



FOM Hochschule für Ökonomie & Management

Hochschulzentrum Frankfurt am Main

Master Thesis

im Studiengang IT-Management

zur Erlangung des Grades eines

Master of Science (M.Sc.)

über das Thema

**Architektonischer Entwurf und Modellierung einer Cloud Native Plattform für
den Einsatz von containerisierten Microservices und Anwendungen**

von

Dominik Otte

Betreuer : Dr. phil. Patrick Hedfeld

Matrikelnummer : 585039

Abgabedatum : 9. September 2023

Inhaltsverzeichnis

Abbildungsverzeichnis	IV
Tabellenverzeichnis	V
Abkürzungsverzeichnis	VI
Symbolverzeichnis	VII
1 Einleitung	1
1.1 Ein Medienecho	1
1.2 Problemstellung und Zielsetzung der Thesis	2
1.3 Abgrenzung	4
1.4 Methodik und Vorgehensweise	5
2 Softwarearchitektur	6
2.1 Begriffsdefinition	6
2.2 Architekturmodelle	6
2.2.1 3-Tier Architektur	6
2.2.2 Monolith	6
2.2.3 Microservices	6
2.3 Container	8
2.4 Automation und Orchestration	8
3 Cloud Computing	9
3.1 Begriffsdefinition	9
3.2 Grundlagen der Cloud-Technologie	9
3.3 Cloud Native Plattform	9
3.4 Kubernetes	9
4 Application Observability	10
4.1 Begriffsdefinition	10
4.2 Grundbausteine der Application Observability	10
4.2.1 Protokolle und Log-Dateien	10
4.2.2 Metriken und Performance Daten	10
4.2.3 Tracing	10
4.2.4 Telemetriedaten	10
4.3 Herausforderungen in Cloud Native Umgebungen	10

5	Methodische Vorgehensweise	11
5.1	Auswahl Prototyping-Ansatz(Begründung Wahl der Methodik)	11
5.2	Identifizierung der Kernanforderungen an eine Cloud Native Plattform . . .	11
5.3	Planung und Design	11
5.4	Theoretischer Entwurf des Modells	11
5.5	Ausprägungsmerkmale des Modells???	11
5.6	Datenflussdiagramm	11
6	Prototypentwicklung aus dem theoretischen Modell	12
6.1	Aufbau der Laborumgebung	12
6.2	Iterative Prototyping Schleife (Auswahl der Tools)	12
6.3	Validierung und Test	12
7	Ergebnisse und Diskussion	13
7.1	Zusammenfassung der Ergebnisse	13
7.2	Handlungsempfehlung bei der Implementierung	13
8	Kritische Betrachtung	14
8.1	Limitation der angewandten Methodik	14
8.2	Limitation der Ergebnisse	14
8.3	Ausblick für künftige Forschungsarbeiten	14
9	Fazit und Ausblick	15
	Anhang	16
	Literatur	17
	Literaturverzeichnis	17

Abbildungsverzeichnis

Tabellenverzeichnis

Abkürzungsverzeichnis

CPU	Central Processing Unit
PaaS	Platform-as-a-Service
RAM	Random-Access Memory
SaaS	Software-as-a-Service

Symbolverzeichnis

1 Einleitung

Die fortschreitende Digitalisierung und die rasante Entwicklung von Technologien haben die Art und Weise, wie Softwareanwendungen entwickelt und bereitgestellt werden, grundlegend verändert. In der heutigen Arbeitswelt ist Agilität, Skalierbarkeit und Effizienz entscheidend für den Erfolg von Unternehmen. Aus diesem Grund haben sich neben zeitgemäßen Softwarearchitekturen und Technologien auch innovative Arbeitsmethoden und Vorgehensmodelle als grundlegende Elemente zeitgemäßer Softwareentwicklung und Bereitstellung etabliert. Die Weltwirtschaft steht vor einer Ära, in der die nahtlose Bereitstellung von Diensten und Anwendungen unabhängig von räumlichen Einschränkungen von höchster Priorität ist. Die jüngsten Ereignisse, wie die globale COVID-19-Pandemie, haben die Notwendigkeit unterstrichen, dass Unternehmen agil und flexibel auf sich ändernde Marktbedingungen reagieren können. Laut einem Bericht von McKinsey hat die Pandemie die digitale Transformation beschleunigt und die Nachfrage nach Cloud-basierten Lösungen verstärkt, um aus dem HomeOffice heraus zu arbeiten, Geschäftsprozesse umzugestalten und Kunden digital zu erreichen¹.

