Technology
Arts Sciences
TH Köln

Technische Hochschule Köln
Fakultät für Informatik und Ingenieurwissenschaften

BACHELORARBEIT

# Kostenüberwachung und -optimierung für Cloud-Dienste am Beispiel von Amazon Web Services

Vorgelegt an der TH Köln Campus Gummersbach
im Studiengang Wirtshaftsinformatik

ausgearbeitet von:
Carlo Menjivar 11117929

**Erstprüfer:** Prof. Dr. Roman Majewski
**Zweitprüfer:** Thomas Raser

Gummersbach, 20 Dezember 2021

# Abstract

**Zusammenfassung**

[Rev]In dieser Arbeit werden Werkzeuge und Maßnahmen untersucht, die zur Kostenkontrolle von AWS-Diensten beitragen. Darüber hinaus werden allgemeine Optimierungsmaßnahmen aufgezeigt, die bereits über (die Jahre hinweg/ mehrere Jahre) von anderen Cloud-Nutzern getestet wurden und von Amazon Web Services (als Best Practices) empfohlen werden. Die Grundlage dieser Untersuchung sind Empfehlungen von Cloud-Anbietern bezüglich Kostenüberwachung und -optimierung, Erfahrungen von Experten dieses Fachgebiets und aktuelle Fachliteratur.

Es ist besonders interessant für Teams, die AWS-Cloud-Dienste in aktuellen Projekten nutzen und ihre Kosten in der Cloud besser verstehen und optimieren möchten. Wenn die Kosten für Cloud-Dienste wie alle anderen Kosten betrachtet werden, ist es konsequent, über ihre Überwachung, Kontrolle und Optimierung nachzudenken. Ein häufiges Problem im Unternehmen ist das fehlende Verständnis der in der Cloud anfallenden Kosten[1]. Dieses entzieht die Kontrolle über die Kosten von Cloud-Diensten. Aus diesem Grund stehen Unternehmen, die noch eine On-premise IT-Infrastruktur nutzen, einem Wechsel kritisch gegenüber, obwohl ihnen die Flexibilität von Cloud-Diensten bessere Wettbewerbsvorteile bieten würde. Deshalb sind die in dieser Arbeit aufgezeigten Werkzeuge und Maßnahmen relevant für diejenigen, die von einem Wechsel von klassischen Modellen, bekannt als On-Premise, zu cloudbasierten Modellen profitieren möchten.

[1]Stern, Adam, The Truth About Cloud Pricing.[62]

**Abstract**

Platz für das englische Abstract....

# Inhaltsverzeichnis

# Abbildungsverzeichnis

# Glossar

**Availability Zone**
Eine Verfügbarkeitszone ist einfach ein Datenzentrum oder eine Sammlung von Datenzentren. Jede Verfügbarkeitszone in einer Region verfügt über eine separate Stromversorgung, Netzwerk und Konnektivität, um die Gefahr eines gleichzeitigen Ausfalls in beiden Zonen zu verringern [2].

**Buckets**
Buckets sind in AWS-S3 Behälter, wo Dateien wie Bilder oder Videos gespeichert werden[3].

**Cloud-Computing**
Das NIST definiert Cloud Computing als das Modell zur Ermöglichung eines allgegenwärtigen, bequemen und bedarfsgerechten Netzzugangs zu einem gemeinsamen Pool konfigurierbarer Rechenressourcen (z. B. Netze, Server, Speicher, Anwendungen und Dienste), die mit minimalem Verwaltungsaufwand oder minimaler Interaktion mit dem Dienstanbieter schnell bereitgestellt und freigegeben werden können[4].

**Cloud-Dienst**

**Instance family**
Instanzfamilien sind eine Sammlung von EC2-Instanzen, die nach dem Verhältnis von Speicher, Netzwerkleistung, CPU-Größe und Speicherwerten zueinander gruppiert sind. Zum Beispiel bietet die m4-Familie von EC2 eine ausbalancierte Kombination von Rechen-, Speicher- und Netzwerkressourcen[5].

**Instagram-Story**
Bei Instagram Stories handelt es sich um kurzen visuellen Content in der Regel Bilder oder kurze Videos, die nach 24 Stunden automatisch aus der Applikation Instagram verschwinden(Stand November 2021)[49].

**On-Demand**

[2] AWS Certified Solutions Architect - Associate (SAA-C02), S.42.[1]
[3] Amazon Simple Storage Service - User Guide. S.4.[19]
[4] The NIST Definition of Cloud Computing. S.6 [46]
[5] AWS Certified Solutions Architect - Associate (SAA-C02). S.95[1]

...

### On-Premise

...

### Region

Die Region ist ein völlig unabhängiges und eigenständiges geografisches Gebiet. Jede Region hat mehrere, physisch getrennte und isolierte Standorte, die als Availability Zones bekannt sind. Beispiele für Regionen sind London, Dublin, Sydney, usw [6].

### Tag

Ein *Tag* (Markierung) ist eine Markierung, die einer AWS-Ressource zuordnet. Jeder Tag (Markierung) besteht aus einem Schlüssel und einem optionalen Wert[7].

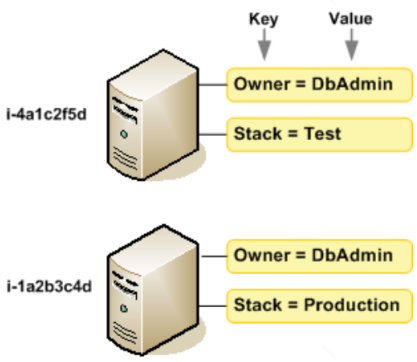



Abbildung 1
Beispiel für ein Tag[27], S.1570.

### Metadaten

Metadaten beschreiben andere Daten. Sie liefern Informationen über den Inhalt eines bestimmten Objekts. Ein Bild kann beispielsweise Metadaten enthalten, die beschreiben, wie groß das Bild ist, die Farbtiefe, die Bildauflösung, wann das Bild erstellt wurde und andere Daten. Die Metadaten eines Textdokuments können Informationen darüber enthalten, wie lang das Dokument ist, wer der Autor ist, wann das Dokument geschrieben wurde und eine kurze Zusammenfassung des Dokuments.

### Startkonfiguration

[6] AWS Certified Solutions Architect - Associate (SAA-C02)[1], S.42
[7] Amazon Elastic Compute Cloud - Benutzerhandbuch für Linux-Instances[27], S.1570

Eine Startkonfiguration ist eine Instance-Konfigurationsvorlage, die eine Auto-Scaling-Gruppe zum Starten von EC2-Instances verwendetAmazon EC2 Auto Scaling - Benutzerhandbuch. S.54 [32].

**Scale-In/Out**

**Maschinelles Lernen**

Maschinelles Lernen ist ein Teilbereich der künstlichen Intelligenz (KI). Beim maschinellen Lernen werden Algorithmen darauf trainiert, Muster und Korrelationen in großen Datensätzen zu finden und auf Basis dieser Analyse die besten Entscheidungen und Vorhersagen zu treffen. Auf diese Weise wird die Rechenkapazität von EC2-Instanzen auf der Grundlage früherer Muster vorhergesagt[56].

# Abkürzungsverzeichnis

**AWS** Amazon Web Services

**API** Application Programming Interface

**CI/CD** Continuous Integration / Continuous Deployment

**TCO** Total Cost of Ownership

**EC** Elastic Compute

**PAYG** Pay-as-you-go

**ASG** Auto Scaling Group

# 1 Einleitung

## 1.1 Motivation

[Mein persönliches Statement: Die Möglichkeit, eine IT-Infrastruktur von zu Hause aus einzurichten, hat mein Interesse am Cloud-Computing geweckt, aber die Notwendigkeit, meine Kreditkarte einzugeben, ohne zu wissen, wie viel davon abgebucht wird, hat mich ziemlich verunsichert. (Wie kann der Satz davot mit dem kommenden?ODER lieber woanderes der erste Satz plazieren?)] Die zunehmende Digitalisierung von Geschäftsmodellen, die auch durch die Corona-Pandemie vorangetrieben wird, lässt Cloud-basierte Applikationen an Bedeutung gewinnen.[8] Als direkte Folge davon ist die Nachfrage nach Server- und Speicherkapazität gestiegen. Die Relevanz von *Amazon Web Services*, kurz AWS, in dem Bereich der Cloud-Computing ergibt sich aus einer vor kurzem veröffentlichte Studie von Raj Bala et al.. Diese wies eindrücklich daraufhin, dass AWS der aktuell weltweit führende Cloud-Anbieter anhand ihrer Klassifikation (*Magic Quadrant*[9]) für Cloud-Infrastruktur und Plattform-Services sei (Bala et al, 2021, o.S.,[50]). AWS erscheint nicht nur aus diesem Grund als Fallbeispiel für diese Arbeit passend, weitere bedeutsame Faktoren sind seine frühe Präsenz (2006) als Cloudanbieter und seines großen Angebotes an Cloud-Diensten, welche für zahlreiche Anwendungsfälle geeignet sind.[10]

## 1.2 Problemstellung

Adam Stern wies in dem *Forbes*-Magazin daraufhin, dass ungefähr die Hälfte der US-amerikanischen Unternehmen Schwierigkeiten hätten ihre Kosten zu begründen (Stern 2018, o.S.).

> „In its Stratecast Predictions 2018, Frost & Sullivan noted that 53% of IT leaders surveyed cited “managing costs to run cloud workloads” as a huge

[8] Es sei an diser Stelle darauf hingewiesen, dass in diesem Kontext Ahrens die Bedeutung Cloud-basierter Anwendungen im Bereich von deutschen Handelsunternehmen untersuchte (Vgl. Ahrens 2021)[67], sowie das *ifo Institut* anschaulich die strukturellen Veränderungen von der Corona-Pandemie auf den Arbeitsalltag in Deutschland nachzeichnete (Vgl. ifo Institut 2020)[66].

[9] Laut Gartner stellt der Magic Quadrant eine zweidimensionale Matrix mit vier Quadranten dar. Jeder Quadrant steht für einen Unternehmenstypus im Markt. Im Uhrzeigersinn von links unten beginnend sind dies: *Nichenanbieter, Herausforderer, Marktführer* und *Visionäre*

[10] Die aktuellen Marktführer im Bereich der *Cloud-Computing* weltweit sind AWS, Google, Telekom und Microsoft (Vgl. Synergy Reseach Group 2019, o.S.[70])

> obstacle, and over 50% have difficulty justifying the expenses of some public cloud workloads.“ [11]

Darüber hinaus weist Tobias Regenfuß und Jochen Malinowski von Accenture GmbH in einer Untersuchung, dass es den Unternehmen an fachlichem Know-How in Cloud-Computing mangelte. Diese stelle eine der größten Hindernisse dar, um einen Wechsel von On-Premise- zu Cloud-basierten Systemen gewährleisten zu können[12].

Kostenoptimierung für Cloud-Dienste ist ein wichtiger Punkt, da man ohne Optimierungsmaßnahmen mit höheren Kosten rechnen müsse als bei On-Premise Systemen(Anders Lisdorf[13]).
([Rev] SOLLTE DIE UNTERE DIREKTE ZITAT WEG)

> ”Indeed, if you run the cloud the same way you run your on-premise data center, you are almost certain to incur higher expenses. It is necessary to use the following key cloud cost optimization techniques in order to successfully save money on the cloud.” [14]

Diese Bachelorarbeit beschäftigt sich mit ebendieser Problematik, um herauszufinden, wie Unternehmen mit den passenden Werkzeugen die Kosten ihrer Cloud-Dienste überwachen und im Blick behalten können.
Außerdem sollte untersucht werden, wie mit der richtigen Auswahl an Diensten Kosten optimiert werden. Es wird untersucht, welche Maßnahmen nötig sind, um unerwartet hohe Kosten bei Cloud-Diensten zu vermeiden. Darüber hinaus werden Empfehlungen von Cloud-Experten berücksichtigt, um Kosten von Cloud-Diensten zu minimieren. Diese Arbeit untersucht speziell die Kostenoptimierung von S3-Speichereinheiten und EC2-Server-Instanzen mithilfe von folgenden Überwachungswerkzeuge: Cost-Explorer, CloudWatch und Trusted Advisor.

## 1.3 Zielsetzung

Die vorliegende Arbeit betrachtet die von AWS angebotenen Überwachungswerkzeuge, um ein tiefergehendes Verständnis der Entstehung von Kosten durch die Nutzung von Cloud-Diensten zu gewährleisten. Mit den von AWS zur Verfügung gestellten Maßnahmen sollen die Nutzung und damit die Kosten von Cloud-Diensten reduziert werden.

[11] Stern, Adam, The Truth About Cloud Pricing.[62]
[12] Regenfuß und MalinowskiStern, Hohe Erwartungen an die Cloud: Hürden meistern, Mehrwert maximieren. 2020 o.S.(Webversion) oder S.11 in der PDF-Version auf Englisch[1]
[13] Anders Lisdorf. Cloud Computing Basics: a Non.-Technical Introduction. S.152. [3]
[14] Anders Lisdorf. Cloud Computing Basics: a Non.-Technical Introduction. S.152. [3]

## 1.4 Struktur der Arbeit

Diese Bachelorarbeit ist in folgende Kapitel unterteilt:

**Kapitel 2** befasst sich mit dem Begriff Cloud-Economy und erläutert das Potenzial der Cloud-Diensten im wirtschaftlichen Sinne. Die Cloud-Dienste EC2-Instanzen und S3 Speichereinheiten werden ebenfalls kurz erklärt.

**Kapitel 3** zeigt die verschiedenen Zahlungsmodelle für EC2-Instanzen. Es werden Kriterien vorgestellt, die helfen sollen, sich für das richtige Zahlungsmodell bei verschiedenen Szenarien zu entscheiden.

**In Kapitel 4** werden die Werkzeuge eingeführt, die zur Überwachung der Kosten von Cloud-Diensten eingesetzt werden.

**Kapitel 5** befasst sich mit Optimierungsmaßnahmen für EC2-Instanzen und S3 Speichereinheiten.

# 2 Grundlagen

In diesem Grundlagenkapitel werden Erfolgschancen für Unternehmen aufgelistet, die Cloud-Dienste in ihre Geschäftsprozesse integrieren. Mit Cloud-Diensten sind die Dienste eines beliebigen Cloud-Anbieters im Allgemeinen gemeint und nicht ausschließlich Amazon Web Services(AWS-Dienste). Es wird ebenfalls erklärt warum Kostenoptimierung und -überwachung relevant für Unternehmen sind.

Folgende Ergebnisse könnten durch die Einführung von Überwachungs- und Optimierungsmaßnahmen erreicht werden:

- Die Möglichkeit, die Kosten verschiedener Projekte, die über dieselbe Infrastruktur laufen, zu trennen. Auf diese Weise kann zwischen Projekten, die mehr, und Projekten, die weniger Kosten verursachen unterschieden werden.
- Eine beachtliche Erhöhung der finanziellen Rentabilität im Unternehmen.
- Eine geringere Ungewissheit bei der Umsetzung von cloudbasierten Systemen.
- Mehr Kontrolle über die Gesamtkosten des Betriebs (TCO[15])[16].

## 2.1 Cloud Economics

Cloud Economics untersucht die Kosten und die Vorteile von Cloud Computing und die, der dahinterstehenden wirtschaftlichen Grundsätze. Das On-Demand Prinzip, besitzt die Flexibilität, die Rechenkapazität je nach Bedarf anzupassen. Es entfällt die Notwendigkeit, hohe Investitionen in Hardware zu tätigen, wie bei On-Premise-Systemen. Durch den Verzicht auf Hardware entfallen die Kosten für Reparatur und Wartung. Cloud-Anbieter übernehmen viele Verwaltungsaufgaben. Das führt zu einer Abnahme der nötigen Fachkraft[17]. Die Nutzung von Cloud-Diensten ist in unabhängiger Weise möglich; in Selbstbedienung und mit der Freiheit Dienste ohne Einschränkungen zu nutzen. Das bedeutet jedoch gleichzeitig, dass die Nutzerin oder der Nutzer von Cloud-Diensten Verantwortung für die anfallenden Kosten übernimmt.

[15] TCO: Total Cost if Ownership
[16] Ubuntu, delivered by Canonical:A business guide to hybrid/multi-cloud, S.2.[45]
[17] Quantifying the Business Value of Amazon Web Services. S.1[47]

### 2.1.1 Skalierbarkeit

Skalierbarkeit bezieht sich in dieser Arbeit auf die Möglichkeit, die Kapazität von Cloud-Diensten zu skalieren. Um die Leistung der IT-Infrastruktur aufrecht zu halten, ist es zum Beispiel möglich, das Serversystem so zu konfigurieren, dass es auf wechselnde Lastanforderungen reagiert. Auf diese Weise kann Zeit mit der Verwaltung von IT-Infrastruktur gespart werden, welche dann genutzt werden kann, um sich auf die wesentlichen Geschäftsaktivitäten zu konzentrieren. [18]

Dies war der Fall bei Walgreens 2020 in den Vereinigte Staaten. Sie haben unter anderem 750 virtuelle Maschinen und SAP HANA auf Azure Instanzen migriert.

