,000

Performance				
	Integration-Zeit		Delivery-Zeit	Lokale Gewichtung
	1	2		0,7500
	0	1		0,2500
				1,000

Support				
	Administrativer Support	Community-Support		Lokale Gewichtung
	1	0		0,2500
	2	1		0,7500
				1,000

Benutzerfreundlichkeit				
	Installation und Wartung	Intuitive Bedienbarkeit		Lokale Gewichtung
	1	0		0,2500
	2	1		0,7500
				1,0000

Endfaktoren	
Kriterien	Globale Gewichtung
Test	0,0519
Code-Analysen	0,0370
Build	0,0519
Deploy und Release	0,0222
Monitoring	0,0222
Integration in Repository	0,0754
Integration in Entwicklungsumgebung	0,0453
Integration in Planungssoftware	0,0151
Kosten	0,0741
Skalierbarkeit	0,1358
Integration-Zeit	0,0741
Delivery-Zeit	0,0247
Flexibilität	0,0617
Administrativer Support	0,0093
Community-Support	0,0278
Sicherheit	0,2099
Installation und Wartung	0,0154
Intuitive Bedienbarkeit	0,0463
	1,0000

1     **Interviewer:** Besonders wichtig ist für dich die Sicherheit. Kannst du das be-  
2 gründen?

3     **Experte:** Sicherheitslücken in unseren Systemen würden einen sehr großen Image-  
4 schaden verursachen. Deswegen ist das für mich das absolute Top-Thema. Gerade  
5 wenn wir neue Software bereitstellen, darf es nicht passieren, dass eventuell feindli-  
6 che Programme eingeschleust werden. Nicht so wichtig ist für mich der Support, da  
7 dieser ganz schnell zum Bottleneck werden kann. Wichtiger ist da für mich z.B. die  
8 Benutzerfreundlichkeit. Man sollte die Nutzer gar nicht erst in die Situation kom-  
9 men lassen, dass diese Support benötigen.

10    **Interviewer:** Warum ist für dich der administrative Support wichtiger als der  
11 Community-Support?

12    **Experte:** Es ist viel wichtiger, dass man eine Community besitzt, welche Fragen  
13 beantworten kann. Dies ist eigentlich die einzige Möglichkeit sowas skalierbar zu ma-  
14 chen. Man wird niemals ein Support-Team besitzen, was groß genug ist alle Fragen  
15 zu beantworten. Man könnte den administrativen Support also nicht gut skalieren.

16    **Interviewer:** Im Kriterium der Funktionalität ist für dich besonders wichtig die  
17 Test- und Build-Funktionalität. Warum?

18    **Experte:** Test ist natürlich mein Hintergrund, da ich von dieser Seite her komme.  
19 Es ist für mich einfach wichtig, dass ich etwas ausliefere, was auch validiert ist.

20    **Interviewer:** Warum ist für dich die Integration-Zeit wichtiger als die Delivery-  
21 Zeit?

22    **Experte:** Es kann eben aus Entwicklersicht nicht sein, dass ich eine Änderung im  
23 Code mache und dann erst einmal eine halbe Stunde warten muss, bis ich Feedback  
24 bekomme. Da geht die Motivation im Team verloren. Und es stapeln sich einfach  
25 die Änderungen, bevor ich die Änderungen dann tatsächlich ausliefere.

26    **Interviewer:** Kannst du noch einmal deine Entscheidung begründen?

27    **Experte:** Authentifizierung ist natürlich wichtig, damit nicht jemand unberechtig-  
28 tes ein Deployment durchführen kann, welcher das eigentlich gar nicht sollte.

29    **Interviewer:** Für dich war die Installation und Wartung weniger wichtig als die  
30 intuitive Bedienbarkeit?

<sup>31</sup> **Experte:** Installation und Wartung betrifft mich einmal beim Setup, während die  
<sup>32</sup> intuitive Bedienbarkeit kontinuierlich wichtig ist.

<sup>33</sup>

## C.9 Expertengewichtung 4

Interviewpartner: Backend Test Developer SAP DTS Integration (Experte 7)

Datum: 22.03.2023

Interview-Medium: Microsoft-Teams

Funktionalität	Integrationsmöglichkeiten	Kosten	Skalierbarkeit	Performance	Flexibilität	Support	Sicherheit	Benutzerfreundlichkeit	Lokale Gewichtung
Funktionalität	1	2	1	1	1	1	1	1	0.1235
Integrationsmöglichkeiten	1	1	2	1	1	0	1	1	0.1235
Kosten	0	1	0	0	0	0	0	0	0.0123
Skalierbarkeit	1	0	1	0	0	0	0	0	0.0494
Performance	1	2	2	1	1	0	1	0	0.1111
Flexibilität	1	2	2	1	0	1	1	1	0.1235
Support	1	2	2	2	2	1	1	1	0.1728
Sicherheit	1	1	2	1	1	1	1	1	0.1358
Benutzerfreundlichkeit	1	2	2	2	1	1	1	1	0.1481
									1,000

