

Bachelorarbeit  
**Cloud Service Provider Evaluierung  
auf Basis von  
Infrastructure as Code Unterstützung**

im Studiengang Softwaretechnik und Medieninformatik  
der Fakultät Informationstechnik  
Wintersemester 2021/22

Julian Schallenmüller

**Zeitraum:** 15.10.2021-31.01.2022

**Prüfer:** Prof. Dr.-Ing. Kai Warendorf

**Zweitprüfer:** Prof. Dr. Rer. Nat. Mirko Sonntag

---

**Firma:** Novatec Consulting GmbH

**Betreuer:** Dipl.-Ing (BA) Matthias Häussler



# Ehrenwörtliche Erklärung

Hiermit versichere ich, die vorliegende Arbeit selbstständig und unter ausschließlicher Verwendung der angegebenen Literatur und Hilfsmittel erstellt zu haben.

Die Arbeit wurde bisher in gleicher oder ähnlicher Form keiner anderen Prüfungsbehörde vorgelegt und auch nicht veröffentlicht.

Esslingen, den 24. Januar 2022 \_\_\_\_\_  
Unterschrift

# Sperrvermerk

Die nachfolgende Bachelorarbeit enthält vertrauliche Daten der Novatec Consulting GmbH. Veröffentlichungen oder Vervielfältigungen dieser Arbeit – auch nur auszugsweise – sind ohne ausdrückliche Genehmigung der Novatec Consulting GmbH nicht gestattet. Diese Arbeit ist nur den Prüfern sowie den Mitgliedern des Prüfungsausschusses zugänglich zu machen.

## Zitat

*„Showing a strong success and visible benefits is key to getting others to agree to try your way of doing things.“*

- Frederic Rivain

# Vorwort

Ich möchte mich an dieser Stelle bei der Firma Novatec bedanken, in der ich seit meiner Zeit als Praktikant, danach als Werkstudent und nun auch während meiner Bachelorarbeit immer willkommen war und bei allen Herausforderungen und Problemen stets unterstützt wurde.

Besonderer Dank geht hierbei an die Mitarbeiter der PA TC und insbesondere an meinen Betreuer Matthias Häussler. Herr Häussler stand bereits vor und vor allem während meiner Zeit als Bachelorant immer für Fragen und Ratschläge, auch über die normalen Arbeitszeiten hinaus, bereit.

Genauso möchte ich mich bei Herrn Prof. Dr.-Ing Warendorf für die Betreuung meiner Bachelorarbeit von Seiten der Hochschule Esslingen bedanken. Durch seine schnelle und unkomplizierte Art der Kommunikation konnten alle organisatorischen Fragen und Aufgaben rund um die Bachelorarbeit immer schnell beantwortet und bewältigt werden.

# Kurz-Zusammenfassung

Im Rahmen dieser Arbeit wird ein Vergleich der Cloud Service Provider Microsoft und Google in Bezug auf deren Unterstützung von Infrastructure as Code mit Terraform durchgeführt.

Dieser Vergleich soll die Qualität der Unterstützung von deren Plattformen Microsoft Azure und Google Cloud Platform in einem gewöhnlichen Szenario evaluieren und die Frage nach der Einsatzreife beider Plattformen beantworten.

Zusätzlich soll diese Arbeit ermitteln wie einheitlich die konkrete Umsetzung von Infrastructure as Code mit Terraform in einem funktional gleichwertigen Szenario für verschiedene Plattformen ausfällt.

Für die Beantwortung dieser Fragen wurde ein beispielhaftes Infrastruktur-System auf beiden Plattformen mithilfe von Terraform implementiert und deployed. Die in der Evaluierung eingesetzten Bewertungskriterien wurden aus den Kriterien der des Softwarequalitätsmodell der ISO/IEC 25010 ausgewählt.

Zusätzlich zu der Untersuchung des Testsystems wurde eine Reihe unterstützender Versuche durchgeführt, durch diese konnte ein Teil der aufgeworfenen Fragen beantwortet und ein vollständigeres Bild bezüglich der Performance, Qualität und Unterschiede der untersuchten Plattformen aufgebaut werden.

Das Ergebnis der Untersuchung lässt darauf schließen dass beide Plattformen eine gute Unterstützung von Terraform bieten, Azure genießt hierbei einen leichten Vorsprung hinsichtlich Funktionsumfang und Performance.

Die Einheitlichkeit der Umsetzung fällt jedoch eher gering aus. Sie begrenzt sich auf die Anwendung einer einheitlichen Sprache und Bedienung durch Terraform, es ist jedoch weiterhin ein umfangreiches Verständnis der individuellen Cloud Plattform notwendig um diese erfolgreich einsetzen zu können.

Dennoch ist es sinnvoll Terraform für das Deployment von Infrastruktur zu nutzen, durch die Umsetzung der Prinzipien von Infrastructure as Code werden die Vorteile moderner Cloud Plattformen in vollem Umfang ausgeschöpft und die Wertschöpfungskette von der Idee zur Auslieferung an Kunden kann deutlich beschleunigt werden.'