> „By getting out of the business of managing datacenters, WBA[Walgreens Boots Alliance] can spend less time worrying about managing IT resources and more time focusing on what it's really good at—delivering great healthcare and retail experiences to its customers. Azure also gives WBA an opportunity to better utilize the capabilities of its SAP implementation. "One of the key reasons for moving to Azure was so that we could take advantage of the scalability that SAP HANA is capable of," explains Regalado. "Instead of using extremely big SAP HANA Large Instances, we can start using smaller VMs[virtuelle Maschinen] and then scale out.„[19]

### 2.1.2 Flexibilität

Mit Flexibilität ist gemeint, die Möglichkeit Cloud-Dienste, wenn nötig, in Auftrag zu geben und zu kündigen, wenn sie nicht mehr benötigt werden. Das unter den mit dem Cloud-Anbieter vereinbarten Bedingungen. Für Cloud-Dienste gibt es im Allgemeinen eine Vielzahl von Optionen, von denen einige Beispiele unten aufgeführt sind:

- Verschiedene Betriebssysteme, ohne oder mit Lizenzierung.
- Die meistverbreiteten Programmiersprachen, unter anderem Java, C++, Go, JavaScript und Python.[5]
- Hosting für statische Webseiten und Webanwendungen[6].
- Populäre relationale und nicht relationale Datenbanken[11].

[18] WS Certified Solutions Architect - Associate (SAA-C02), S.29.[1]

[19] Microsoft Customer Story-Walgreens Boots Alliance delivers superior customer service with SAP solutions on Azure.[40]

- Vielfältige Hardware-Konfigurationen.

Durch die Vielzahl der verfügbaren Diensten ist es möglich, Prototypen und Experimente in kurzer Zeit durchzuführen[20]. Softwareprojekte können schnell auf den Markt gebracht werden. Je nach ihrem Erfolg ist es möglich, sinnvolle Entscheidungen zu treffen. Wenn ein Projekt, aus welchen Gründen auch immer, kurzfristig eingestellt werden muss, könnten alle damit verbundenen Kosten ausfallen. Denn im Gegensatz zu On-Premise-Infrastrukturen gibt es keine Bindung an kostspielige[Rev] Hardware.

### 2.1.3 Selbstbedienung

Mit geringem Aufwand ist es möglich, Cloud-Dienste eigenständig einzurichten. Dies hat den Vorteil, dass keine weiteren Personen wie externe Spezialisten oder die Vertriebsabteilung des Cloud-Anbieters benötigt werden[21]. Andererseits besteht die Gefahr, dass hohe ungewollte Kosten entstehen, wenn jemand versehentlich oder in unverantwortlicher Weise Dienstleistungen in Anspruch nimmt.

### 2.1.4 Keine Vorabkosten

Das Pay-as-you-go-Modell(PAYG) wird von einer Reihe von Cloud-Anbietern angeboten[22]. Dies erfordert keine Vorauszahlungen für die Nutzung von vielen Cloud-Diensten. Wenn nur für die monatlich verbrauchten Diensten bezahlt wird, verringert sich die Anfangsinvestition in die IT-Infrastruktur oder fällt ganz weg. Dies ist besonders für kleine Unternehmen interessant, die nicht über die finanziellen Mittel verfügen, um in eine IT-Infrastruktur zu investieren. Es besteht jedoch die Möglichkeit, bestimmte Beträge für die zu konsumierende Dienste im Voraus zu bezahlen. Im Unterkapitel 3.2 wird eine Berechnung der Einsparungen durch die teilweise oder vollständige Vorauszahlung der Kosten für die Nutzung von Serverinstanzen gezeigt.

### 2.1.5 Technische Fachkompetenz

Es ist zu bedenken, dass weitere Investitionen wie technische Schulungen für das Personal erforderlich werden. TÜV Rheinland bietet Kurse zur Ausbildung von Cloud Architekten an. Die Kurse dauern drei Tage und kosten 2.136,05 € pro Teilnehmer. Maßnahmen wie die genannten Kurse wirken einem der Hauptprobleme entgegen, mit denen Unternehmen

[20] IDC Business Value of AWS 2015 S.7[47]

[21] Cloud Computing Basics: a Non.-Technical Introduction, S.28[3]

[22] Die aktuellen Marktführer im Bereich der *Cloud-Computing* weltweit sind AWS, Google, Telekom und Microsoft (Vgl. Synergy Reseach Group 2019, o.S.[70])

bei der Migration in die Cloud konfrontiert werden. In der von Accenture im Jahr 2020 durchgeführten Umfrage gaben 38% der Befragten an, dass fehlende Kompetenzen im Unternehmen im Bezug auf die Cloud ein Hindernis für eine Cloud-Migration ist[23].

## 2.2 Amazon Cloud-Dienste

Von dieser Stelle der Arbeit an liegt der Fokus auf den Cloud-Diensten von Amazon Web Services, die als AWS-Dienste bezeichnet werden. Einer der am häufigsten genutzten AWS-Dienste ist Amazon Elastic Computing Instances EC2, mit dem virtuelle Maschinen erstellt werden können[24]. Amazon Elastic Computing EC2-Instanzen werden ab sofort als EC2-Instanzen bezeichnet[Fußnote?]. Ein weiterer wichtiger Dienst ist Amazon Simple Storage Service (S3), der zum Speichern von Objekten verwendet wird. Deshalb konzentrieren sich in dieser Arbeit die Überwachungs- und Optimierungsmaßnahmen hauptsächlich auf EC2-Instanzen und S3-Speichereinheiten. Wie Lynn Langit, eine erfahrene Cloud-Architektin, feststellt, können bis zu 80% der Rechnung aus Gebühren für EC2-Instanzen bestehen[25].

Objekte sind in AWS die Grundeinheit in welchen Dateien in den S3-Speichereinheiten gespeichert werden. Neben den Objekten werden Metadaten, wie das Datum der Objekterstellung und das Datum der letzten Aktualisierung gespeichert. Laut des AWS Solutions Architekten Daniel Peña Silva[26] ist Amazon S3 einer der am häufigsten genutzten AWS-Dienste.

Wie in Abbildung 2 zu sehen ist, werden darüber hinaus seit 2020 weltweit mehr Daten in Serverfarmen als auf lokalen Geräten gespeichert[27]. Dies bietet Vorteile im Bezug auf die Geschwindigkeit der Arbeitsabläufe, birgt aber auch Risiken wie Datendiebstahl. Das Thema Datendiebstahl wird in dieser Arbeit nicht behandelt; da es den Rahmen der Untersuchung sprengen würde.

[23] Accenture Dienstleistungen GmbH. Hohe Erwartungen an die Cloud: Hürden meistern, Mehrwert maximieren, S.11[1]

[24] Cloud infrastructure services vendor market share worldwide from 4th quarter 2017 to 3rd quarter 2021.[68]

[25] LinkedIn Learning: AWS Controlling Cost by Lynn Langit.[55]

[26] LinkedIn: Listado de todos los Servicios de AWS.[54]

[27] 2020 überholt die Cloud lokale Speichermedien.[65]

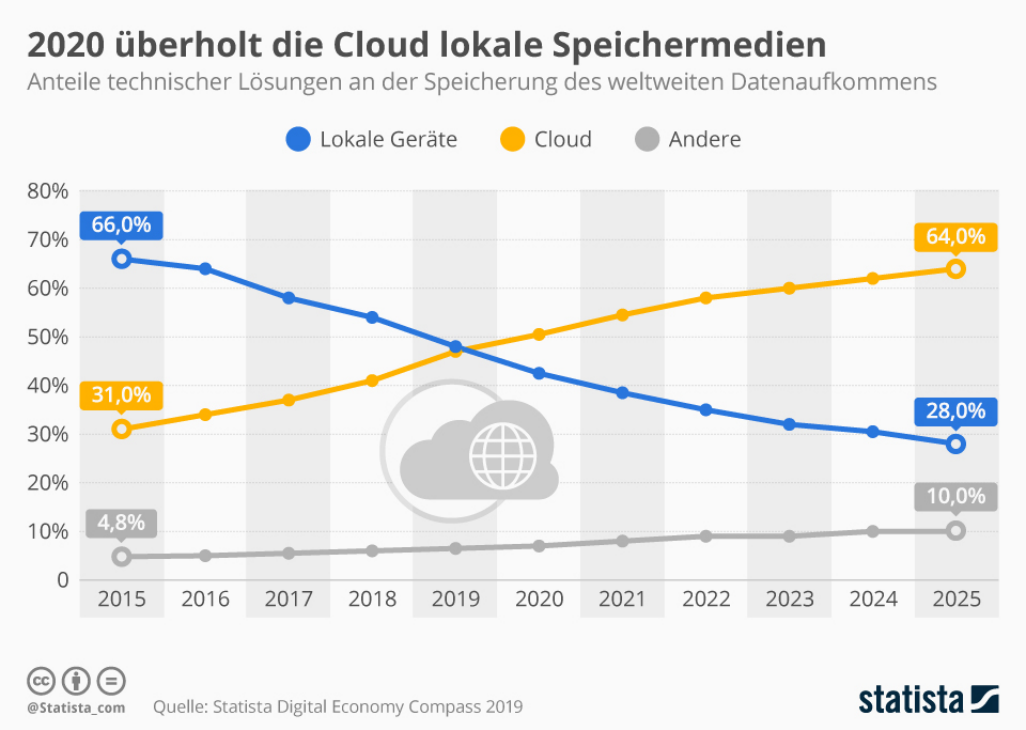



Abbildung 2
2020 überholt die Cloud lokale Speichermedien [65]

Dieses grundlegende Kapitel hat einige potenzielle Vorteile der Nutzung von Cloud-Diensten für Unternehmen aufgezeigt. Darüber hinaus geht der Trend in den letzten Jahren zur Nutzung von Cloud-basierten Diensten. Das nächste Kapitel befasst sich mit den Zahlungsmodellen für EC2-Instanzen und den Überlegungen, die bei der Wahl dieser Modelle in verschiedenen Szenarien zu berücksichtigen sind.

# 3 Zahlungsmodelle

Die Nutzung von EC2-Instanzen ist mit einem Zahlungsmodell verbunden. Die Wahl des Zahlungsmodells ist von entscheidender Bedeutung, um den besten Preis für EC2-Instanzen zu erzielen. Die von Amazon Web Services angebotenen Zahlungsmodelle werden im Folgenden dargestellt.

Das *On-Demand-Modell* beinhaltet keine langfristigen Verpflichtungen, es ist daher die teuerste Alternative, die auf Stundenbasis berechnet wird. Die Modelle *Saving Plans* und *reservierte Instanzen(Reserved Instances)*erfordern den Abschluss von Verträgen über ein oder drei Jahre, um günstige Preise zu erhalten. *EC2-Spot-Instanzen* sind das kostengünstigste Modell, sie haben aber den Nachteil, dass ihre Verfügbarkeit nicht immer garantiert ist. Jedes Zahlungsmodell hat seine Vor- und Nachteile und eignet sich für unterschiedliche Anwendungsfälle. Gute Ergebnisse können auch durch die Kombination mehrerer Zahlungsmodelle erzielt werden. Dies wird in Unterkapitel 3.4 behandelt.

In dieser Arbeit wird nicht darauf eingegangen, wie die richtige Server-Instanz ausgewählt werden sollte, da die Auswahl von individuellen Anforderungen abhängt, die von Fall zu Fall unterschiedlich sind. Im Allgemeinen wird empfohlen, Instanzen so nahe wie möglich an den AWS-Diensten, mit denen sie kommunizieren werden, zu platzieren. Die beste Leistung wird außerdem angestrebt, indem sich diese Instanzen in räumlicher Nähe zur Mehrzahl der Endnutzer, befinden.

## 3.1 On-Demand-Instanzen

Bei diesem Zahlungsmodell besteht keine Notwendigkeit, ein festes Anfangsbudget festzulegen. Die Kosten richten sich nach dem Verbrauch auf der Grundlage der Nutzungsstunden. Dieses Modell eignet sich für Projekte, deren Entwicklung unvorhersehbar ist und die Möglichkeit besteht, dass das es in kurzer Zeit abgeschlossen sein wird, sodass es nicht Sinnvoll ist, eine langfristige Verpflichtung einzugehen.

Die Preise beim dem On-Demand Zahlungsmodell variiert je nach Instanz Typ, Region und der übertragenen Datenmenge. Die aktuellen Preise für die verschiedenen Regionen sind auf der Amazon-Website in der Sektion EC2 - On-Demand-Preise[28] zu finden. In der Abbildung 3 werden die für die Region Ohio verfügbaren Linux-Instanzen gezeigt.

[28] AWS On-Demand Instances Pricing.[4]

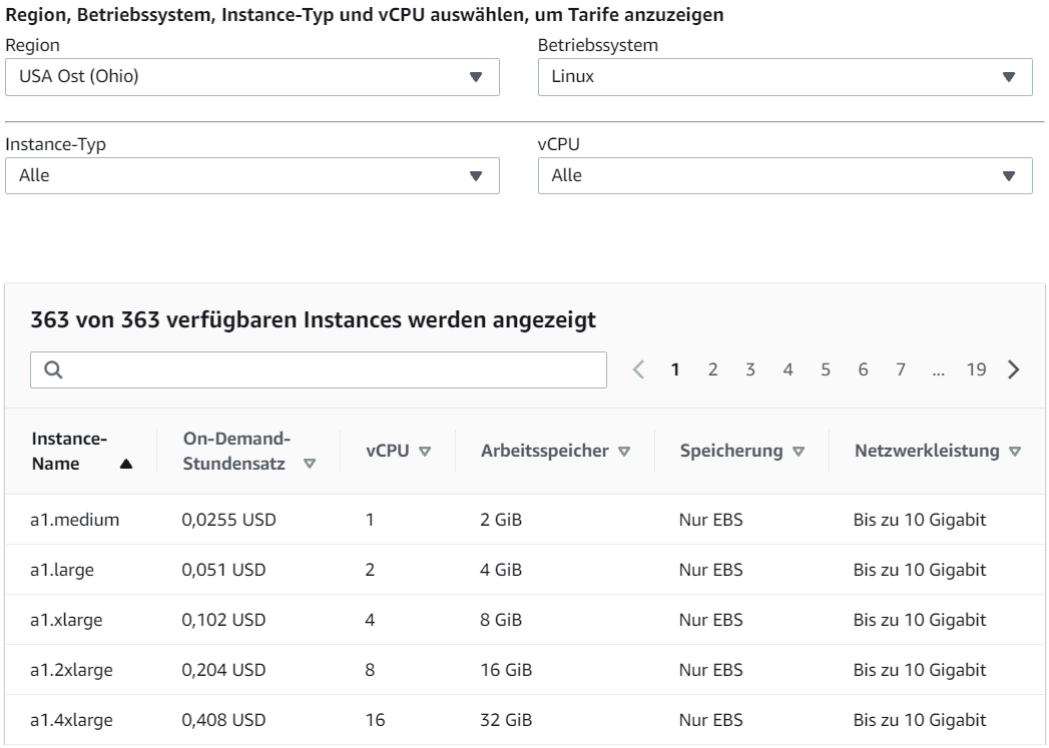



Abbildung 3
On-Demand Preise für Amazon EC2 [29]

Es ist zu beachten, dass Instanzen mit denselben Eigenschaften, aber in verschiedenen Regionen, unterschiedliche Preise haben können.

## 3.2 Reservierte Instanzen und Saving Plans

Die Zahlungsmodelle *reservierte Instanzen* und *Saving Plans* sind sich sehr ähnlich. Beide kommen mit einer gleichbleibenden Nutzungsverpflichtung, die in €/Stunden gemessen wird. Um die reduzierten Preise zu bekommen, müssen Verträge über ein oder drei Jahre abgeschlossen werden.

Die Abbildung 4 zeigt die möglichen Einsparungen je nach Zahlungsmodell. Die Einsparungen hängen mit der Flexibilität bei der Wahl der Instanzfamilie und der Verfügbarkeitszone zusammen, in die Instanzen übertragen werden können. Je geringer die Flexibilität, desto höher die Einsparungen.
Compute Saving Plans[31] bieten die Flexibilität EC2-Instanzen nach Familie[32], Größe, Verfügbarkeitszone (AZ), Betriebssystem oder Mandant zu wechseln. Diese Option ist bei

[31] AWS Saving Plans Pricing[12].
[32] AWS Certified Solutions Architect - Associate (SAA-C02), S.95.[1].

| Mögliche Einsparungen laut AWS | | | |
|---|---|---|---|
| Saving Plans | | Reserved Instances | |
| Compute Saving Plans | EC2-Instance Saving Plans | Convertible Reserved Instances | Standard Reserved Instances |
| bis zu 66% | bis zu 72% | bis zu 54% | bis zu 72% |

Abbildung 4
Mögliche Einsparungen bei reservierten Instanzen and Saving Plans laut AWS [30]

EC2-Instance Saving nicht möglich und daher bietet diese Alternative eine etwas höher Einsparung.

> „Bei Compute Saving Plans können Sie beispielsweise jederzeit von C4- auf M5-Instances wechseln, eine Workload von EU (Irland) nach EU (London) verlagern oder eine Workload von EC2 auf Fargate oder Lambda verschieben. Dabei zahlen Sie automatisch weiterhin den Saving Plans-Preis." [33]

Bei den EC2-Instance Saving Plans hingegen muss eine Instance-Familie in einer bestimmten Region ausgewählt werden. Dies reduziert automatisch die Kosten für die ausgewählte Instanz-Familie in der jeweiligen Region, unabhängig von Availability Zone, Größe, Betriebssystem oder Mandant.

### EC2 Reserved Instance Marketplace

Sollte sich herausstellen, dass die Kapazität der reservierten Instanzen viel zu wenig oder gar nicht genutzt wird, kann diese Rechenkapazität auf dem *RI Marketplace*(Marktplatz für den Kauf von reservierten Instanzen) zur Verfügung gestellt werden. Somit kann ein Teil der Investition zurückgeholt werden. Dies ist für Standard reservierten Instanzen möglich. Diese Instanzen werden in Spot-Instanzen umgewandelt, damit andere Nutzer sie beantragen können. Dafür sollte eine Servicegebühr in Betracht gezogen werden. Stand November 2021 beträgt diese Gebühr 12%[34].