In einer dynamischen Cloud Umgebung ist es von signifikanter Relevanz, die Methoden und Ansätze zu verstehen, die bei der Gestaltung und Modellierung von Cloud-Native Plattformen für containerisierte Anwendungen angewendet werden können. Die vorliegende Thesis widmet sich genau diesem Thema und beabsichtigt, einen tiefgreifenden Einblick in den architektonischen Entwurf und die Modellierung solcher Plattformen zu bieten. Indem sie aktuelle Nachrichten, Trends und bewährte Praktiken berücksichtigt, strebt die Thesis danach, einen Beitrag zur Weiterentwicklung dieser marktaktuellen Technologie zu leisten und Leser bei der Realisierung ihrer digitalen Visionen zu unterstützen.

1.1 Ein Medienecho

Der weitreichende und stetig wachsende Themenbereich der Cloud-Technologien hat über die letzten Jahre hinweg eine kontinuierliche Präsenz in einer Vielzahl von Medienkanälen aufrechterhalten, darunter Fachzeitschriften, Online-Blogs, Podcasts sowie verschiedene andere Formen von Medienplattformen und -Formaten. So behandelt der Artikel von David Linthicum eine skeptische Sicht auf eine von Gartner veröffentlichte Studie, in welcher prognostiziert wird, dass bis 2025 mehr als 95% von Anwendungs-Workloads in einer Cloud-Native Plattform laufen werden. Grundlegend möchte der Autor hervorheben, dass

¹ Vgl. *McKinsey*, 2020, o.S.

Unternehmen bei neuen Technologien neben Chancen auch die Risiken berücksichtigt sollen². So werden im Artikel drei Aspekte betont:

- Vendor Lock-in: Anwendungen die gezielt für eine bestimmte Cloud Plattformen entwickelt wurden, lassen sich schwieriger auf andere Plattformen übertragen. Die eingeschränkte Portabilität steht somit zum Teil im Widerspruch dessen was Cloud-Native Anwendungen definiert.
- Skill Gap: Unternehmen ohne Erfahrung stehen vor Herausforderungen, die zusätzliche Schulungen oder Ressourcen erfordern, was zu schlecht konzipierten oder übermäßig komplexen Anwendungen führen kann. Dies wiederum könnte die Effizienz beeinträchtigen und möglicherweise die gesamte Umsetzung gefährden.
- Unkontrollierter Kostenanstieg: Die nutzungsabhängige Preisgestaltung kann zu unvorhergesehenen Mehrkosten führen, wenn Anwendungen plötzlich stark frequentiert werden.

Pokemon Go, ein Spiel welches 2016 für Android und iOS Geräte wie Smartphones und Tablets erschien, setzt ebenfalls auf die Cloud Technologie von Google. Im News Blog von Google wird dargelegt wie es den Entwicklern möglich war mithilfe der bereitgestellten Cloud Technologie Live-Events im Spiel mit einem Transaktionsvolumen von 400.000 bis fast zu einer Millionen Transaktionen pro Sekunde umzugehen. Weiterhin wird ausgeführt, dass im Backend der Infrastruktur Services flexibel, nach Bedarf skalieren. Täglich werden 5-10 Terabyte an Daten im Rahmen Datenanalysen verarbeitet. Außerdem wird hervorgehoben, dass die Stabilität und Gesundheit durch umfassendes Logging, Monitoring und umfangreiche Dashboards sichergestellt wird³.