Funktionalität	Tests	Build	Deploy/Release	Monitoring	Code-Analysen	Lokale Gewichtung
Tests	1	2	2	2	2	0.3600
Build	0	1	0	2	2	0.2000
Deploy/Release	0	2	1	2	2	0.2800
Monitoring	0	0	0	1	2	0.1200
Code-Analysen	0	0	0	0	1	0.0400
						1,000

Integrationsmöglichkeiten	Entwicklungsumgebung	Repository	Planungssoftware	Lokale Gewichtung
Entwicklungsumgebung	1	0	1	0.2222
Repository	2	1	1	0.4444
Planungssoftware	1	1	1	0.3333
				1,000

Performance					
		Integration-Zeit	Delivery-Zeit		Lokale Gewichtung
Integration-Time		1	2		0,7500
Delivery-Time		0	1		0,2500
					1,000

Support					
		Administrativer Support	Community-Support		Lokale Gewichtung
Administrativer Support		1	0		0,2500
Community-Support		2	1		0,7500
					1,000

Benutzerfreundlichkeit					
		Installation und Wartung	Intuitive Bedienbarkeit		Lokale Gewichtung
Installation und Wartung		1	0		0,2500
Intuitive Bedienbarkeit		2	1		0,7500
					1,0000



Endfaktoren	
Kriterien	Globale Gewichtung
Test	0,0711
Code-Analysen	0,0079
Build	0,0395
Deploy und Release	0,0553
Monitoring	0,0237
Integration in Repository	0,0823
Integration in Entwicklungsumgebung	0,0412
Integration in Planungssoftware	0,0617
Kosten	0,1235
Skalierbarkeit	0,1358
Integration-Zeit	0,0556
Delivery-Zeit	0,0185
Flexibilität	0,1605
Administrativer Support	0,0123
Community-Support	0,0370
Sicherheit	0,0617
Installation und Wartung	0,0031
Intuitive Bedienbarkeit	0,0093
	1,0000

1     **Interviewer:** Fangen wir mit dem Subkriterium Funktionalität an. Kannst du  
2 deine Entscheidungen bitte begründen.

3     **Experte:** Also für mich sind fast alle Funktionalitäten gleichgewichtig. Ich benötige  
4 alle diese Funktionalitäten, weil meine CI/CD-Pipeline sonst nicht sonderlich nützlich  
5 ist. Zu den Tests, der Hauptgrund der CI/CD-Pipeline ist es eigentlich Tests zu au-  
6 tomatisieren. Ohne Build, Deploy und Release funktioniert meine Pipeline nicht.  
7 Ohne Monitoring kann ich nicht evaluieren, ob etwas fehlschlägt oder nicht. Code-  
8 Analysen sind hingegen bei Kundenprojekten oft nicht verpflichtend.

9     **Interviewer:** Machen wir mit den Integrationsmöglichkeiten weiter. Für dich wa-  
10 ren sowohl die Integration in das Repository als auch in Planungssoftware wichtig.  
11 Warum?

12     **Experte:** Ich benötige auf jeden Fall mein Code für die Pipeline. Deswegen ist die  
13 Integration in das Repository eine essenzielle Funktionalität. Planungssoftware ist  
14 auch sehr wichtig, da das Business nicht in den Code reinschaut, sondern in eine  
15 Planungssoftware. In vielen Projekten, in den ich war werden, die Ergebnisse der  
16 Code-Analysen unmittelbar in der Planungssoftware angezeigt.

17     **Interviewer:** Für dich war die Integration-Zeit wichtiger als die Delivery-Zeit.  
18 Warum?

19     **Experte:** Die Integration-Zeit ist da einfach wichtig, um einen schnellen Feedback-  
20 Zyklus zu haben. Außerdem habe ich bereits in vielen Projekten gearbeitet, die ein  
21 Blue-Green-Deployment verwendet haben. So konnte nach Validierung lediglich auf  
22 eine neue Version umgeschaltet werden, wobei der Entwickler nicht durchgehend den  
23 Delivery-Prozess beobachten muss.

24     **Interviewer:** Warum ist für dich sowohl der Community-Support als auch der ad-  
25 ministrative Support gleichgewichtig?

26     **Experte:** Natürlich ist Community-Support sehr wichtig. Andererseits ist es so, dass  
27 es natürlich auch sehr wichtig eine gute Doku und Schulungsunterlagen zu besitzen.