### Möglichkeit der Vorauszahlung

Zusätzlich gibt es bei Saving Plans und reservierten Instanzen die Option im Voraus zu zahlen. Im Gegenzug wird ein niedrigerer Preis angeboten. Amazon bietet drei verschiedene Optionen an. Diese sind eine teilweise, keine oder eine vollständige Vorauszahlung[35].

[33] AWS Saving Plans Pricing[12].
[34] Amazon EC2 Reserved Instance Marketplace[24].
[35] AWS Pricing Calculator[18].

Bei teilweiser Vorauszahlung ist eine Anzahlung von etwa 50% zu leisten.

Die Abbildung 5 zeigt den Vergleich zwischen den drei Optionen für Vorauszahlungen. Hier wird deutlich, dass es kaum einen Unterschied zwischen eine teilweise Vorauszahlung und keine Vorauszahlung zu machen gibt. Eine erhebliche Einsparung ergibt sich, wenn man für den gesamten Zeitraum der gebuchten Instanzen im Voraus bezahlt.

| Zahlungsmodell | | EC2 Instance Saving Plans | |
|---|---|---|---|
| Anzahl der Instanzen | 20 | | |
| Dauer | 36 | Monate | |
| **Vorauszahlung** | **keine** | **teilweise** | **vollständig** |
| Gesamtkosten pro Monat | $967.98 | $519.62 | $0.00 |
| Vorabkosten gesamt | $0.00 | $16,135.92 | $30,327.12 |
| **Gesamtbetrag** | $34,847.28 | $34,842.24 | $30,327.12 |
| Prozentuale Einsparung | - | 0.01% | 12.96% |
| Monetäre Einsparung | - | $5.04 | $4,515.12 |

Ohne Elastic Block Storage (EBS)

Abbildung 5
Mögliche Einsparungen durch Vorauszahlungen für EC2 Instanzen in Saving Plans Zahlungsmodell
Eigene Darstellung. Quelle: AWS Pricing Calculator[18].

Die Berechnungen wurden mit dem AWS Pricing Calculator [18] für Instanzen der Familie t4g.xlarge, in der EU (Frankfurt) und für eine Laufzeit von 3 Jahren durchgeführt.

## 3.3 Spot Instanzen

Wie in Unterkapitel 3.2 genannt bieten EC2 Spot-Instanzen die Möglichkeit aus den ungenutzten EC2-Instanzen anderer Nutzer zu profitieren. Mit einem Preisvorteil von bis zu 90 % gegenüber normalen On-Demand-Instanzen sind Spot-Instanzen ideal für fehlertolerante Anwendungen wie auf Containern ausgeführte Workloads, CI/CD, Bigdata-Anwendungen und ähnliches.

### Unterbrechbarkeit

Es ist zu beachten, dass Spot-Instanzen jederzeit unterbrochen werden können. Einer der Gründe ist die Preisüberschreitung der Instanz. Wenn Spot-Instanzen angefordert werden, wird einen Maximalpreis festgelegt. Ist der Preis der Spot-Instanz höher als der

eingegebene Maximalpreis, ist die Spot-Instanz für die aktuelle Einstellung nicht mehr verfügbar. Ein anderes Szenario ist, wenn der Instanz Anbieter die Spot-Instanz erneut anfordert. Falls eine Spot-Instanz unterbrochen wird, benachrichtigt Amazon EC2 zwei Minuten im Voraus. Dieses Ereignis ist verfügbar auf CloudWatch, damit weitere Alarmen eingestellt werden. Diese und andere Funktionalitäten von CloudWatch werden in Kapitel 4 näher erläutert.
Da Spot-Instanzen anfällig für Unterbrechungen sind, ist es nicht empfehlenswert, für Produktionsumgebungen nur Spot-Instanzen zu verwenden.

## 3.4 Amazon EC2 Fleet[rev]

*Instanzen-Flotten* oder auf Englisch fleet of instances, bieten bei AWS die Möglichkeit mehrere Spot-Instanzen anzufordern, um einen bestimmten Bedarf an Rechenleistung zu decken[36]. Spot-Instanzen können auch für produktive Umgebungen verwendet werden[37]. Darüber hinaus ist es empfehlenswert, Instanzen aus verschiedenen Zahlungsmodellen zu kombinieren, um von den Einsparungen von Spot-Instanzen, Saving Plans und reservierten Instanzen zu profitieren. Die Kombination von Instanzen aus verschiedenen Zahlungsmodellen beseitigt den Nachteil für Produktionsumgebungen, der mit Spot-Instanzen verbunden ist. Das heißt, das Risiko, dass Spot-Instanzen unterbrochen werden können.

Folgende Punkte sind für die Nutzung von Spot Fleet Instanzen zu berücksichtigen:

### Wahl der Spot-Instanzen[rev]

Die Instanzen, die in der Auswahl für die Instanzen-Flotte berücksichtigt werden, müssen den Anforderungen der Applikation entsprechen. Um die Wahrscheinlichkeit zu erhöhen, dass mehr Spot-Instanzen gefunden werden, ist es empfehlenswert, die Kriterien der Suche zu erweitern. Dies kann erreicht werden, indem Instanzen ähnlicher Typen einbezogen werden. Die Berücksichtigung von Instanzen von Familien mit mehr Leistung als erforderlich, ist ebenfalls eine gute Option[25], da der Preis für Spot-Instanzen trotz höherer Leistung geringer sein wird als bei einem On-Demand Zahlungsmodell.

[36] Amazon Elastic Compute Cloud - Benutzerhandbuch für Linux-Instances, S.708[27].
[37] Running Web Applications on Amazon EC2 Spot Instances[25].

### Maximaler Stundenpreis[rev]

Wie im Unterkapitel 3.3 erwähnt, muss für die Anforderung von Spot-Instanzen ein Maximalpreis festlegt werden. In diesem Fall ist die Festlegung dieses Maximalpreises auch für die gesamte Instanzen-Flotte eine Option. Es kann erwartet werden, dass die Spot-Preise im Laufe der Zeit stabil bleiben, da sie keinen starken Preisschwankungen unterliegen. Die aktuellen Preis und der Preisverlauf von Spot-Instanzen können in auf der AWS-Konsole[38] abgefragt werden. Diese Informationen sind nur mit einem AWS-Konto zugänglich.

### Festlegung von On-Demand-Anteil[rev]

Wenn alle oder eine große Anzahl von Spot-Instanzen nicht mehr verfügbar sind, muss die benötigte Rechenkapazität von Instanzen anderer Zahlungsmodellen wie On-Demand abgedeckt werden. Die Standardeinstellungen liegen bei 70% On-Demand-Instanzen und 30% Spot-Instanzen[25]. Im Fall von vorhandenen reservierten Instanzen oder Instanzen von Saving Plans werden On-Demand-Instanzen zum entsprechend reduzierten Preis berechnet[39].

### Auto Scaling Groups

Auch als *EC2-Auto-Scaling-Gruppe*(ASG) bezeichnet, ist diese für die Skalierung der zu startenden Instanzen verantwortlich. Dazu wird eine Startkonfiguration benötigt, welche definiert, unter welchen Bedingungen Instanzen gestartet oder beendet werden sollen[rev]. In der Startkonfiguration werden unter anderem der Instanztyp, Security-Groups, und Tags festgelegt. Mehr über Auto-Scaling und seine verschiedenen Konfigurationen in Kapitel 5.

Für die Nutzung von EC2-Flotten und Auto Scaling-Gruppen fallen keine zusätzlichen Kosten an. Man muss nur für die durch die EC2-Instanzen verursachten Kosten bezahlen[40].

## 3.5 Anwendungsfall: TrueCar[rev]

Instanzen in Zahlungsmodellen, die zu zeitlichen Verpflichtungen führen, bergen die Gefahr, dass die benötigte Rechenkapazität mittel- bis langfristig falsch eingeschätzt wird.

[38] AWS EC2 Spot Instanzen-Anfragen und Preisverlauf[26].
[39] Amazon Elastic Compute Cloud - Benutzerhandbuch für Linux-Instances, S.690[27].
[40] Amazon Elastic Compute Cloud - Benutzerhandbuch für Linux-Instances, S.709[27].

Einerseits kann die reservierte Rechnerkapazität zu gering eingeschätzt werden. Als Konsequenz wird es großenteils der Rechnerkapazität mit On-Demand-Instanzen gedeckt, welche in dem Anteil der reservierten Instanzen berücksichtigt werden konnten und mit reduzierten Preisen berechnet. Andererseits, wenn zu viel Rechnerkapazität mit reservierten Instanzen reserviert und diese zu wenig gebraucht wird. Besteht die Möglichkeit, dass es die reine Nutzung von On-Demand-Instanzen eine kostengünstigere Option darstellt.

Im Folgenden wird die Strategie beschrieben, dass *TrueCar Inc.* verfolgt hat, um in keine der beiden oben genannten Situationen zu geraten. Dank ihrer Optimierungsstrategie konnten sie ihre AWS-Kosten durch die Nutzung reservierter Instanzen um etwa 40% senken[41].

Um Einsparungen von 40% zu erreichen, musste das Team von TrueCar zuerst verstehen, wie AWS-Dienste wie reservierte Instanzen, Cost-Explorer, Auto-Scaling-Gruppen und Lambda Funktionen funktionieren. Damit haben sie eines der häufigsten Hindernisse überwunden, mit denen Unternehmen bei der Nutzung von Cloud-Diensten konfrontiert werden und zwar die Mangel an technisches Wissen in Bezug auf Cloud-Dienste[42]. Nachdem das Team von TrueCar die notwendigen Informationen, insbesondere über die reservierten Instanzen, verstanden haben, haben sie die benötigte Rechenkapazität ermittelt. In dem Artikel wurde nicht erläutert, wie die von TrueCar benötigte Rechnerkapazität berechnet wurde. Diese Informationen werden jedoch von Cost-Explorer bereitgestellt. Cost-Explorer bietet die Möglichkeit, die Nutzung der AWS-Services für die letzten 12 Monate anzuzeigen. Cost-Explorer wird in Unterkapitel 4.2 ausführlicher behandelt.

Die Kosten der Instanzen in On-Demand wurden mit dem von reservierten Instanzen gegenübergestellt, um den Break-Even-Point dazwischen zu finden. Der Break-Even-Point bedeutet in diesem Fall, der Punkt, wo die Preise der reservierten Instanzen und die On-Demand Instanzen gleich sind. Nach diesem Punkt wird der monatliche Preis für die reservierten Instanzen sinken, bis die reservierte Kapazität verbraucht wird oder der Zeitraum für die reservierten Instanzen endet.

Wie in der Grafik der Abbildung 6 dargestellt wird liegt der Break-Even-Point zwischen dem Monat acht und neun. Im Fall, dass da Verbrauch der Instanzen vor dem Monat

[41] How TrueCar Saves 40% on AWS with EC2 Reserved Instances[57].

[42] Accenture Dienstleistungen GmbH. Hohe Erwartungen an die Cloud: Hürden meistern, Mehrwert maximieren, S.11[1].

auch endet, würde, wäre es nicht empfehlenswert Instanzen zu reservieren, sondern mit On-Demand Instanzen zu arbeiten. Die Berechnung wurde gemacht für den Zeitraum von 1 Jahr durchgeführt. [RECHNEN UND ERKLÄREN?]. In dem Prozess wurden die

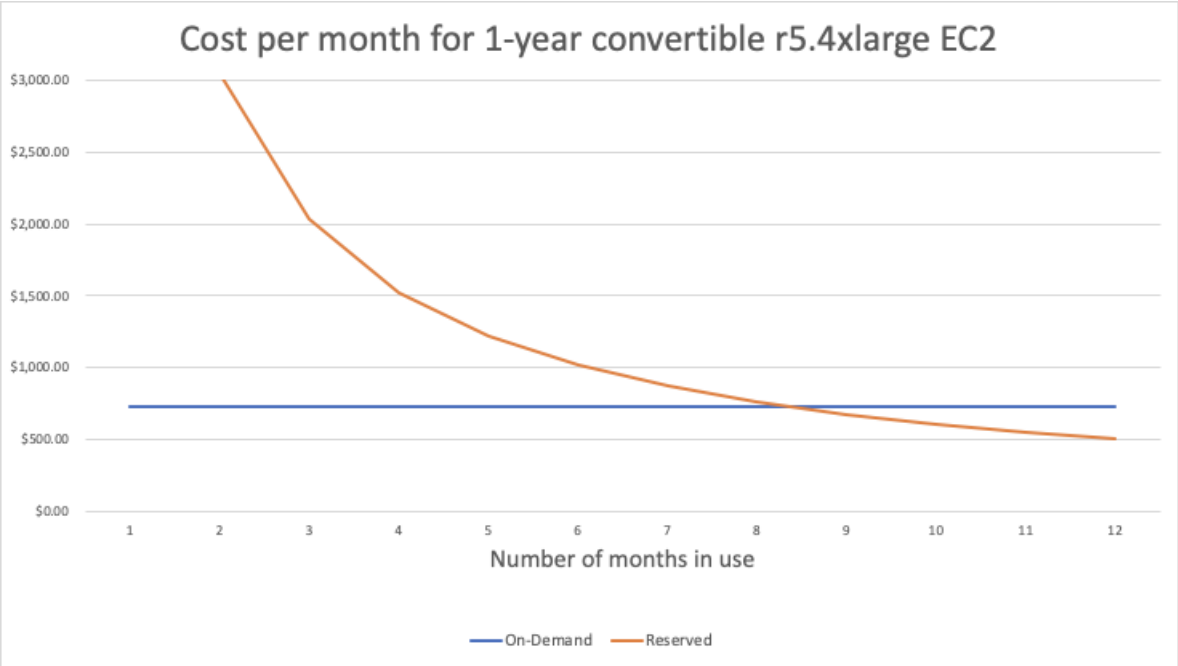



Abbildung 6
Monatliche Kosten für eine On-Demand-Instanz
im Vergleich zu einer reservierten Instanz.
Quelle: Medium: How TrueCar Saves 40% on AWS with EC2 Reserved Instances[57]

Buchhaltungs- und Finanzabteilungen involviert[WICHTIG WEIL], um die Preisvorteile zu besprechen. Nach der Buchung der reservierten Instanzen wurde deren Nutzung mit Cost-Explorer überwacht.

Mit Cost-Explorer wurden die folgenden 2 Metriken überwacht:

**RI-Coverage**, die anzeigt, wie viel der On-Demand-Instanzen durch reservierten Instanzen abgedeckt wird. Ziel ist hierbei das RI-Coverage der reservierten Instanzen so nahe wie möglich an 100% zu halten.

**RI-Utilization**, welche zeigt, wie viel Prozent der reservierten Instanzen verbraucht wurden. Es wird versucht die RI-Utilization nicht zu niedrig zu halten.

Um diese Metriken im Blick zu behalten und nicht jeden Tag den Cost-Explorer auf-

rufen zu müssen, wurde eine Benachrichtigung an Slack eingerichtet. Dies war über die Cost-Explorer API und eine Lambda-Funktion möglich.

TrueCar, Inc. ist eine Preis- und Informations-Website für Neu- und Gebrauchtwagenkäufer mit Sitz in Santa Monica, Kalifornien[43].

## Vergleich der Zahlungsmodelle[Rev]

Die folgende Tabelle fasst die Eigenschaften der Zahlungsmodellen für On-Demand-, reservierte, von Saving Plans und Spot-Instanzen zusammen und listet typische Applikationen je nach Zahlungsmodell auf. [Abb. VOLLSTÄNDIG?AKTUELL?]

| **Vergleich der Zahlungsmodelle** | | |
|---|---|---|
| **Eigenschaften** | | |
| **Nutzungsabhängige Zahlung: On-Demand** | **Optionen mit Verpflichtung: Reserved Instances and Saving Plans** | **Überschüssige Kapazität: Spot-Instances** |
| Erster Test oder erste Entwicklung | Verträge über 1 bis 3 Jahre | Unterbrechbare Instanzen |
| Keine langfristigen Verpflichtungen | Preisverpflichtung | Die billigste und riskanteste Option |
| Keine Vorabzahlungen | | |
| | | |
| | | |
| **Geeignete und übliche Anwendungen** | | |
| Allgemeine Anwendungen | Applikationen mit stabiler Arbeitbelastung | Bigdata-Applikationen |
| Experimente und Tests | | Containern ausgeführte Workloads |
| Nicht unterbrechbare Applikationen | | Fehlertolerante Applikationen |
| Applikationen mit unvorhersehbaren Arbeitsbelastungen | | Batch-Workloads |
| | | |

Abbildung 7
Vergleich der Zahlungsmodelle nach Eingenschaft und Anwendungsfall
Eigene Darstellung. Quelle: [4, 8, 12, 20, 63]
Plusserver: Kostenoptimierung in AWS S.9.[59]

[43]Die Quelle dieser Informationen ist ein Artikel, der auf https://www medium.com veröffentlicht wurde. Dass der Artikel von TrueCar stammt, wird durch die Tatsache bestätigt, dass deren Website https://www.truecar.com/who-we-are/ zu dem hier erwähnten Artikel führt.

**Fazit[Rev]**

In diesem Kapitel wurden die verschiedenen Zahlungsmodelle für EC2-Instanzen untersucht. Es wurden Hinweise für die Auswahl des richtigen Zahlungsmodells in verschiedenen Szenarien gegeben. Dies wurde erklärt, um die Preisvorteile von den Zahlungsmodellen zu nutzen. Beginnend mit dem On-Demand-Zahlungsmodell, gefolgt von Reserved Instanzen und Saving Plans. In dieser Reihenfolge sinkt der Preis und mit ihm steigt die Verpflichtung, sich langfristig zu binden. Schließlich mit Spot-Instanzen, die die niedrigsten Preise bieten, aber keine volle Verfügbarkeit sicherstellen.