1.2 Problemstellung und Zielsetzung der Thesis

Die traditionelle monolithische Anwendungsarchitektur wird zunehmend von einer auf Microservices basierenden Architektur abgelöst, die es ermöglicht, Anwendungen in kleinere, eigenständige Komponenten zu zerlegen⁴. Diese als containerisierte Microservices bezeichneten Software Komponenten, können unabhängig voneinander entwickelt, bereitgestellt und skaliert werden. Cloudlösungen werben damit, eine ideale Umgebung für den Einsatz solcher Microservices zu bieten, da sie unter anderem Ressourcen elastische bereitstellen und automatisch skalieren können⁵.

² Vgl. *Linthicum, D.*, 2023, o.S.

³ Vgl. *Priyanka Vergadia, J. P.*, 2021, o.S.

⁴ Vgl. *Wolff, E.*, 2018, S.4.

⁵ Vgl. *Henneberger, M.*, 2016, S.8-19.

Der Einsatz von containerisierten Microservices in der Cloud bringt jedoch auch neue Herausforderungen mit sich. Wie das Wort Microservice bereits indiziert, liegt die Vermutung nahe, dass in einer Anwendungslandschaft zahlreiche weitere Microservices existieren, die als Konglomerat einen ganzheitlichen Service bereitstellen. Für den Betrieb im Produktiven Umfeld bedeutet dementsprechend, dass der Monitoring aufwand für Microservices steigt. Eine entscheidende Frage ist die Auswahl geeigneter Technologien und Tools, um die Microservices effizient zu verwalten und orchestrieren⁶. Container-Orchestrierungssysteme wie Kubernetes haben sich als Industriestandard etabliert und bieten zudem eine Vielzahl an Konfigurationsmöglichkeiten. Die Gewährleistung von Skalierbarkeit ist ein weiterer essenzieller Aspekt im Cloud Kontext. Um dynamische Workloads effizient zu bewältigen und Ressourcenverschwendung zu vermeiden, muss eine Cloud-Native Plattform in der Lage sein, Anwendungen flexibel zu skalieren. Eine effektive Verwaltung und Auslastung der Ressourcen in der Cloud sind entscheidend für die Wirtschaftlichkeit und Leistungsfähigkeit der Plattform⁷.

Die Thesis beschäftigt sich mit der Forschungsfrage: „Wie kann ein architektonischer Entwurf für eine Cloud-Native Plattform aussehen um den neuen Herausforderungen in einer Cloud-Native Umgebung zu begegnen“? Hauptaugenmerk liegt im Vergleich zu klassischen Architekturen nicht auf der Hardware Infrastruktur und der Ressourcen Ausstattung wie Central Processing Unit (CPU), Random-Access Memory (RAM) und Speicherplatz, sondern Aspekte im Sinne der Application Observability, die für den reibungslosen Betrieb der Plattform und den darauf ansässigen Anwendungen von Belang sind. Weiterhin betrachtet die Thesis eine eigenständig administrierte, on-Premise betriebene Plattform und keinen Dienstleistungsbezug von einem Service Provider in Form einer Software-as-a-Service (SaaS) oder Platform-as-a-Service (PaaS) Lösung.

Das vorrangige Ziel dieser Forschungsarbeit besteht darin, eine eingehende Untersuchung des Themenfelds Application Observability im Kontext von Cloud-Native Anwendungen durchzuführen, wobei besonderes Augenmerk auf die Identifizierung und Analyse relevanter Aspekte gelegt wird, die für den effizienten Betrieb von Anwendungen relevant sind. Darüber hinaus beabsichtigt diese Arbeit, die gewonnenen Erkenntnisse und Einsichten in ein umfassendes Architekturmodell zu überführen, das als Leitfaden und Rahmenwerk für die Implementierung und das Management von Application Observability in Cloud Native Umgebungen dienen soll.

⁶ Vgl. Wolff, E., 2018, S.12-16.

⁷ Vgl. Kubernetes, 2022, o.S.