28     **Interviewer:** Kannst du deine Entscheidung zur Benutzerfreundlichkeit begründen?

29     **Experte:** Eigentlich ist es so, dass man ein Pipeline-System einmal aufsetzt und  
30 dann nicht mehr. Was i.d.R. häufiger gemacht wird insbesondere in einer Composable-

31 Enterprise-Architektur ist das Aufsetzen von Pipelines.

32 **Interviewer:** Noch einmal zu den Kriterien auf oberster Ebene. Warum ist dir die  
33 Sicherheit und die Funktionalität so wichtig?

34 **Experte:** Das Bereitstellen von Software schöpft Wert für das Unternehmen. Des-  
35 wegen ist es einfach wichtig, dass keine in meine Pipelines eingreifen kann und diesen  
36 Prozess stören kann.

37

C.10 Expertengewichtung 5

Interviewpartner: Product Management CLM (Experte 8)

Datum: 22.03.2023

Interview-Medium: Microsoft-Teams

	Funktionalität	Integrationsmöglichkeiten	Kosten	Skalierbarkeit	Performance	Flexibilität	Support	Sicherheit	Benutzerfreundlichkeit	Lokale Gewichtung
Funktionalität	1	1	2	1	1	1	1	1	1	0.1235
Integrationsmöglichkeiten	1	1	1	2	1	1	0	1	1	0.1235
Kosten	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0.0123
Skalierbarkeit	1	0	2	1	0	0	0	0	0	0.0494
Performance	1	1	2	2	1	1	0	1	0	0.1111
Flexibilität	1	1	2	2	1	0	1	1	1	0.1235
Support	1	2	2	2	2	2	1	1	1	0.1728
Sicherheit	1	1	2	2	1	1	1	1	1	0.1358
Benutzerfreundlichkeit	1	1	2	2	2	1	1	1	1	0.1481
									1	1,000

Funktionalität	Tests	Build	Deploy/Release	Monitoring	Code-Analysen	Lokale Gewichtung
Tests	1	2	2	2	2	0.3600
Build	0	1	0	0	2	0.2000
Deploy/Release	0	2	1	1	2	0.2800
Monitoring	0	0	0	1	2	0.1200
Code-Analysen	0	0	0	0	1	0.0400
						1,0000

Integrationsmöglichkeiten	Entwicklungsumgebung	Repository	Planungssoftware	Lokale Gewichtung
Entwicklungsumgebung	1	0	1	0.2222
Repository	2	1	1	0.4444
Planungssoftware	1	1	1	0.3333
				1,000

Performance					
		Integration-Zeit		Delivery-Zeit	Lokale Gewichtung
Integration-Time		1	2		0,7500
Delivery-Time		0	1		0,2500
					1,000

Support					
		Administrativer Support	Community-Support		Lokale Gewichtung
Administrativer Support		1	0		0,2500
Community-Support		2	1		0,7500
					1,000

Benutzerfreundlichkeit					
		Installation und Wartung	Intuitive Bedienbarkeit		Lokale Gewichtung
Installation und Wartung		1	0		0,2500
Intuitive Bedienbarkeit		2	1		0,7500
					1,0000

Endfaktoren	
Kriterien	Globale Gewichtung
Test	0,0711
Code-Analysen	0,0079
Build	0,0395
Deploy und Release	0,0553
Monitoring	0,0237
Integration in Repository	0,0823
Integration in Entwicklungsumgebung	0,0412
Integration in Planungssoftware	0,0617
Kosten	0,1235
Skalierbarkeit	0,1358
Integration-Zeit	0,0556
Delivery-Zeit	0,0185
Flexibilität	0,1605
Administrativer Support	0,0123
Community-Support	0,0370
Sicherheit	0,0617
Installation und Wartung	0,0031
Intuitive Bedienbarkeit	0,0093
	1,0000

1     **Interviewer:** Fangen wir auf oberster Ebene an. Besonders wichtig war für die  
2 Integration. Warum?

3     **Experte:** Wir haben bei Kunden das Gefühl, dass diese möchten, dass die CI/CD-  
4 Tools in ihre Prozesse integrierbar sind. Da spielt es natürlich insbesondere eine  
5 sehr große Rolle, wo diese ihr Repository haben. Sicherheit kann dann natürlich  
6 auch ein K.O.-Kriterium sein. Wenn da keine angemessenen getroffen werden, kann  
7 das natürlich ein Grund sein eine Pipeline nicht zu wählen.

8     **Interviewer:** Machen wir mit dem Subkriterium Funktionalität weiter.