Im nächsten Kapitel wird CloudWatch[UND...] vorgestellt, mit dem überprüft werden kann, ob das ausgewählte Zahlungsmodell tatsächlich das Richtige für den betreffenden Anwendungsfall ist. [+Cost-Explorer+Trusted Advisor.] Für das On-Demand-Zahlungsmodell gibt es keine Kostenreduzierung, aber es gibt Maßnahmen, um die Nutzung von Instanzen zu reduzieren. Auf weitere Optimierungsmaßnahmen für EC2-Instanzen wird im Kapitel 5 näher eingegangen.

# 4 Kostenüberwachung

Die von Amazon Web Services(AWS) zu Verfügung gestellte Überwachungswerkzeuge werden in diesem Kapitel vorgestellt. [Rev]Op1Der Fokus liegt auf Werkzeugen, zur Überwachung von den Kosten oder der Nutzung von AWS-Dienste beitragen./Op2Der Schwerpunkt liegt auf Werkzeugen, die bei der Überwachung der Kosten oder der Nutzung von AWS-Diensten helfen. CloudWatch sammelt Metriken von AWS-Diensten und bietet die Möglichkeit, Alarme und Aktionen zu konfigurieren, die (wiederum)[Rev]AWS-Diensten auf der Grundlage dieser Metriken betreffen. Für die Visualisierung von Metriken bietet CloudWatch die Erstellung von personalisierten Dashboards. Cost-Explorer konzentriert sich auf die Überwachung der Nutzung von AWS-Diensten und der dadurch verursachten Kosten. Diese bietet die Möglichkeit Kosten- und Nutzungsberichte der AWS-Diensten zu erstellen. Solche Informationen dienen zugrunde für Budgetierung, Verfolgung von KPIs und Entscheidungsfindung in Bezug auf die operative Planung im Unternehmen. Die vorgenannten Konzepte werden in Unterkapitel 4.2[Rev]näher erläutert. Trusted Advisor bietet konkrete Empfehlungen auf der Grundlage von AWS Best Practices in fünf Kategorien: Kostenoptimierung, Leistung, Sicherheit, Fehlertoleranz und Servicegrenzen. Diese Arbeit konzentriert sich auf die Kategorien Kostenoptimierung und Leistungsgrenzen.

Es existieren weitere Überwachungswerkzeuge bei AWS, auf die in dieser Arbeit nicht eingegangen wird. Der Grund dafür ist, dass sie einen anderen Fokus als Kostenüberwachung und -optimierung haben. Zum Beispiel CloudTrail, welches für die Überwachung von Governance, Compliance, Betrieb und Risiken im AWS-Konto ist. Mit CloudTrail können Benutzeraktivitäten über AWS-Dienste durch Ereignisse verfolgt werden[44].

Ein weiteres Werkzeug ist AWS X-Ray, welches zur Überwachung von Anwendungsleistung verwendet wird. Dies unterstützt Entwickler bei der Analyse und Fehlersuche in verteilten Produktionsanwendungen. Mit X-Ray kann man herausfinden, wie gut Anwendungen und ihnen zugrunde liegenden Dienste funktionieren. Auf diese Weise können Ursache von Leistungsproblemen und Fehlern ermittelt und behoben werden[45].

[44] AWS CloudTrail User Guide Version 1.0: What Is AWS CloudTrail?, S.1 [28]
[45] AWS X-Ray Developer Guide: What is AWS X-Ray?, S.1[28],

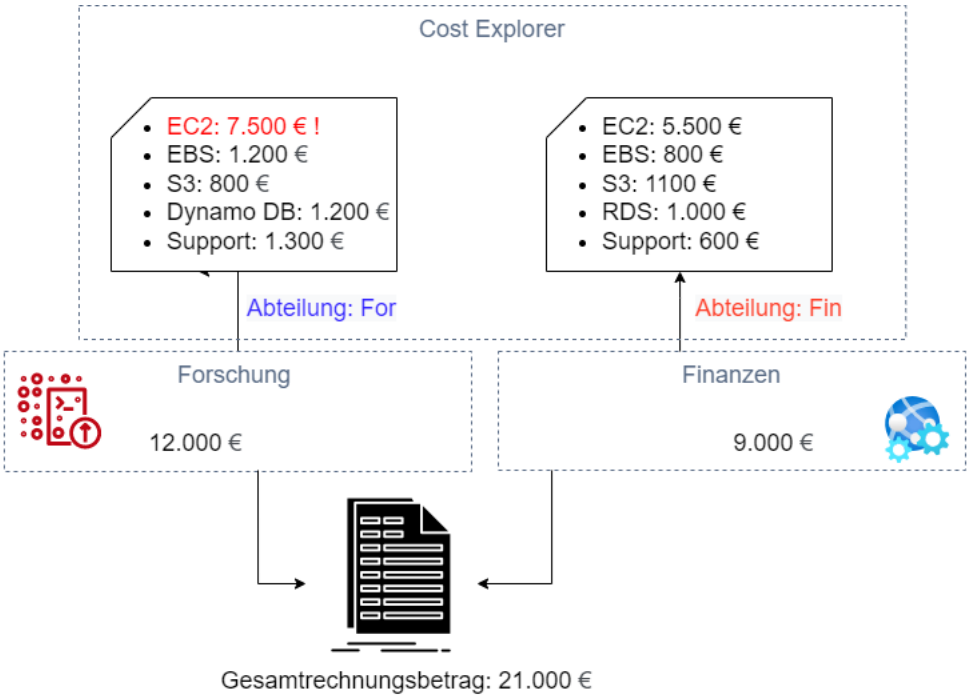
## Tag Policies/Tagging-Strategie[Rev]

Tags sind bei AWS Information in Form von Metadaten, die an AWS-Dienste zugewiesen werden kann[46]. Ein Tag besteht aus einem Tag-Schlüssel und einem Tag-Wert. Beispiele für Tag-Schlüssel sind Abteilung, Projekt, Team, Region, Art des Dienstes und Umgebung. Tag-Werte für den Tag-Schlüssel Abteilung könnten Buchhaltung, Finanz, Entwicklung oder Marketing sein. Sowohl bei Tag-Schlüssel als auch bei Tag-Werte wird zwischen Groß- und Kleinschreibung unterschieden.

Durch die Verwendung von Tags ist es möglich, die Kosten auf den von der Organisation festgelegten Tags zu verfolgen. Es könnte (zum Beispiel)[Rev] ein Szenario entstehen, in dem eine Abteilung innerhalb einer Organisation mehr Kosten verursacht als Andere. Dies ist nur durch den Anstieg der von AWS generierten Rechnung bemerkbar, aber um den Grund für diesen Anstieg genauer zu verstehen, muss ihre Ursache untersucht werden. Werkzeuge wie Cost-Explorer zusammen mit einer Tag-Strategie machen diese Art von Analyse möglich.
In der Abbildung 8 wird ein Szenario vorgestellt, wo die Kosten für EC2-Instanzen der Forschungsabteilung kontinuierlich angestiegen sind. Mitarbeiter der Forschungsabteilung waren nicht in der Lage, die Kostensteigerungen zu begründen. Um die von den einzelnen Abteilungen verursachten Kosten zu trennen, wurde ein Tag-Schlüssel mit dem Namen *Abteilung* angelegt. Um anschließend jeder AWS-Dienst einen Tag-Wert entsprechend seiner Abteilung zuzuweisen. Mit Hilfe des Cost-Explorer konnte festgestellt werden, dass die Kosten für EC2 der Forschungsabteilung im Laufe der Zeit gestiegen sind. Nach Angaben der Abteilungsleiter hatte die Nutzung der Rechnerkapazität nicht zugenommen. Im vorliegenden Fall wurde festgestellt, dass Gastpraktikanten in der Forschungsabteilung Experimente durchführt, wo EC2-Instanzen genutzt haben. Die Instanzen wurden nach Beendigung des Aufenthalts nicht mehr abgeschaltet und haben kontinuierlich Kosten verursacht.

Für diesen hypothetischen Fall wurde die Ursache für den Anstieg der Gesamtkosten einer einfachen Organisation mit zwei Abteilungen und wenigen Cloud-Diensten ermittelt. Es gibt Unternehmen mit viel komplexeren Strukturen als diese, die weitaus mehr Cloud-Dienste in Anspruch nehmen. Für Unternehmen ist eine Tagging-Strategie von Relevanz, um Kosten für die Buchhaltungsabteilung zu ermittelt und um Budgets auf der Grundlage früherer Projekte erstellen zu können. Die Kostenüberwachung ist mit einer Tag-Strategie

[46] AWS – Allgemeine Referenz - Referenzhandbuch. S.681[30]




| | Monatliche Kosten pro Abteilung | | |
|---|---|---|---|
| **Monat** | **Forschung** | **Finanzen** | **Gesamtkosten** |
| **Mai 2021** | €5,600.00 | €8,900.00 | €14,500.00 |
| **Juni 2021** | €6,000.00 | €8,300.00 | €14,300.00 |
| **Juli 2021** | €7,500.00 | €8,000.00 | €15,500.00 |
| **August 2021** | €9,000.00 | €9,200.00 | €18,200.00 |
| **September 2021** | €12,000.00 | €9,000.00 | €21,000.00 |

Abbildung 8
Trennung der Abteilungskosten durch Tags.
Die Angaben dienen nur als Beispiel und entsprechen keiner realen IT-Infrastruktur.

auf eine detaillierte Ebene möglich. Je nach festgelegten Tags können sehr detaillierte Analysen der Cloud-Nutzung und -Kosten über Produkte, Einheiten, Umgebungen oder beliebige andere Bereiche hinweg erstellt werden[47].

## 4.1 AWS CloudWatch

*Amazon CloudWatch* ermöglicht die Überwachung der Leistung von Diensten, auch bei Diensten, die über verschiedene Regionen verteilt sind. CloudWatch sammelt operative Daten, welche zur Verlaufsanalyse und der Entscheidungsfindung in Bezug auf Optimie-

[47] Cloud Computing Basics: a Non.-Technical Introduction. S.152.[3]

rung und Fehlerbehebung hilfreicht sind. CloudWatch beschränkt sich nicht nur darauf, Daten aus der AWS-Umgebung zu empfangen. Externe Metriken, die mit CloudWatch kompatibel sind, können für eine einheitliche Analyse aggregiert werden.

Eine der Metriken zur Überwachung von EC2-Instanzen in CloudWatch ist die CPU-Auslastung oder CPU-Utilization auf Englisch. Basierend auf einem Prozentsatz der CPU-Auslastung können Benachrichtigungen und Aktionen konfiguriert werden. Eine dieser Aktionen ist die automatische Einrichtung neuer Instanzen zur Deckung des Kapazitätsbedarfs[48]. Diese Art von Aktionen werden im Kapitel 5 tiefer behandelt[ODER HIER?].

Im Folgenden werden die grundlegenden Bereiche und Begriffe von CloudWatch erläutert und wie sie zur Überwachung von Informationen über AWS-Dienste verwendet werden.

**Metriken**
Eine Metrik stellt eine Reihe von Daten über die Leistung eines Dienstes in zeitlicher Reihenfolge dar. Standardmäßig werden viele kostenlose Metriken an CloudWatch übermittelt. Zum Beispiel kann der Durchschnitt von einer bestimmten API pro Stunde untersucht werden. Für eine detailliertere Überwachung ist es möglich, benutzerdefinierte Metriken zu konfigurieren, die eine Auflösung von bis zu eine Sekunde zulassen.

**Ereignisse**
Ein Ereignis ist in CloudWatch eine Änderung in einem AWS Dienst. AWS-Dienste können Ereignisse erzeugen, wenn sich ihr Status ändert. Beispielsweise, wird ein Ereignis erzeugt, wenn Amazon EC2 Auto Scaling, Instanzen gestartet oder beendet werden[49] oder wenn eine bestimmte Menge an Speicherplatz in einem Bucket erreicht wurde. Ein Bucket ist ein Behälter, in dem Objekte bei Amazon S3 gespeichert werden[50]. Beispiele für Objekte sind Dateien wie Bilder und Videos.

**Regel**
Eine Regel ordnet eintreffende Ereignisse zu und leitet diese zur Verarbeitung an Ziele weiter. Eine einzelne Regel kann an mehrere Ziele weiterleiten, die alle parallel verarbeitet werden[51].

[48] AWS Certified Solutions Architect - Associate (SAA-C02), S.185.[1]
[49] AWS Cloud Watch Events: User Guide. S.1[14]
[50] Amazon Simple Storage Service User Guide, S.4[19]
[51] AWS Cloud Watch : User Guide. S.2[14]

### Ziele

Ziele oder Targets sind AWS-Dienste, die aufgerufen werden, wenn eine Regel ausgelöst wird. EC2 instances, AWS Lambda functions und Amazon SNS sind unter anderem mögliche Ziele. Die Ziele einer Regel müssen sich in derselben Region wie die Regel befinden [52].

### Benachrichtigungen

Benachrichtigt zu werden ist wichtig, um relevante Ereignisse nicht zu verpassen und rechtzeitig Maßnahmen zu ergreifen. Mit CloudWatch können Alarme eingerichtet werden, die durch Metriken wie die CPU-Auslastung und Gebühren von einem spezifischen AWS-Dienst ausgelöst werden. Benachrichtigungen können durch Amazon SNS[53] oder zu einer E-Mail-Adresse geschickt werden. Zu Testzwecken wurde ein Alarm erstellt, indem eine monatliche Ausgabengrenze von 9 Euro festgelegt wurde. Dieser ist in Anhang II zu finden.

### Visualisierung von Metriken

Mit Cloud-Watch Dashboards können relevante Metriken grafisch dargestellt werden. Durch die Dashboards können auch Benachrichtigungen erstellt werden. Für die Einrichtung der Benachrichtigungen ist kein technisches Wissen nötig[54]. Die in den Dashboards enthaltenen Informationen sind nicht nur für ihre Autoren von Relevanz. Weitere Personen innerhalb oder außerhalb einer Organisation können Zugriff auf Dashboards mit nützlichen Informationen bekommen, um Prozesse zu beschleunigen und Probleme schneller zu beheben. Um den Zugriff auf das Dashboard zu beschränken, ist es möglich, den Zugriff auf bestimmte Personen per E-Mail oder über SSO-Anmeldeinformationen[55] zu beschränken. SSO (Single Sign-On) ist ein Prozess der einmaligen Authentifizierung und Zugriff auf mehrere Ressourcen. Ziel von SSO ist es, die Anzahl von von Login und Passwort in heterogenen Umgebungen zu reduzieren[56]. Außerdem hat die Einbindung von Dashboard-Informationen auf Infranet-Portale das Potenzial, Transparenz und eine schnelle Verbreitung von Informationen zu schaffen[57].

Zu Testzwecken wurde ein Dashboard mit einigen Widgets erstellt. Das erste Widget in der Abbildung 12 zeigt, wie oft auf die Objekte eines Buckets in S3 zugegriffen wird. Die

[52] AWS Cloud Watch Events: User Guide. S.2[14]
[53] Amazon SNS ist ein AWS-Dienst für die Benachrichtigung an Personen und an Applikationen.[31]
[54] AWS Cloud Watch : User Guide. S.28[15]
[55] AWS Single Sign-On.[34]
[56] Securing User Authentication using Single SignOn in Cloud Computing[71].
[57] Business Knowledge Management: Wertschöpfung durch Wissensportale[2].

andere zeigt die Anzahl der Aufrufe der CloudWatch-API an. Beide Widgets verwenden Standardmetriken, welche keine Kosten verursachen. Ein Widget ist ein grafischer Weg, um Metriken in CloudWatch darzustellen. Unter anderem gibt es Widgets für Zahlen, Linien, [More]etc. [Rev update this] Es wurde bereits erwähnt, dass es möglich ist, das

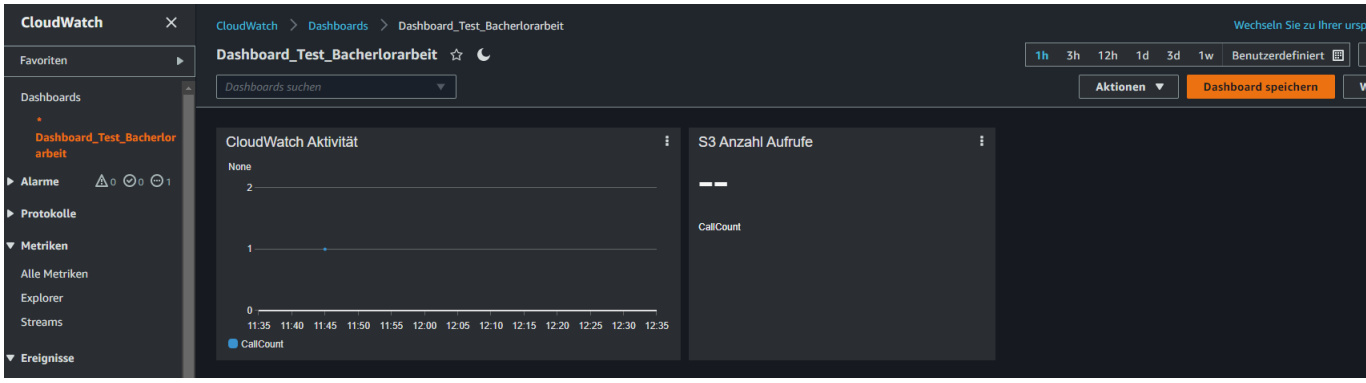



Abbildung 9
Dashboard-Test in CloudWatch.