1.3 Abgrenzung

Die Herausforderungen im Bereich der Application Observability von Cloud-Native Anwendungen sind vielfältig. Angesichts dieser Komplexität ist es unabdingbar, eine klare Abgrenzung und Fokussierung für die vorliegende Arbeit festzulegen. Die Themen, die im Rahmen dieser Thesis im Kontext der Application Observability untersucht werden sind⁸:

- **Monitoring:** Die Erfassung von Metriken von Hardware nahen Ressourcen wie CPU und RAM. Aber auch anwendungsspezifische Metriken wie den Status von Diensten und Echtzeitinformationen der Anwendung. Die Thesis wird sich darauf konzentrieren, wie Monitoring-Lösungen in Cloud-Native Umgebungen implementiert werden können, um einen umfassenden Einblick in die Gesundheit der Anwendungen zu gewährleisten.
- **Tracing:** Tracing von Anfragen oder Transaktionen durch verschiedene Microservices in Cloud-Native Anwendungen wird betrieben um Engpässe und Latenzprobleme zu identifizieren. Diese Arbeit wird die Konzepte und Tools zur Tracing-Implementierung in Cloud-Native Umgebungen beleuchten und zeigen, wie sie dazu beitragen, die Leistung und Zuverlässigkeit der Anwendungen zu verbessern.
- **Logging:** Das Sammeln und Analysieren von Logs ist ein wesentlicher Bestandteil der Application Observability. Logs liefern Einblicke in Fehler, Ausnahmen und Aktivitäten in Anwendungen. Die Thesis wird sich mit bewährten Praktiken für das Log-Management in Cloud-Native Anwendungen befassen, einschließlich der Strukturierung von Logdaten und deren Integration in zentrale Log-Aggregationsplattformen.
- **Telemetriedaten:** Telemetriedaten umfassen eine Vielzahl von Informationen, die zur Verbesserung der Anwendungsleistung beitragen können. Dies schließt zum Beispiel Netzwerkkommunikation oder, Datenbankzugriffe ein. Die Arbeit wird die Erfassung von Telemetriedaten in Form der Netzwerkkommunikation in Cloud-Native Umgebungen behandeln und visualisieren.

Des weiteren werden Dienstleistungen großer Cloud Plattformanbieter nicht betrachtet. **VORSCHLAG: Dabei werden Dienstleistungen großer Cloud Plattformanbieter nicht betrachtet.**

⁸ Vgl. *Pourmajidi, W. et al.*, 2023, S.5.

1.4 Methodik und Vorgehensweise

Die vorliegende Arbeit basiert auf einer umfassenden Recherche und Erfassung bereits vorhandener wissenschaftlicher Literatur, um einen grundlegenden theoretischen Rahmen zu schaffen. Um die Forschungsfrage zu beantworten werden gewonnene Erkenntnisse aus der Literatur dafür verwendet ein Modell abzuleiten, welches den Herausforderungen im Cloud-Native Umfeld unter Hilfenahme der Aspekte aus Application Observability begegnet.

Die Struktur dieser Arbeit gliedert sich in einen theoretischen und einen praktischen Teil. Kapitel 1 dient der thematischen Einführung. Kapitel 2 bietet einen theoretischen Überblick über die relevanten Themen Softwarearchitektur. Hier werden die Begriffe definiert und eingegrenzt. Speziell betrachtet werden im Kapitel der Softwarearchitektur Modelle wie 3-Tier, Monolith und Microservices. Kapitel 3 widmet sich dem Cloud Computing und beleuchtet die Grundlagen der Cloud-Technologie, insbesondere Cloud Native Plattformen und Kubernetes. Kapitel 4 führt in das Konzept der Application Observability ein, beginnend mit einer klaren Begriffsdefinition und einer Darstellung der grundlegenden Bausteine wie Protokolle und Log-Dateien, Metriken, Tracing und Telemetriedaten. Zudem werden die spezifischen Herausforderungen in Cloud Native Umgebungen beleuchtet. Die methodische Vorgehensweise, beschrieben im Kapitel 5, beginnt mit der Erläuterung der Wahl des Prototyping-Ansatzes. Anschließend erfolgt die Identifizierung der Kernanforderungen an eine Cloud Native Plattform. Die Planung und das Design werden ebenso detailliert vorgestellt. Kapitel 6 umfasst den praktischen Teil der Thesis indem ein Prototyp des zuvor entwickelten Modells erstellt wird. Die gewonnenen Ergebnisse werden im Kapitel 7 zusammengefasst und diskutiert. Kapitel 8 leitet die kritische Betrachtung ein. Hier werden die Limitationen der Untersuchung betrachtet in Bezug auf die gewählte Methode und die erzielten Ergebnisse. Ein Ausblick auf mögliche zukünftige Forschungsansätze schließen das Kapitel ab. Kapitel 9 läutet das Ende der Thesis ein, umschließt das Fazit und fasst die wichtigsten Erkenntnisse der Arbeit zusammen. Schlussendlich abgeschlossen wird die Arbeit mit einem Ausblick. **VORSCHLAG: Zusammenfassend wird in Kapitel 9 ein zusammenfassendes Fazit gezogen und abschließend ein Ausblick gegeben.**