9     **Experte:** Der Build war für mich sehr wichtig. Das liegt einfach daran, dass man  
10 ohne den Build gar nicht erst weiter kommt. Natürlich ist der Hauptgrund von  
11 CI/CD-Pipelines automatisierte Tests durchzuführen, jedoch funktioniert das ohne  
12 den Build erst gar nicht. Es gibt einige Kunden die auch ganz stark auf Compliance  
13 achten, weswegen das schon auch gleichwertig wie die Test-Funktionalität ist. Was  
14 Deploy und Release angeht, es gibt auch einige Kunden die auch Sachen, dass sie  
15 darauf verzichten.

16    **Interviewer:** Kommen wir zur Integration. Für dich ist sehr wichtig die Integration  
17 in das Repository. Warum?

18    **Experte:** Ich denke, dass das Repository ziemlich eindeutig ist. Das gehört mei-  
19 ner Meinung nach zur Voraussetzung. Was die Planungssoftware angeht, haben die  
20 Kunden meistens isolierte Lösungen.

21    **Interviewer:** In der Kategorie der Performance war dir die Integration-Zeit wich-  
22 tiger. Warum?

23    **Experte:** Meiner Erfahrung nach war es für die Kunden oft in Ordnung, wenn die  
24 Delivery-Zeit ein wenig länger dauert. Das liegt auch daran, dass vor dem Deploy  
25 noch oft manuelle Schritte gemacht werden.

26    **Interviewer:** Kannst du deine Entscheidung zum Support begründen?

27    **Experte:** Ich habe den administrativen Support jetzt höher gewertet, da ich die  
28 Erfahrung gemacht habe, dass Kunden sehr viel Wert auf die SLAs legen. So weiß  
29 der Kunde natürlich genau, dass er sich auch am Wochenende melden kann, wenn  
30 er ein Problem hat und dann auch entsprechend eine Antwort bekommt.

31 **Interviewer:** Kannst du auch noch deine Entscheidung zur Benutzerfreundlichkeit  
32 begründen.

33 **Experte:** Ich habe die Intuitive Bedienbarkeit und Installation und Wartung auf  
34 eine Wichtigkeitsstufe gesetzt. Zum einen ist es natürlich so, dass die intuitive Be-  
35 dienbarkeit etwas ist, mit welchem man alltäglich zu tun hat. Aber gerade bezüglich  
36 des Wartens von komplexen Infrastrukturen, war es für viele Kunden der Grund sich  
37 dann letztendlich für eine SaaS-Lösung zu entscheiden.

38



C.11 Expertengewichtung Durchschnitt

	Expertengewichtung 1	Expertengewichtung 2	Expertengewichtung 3	Expertengewichtung 4	Expertengewichtung 5	Durchschnitt
Funktionalität	0,1852	0,1235	0,1852	0,1975	0,1728	0,1728
Integrationsmöglichkeiten	0,1605	0,1235	0,1358	0,1852	0,1852	0,1580
Kosten	0,1481	0,0123	0,0741	0,1235	0,1235	0,0963
Skalierbarkeit	0,1235	0,0494	0,1358	0,1358	0,1358	0,1160
Performance	0,0370	0,1111	0,0988	0,0741	0,0741	0,0790
Flexibilität	0,1111	0,1235	0,0617	0,1605	0,1358	0,1185
Support	0,0864	0,1728	0,0370	0,0494	0,0617	0,0815
Sicherheit	0,1235	0,1358	0,2099	0,0617	0,0988	0,1259
Benutzerfreundlichkeit	0,0247	0,1481	0,0617	0,0123	0,0123	0,0519
						1

Funktionalität	Expertengewichtung 1	Expertengewichtung 2	Expertengewichtung 3	Expertengewichtung 4	Expertengewichtung 5	Durchschnitt
Tests	0,2400	0,3600	0,2800	0,3600	0,3600	0,3200
Build	0,3200	0,0400	0,2800	0,2000	0,2000	0,2080
Deploy/Release	0,2400	0,2000	0,1200	0,2800	0,2800	0,2240
Monitoring	0,0400	0,2000	0,1200	0,1200	0,1200	0,1200
Code-Analysen	0,1600	0,2000	0,2000	0,0400	0,0400	0,1280
						1

Integrationsmöglichkeiten	Expertengewichtung 1	Expertengewichtung 2	Expertengewichtung 3	Expertengewichtung 4	Expertengewichtung 5	Durchschnitt
Entwicklungsumgebung	0,3333	0,3333	0,3333	0,2222	0,2222	0,2889
Repository	0,5556	0,5556	0,5556	0,4444	0,4444	0,5111
Planungssoftware	0,1111	0,1111	0,1111	0,3333	0,3333	0,2000
						1