Dashboard zu teilen, ohne Zugang zu Ihrem eigenen AWS-Konto gewähren zu müssen. Das hier erwähnte Dashboard wurde für den öffentlichen Zugriff temporär freigegeben. Über den Folgenden Link kann man auf das Dashboard zugreifen: `t.ly/fNbyT`

### Fakturierungsalarme mit CloudWatch

AWS CloudWatch empfängt Abrechnungsmetriken von allen AWS-Diensten. Auch von AWS-Rechnungen, auf der Grundlage dieser Metriken ist es daher möglich, Regeln zu erstellen, die bei Überschreitung des geplanten Budgets Alarmen in Form von Benachrichtigungen auslösen. Wenn ein bestimmter Prozentsatz oder Betrag des festgelegten Budgets überschritten wurde. Die oben genannten Alarme finden ihre Anwendung unter anderem im Kostenverlaufsplan. Der Kostenverlaufsplan gehört zum Projektmanagement, welcher Kosten eines Projekts phasenweise oder kumuliert bereitstellt[58]. Im Anhang I befindet sich die Vorlage für die Erstellung eines Fakturierungsalarms in JSON und YAML Format.

## 4.2 AWS Cost-Explorer

*Cost-Explorer* erstellt Berichte über die Kosten und die Nutzung von AWS-Diensten. Darüber hinaus wird eine Kostenprognose für die nächsten Monate erstellt, welche auf die

[58]Kompakte Einführung in das Projektmanagement. S.96[4].

Kosten der vergangenen Monaten basiert. Die Nutzung des Cost-Explorers ist kostenlos, nur API-Aufrufe sind kostenpflichtig [59].

### Standardberichte

Standardberichte sind vorgefertigte Berichte, die die Nutzung oder die Kosten nach einer selbstdefinierten Zeitraum zeigen. Diese zeigen eine grafische Darstellung der stündlichen, täglichen oder monatliche Kosten nach Dienst, die Abdeckung und die Auslastung von reservierten Instanzen oder die in Saving Plans Zahlungsmodell und die Ausgaben auf dem AWS Marketplace[60]. Die Berichte über die Abdeckung und Auslastung der reservierten Instanzen wurde im TrueCar-Anwendungsfall verwendet. Dies findet sich in Unterkapitel 3.5.

Eine weitere Verwendung dieser Informationen findet sich im Bereich der Marketing. Als Beispiel, ein Unternehmen, das ein Freemium-Dienst[61] anbietet. Die Marketingabteilung möchte eine Werbekampagne durchführen. Durch eine Werbekampagne werden in der Regel neue Nutzer generiert, und zwar sowohl zahlende als auch nicht zahlende Nutzer. Normalerweise gilt: Je mehr Nutzer, desto größer die Belastung für die IT-Infrastruktur. Um die im Zusammenhang mit der Werbekampagne durch neue Nutzer entstehenden Kosten zu messen, werden die tatsächlichen Kundenakquisitionskosten (CAC)[62] berechnet, wobei nur die Kosten der nicht zahlenden Nutzer berücksichtigt werden. Zur Unterscheidung zwischen alten(vor der Werbekampagne) und neuen Nutzern wird das Datum der Erstellung des Nutzerkontos verwendet. Kunden, die aufgrund der Werbekampagne von der kostenlosen zur kostenpflichtigen Version des Dienstes gewechselt haben, werden in einer anderen Kategorie[63] ausgeschlossen.

Die Formel für die Berechnung der Kundenakquisitionskosten lautet wie folgt:
Anfallende Marketingkosten (MK) plus Vertriebskosten (VK) durch die Anzahl der gewonnenen Kunden (GK).
Kosten von Nutzern, die den Dienst kostenlos in Anspruch nehmen, würden in diesem Fall in den Vertriebskosten enthalten sein. Auf diese Weise ist die Marketingabteilung in

[59] AWS Cost Management Pricing[23].
[60] AWS Marketplace ist ein Einkaufskatalog für Software von Drittanbietern[35].
[61] Ein Freemium-Dienst bietet in der Regel zwei Versionen an, eine kostenlose und eine kostenpflichtige[52].
[62] Kundenakquisitionskosten sind alle anfallenden Kosten in der Customer Acquisition-Phase für ein Unternehmen[51].
[63] Cost-per-Action (CPA)[53].

der Lage, die tatsächlichen Kosten pro zahlenden Neukunden zu berechnen, die durch die Werbekampagne generiert wurden.

**Leistungskennzahlen (KPI)[Rev][Rev]**

Cost-Explorer-Berichte enthalten Daten, die die Merkmale eines guten KPI erfüllen. Sie sind spezifisch und in Bezug auf die Zeit messbar.

In der Abbildung 10 werden die durchschnittlichen Kosten pro Stunde für EC2-Instanzen, den Prozentsatz der Instanzen einer bestimmten Generation und der Vorgängerversionen, die Abdeckung nach Zahlungsmodell und die Verteilung des S3-Speichers nach Speicherklassen berechnet. In diesem Dashboard werden Metriken aus CloudWatch und Cost-Explorer-Berichten zusammengestellt.

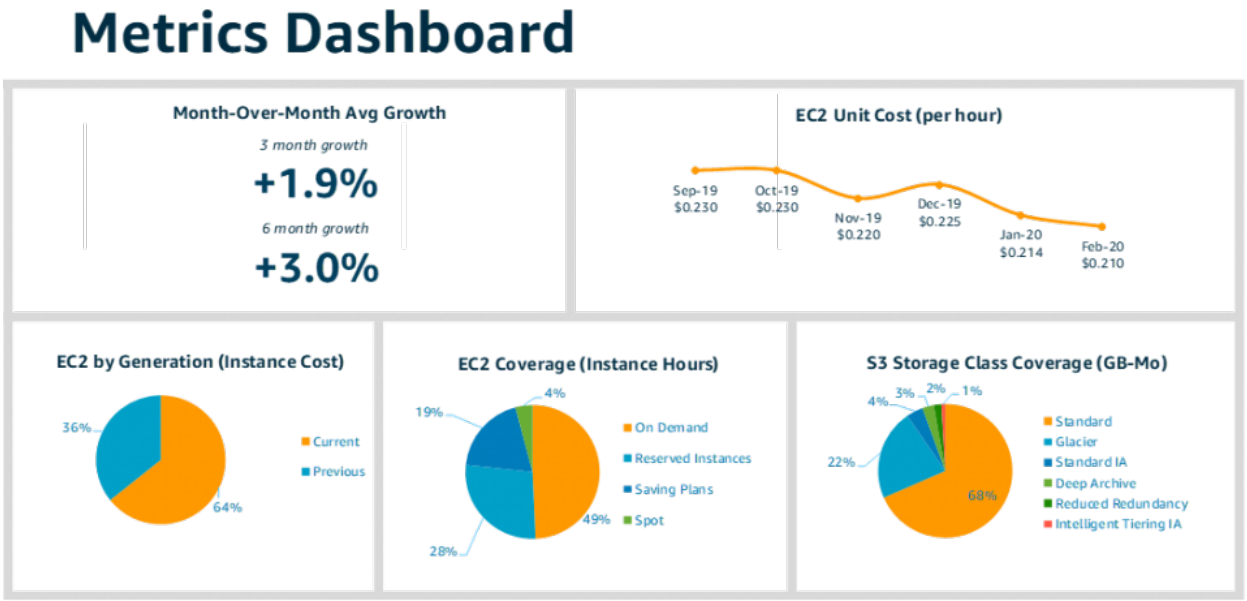



Abbildung 10
Dashboard mit EC2 und S3 Metriken[36]

Wie in der Abbildung 11 zu sehen, ist es möglich, mathematische Operationen mit den Metriken durchzuführen, um zum Beispiel Durchschnittswerte, Prozentsätze und vieles mehr zu berechnen.

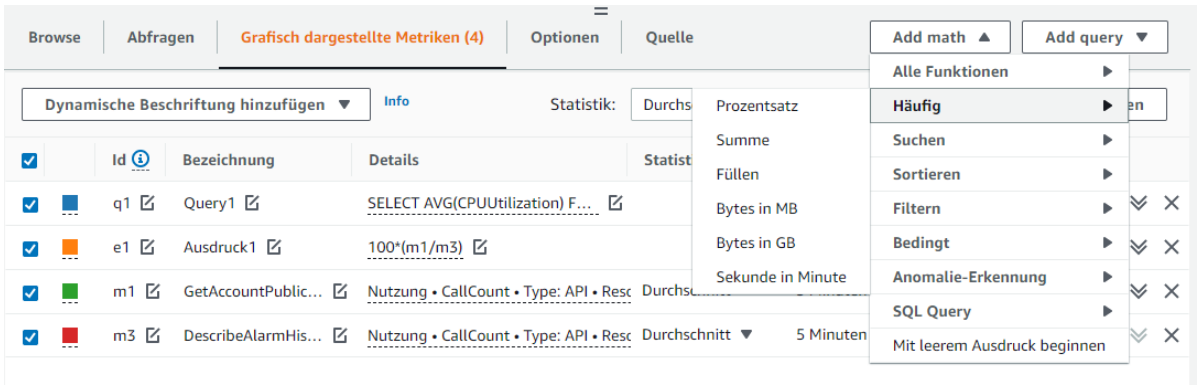



Abbildung 11
Mathematische Operationen an Cloud-Diensten in CloudWatch.
Quelle: CloudWatch AWS-Console

### Budgetplanung

Die Budgetplanung ist eine Methode der Kostenkontrolle, die beim Start eines neuen Projekts eingesetzt wird[64]. Der Cost-Explorer Berichte über die in den letzten zwölf Monaten entstandenen Kosten zusammen mit der Prognose der Kosten der kommenden zwölf Monaten tragen zu einen guten Budgetplanung bei. Durch die Möglichkeit, die in den letzten Monaten angefallenen Kosten nach bestimmten AWS-Diensten, Projekt oder Abteilung zu trennen, ist es möglich, operative Budgetplanungen aus vergangenen Projekten mit Genauigkeit zu erstellen.

> „Bei der operativen Planung wird von einem Zeithorizont von einem Jahr ausgegangen. Hier liegt der Fokus darauf, Ressourcen konkret zuzuweisen und detailreicher zu planen. Welche Mittel werden wofür verwendet und welche kurz- und mittelfristigen Ziele sollen durch diesen Mitteleinsatz erreicht werden"[43]. In dem Fall dieser Arbeit sind die obengenannten Ressourcen die AWS-Dienste.

Cost-Explorer liefert Informationen zur Rechtfertigung von Ausgaben aus im Voraus festgelegten Budgets, hilft bei der Planung künftiger Budgets und unterstützt die Verfolgung von KPIs.

## 4.3 AWS Trusted Advisor[Rev]

*AWS Trusted Advisor* ist ein Werkzeug, das Empfehlungen zur Kostenreduzierung, Verbesserung der Systemverfügbarkeit und Erhöhung der Systemsicherheit gibt. Die Emp-

[64] Cost Control Methods: Definitions and Examples[44].

fehlungen basieren auf Best-Practices, die im Laufe der Jahre durch die Beteuerung von AWS-Kunden gesammelt wurden und Prüfungen, die auf dem bestehenden AWS-Konto durchgeführt wurden. In dieser Arbeit werden Empfehlungen in Bezug auf Servicekontingente und Kostenoptimierung insbesondere betrachtet, weil es sich um Empfehlungen handelt, die mit Kostenüberwachung und -optimierung zusammenhängen. Der Status von Prüfungen von Trusted Advisor sind über CloudWatch Events zugänglich.

Es ist zu berücksichtigen, dass nur limitierte Sicherheitsprüfungen (6 Prüfungen Stand November 2021) für Konten in den Plänen Developer und Basic Support kostenlos sind. Prüfungen für die Kategorie Servicekontingente sind kostenlos. Detaillierte Informationen und Empfehlungen von der Kategorien Kostenoptimierung, Performance und Fehlertoleranz sind nur zugänglich, wenn ein Business- oder Enterprise-Konto vorliegt[65].
Die Abbildung 12 zeigt die fünf Kategorien von Trusted Advisor mit jeweils 3 Arten von


Abbildung 12
AWS Trusted Advisor Kategorien[21]

Indikatoren. Die Indikatoren zeigen an, welche Prüfungen durchgeführt wurden. Grün bedeutet, dass keine Fehler oder zu prüfenden Empfehlungen vorhanden sind. Warnungen werden durch orangefarbene Indikatoren und Fehler durch rote Indikatoren angezeigt.

Diese Empfehlungen scheinen ein angemessener Startpunkt für die Untersuchung von AWS-Diensten zu sein. Eine genauere Untersuchung erfolgt mithilfe anderer Werkzeuge wie CloudWatch oder Cost-Explorer.Die Empfehlungen für die Kategorien Kostenoptimierung und Servicekontingente werden in der AWS-Dokumentation[66] nur kurz beschrieben und sind in einem Basiskonto nicht zugänglich. Diese Kategorien lassen sich daher in eingeschränkter Weise unter der aktuellen Umständen untersuchen. Es bestehen Empfehlungen für verschiedene Dienste unter anderem für EBS, Route 53, RDS und AWS Lambda. Im Folgenden werden Empfehlungen zu EC2-Instanzen gegeben, da dies der

[65] Trusted Advisor[21]
[66] AWS Support - Benutzerhandbuch. S.59-65 und S.83-94 [37]

Fokus dieser Arbeit entspricht. Empfehlungen für S3-Speichereinheiten sind im Trusted Advisor nicht verfügbar.

#### Empfehlungen zur Kostenoptimierung

Sollten EC2-Instanzen mit geringer Auslastung gefunden werden, wird es diese bei Trusted Advisor signalisiert. Denn diese Instanzen verursachen Kosten, welche durch die Terminierung oder das Pausieren vermieden werden können. Eine geringe Auslastung wird von AWS definiert, wenn Instanzen in den letzten 14 Tagen eine CPU-Auslastung von 10% oder weniger hatten und wenn der Netzwerkverkehr in den letzten 4 Tagen gleich oder kleiner als 5 MB war.

Reservierte Instanzen, die in der letzten 30 Tage abgelaufen sind oder in den kommenden 30 Tage ablaufen werden werden hervorgehoben. Auf diese Weise kann vermieden werden, dass die Reservierung von Instanzen vergessen wird oder dass sie erneuert werden müssen, wenn sie bereits abgelaufen sind.

Empfehlungen des Cost Explorers zu Saving Plans werden auch im Trusted Advisor angezeigt. Saving Plans sind eine mögliche Sparalternative zu reservierten Instanzen. AWS weist darauf hin, dass nur eine der beiden Maßnahmen zur Instanzreservierung durchgeführt werden sollte.

Trusted Advisor erstellt Simulationen möglicher Kombinationen von reservierten Instanzen und On-Demand-Instanzen. Dies könnte dazu dienen, die Auswahl reservierter Instanzen auf der Grundlage von AWS-Simulationen zu erleichtern.

#### Empfehlungen zur Servicekontingente

In der Kategorie Servicekontingente(auch als Kontingente bekannt) werden Empfehlungen zur Vermeidung von Grenzwertüberschreitungen hervorgehoben. Sich dieser Grenzen bewusst zu sein, gibt die Möglichkeit, rechtzeitig zu handeln und es trägt zu Kostenkontrolle über die AWS-Cloud-Dienste bei.

Für Auto-Scaling-Gruppen wird es geprüft, ob deren Nutzung mehr als 80% des Kontingents beträgt. [Rev]Aufgrund fehlender Informationen in der AWS-Dokumentation wird interpretiert, dass eine Auto-Scaling-Gruppe als eine einzelne Recheneinheit betrachtet wird und eine Auslastung von mehr als 80% als Näherung an die Grenze der Rechenka-

pazität angesehen wird. Dies wird eine Anpassung der Startkonfiguration für eine bessere Skalierung zur Folge haben.

Prüfungen, die die Nutzung eines Kontingents über 80% betragen, werden auch für On-Demand-Instances, Reserved Instances, EC2-Classic Elastic IP Addresses und EC2-VPC Elastic IP Addresses angezeigt.

**Trusted-Advisor Kostenerwägungen**

Bei der Erwägung von Trusted-Advisor ist zu berücksichtigen, ob es kosteneffizient ist, für Support-Pläne zu zahlen. Da diese den Zugang zu allen Empfehlungen des Trusted Advisors ermöglichen. Eines der Ziele dieser Arbeit ist es, die Entstehung der Kosten auf eine praktikable Weise zu verstehen (Kostenüberwachung). Einschränkend lässt sich sagen, ob alle Empfehlungen von Trusted Advisor zu echten Einsparungen führen.
Es wäre nicht sinnvoll, Kosten für AWS-Dienste wie Business- oder Enterprise Support zu übernehmen, wenn diese die möglichen Einsparungen übersteigen. Die Vorteile von Business- oder Enterprise Support-Plänen beschränken sich nicht auf Kosteneinsparungen und Kostenbegrenzung, sondern tragen auch zur Sicherheit und Leistung bei. Dabei stellt sich die Frage, ob die Empfehlungen aller fünf Kategorien für die aktuelle Situation des Unternehmens benötigt werden. [[Rev]Hier die Handlungen?]

Die Preise für einen Business Support-Plan sind wie folgt definiert. Der Prozentsatz basiert auf der monatlichen Gebühr für AWS-Dienste.
Zwischen 0 USD und 10,000 USD: 10% oder 100 USD. Je nachdem, was größer ist.
Zwischen 10,000 USD und 80,000 USD: 7%.
Zwischen 80,000 USD und 250,000 USD: 5%.
Ab 250,000 USD: 3%[67].

Die Preise für einen Enterprise Support-Plan sind wie folgt definiert. Der Prozentsatz basiert auf der monatlichen Gebühr für AWS-Dienste.
Zwischen 0 USD und 150,000 USD: 10% oder 15,000 USD. Je nachdem, was größer ist.
Zwischen 150,000 USD und 500,000 USD: 7%.
Zwischen 500,000 USD und 1,000,000 USD: 5%.
Ab 1,000,000 USD: 3%[68].