2 Softwarearchitektur

2.1 Begriffsdefinition

Informationssysteme sind Systeme, die aus menschlichen und maschinellen Teilsystemen bestehen. Diese werden für den Zweck der optimalen Bereitstellung der richtigen Informationen im wirtschaftlichen Kontext eingesetzt⁹. Merkmale von Informationssystemen sind Offenheit, Dynamik und Komplexität. Um solche komplexe Systeme zu steuern werden sogenannte IT-Architekturen entwickelt¹⁰.

Der Begriff der Architektur beschreibt im traditionellen Sprachgebrauch die grundlegende Gestaltung und Struktur eines Gebäudes, wie beispielsweise die Materialauswahl, Werkzeuge oder Skizzen¹¹. Analog beschreibt die Architektur von Informationssystemen verschiedene Elemente, wie Dokumentationen und Prozesslandkarten¹².

IT-Architekturen beschreiben modellhaft den grundsätzlichen Aufbau und die Struktur aller Komponenten in einem System, sowie deren Beziehung zueinander¹³. Aus der Sicht der Implementierung kann die IT-Architektur als eine Struktur informationstechnischer Systeme beschrieben werden¹⁴.

2.2 Architekturmodelle

2.2.1 3-Tier Architektur

2.2.2 Monolith

2.2.3 Microservices

In einer Microservice-Architektur wird eine Anwendung als eine Reihe kleiner monofunktionaler Module, den Microservices, realisiert. Jeder Microservice führt dabei einen eigenständigen Prozess aus, wobei die Kommunikation über Schnittstellen verläuft¹⁵. Im Gegensatz zu traditionellen monolithischen Architekturen, in denen verschiedene Module

⁹ Vgl. *Becker, A.*, 2011, S.8.

¹⁰ Vgl. ebd., S.11.

¹¹ Vgl. *Schütz, A.*, 2017, S.16.

¹² Vgl. ebd., S.17.

¹³ Vgl. *Knoll, M.*, 2018, S.889.

¹⁴ Vgl. ebd., S.890.

¹⁵ Vgl. *Filho, M. et al.*, 2021, S.1.

und Subsysteme in einer Anwendung integriert sind und zentral zusammenarbeiten, werden die Microservices unabhängig voneinander entwickelt, bereitgestellt und skaliert¹⁶.

Jeder Microservice übernimmt stets eine klar abgegrenzte Aufgabe und hat einen in sich abgeschlossenen Funktionsumfang. So wirken sich Ausfälle nicht direkt auf das Gesamtsystem aus, sondern nur auf den Funktionsumfang des jeweiligen Microservices. Ebenfalls hat jeder Microservice eine eigene Bedieneroberfläche¹⁷. Microservices können verschiedene Technologien, wie zum Beispiel verschiedene Programmiersprachen oder Plattformen nutzen, da der interne Aufbau von der Außenwelt abgeschirmt ist. Ebenfalls besitzt jeder Microservice eine eigene Datenbank¹⁸. Die einzelnen Microservices werden in einem Container zusammengefasst oder auf virtuellen Maschinen installiert¹⁹.