# Inhaltsverzeichnis

1	Einleitung	1
2	Grundlagen	3
2.1	Funktionsprinzip, Vorteile und Herausforderungen des modernen Cloud Computings . . . . .	4
2.1.1	Definition und Funktionsweise . . . . .	4
2.1.2	Vor- und Nachteile im Einsatz von Cloud Computing . . . . .	4
2.1.3	Überblick über die wichtigsten Public Cloud Service Provider . . . . .	4
2.2	Stand der Technik . . . . .	4
2.2.1	Eingesetzte Technik zur Realisierung eines Konzepts als Cloud-basierte Software . . . . .	4
2.3	Infrastructure as Code . . . . .	4
2.3.1	Technologischer Wandel und das Cloud Age Mindset . . . . .	4
2.3.2	Vorteile von Infrastructure as Code im Vergleich zu manuellem Infrastruktur-Provisioning . . . . .	4
2.3.3	Herausforderungen im Einsatz von Infrastructure as Code . . . . .	4
2.3.4	Die drei Kernverfahren von Infrastructure as Code . . . . .	4
2.4	Funktionsprinzip und Rolle von Terraform im IaC-Anwendungsprozess . . . . .	4
2.4.1	Funktionsweise von Terraform . . . . .	4
2.4.2	Überblick über die Hashicorp Configuration Language . . . . .	4
3	Evaluierungsanforderungen und Umsetzung	5
3.1	Evaluierungsanforderungen . . . . .	5
3.1.1	Ziel der Evaluierung . . . . .	5
3.1.2	Untersuchte Komponenten der Terraform Provider . . . . .	5
3.1.3	Auswahl der Evaluierungskriterien . . . . .	5
3.2	Umsetzung des Testsystems . . . . .	5
3.2.1	Eingesetzte Software und Tools . . . . .	5
3.2.2	High-Level Aufbau des Testsystems . . . . .	5
3.2.3	Konkreter Aufbau auf Google Cloud Platform . . . . .	5
3.2.4	Konkreter Aufbau auf Azure . . . . .	5
3.2.5	Aufbau der ergänzenden Versuche . . . . .	5
4	Ergebnisse und Bewertung	6
4.1	Evaluierung der Functional Completeness . . . . .	6

---

4.2	Ergebnisse und Bewertung der Time Behaviour Tests . . . . .	6
4.3	Ergebnisse und Bewertung der Recoverability Tests . . . . .	6
4.4	Ergebnisse und Bewertung der Modifiability Tests . . . . .	6
4.5	Evaluierung der Einheitlichkeit der Testsysteme für Azure und Google Cloud Platform . . . . .	6
5	Schluss . . . . .	7
5.1	Fazit . . . . .	7
5.2	Ausblick . . . . .	7
A	Kapitel im Anhang . . . . .	8
	Literaturverzeichnis . . . . .	9



# Abbildungsverzeichnis

# Tabellenverzeichnis

1

# 1 Einleitung

Eines der wichtigsten Schlagworte im Zeitalter der fortschreitenden Digitalisierung ist der Begriff des Cloud Computings. Cloud Computing spielt heute längst nicht mehr nur in der IT-Industrie eine wichtige Rolle. Selbst in Bereichen wie der Finanzbranche, die besonders hohen Sicherheitsansprüchen gerecht werden muss, findet Cloud-basierte Software eine zunehmende Verbreitung [2].

Die Nutzung von Cloud Technologien verspricht die Möglichkeit schneller auf Anforderungen von Kunden reagieren zu können, kostengünstige und flexible Skalierung der eigenen Rechenkapazitäten, Einsparungen durch den Wegfall eigener IT-Infrastruktur-Fachleute und mehr. Gemeinsam mit der Eröffnung neuer Möglichkeiten bringt die Einführung neuer Technologie jedoch auch immer eine Reihe eigener Herausforderungen mit sich. Für den erfolgreichen und gewinnbringenden Einsatz dieser Technologie ist es daher essentiell diese zu verstehen und die neuen Herausforderungen mit angepasster Denkweise und neuen Werkzeugen anzugehen.

Das Thema mit dem sich diese Arbeit befassen wird ist das automatisierte Managen und Bereitstellen von IT-Infrastruktur-Ressourcen, ein Teil der größeren Fachthematik Infrastructure as Code (IaC). Die Grundlagenkapitel werden zu diesem Zweck auf den technischen Kontext und die Relevanz von Cloud Computing, IaC und das Software Tool Terraform eingehen. Es wird erläutert werden an welcher Stelle die entsprechenden Plattformen und Software zum Einsatz kommen, welche Probleme durch diese gelöst werden, wo deren Vorteile und Grenzen liegen sowie welche Alternativen existieren und wo ergänzende Werkzeuge zum Einsatz kommen können.