[67] AWS Support Plan Pricing - Business Support-Plan, 2021, o.S. [38]
[68] AWS Support Plan Pricing - Business Enterprise-Plan, 2021, o.S. [38]

Beide Pläne bieten rund um die Uhr technischen Support durch AWS-Ingenieure und andere zusätzliche Dienstleistungen, auf die in dieser Arbeit nicht weiter eingegangen wird. Die Preise der Support-Pläne geben einen Hinweis darauf, ob die zu zahlende Empfehlungen von Trusted Advisor zur Kostenoptimierung und -überwachung kosteneffizient werden.

## 4.4 Überwachungswerkzeuge gemäß ihrer Verwendung

Abbildung 13 fasst die Überwachungswerkzeuge zusammen und listet deren Einsatzmöglichkeiten auf. [[Rev]NOCH NICHT VOLLSTÄNDIG]

| Überwachungswerkzeuge gemäß ihrer Verwendung | | | |
|---|---|---|---|
| | **Cloud-Watch** | **Cost-Explorer** | **Trusted-Advisor** |
| Visualisierung der CPU utilization | x | | |
| Analyse von Kosten nach Tags, Monat... | | x | |
| Benachrichtigung/Alarmen von Events | x | | |
| Empfehlungen bezüglich RIs | | x | x? |
| Um Ressourcen nach Tag zu | | x | |
| Prognose für kommende Kosten | | | |
| | | | |
| | | | |

Abbildung 13
Überwachungswerkzeuge gemäß ihrer Verwendung
Eigene Darstellung[13, 21, 22].

## Fazit

In diesem Kapitel wurde gezeigt, dass es mit CloudWatch möglich ist, Alarme auf Basis von Ereignissen einzurichten, die mit Amazon SNS oder externen E-Mail-Adressen kommunizieren. Aus dem Blickwinkel des Kostenmanagements wurde gezeigt, dass mit Cost-Explorer eine Analyse von Kosten der letzten 12 Monate, eine Einschätzung der Kosten im aktuellen Monat und eine Prognose für die nächsten Monate möglich ist. Diese Informationen dient unter anderem zur Erstellung einer operativen Budgetplanung mit genaueren Daten, da Kosten nach Tags und anderen Filtern getrennt werden können. Darüber hinaus wurde Trusted Advisor vorgestellt, die konkrete Optimierungsempfehlungen gibt und warnt über Leistungsgrenzen. Dies kann mit erheblichen Kosten verbunden

sein und ist daher nicht für alle Arten von Unternehmen unmittelbar attraktiv. Obwohl sich nicht alle Unternehmen die Prüfungen von Trusted Advisor leisten können, sollten die kostenlosen Empfehlungen im Überwachungs- und Optimierungsplan berücksichtigt werden. [WAS KOMMT IN NÄCHTEN KAP.?]

# 5 Optimierungsmaßnahmen

[Rev]Die mit den Überwachungswerkzeuge gesammelte Informationen, bilden die Grundlage für die Optimierungsmaßnahmen. In diesem Kapitel werden die mithilfe der Werkzeuge gewonnenen Informationen genutzt, um über die am besten geeigneten Optimierungsmaßnahmen zu entscheiden.

## 5.1 EC2 Auto Scaling

*Auto Scaling* oder automatische Skalierung von Instanzen ist es hilfreich, um die richtige Anzahl von EC2-Instanzen zur Verfügung zu haben, um die Anwendungslast dynamisch abzudecken[69]. Dieses wird als *horizontale Skalierung* bezeichnet[70].

Die Abbildung 14 zeigt das wechselnde Verhalten einer Beispielanwendung, die vor allem unter der Woche genutzt wird. Am Wochenende sinkt die Nachfrage nach Rechnerkapazität auf weniger als 25 % und lässt den Rest der Kapazität ungenutzt.

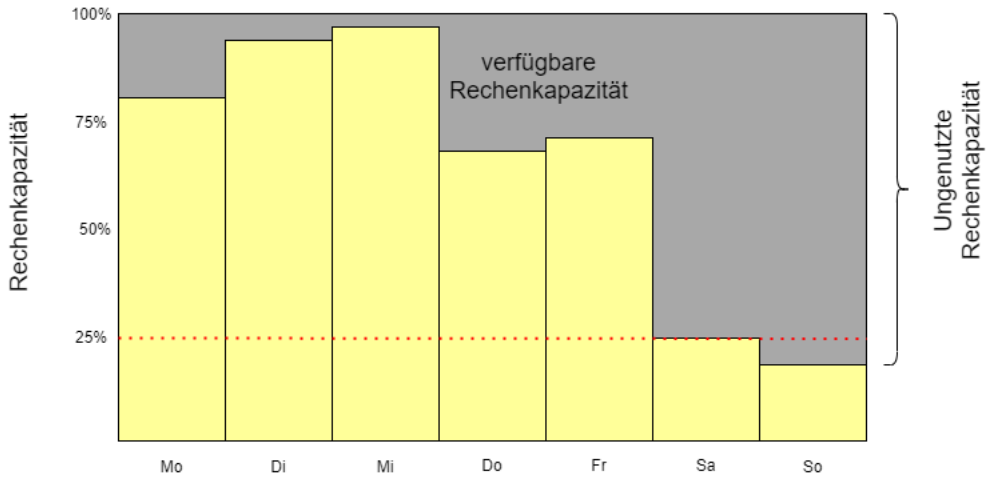



Abbildung 14
Ungenutzte Rechenkapazität ohne automatische Skalierung.
Quelle: Eigene Darstellung mit fiktiven Angaben.

Die gelben Säulen stellen die tägliche genutzte Rechenkapazität dar. Die graue Zone entspricht ungenutzte Rechenkapazität und beträgt etwa ein Drittel der wöchentlichen Rechnerkapazität.

[69] Was ist Amazon EC2 Auto Scaling? S.9[32]

[70] Die Grundbedeutung der horizontalen Skalierung ist, dass Systeme durch zusätzliche Komponenten erweitert werden. Im Gegensatz dazu bedeutet der Begriff "vertikale Skalierung", dass einer einzelnen Komponente zusätzliche Leistungsfähigkeiten und Ressourcen hinzugefügt werden. o.S.[61]

### Auto Scaling Group

Die Instanzen, die zur Deckung der erforderlichen Rechenkapazität zur Verfügung stehen, werden in einer Auto-Scaling-Gruppe(Auto Scaling Group) gruppiert[Rev anderes Wort]. Diese Gruppe von Instanzen wird in AWS als Auto-Scaling-Gruppe bezeichnet. Bei der Erstellung einer Auto-Scaling-Gruppe wird eine minimale, gewünschte und maximale Anzahl von Instanzen definiert.

Die Abbildung 15 zeigt die gewünschte Instanzen einer Auto-Scaling-Gruppe, welche beim Start der Auto-Scaling-Gruppe gestartet werden. Die minimale und maximale Anzahl von Instanzen sind die Grenzwerte für die Auto-Scaling-Gruppe.

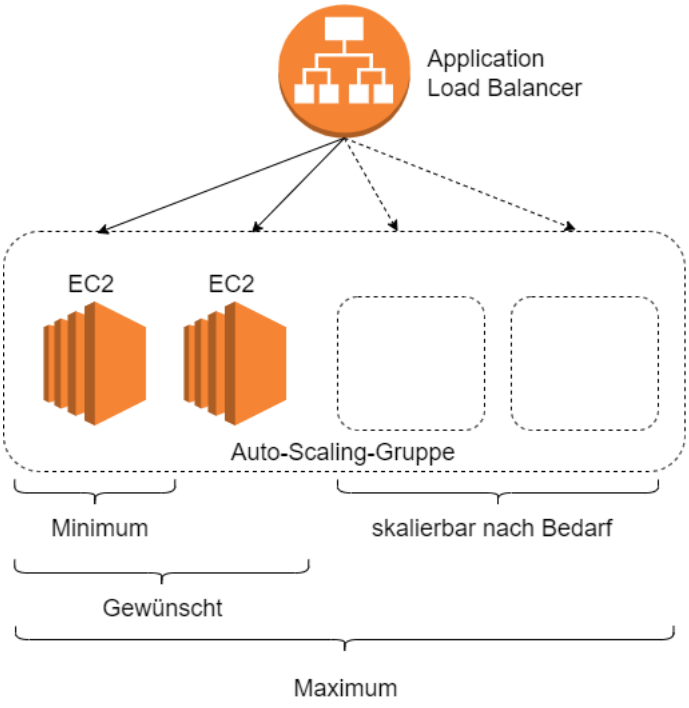



Abbildung 15
Auto-Scaling-Gruppe nach den Anzahl der Instanzen und
die Umleitung der Datenverkehr durch dem Application Load Balancer.
Quelle: Eigene Darstellung basiert auf Amazon
EC2 Auto Scaling - Benutzerhandbuch. S.9[32].

#### Elastic Load Balancing

*Elastic Load Balancing* verteilt den eingehenden Anwendungsverkehr automatisch auf alle laufenden EC2-Instanzen. Elastic Load Balancing hilft bei der Verwaltung eingehender Anfragen, indem es den Datenverkehr umleitet[71]. Dies sorgt dafür, Instanzen mit einem ähnlicher CPU-Auslastung arbeiten. Die Abbildung 15 zeigt ein Application Load Balancer, welcher den Datenverkehr den Datenverkehr auf die Instanzen einer Auto-Scaling-Gruppe verteilt.

### 5.1.1 Zeitgesteuerte Skalierung

#### Nicht produktive Umgebungen

In einem On-Premise-System mache es, wenn überhaupt, einen kleinen Unterschied bei den Kosten, dass Instanzen die ganze Zeit aktiv bleiben(Anders Lisdorf, 2021, S. 153,[3]). Im Gegensatz dazu ist es bei On-Demand-Zahlungsmodelle sinnvoll Zeiträume zu definieren, in denen Instanzen abgeschaltet werden können, um der Nutzung von AWS-Diensten zu reduzieren. Bei Systemen, die nur tagsüber und unter der Woche in Betrieb sein müssen, kann dies eine Einsparung von zu 67% bedeuten. Wenn zum Beispiel Test- und Beta-Umgebungen von Montag bis Freitag von 7 bis 20 Uhr laufen würden.

### 5.1.2 Dynamisches Auto Scaling

Es kann jedoch zu schnelle und kontinuierliche Änderungen im Verhalten von Applikationen geben, häufig innerhalb von wenige Minuten. Bei solche Szenarien ist sinnvoller, Metriken zur automatischen Anpassung der Skalierung der Rechenkapazität festzulegen. Beispiele für eine veränderte Nutzung von Applikationen finden sich bei Tinder und OkCupid, zwei der größten Dating-Applikationen in den vereinigten staaten.
Die Abbildung 17 zeigt die Nutzungsspitzen bei den genannten Applikationen. Dieses wechselnde Verhalten wirkt sich unmittelbar auf die zu verschiedenen Tageszeiten benötigte Rechenkapazität aus und macht eine dynamische Skalierung der Rechenkapazität erforderlich, wenn das Ziel darin besteht, ungenutzte Cloud-Dienste abzuschalten. Als Konsequenz der Abschaltung von ungenutzten Cloud-Diensten folgt die Reduzierung von Kosten.[Rev] Die für die automatische Skalierung erforderlichen Metriken wurden näher im Unterkapitel 4.1 erwähnt. Eine der Metriken, die von Cloudexperten/AWS benutzt wird, ist die gesamte CPU-Auslastung(CPU-Utilization). Um die CPU-Auslastung als

[71] In diesem Fall beschränkt auf den Application Load Balancer. Amazon Elastic Container Service Entwicklerhandbuch - Load Balancer-Typen - S.617[39]

| Zeitgesteuerte Skalierung von EC2-Instanzen | | |
|---|---|---|
| | 7:00-20:00 Uhr Montag-Freitag | 24/7 |
| Stunden inaktiv täglich | 11 | 0 |
| Stunden aktiv täglich | 13 | 24 |
| Tagen in der Woche | 5 | 7 |
| Stunden in der Woche | 55 | 168 |
| Stunden monatlich | 239 | 730 |
| **Einsparung/Differenz %** | **67.26%** | |

| | | |
|---|---|---|
| Stundensatz | €0.1536 | |
| Anzahl Instanzen | 2 | |
| **On-Demand Kosten pro Monat*** | €73.42 | €224.26 |

Abbildung 16
Berechnung für ein nicht-produktive Umgebung mit Zeitgesteuerte Skalierung.
Quelle: Eigene Darstellung.
Der Stundensatz wurde am 23.11.2021 mit dem AWS Pricing Calculator ermitellt für Linux Instanzen in Frankfurt mit 4vCPUs, 16 GB Arbeitsspeicher und Instanz-Familie t4g.xlarge in On-Demand-Zahlungsmodell[18].

Metrik zu verwenden, werden mindestens zwei Schwellenwerte definiert. Eine für die Erhöhung von Rechenkapazität, *Scale-Out* genannt und eine für das Verringern von Rechenkapazität bezeichnet als *Scale-In*.

### 5.1.3 Manual Scaling

Für die Konfiguration einer Auto-Scaling-Gruppe werden die minimale, maximale und gewünschte Anzahl von Instanzen definiert. Wenn aufgrund von Bedingungen, die in der Konfiguration einer Auto-Scaling-Gruppe nicht berücksichtigt wurden mehr Rechenkapazität benötigt wird, ist es möglich, die Rechenkapazität manuell zu steuern. Dies geschieht, ohne dass die aktiven Instanzen unterbrochen werden.

### 5.1.4 Predective Scaling

Voraussagende Skalierung oder Predictive Scaling auf Englisch, nutzt maschinelles Lernen, um den Kapazitätsbedarf auf der Grundlage historischer Daten von CloudWatch

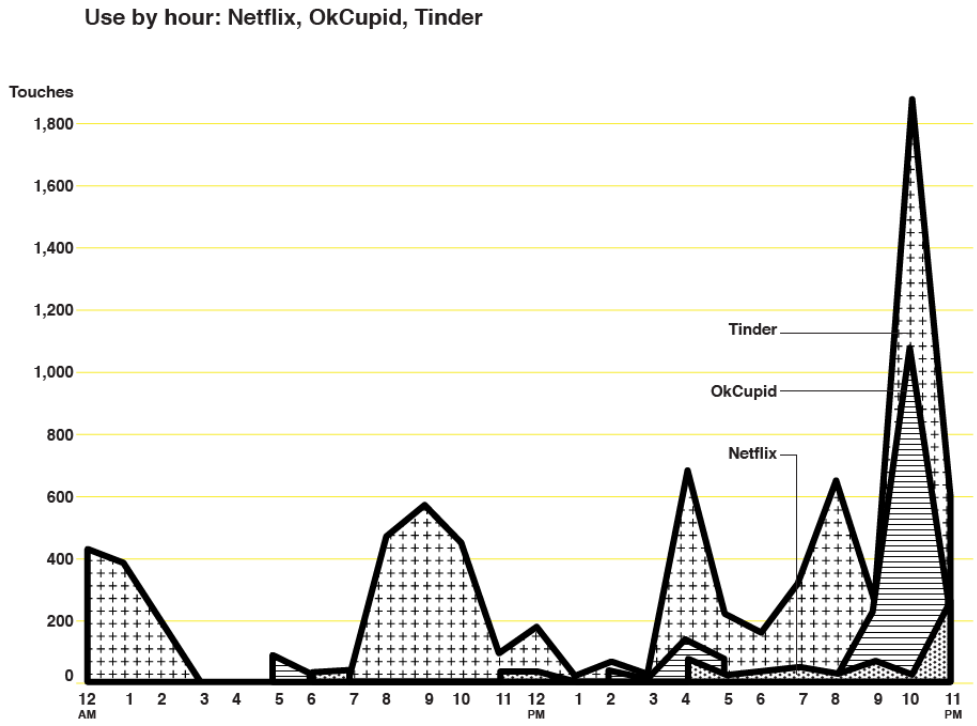



Abbildung 17
DScout's Study: "Putting a Finger on Our Phone Obsession".
Nutzung pro Stunde von Netflix, OkCupid und Tinder während des Tages[64].
Mit Touches sind die Anzahl der Klicks, Swipes oder einfachen Interaktionen mit der Applikation gemeint.

vorherzusagen. Mit Hilfe der Predictive Scaling kann es die Kapazität vor der erwarteten Auslastung bereitstellen, im Gegensatz zur dynamischen Skalierung, die reaktiv ist. Für Instanzen, die viel Zeit für die Initialisierung benötigen kann die Zeit zwischen dem Beginn des Nachfrageanstiegs und der Initialisierung der Instanz vermieden oder verkürzt werden. Anders als Zeitgesteuerte Skalierung ist es nicht notwendig, die Verhaltensmuster der Anwendungen zu analysieren.

## 5.2 S3 Optimierung

### 5.2.1 Die richtige Speicherklassen wählen[Rev]

Um die Speicherkosten zu optimieren, ist es daher notwendig, die richtige Speicherklassen für die jeweilige Applikation wählen. Um die richtige Wahl zu treffen, müssen die Anforderungen der Applikation verstanden werden. Ärztliche Patientenakten und Instagram-

Stories[72] sind zwei Beispiele für Daten, die nach deren Erstellung in einem Archiv gespeichert und nicht gelöscht werden. In Deutschland müssen ärztliche Patientenakten mindesten zehn Jahre aufbewahrt werden[73]. Die Zugriffshäufigkeit und die Aufbewahrungszeit sind die zwei Hauptkriterien für die Verschiebung von Daten zwischen Speicherklassen.[Rev: Zitat! ]

AWS bietet verschiedene Speicherklassen an, die sich im Preis und in der Häufigkeit des Zugriffs auf die Objekte unterscheiden. Objekte sind in Behältern enthalten, die Buckets genannt werden. Wenn Daten über einen längeren Zeitraum gespeichert werden müssen, weil die Anforderungen der Applikation dies vorschreiben oder für den Fall dass, per Gesetz auf die Informationen in der Zukunft zugegriffen werden muss. [UMFORMULIEREN] Zusätzlich, wenn auf die Daten nicht häufig zugegriffen wird, sind Glacier und Glacier Deep Archive passende Speicherklassen. Die Entscheidung ist jedoch nicht immer so einfach und die Umstände können sich schnell ändern. Hinzu kommt, dass nicht alle Daten in einer Applikation immer die gleichen Zugriffsmuster haben. Für solche Fälle ist es möglich, Regeln zu definieren, die Dateien zwischen verschiedenen Speicherklassen abhängig von ihrem Alter übertragen.