Microservices bilden eine abgeschlossene Einheit und bestehen aus einer Datenschicht, einer Funktionsschicht und einer eigenen Präsentationsschicht (Abbildung ??): In der Datenschicht verwaltet jeder Microservice seine eigene Datenbank. So können für verschiedene Microservices Datenbanken mit unterschiedlichen Technologien genutzt werden. Auch in der Funktionsschicht können je nach Microservice verschiedene Programmiersprachen und Technologien verwendet werden. Die Präsentationsschicht stellt sicher, dass jeder Microservice als abgeschlossene Einheit voll funktionsfähig ist²⁰.

Des Öfteren wird mit Microservices das Gesetz von Conway in Zusammenhang gebracht: Es besagt, dass die entwickelte Architektur eine Kopie der Kommunikationsstruktur des Unternehmens darstellt²¹. Werden Projekte somit streng nach Organisationsaufbau entwickelt, sodass es ein Team für Präsentationsschicht, Funktionsschicht und Datenschicht gibt, entsteht auch ein streng monolithisches Softwaresystem. Demnach ist der Abstimmungsaufwand untereinander vergleichsweise sehr hoch²².

Im Unterschied dazu, wird in der Microservice-Architektur ein System nach fachlichen Komponenten aufgeteilt (Abbildung ??)²³. Ein Team entwickelt somit einen Microservice inklusive der Präsentationsschicht, Funktionsschicht und Datenschicht. Daraus resultiert, dass das Entwicklerteam unabhängig ist; Abstimmungen und Kommunikationsbedarf sind innerhalb des kleinen Teams effizienter möglich²⁴. Zwischen Teams verschiedener Microservices besteht ebenfalls nur noch geringer Abstimmungsaufwand²⁵.

¹⁶ Vgl. *Laigner, R. et al.*, 2021, S.1.

¹⁷ Vgl. *Albrecht, W.*, 2020, S.79.

¹⁸ **wolff2018.**

¹⁹ Vgl. *Albrecht, W.*, 2020, S.79.

²⁰ Vgl. ebd., S.81 f.

²¹ **fowler2015.**

²² Vgl. *Albrecht, W.*, 2020, S.81.

²³ Vgl. ebd., S.81 f.

²⁴ **wolff2018.**

²⁵ Vgl. *Albrecht, W.*, 2020, S.81.

2.3 Container

2.4 Automation und Orchestration

3 Cloud Computing

3.1 Begriffsdefinition

3.2 Grundlagen der Cloud-Technologie

3.3 Cloud Native Plattform

Begriffsdefinition:²⁶

3.4 Kubernetes

²⁶ Vgl. *Kratzke, N.*, 2021, S. 33-34.