Den Kern der Arbeit bildet ein Vergleich verschiedener Cloud Service Provider unter dem zentralen Kriterium derer Unterstützung von IaC mit Terraform. Zu diesem Zweck wurde ein Infrastruktur-System auf Basis des Infrastruktur-Showcase der Firma Novatec<sup>1</sup> für ver-

---

<sup>1</sup> Link: <https://github.com/NovatecConsulting/technologyconsulting-showcase-infrastructure>

schiedene Cloud Plattformen in Terraform Code implementiert und auf diesen deployed. Als Grundlage für den Vergleich dienen eine Auswahl von Aspekten aus dem Softwarequalitätsmodell der ISO/IEC 25010. Da jedoch nicht alle enthaltenen Qualitätsaspekte der Norm für diesen konkreten Vergleich geeignet sind werden diese zunächst auf ihre Anwendbarkeit im vorliegenden Fall hin analysiert und bewertet, anschließend werden einige der relevantesten Kriterien ausgewählt und die Untersuchung anhand derer durchgeführt. Da sich durch Unterschiede zwischen den Cloud Plattformen, zum Beispiel bei Auswahl der Leistungsfähigkeit verwendeter Virtueller Maschinen, einige Auffälligkeiten ergeben werden zusätzliche Tests definiert und durchgeführt um ein insgesamt vollständigeres Bild liefern zu können.

Im Anschluss werden die Ergebnisse des Vergleichs bewertet und die daraus resultierenden Erkenntnisse zusammengefasst. Aus diesen Erkenntnissen kann dann ein Fazit gezogen werden das deren Bedeutung im Kontext des aktuellen Stands der Technik interpretiert und bewertet. Den Abschluss bildet ein Ausblick auf zusätzliche Themen die als nächstes betrachtet werden sollten wenn es darum geht Infrastructure as Code für das Infrastruktur-Management in einer realen Produktivumgebung einzusetzen. Diese Themen werden im Verlauf der Arbeit bereits angesprochen, können hier jedoch noch nicht in zufriedenstellendem Umfang betrachtet werden.



## 2 Grundlagen

### 2.1 Funktionsprinzip, Vorteile und Herausforderungen des modernen Cloud Computings

#### 2.1.1 Definition und Funktionsweise

#### 2.1.2 Vor- und Nachteile im Einsatz von Cloud Computing

#### 2.1.3 Überblick über die wichtigsten Public Cloud Service Provider

### 2.2 Stand der Technik

#### 2.2.1 Eingesetzte Technik zur Realisierung eines Konzepts als Cloud-basierte Software

### 2.3 Infrastructure as Code

#### 2.3.1 Technologischer Wandel und das Cloud Age Mindset

#### 2.3.2 Vorteile von Infrastructure as Code im Vergleich zu manuellem Infrastruktur-Provisioning

#### 2.3.3 Herausforderungen im Einsatz von Infrastructure as Code

#### 2.3.4 Die drei Kernverfahren von Infrastructure as Code

### 2.4 Funktionsprinzip und Rolle von Terraform im IaC-Anwendungsprozess

#### 2.4.1 Funktionsweise von Terraform

#### 2.4.2 Überblick über die Hashicorp Configuration Language

## 3 Evaluierungsanforderungen und Umsetzung

### 3.1 Evaluierungsanforderungen

#### 3.1.1 Ziel der Evaluierung

#### 3.1.2 Untersuchte Komponenten der Terraform Provider

#### 3.1.3 Auswahl der Evaluierungskriterien

### 3.2 Umsetzung des Testsystems

#### 3.2.1 Eingesetzte Software und Tools

#### 3.2.2 High-Level Aufbau des Testsystems

#### 3.2.3 Konkreter Aufbau auf Google Cloud Platform

#### 3.2.4 Konkreter Aufbau auf Azure

#### 3.2.5 Aufbau der ergänzenden Versuche

## 4 Ergebnisse und Bewertung

4.1 Evaluierung der Functional Completeness

4.2 Ergebnisse und Bewertung der Time Behaviour Tests

4.3 Ergebnisse und Bewertung der Recoverability Tests

4.4 Ergebnisse und Bewertung der Modifiability Tests

4.5 Evaluierung der Einheitlichkeit der Testsysteme für Azure und Google Cloud Platform



# 5 Schluss

## 5.1 Fazit

## 5.2 Ausblick

öö

# A Kapitel im Anhang

Alles was den Hauptteil unnötig vergrößert hätte, z. B. HW-/SW-Dokumentationen, Bedienungsanleitungen, Code-Listings, Diagramme

# Literaturverzeichnis

- [1] Thomas Nonnenmacher, LaTeX Grundlagen - Setzen einer wissenschaftlichen Arbeit Skript, 2008, <http://www.stz-softwaretechnik.de>; (*Bei STZ Internetseite unter Publikationen - Skripte*) [V. 2.0 26.02.08]
- [Gun04] Karsten Günther, LaTeX2 — Das umfassende Handbuch, Galileo Computing, 2004, <http://www.galileocomputing.de/katalog/buecher/titel/gp/titelID-768>; *1. Auflage*
- [2] Asadi, S., Nilashi, M., Husin, A.R.C. et al. - Customers perspectives on adoption of cloud computing in banking sector. Inf Technol Manag 18, 305?330 (2017). <https://doi.org/10.1007/s10799-016-0270-8>