### 5.2.2 Lebenszyklus-Konfiguration

Die *Lebenszyklus-Konfiguration* oder *lifecycle policy* ist eine Maßnahme zur Optimierung S3-Speichereinheiten. Eine S3-Lebenszykluskonfiguration beschreibt in einer XML-Datei Regeln und Aktionen für die Verschiebung in unterschiedlichen Speicherklassen von Objekten. Die Verschiebung von Objekten verursachen Kosten. Ein Beispiel von diesen Kosten und mögliche Einsparungen werden in Abbildung 18 vorgestellt.
Um konkretere Regeln zu zu definieren, ist es möglich Tags zu verwenden und somit eine Unterscheidung zwischen Objekten mit verschiedenen Tags zu treffen. Es ist zum Beispiel möglich, alle Objekte mit dem Tag-Wert: Dev nach 45 Tagen nach Standard Infrequent Access und nach 120 Tagen nach S3 Glacier zu verschieben.

```
<LifecycleConfiguration>
<Rule>
  <ID>example-id</ID>
```

[72] Bei Instagram Stories handelt es sich um kurzen visuellen Content in der Regel Bilder oder kurze Videos, die nach 24 Stunden automatisch aus der Applikation Instagram verschwinden(Stand November 2021).[49]

[73] Nach dem Bürgerlichen Gesetzbuch (BGB) § 630f müssen Patientenakten zehn Jahren nach Abschluss der Behandlung aufbewahrt werden, soweit nicht nach anderen Vorschriften andere Aufbewahrungsfristen bestehen. [42]

```
 <Filter>
      <Tag>
         <Key>key</Key>
         <Value>Dev</Value>
      </Tag>
</Filter>

    <Status>Enabled</Status>
    <Transition>
      <Days>45</Days>
      <StorageClass>STANDARD_IA</StorageClass>
    </Transition>
    <Transition>
      <Days>120</Days>
      <StorageClass>GLACIER</StorageClass>
    </Transition>
    <Expiration>
      <Days>365</Days>
    </Expiration>
  </Rule>
</LifecycleConfiguration>

Angepasster Code auf Basis der Beispiele auf Seite 701 in
Amazon Simple Storage Service - User Guide,
```

74

Zur Veranschaulichung ([Rev]der gezeigten Informationen[OHNE ODER DAMIT?]) wird davon ausgegangen, dass ein Sicherheitsunternehmen, das Sicherheitsvideos speichern muss, im Durchschnitt 120 TB an Videos speichern muss. Viele von ihnen werden mindestens 5 Jahre lang aufbewahrt, falls sie vor Gericht als Beweismittel dienen. Ungefähr 50% der Videos werden mindestens einmal im Monat überprüft und müssen laut Gesetz sofort zugänglich sein. Die Software des Unternehmens speichert die Videos in S3-Buckets und hat eine durchschnittliche Größe von 3,4 GB.

Im Folgenden werden die Speicherkosten für ein Szenario berechnet, bei dem nur S3 Standard verwendet wird. Als nächstes wird die Kombination von S3 Standard Infrequent

[74] Amazon Simple Storage Service - User Guide. S.701.[19]

Access, S3 Glacier und S3 Standard für ein Szenario betrachtet, in dem die Dateien je nach Alter verschoben werden. Im letzten Szenario müssen die Kosten für die Verschiebung zwischen Speicherklassen berücksichtigt werden.
Zur Vereinfachung der Berechnung wird angenommen, dass 20% der Dateien in S3 Standard Infrequent Access und 30% in S3 Glacier gespeichert werden.

| | | |
|---|---|---|
| Durchschnittliche Dateigröße | 3.4 | GB |
| Anzahl der Dateien | 36,141 | Überwachungsvideos |
| Gesamtspeicher | 122880 | GB |
| | 120 | TB |

| Ausschließlich S3-Standard verwenden | | |
|---|---|---|
| | **S3 Standard (erste 51200GB)** | **S3 Standard (Nächste 450 TB)** |
| Speicherplatz in GB | 51200 | 71680 |
| Preis pro GB | $0.0245 | $0.0235 |
| Speicherverteilung | 42% | 58% |
| Anzahl der Dateien | 15059 | 21082 |
| Übertragungsgebühr (pro 1.000 Aufrufe) | - | - |
| Kosten für Verschiebung | 0 | 0 |
| Speicherkosten | $1,254.40 | $1,684.48 |
| Gesamtkosten | | $2,938.88 |

| | Lebenszyklus-Konfiguration für die Verwendung von verschiedenen Arten von Speichern | | | |
|---|---|---|---|---|
| | **S3 Standard (erste 51200GB)** | **S3 Standard (Nächste 450 TB)** | **S3 Standard Infrequent Access** | **S3 Glacier** |
| Speicherplatz in GB | 51200 | 10240 | 24576 | 36864 |
| Preis pro GB | $0.0245 | $0.0235 | $0.0136 | $0.0045 |
| Speicherverteilung | 42% | 8% | 20% | 30% |
| Anzahl der Dateien | 15059 | 3012 | 7228 | 10842 |
| Übertragungsgebühr (pro 1.000 Aufrufe) | - | - | $0.0100 | $0.0360 |
| Kosten für Verschiebung | 0 | 0 | $0.72 | $3.90 |
| Speicherkosten | $1,254.40 | $240.64 | $334.23 | $165.89 |
| Gesamtkosten | | | | $1,999.79 |

Abbildung 18
Kostenvergleich durch Nutzung von unterschiedlichen Speicherklassen.

Quelle: Eigene Darstellung mit Stundensätze der S3-Preise[75].
Der Punkt wurde als Dezimaltrennzeichen und das Komma als Tausendertrennzeichen

[75] AWS S3 Pricing[10]

verwendet. Bei der Berechnung wurden die Kosten für das Verschieben von Dateien zwischen Speicherklassen berücksichtigt. Anhand der Berechnungen lässt sich erkennen, dass ein Einsparungspotenzial von rund 1.000 Dollar pro Monat besteht, indem die notwendigen Regeln aufgestellt werden, um einen Teil der Dateien in anderen Speicherklassen zu verschieben, welche niedrigere Preise bieten.

### 5.2.3 Intelligent-Tiering

*Intelligent-Tiering* verschiebt Dateien auf der Grundlage von Zugriffsmustern. Diese Speicherklasse ist ideal für Daten mit wechselnden oder unbekannten Zugriffsmustern. Wie die Senior Product Manager für S3 Ruhi Dang erklärt, einige Unternehmen haben weder die Zeit noch die finanziellen Möglichkeiten, eine Person einzustellen, die ihre Daten sortiert und in die richtige Speicherklasse einordnet. Intelligent Auto Tiering ist eine attraktive Lösung für Unternehmen, die jährlich weniger als $100,000 für Speicher ausgeben [76]. Abbildung 19 zeigt, wie die Dateien in Abhängigkeit davon, ob auf sie zugegriffen wurde oder nicht, verschieben werden.

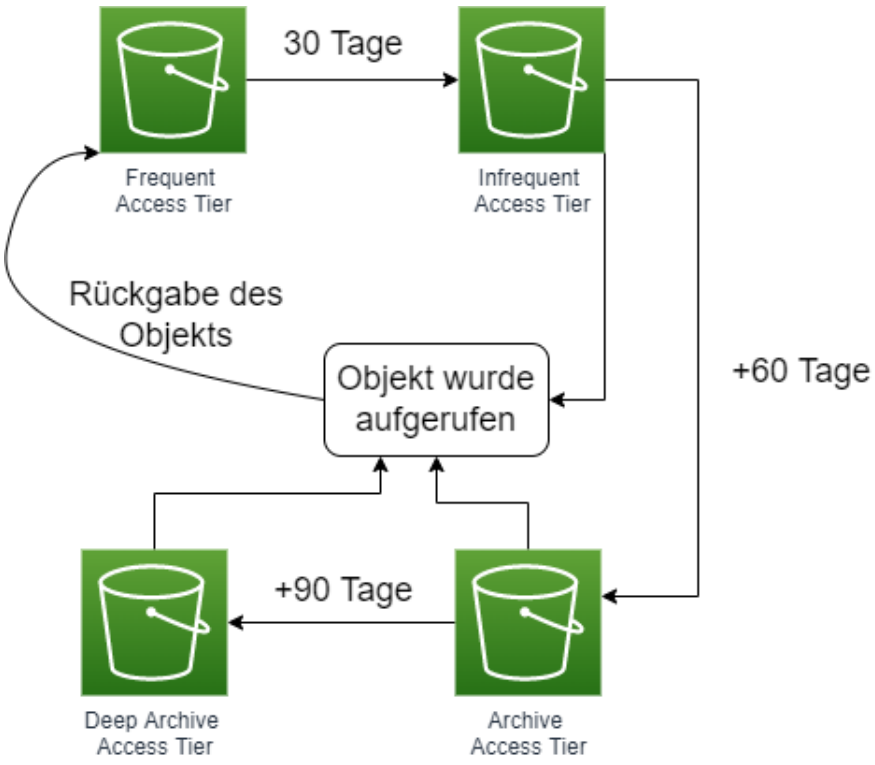



Abbildung 19
Funktionsweise von Intelligent-Tiering

[76] AWS re:Invent 2019: Guidelines and design patterns for optimizing cost in Amazon S3. Minute: 21:12 [17]

Quelle: Eigene Darstellung. [77]

Wird ein Datei zu einem späteren Zeitpunkt aus der Ebene der seltenen Zugriffe aufgerufen, wird es automatisch in eine Speicherklasse der häufigen Zugriffe zurückversetzt.

[77] Amazon Simple Storage Service - User Guide. S.715[19]

# Zusammenfassung und Ausblick

[Rev]

### Kurzdarstellung der Inhalte

Kapitel 2 Die Bedeutung von Cloud-basierten Systemen wurde bestätigt und verstäkt. Zum einen durch die Statistiken[Zitat] über die Nutzung von Cloud-Systemen weltweit. Zum anderen durch die Anzahl von Unternehmen, auch in Deutschland[Zitat], mit erfolgreicher Implementierung von Public Cloud-basierten Systemen. Es hat sich gezeigt, dass viele Unternehmen derzeit Schwierigkeiten haben, auf die Cloud umzusteigen, weil ihnen die technische Qualifikation fehlt[Zitat].
Kapitel 3 Weil EC2 großteil der Kosten ausmacht, wurden die Zahlungsmodelle untersucht und vorgestellt. +Mit einer Berechnung von On-Demand Instanzen mit zeitgesteuerter Skalierung, wurden die möglichen Einsparungen gezeigt. +EC2-Fleet in Kombination mit On-Demand Instanzen ermöglichen die Nutzung von Spot-Instanzen sogar in produktive Umgebungen. Als Folge lassen sich Kosten reduzieren. Wie auch in dem Anwendungsfall von Truecar Inc. sind die Kosten von EC2-Instanzen von großer Relevanz in der Infrastrukturkosten. Durch die korrekte Berechnung der künftig nötigen reservierten Instanzen und deren spätere Überwachung, haben gezeigt, die Möglichkeit, erhebliche Einsparungen zu erreichen/erzielen.
Kapitel **??**: Es wurden drei Überwachungswerkzeuge untersucht mit denen mögliche Überwachungsmaßnahmen?oderOptimierungen?. Cost-Explorer hat gezeigt? wie mit Berichte einen umfangreichen Überblick der Nutzung und Kosten zu verschaffen ist. + 2 Einsatzmöglichkeiten = operative Budgetplanung und Verfolgung von KPIs. CloudWatch:Visualisierung von Metriken mit Dashboards und Benachrichtigungen. Trusted Advisor: Empfehlungen aber nicht alle sind ohne Business/Enterprise Plan zugänglich.
Kapitel 5 EC2(Auto-Scaling): Erklärung von Auto Scaling-Gruppe, Load Balancer und dynamisches Auto Scaling. Berechnung einer nicht produktiven Umgebung mit zeitgesteuerte Skalierung.

S3(Verschiebung innerhalt Speicherklassen): mit Lebenszyklus-Konfiguration HIER wurde eine Berechnung anhand eines Anwendungsfall durgeführt und Intelligent-Tiering

**Kurzdarstellung Problem-Lösungsweg-Ergebnisse**

Kurzdarstellung *Problem(Kosten sind nicht transparent?zugänglich?einfach zu verstehen/-sehen? - Fehlender Fachkraft) – Lösungsweg(Überwachungswerkzeuge+Optimierungsmaßnahmen) – Ergebnisse(Kenntnisse über die nötigen Werkzeugen/Dienste, um Kosten zu optimieren und überwachen)*

**Rückkopplung auf die Einleitung: Wurde die Zielstellung der Arbeit und die Fragestellung zufriedenstellend beantwortet?**

**Kritische Bewertung (sofern nicht bereits im Hauptteil geschehen)**

**Offene Probleme/Themen**

AWS-Organizations, IAM, Mit Serverless können Kosten optimiert werden, möglichweise würde die Komplexität der Anwendung zunehmen., AWS Cost Anomalies,CloudFormation? +Werkzeuge Testen, Maßnahmen ergreifen und Ergebnisse messen.

**Richtung der zukünftigen/möglichen Arbeiten - Weitere Forschungen**

Während der Entwicklung dieser Arbeit wurden S3, Spot-Instanzen, Cost-Explorer, Cloud-Watch und Trusted Advisor (mit Einschränkungen) mit dem kostenlosen AWS-Kontingent getestet.

Es bleibt offen, die Überwachungswerkzeuge zu verwenden und die Optimierungsmaßnahmen zu ergreifen in einer echter IT-Infrastruktur. Zum Beispiel bei Rechenlasten(Wort)?, die nicht vorhersehbar sind, oder bei Entwicklungumgebungen, die nach Arbeitszeiten ein- und ausgeschaltet werden können. Für die Datenspeicherung mit unterschiedlichen Zugriffsmustern werden S3 intelligent-Tiering oder Policies zu testen.d

**Erläuterung, warum welche Aspekte in der Arbeit nicht erläutert**

Es wurden zwei AWS-Dienste untersucht und nicht mehr, um den Fokus auf die meist genutzte und representative Cloud-Dienste zu halten. Trusted Advisor zeigt Optimierungsmaßnahmen für Datenbanken, Netzwerk usw(...)

### Bewusstsein in der gesamten Organisation entwickeln

Zusätzlich zu den bisher genannten Maßnahmen ist es wichtig, dass Verbraucher von Cloud-Diensten Bewusstsein für die Entstehung von Kosten entwikclen[ODER sensibilisier werden?]. Von dem Entwickler bis zum der IT-Manager, jeder sollte wissen, dass es so einfach ist, Cloud-Dienste mit ein paar Klicks zu beauftragen[78]. Diese können in kurzer Zeit ungewünschte Kosten verursachen oder sogar über Jahre hinweg wirtschaftliche Schäden verursachen.

### Die richtige Personen finden, Ownership/Commitment verbreiten

Die technischen Maßnahmen zur Überwachung und Kostenreduzierung wurden dargelegt, aber jemand muss diese Analysen, Anpassungen und Entscheidungen durchführen. Deshalb ist es wichtig, bestimmte Personen zu berücksichtigen, die die Verantwortung für das Geschehen in den Cloud-Systemen übernehmen. Idealerweise Menschen, die sich für das Thema interessieren und über die notwendigen Kenntnisse verfügen, um die gesetzten Ziele zu erreichen.

### 5G/IoT generierte Daten

Mit 5G ist pronostiziert, dass mehr Daten[WIE VIELE / WANN?] automatisch und schnell von Maschinen produziert werden.

### Rentabilität bei der Optimierungsmaßnahmen?

Kostenoptimierung UND -Überwachung SOLLEN DIE Einsparungen NICHT ÜBERSCHREITEN . TRUSTED ADVISOR NICHT FÜR JEDE FIRMA.

### Handlungsempfehlungen

[SIND SIE HIER RICHTIG PLAZIERT? SOLLTEN LIEBER IN FAZIT SEIN?;NOCH ZU VERVOLSTÄNDIGEN]

[78] Plusserver: Kostenoptimierung in AWS, S.5[59].

**Handlungsempfehlung 1:**

Es kann in Erwägung gezogen werden, für einen begrenzten Zeitraum von 3 Monaten einen Support-Plan zu bezahlen, um aus den gegebenen Empfehlungen zu lernen. Oder Business-Plan alle 6 Monate für 1 Monat zu aktivieren.

**Handlungsempfehlung 2:**

Ein Berater für eine Prüfung und Optimierung der AWS-Diensten kann in Deutschland zwischen x und N-EUR kosten. Dies ist eine Alternative zu den Plänen des Trusted-Advisor. Ein Berater, der alle 5 Kategorien abdeckt, könnte [BETRAG] kosten.