4 Application Observability

4.1 Begriffsdefinition

4.2 Grundbausteine der Application Observability

4.2.1 Protokolle und Log-Dateien

4.2.2 Metriken und Performance Daten

4.2.3 Tracing

4.2.4 Telemetriedaten

4.3 Herausforderungen in Cloud Native Umgebungen

5 Methodische Vorgehensweise

5.1 Auswahl Prototyping-Ansatz(Begründung Wahl der Methodik)

5.2 Identifizierung der Kernanforderungen an eine Cloud Native Plattform

5.3 Planung und Design

5.4 Theoretischer Entwurf des Modells

5.5 Ausprägungsmerkmale des Modells???

5.6 Datenflussdiagramm

6 Prototypentwicklung aus dem theoretischen Modell

6.1 Aufbau der Laborumgebung

6.2 Iterative Prototyping Schleife (Auswahl der Tools)

6.3 Validierung und Test

7 Ergebnisse und Diskussion

7.1 Zusammenfassung der Ergebnisse

7.2 Handlungsempfehlung bei der Implementierung

8 Kritische Betrachtung

8.1 Limitation der angewandten Methodik

8.2 Limitation der Ergebnisse

8.3 Ausblick für künftige Forschungsarbeiten

9 Fazit und Ausblick

Anhang

Literaturverzeichnis

- Albrecht, Wolfgang* (2020): Softwarearchitektur, in: *Wehking, Karl-Heinz* (Hrsg.), *Technisches Handbuch Logistik 2: Fördertechnik, Materialfluss, Intralogistik*, o. O.: Springer Vieweg, 2020, S. 71–84
- Becker, Alexander* (2011): *Nutzenpotenziale und Herausforderungen Service-orientierter Architekturen*, o. O.: Gabler Verlag, 2011
- Filho, Messias, Pimentel, Eliaquim, Pereira, Wellington, Maia, P., Cort'es, Mariela I.* (2021): Self-Adaptive Microservice-based Systems - Landscape and Research Opportunities, in: *CoRR*, abs/2103.08688 (2021)
- Henneberger, Matthias* (2016): Von „Cloud Enabling“ zu „Cloud Native“: Wie Cloud Computing die Unternehmens-IT verändert, in: *Wirtschaftsinformatik & Management*, 8 (2016), S. 8–19
- Knoll, Matthias* (2018): IT-Architektur, in: *HMD Praxis der Wirtschaftsinformatik*, 55 (2018), S. 889–892
- Kratzke, Nane* (2021): *Cloud-native Computing: Software Engineering von Diensten und Applikationen für die Cloud*, o. O.: Carl Hanser Verlag GmbH Co KG, 2021
- Laigner, Rodrigo, Zhou, Yongluan, Salles, Marcos Antonio Vaz, Liu, Yijian, Kalinowski, Marcos* (2021): Data Management in Microservices: State of the Practice, Challenges, and Research Directions, in: *CoRR*, abs/2103.00170 (2021)
- Pourmajidi, William, Zhang, Lei, Steinbacher, John, Erwin, Tony, Miranskyy, Andriy* (2023): A Reference Architecture for Observability and Compliance of Cloud Native Applications, o. O., 2023, arXiv: 2302.11617 [cs.SE]
- Schütz, Alexander* (2017): *Komplexität von IT-Architekturen Konzeptualisierung, Quantifizierung, Planung und Kontrolle*, o. O.: Gabler Verlag, 2017
- Wolff, Eberhard* (2018): *Das Microservices-Praxisbuch: Grundlagen, Konzepte und Rezepte*, o. O.: dpunkt. verlag, 2018

Internetquellen

Kubernetes (2022): Was ist Kubernetes?, <<https://kubernetes.io/de/docs/concepts/overview/what-is-kubernetes/>> (2022) [Zugriff: 2023-09-03]

Linthicum, David (2023): Drei Nachteile: Was gegen Cloud-Native spricht, <<https://www.computerwoche.de/a/was-gegen-cloud-native-spricht,3613754>> (2023) [Zugriff: 2023-08-29]

McKinsey (2020): COVID-19 digital transformation & technology | McKinsey, <<https://www.mckinsey.com/capabilities/strategy-and-corporate-finance/our-insights/how-covid-19-has-pushed-companies-over-the-technology-tipping-point-and-transformed-business-forever/>> (2020) [Zugriff: 2023-08-22]

Priyanka Vergadia, James Prompanya (2021): How Pokémon GO scales to millions of requests?, <<https://cloud.google.com/blog/topics/developers-practitioners/how-pok%C3%A9mon-go-scales-millions-requests?hl=en>> (2021) [Zugriff: 2023-08-29]

Ehrenwörtliche Erklärung

Hiermit versichere ich, dass die vorliegende Arbeit von mir selbstständig und ohne unerlaubte Hilfe angefertigt worden ist, insbesondere dass ich alle Stellen, die wörtlich oder annähernd wörtlich aus Veröffentlichungen entnommen sind, durch Zitate als solche gekennzeichnet habe. Ich versichere auch, dass die von mir eingereichte schriftliche Version mit der digitalen Version übereinstimmt. Weiterhin erkläre ich, dass die Arbeit in gleicher oder ähnlicher Form noch keiner Prüfungsbehörde/Prüfungsstelle vorgelegen hat. Ich erkläre mich damit einverstanden, dass die Arbeit der Öffentlichkeit zugänglich gemacht wird. Ich erkläre mich damit einverstanden, dass die Digitalversion dieser Arbeit zwecks Plagiatsprüfung auf die Server externer Anbieter hochgeladen werden darf. Die Plagiatsprüfung stellt keine Zurverfügungstellung für die Öffentlichkeit dar.

Mörfelden-Walldorf, 9.9.2023

(Ort, Datum)



(Dominik Otte)