# Quellenverzeichnis

## Literatur


[1] AWS Certified Solutions Architect - Associate (SAA-C02)
https://books.google.de/books?id=Dp__DwAAQBAJ&lpg=PA29&ots=T5WqfT25mA&dq=Increase%20efficiencies%3A%20Use%20automation%20to%20reduce%20or%20eliminate%20IT%20management%20activities%20that%20waste%20time%20and%20resources.&pg=PA29#v=onepage&q&f=false
ISBN: 9780137325160
(Abgerufen am 02.11.2021)

[2] Business Knowledge Management: Wertschöpfung durch Wissensportale. V.Bach, & H. Österle
ISBN:3-540-42804-6

[3] Anders Lisdorf (2021): Cloud Computing Basics: a Non.-Technical Introduction. Apress.
ISBN-13 (pbk): 978-1-4842-6920-6

[4] Kompakte Einführung in das Projektmanagement. Theo PetersNicole Schelter
https://link.springer.com/book/10.1007%2F978-3-658-31194-0
ISBN: 978-3-658-31194-0


## Internetquellen


[1] Accenture Dienstleistungen GmbH. Hohe Erwartungen an die Cloud: Hürden meistern, Mehrwert maximieren
https://www.accenture.com/de-de/insights/technology/maximize-cloud-value
(Veröffentlicht am 13.11.2020, abgerufen am 12.04.2021)

[2] Accenture GmbH: Navigating the barriers to maximizing cloud value (Vollständiger Bericht auf Englisch)

https://www.accenture.com/_acnmedia/PDF-139/Accenture-Cloud-Outcomes-Exec-Summary.pdf#zoom=40
(Veröffentlicht July-August 2020, abgerufen am 29.11.2021)

[3] AWS Introduction to EC2 Auto Scaling
https://www.aws.training/Details/Video?id=16387
(Abgerufen am 23.09.2021)

[4] AWS On-Demand Instances Pricing
https://aws.amazon.com/de/ec2/pricing/on-demand/
(Abgerufen am 20.10.2021)

[5] AWS-Entwicklerzentrum
https://aws.amazon.com/de/developer/ (Abgerufen am 21.10.2021)

[6] AWS Entwicklung kostenloser Websites und Webanwendungen
https://aws.amazon.com/de/free/webapps/ (Abgerufen am 21.10.2021)

[7] AWS S3 Intelligent-Tiering Adds Archive Access Tiers
https://aws.amazon.com/de/blogs/aws/s3-intelligent-tiering-adds-archive-acce
#:~:text=What%20is%20S3%20Intelligent%2DTiering
(Veröffentlicht am 09.11.2020)

[8] AWS Reserved Instances Pricing
https://aws.amazon.com/de/ec2/pricing/reserved-instances/
(Abgerufen am 22.10.2021)

[9] AWS für Amazon EC2 Spot Instances
https://aws.amazon.com/de/ec2/spot/pricing/ (Abgerufen am 25.10.2021)

[10] AWS S3 Pricing
https://aws.amazon.com/de/s3/pricing/ (Abgerufen am 25.10.2021)

[11] AWS Databases
https://aws.amazon.com/de/products/databases/learn/
(Abgerufen am 28.10.2021)

[12] AWS Saving Plans Pricing
https://aws.amazon.com/de/savingsplans/compute-pricing/
(Abgerufen am 02.11.2021)

[13] AWS Cloud Watch Features
https://aws.amazon.com/de/cloudwatch/features/ (Abgerufen am 03.11.2021)

[14] AWS Cloud Watch Events: User Guide
https://docs.aws.amazon.com/AmazonCloudWatch/latest/events/cwe-ug.pdf#WhatIsCloudWatchEvents (Abgerufen am 04.11.2021)

[15] AWS Cloud Watch : User Guide
https://docs.aws.amazon.com/AmazonCloudWatch/latest/monitoring/acw-ug.pdf#CloudWatch_Automatic_Dashboards_Focus_Service
(Abgerufen am 04.11.2021)

[16] AWS Cloud Watch F.A.Q.
https://aws.amazon.com/de/cloudwatch/faqs/ (Abgerufen am 07.11.2021)

[17] AWS re:Invent 2019: Guidelines and design patterns for optimizing cost in Amazon S3
https://youtu.be/UPzsRk2lFWE?t=1279 (Abgerufen am 18.11.2021)

[18] AWS Pricing Calculator
https://calculator.aws/#/createCalculator/EC2
(Abgerufen am 23.11.2021)

[19] Amazon Simple Storage Service - User Guide
https://docs.aws.amazon.com/AmazonS3/latest/userguide/s3-userguide.pdf#lifecycle-transition-general-considerations
(Abgerufen am 24.11.2021)

[20] Amazon EC2-Spot-Instances
https://aws.amazon.com/de/ec2/spot/?cards.sort-by=item.additionalFields.startDateTime&cards.sort-order=asc
(Abgerufen am 26.11.2021)

[21] AWS Trusted Advisor
https://aws.amazon.com/de/premiumsupport/technology/trusted-advisor/
(Abgerufen am 26.11.2021)

[22] AWS Cost Explorer
https://aws.amazon.com/de/aws-cost-management/aws-cost-explorer/
(Abgerufen am 26.11.2021)

[23] AWS Cost Management Pricing
https://aws.amazon.com/de/aws-cost-management/pricing/
(Abgerufen am 30.11.2021)

[24] Amazon EC2 Reserved Instance Marketplace
https://aws.amazon.com/de/ec2/purchasing-options/reserved-instances/marketplace/
(Abgerufen am 30.11.2021 - Veröffentlicht: 13.05.2020)

[25] AWS by Ben Peven: Running Web Applications on Amazon EC2 Spot Instances
https://aws.amazon.com/de/blogs/compute/running-web-applications-on-amazon-e
(Abgerufen am 01.12.2021)

[26] AWS EC2 Spot Instanzen-Anfragen und Preisverlauf
https://console.aws.amazon.com/ec2sp/v1/spot/home?
(Abgerufen am 01.12.2021)

[27] Amazon Elastic Compute Cloud - Benutzerhandbuch für Linux-Instances
https://docs.aws.amazon.com/de_de/AWSEC2/latest/UserGuide/ec2-ug.pdf#spot-best-practices
(Abgerufen am 01.12.2021)

[28] AWS X-Ray Developer Guide: What is AWS X-Ray?
https://docs.aws.amazon.com/xray/latest/devguide/xray-guide.pdf#aws-xray
(Abgerufen am 03.12.2021)

[29] AWS CloudTrail User Guide Version 1.0: What Is AWS CloudTrail?
https://docs.aws.amazon.com/awscloudtrail/latest/userguide/awscloudtrail-ug.pdf#cloudtrail-user-guide
(Abgerufen am 03.12.2021)

[30] AWS – Allgemeine Referenz - Referenzhandbuch
https://docs.aws.amazon.com/general/latest/gr/aws-general.pdf#aws_tagging
(Abgerufen am 04.12.2021)

[31] AWS – Amazon SNS
https://aws.amazon.com/de/sns/
(Abgerufen am 04.12.2021)

[32] Amazon EC2 Auto Scaling - Benutzerhandbuch
https://docs.aws.amazon.com/de_de/autoscaling/ec2/userguide/as-dg.pdf#what-is-amazon-ec2-auto-scaling
(Abgerufen am 05.12.2021)

[33] AWS CloudFormation - Benutzerhandbuch
https://docs.aws.amazon.com/de_de/AWSCloudFormation/latest/UserGuide/cfn-ug.pdf#quickref-cloudwatch
(Abgerufen am 05.12.2021)

[34] AWS Single Sign-On
https://aws.amazon.com/single-sign-on/?nc1=h_ls
(Abgerufen am 05.12.2021)

[35] AWS Marketplace
https://aws.amazon.com/mp/marketplace-service/overview/
(Abgerufen am 06.12.2021)

[36] Getting Started: Tracking AWS Cost Management Metrics
https://aws.amazon.com/blogs/aws-cloud-financial-management/getting-started-tracking-aws-cost-management-metrics/
(Abgerufen am 06.12.2021)

[37] AWS Support - Benutzerhandbuch
https://docs.aws.amazon.com/de_de/awssupport/latest/user/support-ug.pdf#trusted-advisor
(Abgerufen am 07.12.2021)

[38] AWS Support Plan Pricing
https://aws.amazon.com/premiumsupport/pricing/?nc1=h_ls
(Abgerufen am 09.12.2021)

[39] Amazon Elastic Container Service Entwicklerhandbuch - Load Balancer-Typen
https://docs.aws.amazon.com/de_de/AmazonECS/latest/developerguide/ecs-dg.pdf#load-balancer-types
(Abgerufen am 09.12.2021)

[40] Microsoft Customer Story-Walgreens Boots Alliance delivers superior customer service with SAP solutions on Azure
https://customers.microsoft.com/en-us/story/792289-walgreens-boots-alliance-retailers-azure-sap-migration
(Veröffentlicht am 10. Juni 2020)

[41] Bertelsmeier, Birgit (o. J.): Tipps zum Schreiben einer Abschlussarbeit. Fachhochschule Köln-Campus Gummersbach, Institut für Informatik.
http://lwibs01.gm.fh-koeln.de/blogs/bertelsmeier/files/2008/05/abschlussarbeitsbetreuung.pdf (Veröffentlicht am 29.10.2013).

[42] Bürgerlichen Gesetzbuch (BGB) § 630f
https://www.gesetze-im-internet.de/bgb/__630f.html
(Abgerufen am 08.12.2021)

[43] SevDesk: Definition von Budgetplanung
https://sevdesk.de/lexikon/budgetplanung/#budgetplanung-definition
(Abgerufen am 28.11.2021)

[44] Indeed:Cost Control Methods: Definitions and Examples
https://www.indeed.com/career-advice/career-development/cost-control-methods
(Abgerufen am 29.11.2021)

[45] Ubuntu, delivered by Canonical:A business guide to hybrid/multi-cloud
https://ubuntu.com/engage/multi-cloud-business-guide?utm_source=google_ad&utm_medium=cpc&utm_campaign=7014K000000mSwp&gclid=Cj0KCQiAtJeNBhCVARIsANJUJ2Fb2Xp3WST3woFmmIl1ZfqsMTRzvLVld-BlPE0yKVxdhm4tgxMkIwcB
(Abgerufen am 29.11.2021)

[46] The NIST Definition of Cloud Computing
National Institute of Standards and Technology(NIST) https://nvlpubs.nist.gov/nistpubs/Legacy/SP/nistspecialpublication800-145.pdf
(Abgerufen am 09.12.2021)

[47] IDC Business Value of AWS 2015
http://d0.awsstatic.com/analyst-reports/IDC_Business_Value_of_AWS_May_2015.pdf (Abgerufen am 22.10.2021)

[48] Instagram: Wann verschwindet meine Instagram Story?
https://help.instagram.com/1729008150678239 (Abgerufen am 08.12.2021)

[49] Online Marketing: Definition von Instagram Story?
https://onlinemarketing.de/lexikon/definition-instagram-story (Abgerufen am 09.12.2021)

[50] Raj Bala, Bob Gill, Dennis Smith, Kevin Ji, David Wright.
Magic Quadrant für Cloud-Infrastruktur und Plattform-Services
https://www.gartner.com/technology/media-products/reprints/AWS/1-271W1OSP-DEU.html
(Abgerufen am 23.09.2021 / Veröffentlicht am 27. Juli 2021)

[51] Definition von Customer Acquisition Cost (CAC)
https://onlinemarketing.de/lexikon/definition-customer-acquisition-cost-cac
(Abgerufen am 06.12.2021)

[52] Definition von Freemium
https://onlinemarketing.de/lexikon/definition-freemium (Abgerufen am 06.12.2021)

[53] Definition von Cost-per-Action (CPA)
https://onlinemarketing.de/lexikon/definition-cost-per-action-cpa
(Abgerufen am 06.12.2021)

[54] LinkedIn: Listado de todos los Servicios de AWS
https://www.linkedin.com/pulse/listado-de-todos-los-servicios-amazon-web-ser
C3%B1a-silva/?originalSubdomain=es (Abgerufen am 18.11.2021)

[55] LinkedIn Learning: AWS Controlling Cost by Lynn Langit
https://www.linkedin.com/learning/aws-controlling-cost/aws-service-types?autoAdvance=true&autoSkip=false&autoplay=true&resume=false&u=79182202 (Abgerufen am 29.11.2021)

[56] SAP: Definition von maschinellen Lernen
https://www.sap.com/germany/insights/what-is-machine-learning.html
(Abgerufen am 09.12.2021)

[57] Medium: How TrueCar Saves 40% on AWS with EC2 Reserved Instances
https://medium.com/driven-by-code/how-truecar-saves-40-on-aws-with-ec2-reser
(Abgerufen am 02.12.2021)

[58] Techterms Definition Metadata.
https://techterms.com/definition/metadata
(Abgerufen am 08.12.2021)

[59] Plusserver: Kostenoptimierung in AWS
https://get.plusserver.com/hubfs/Assets/aws/a/
Whitepaper-Kostenoptimierung-in-AWS-DE.pdf?utm_campaign=
IoT&utm_medium=email&_hsmi=188763947&_hsenc=p2ANqtz--pG4zb_
6horYqX3d0QDpUAzNYdJL51HEBdAtK3IQRBKUfR226JxBly6n2ILDtAmkmPwlib5J7qYjL1Oc6Fs
utm_content=188763947&utm_source=hs_automation (Abgerufen am
29.11.2021)

[60] TÜV Rheinland: Kurse zur Ausbildung von Cloud Architekten
https://akademie.tuv.com/weiterbildungen/architecting-on-aws-489176?
(Abgerufen am 29.11.2021)

[61] Definition Horizontal Scaling
https://www.techopedia.com/definition/7594/horizontal-scaling?ref=
wellarchitected (Abgerufen am 09.12.2021)

[62] Stern, Adam, The Truth About Cloud Pricing
https://www.forbes.com/sites/forbestechcouncil/2018/11/16/
the-truth-about-cloud-pricing/?sh=1f37bba42f33
(Veröffentlicht am 16.11.2018)

[63] Spot by NetApp, What are AWS spot instances?
https://spot.io/what-are-ec2-spot-instances/
(Abgerufen am 01.12.2021)

[64] Putting a Finger on Our Phone Obsession
https://blog.dscout.com/mobile-touches?_ga=2.18241977.1010253397.
1637068725-1707869761.1637068725 (Abgerufen am 16.11.2021)

[65] Statista: 2020 überholt die Cloud lokale Speichermedien
https://de.statista.com/infografik/18231/cloud-vs-lokaler-speicher/
(Abgerufen am 18.11.2021)

[66] Statista: Wie schätzen Sie die Bedeutung Cloud-basierter Anwendungen in Ihrem Unternehmen ein?
https://de.statista.com/statistik/daten/studie/1221723/umfrage/

umfrage-zur-bedeutung-cloud-basierter-anwendungen-im-handel/ (Abgerufen am 25.11.2021)

[67] Statista: Corona-Krise: Anteile der Unternehmen mit geplanten Veränderungen im Arbeitsalltag nach Arbeitsbereichen in Deutschland im 2. Quartal 2020 https://de.statista.com/statistik/daten/studie/1140069/umfrage/corona-krise-veraenderungen-im-arbeitsalltag/ (Abgerufen am 25.11.2021)

[68] Statista: Cloud infrastructure services vendor market share worldwide from 4th quarter 2017 to 3rd quarter 2021 https://www.statista.com/statistics/967365/worldwide-cloud-infrastructure-services-market-share-vendor/ (Abgerufen am 25.11.2021)

[69] Statista: Wie viel planen Sie am Black Friday / Cyber Monday auszugeben? https://de.statista.com/statistik/daten/studie/1074692/umfrage/hoehe-der-geplanten-ausgaben-am-black-friday-und-cyber-monday-in-deutschland (Abgerufen am 29.11.2021)

[70] Statista: Amazon ist die Nummer 1 in der Cloud https://de.statista.com/infografik/20802/weltweiter-marktanteil-von-cloud-in (Abgerufen am 08.12.2021)

[71] Ashish G. Revar, Madhuri D. Bhavsar. Securing User Authentication using Single SignOn in Cloud Computing. https://ieeexplore.ieee.org/stamp/stamp.jsp?tp=&arnumber=6153227 (Abgerufen am 05.12.2021)

# Anhang

## I Vorlage für einer Fakturierungsalarme in CloudWatch

JSON

```
   "SpendingAlarm": {
"Type": "AWS::CloudWatch::Alarm",
"Properties": {
"AlarmDescription": { "Fn::Join": ["", [
"Alarm if AWS spending is over $",
{ "Ref": "AlarmThreshold" }
]]},
"Namespace": "AWS/Billing",
"MetricName": "EstimatedCharges",
"Dimensions": [{
"Name": "Currency",
"Value" : "USD"
}],
"Statistic": "Maximum",
"Period": "21600",
"EvaluationPeriods": "1",
"Threshold": { "Ref": "AlarmThreshold" },
"ComparisonOperator": "GreaterThanThreshold",
"AlarmActions": [{
"Ref": "BillingAlarmNotification"
}],
"InsufficientDataActions": [{
"Ref": "BillingAlarmNotification"
}]
}
}
```

YAML

```
SpendingAlarm:
Type: AWS::CloudWatch::Alarm
Properties:
```

```
AlarmDescription:
'Fn::Join':
- ''
- - Alarm if AWS spending is over $
- Ref: AlarmThreshold
Namespace: AWS/Billing
MetricName: EstimatedCharges
Dimensions:
- Name: Currency
Value: USD
Statistic: Maximum
Period: '21600'
EvaluationPeriods: '1'
Threshold:
Ref: "AlarmThreshold"
ComparisonOperator: GreaterThanThreshold
AlarmActions:
- Ref: "BillingAlarmNotification"
InsufficientDataActions:
- Ref: "BillingAlarmNotification"
```

79

[79] AWS CloudFormation - Benutzerhandbuch. S.481.[33]

# II Alarm für die monatliche Kosten anhand eines Budgets

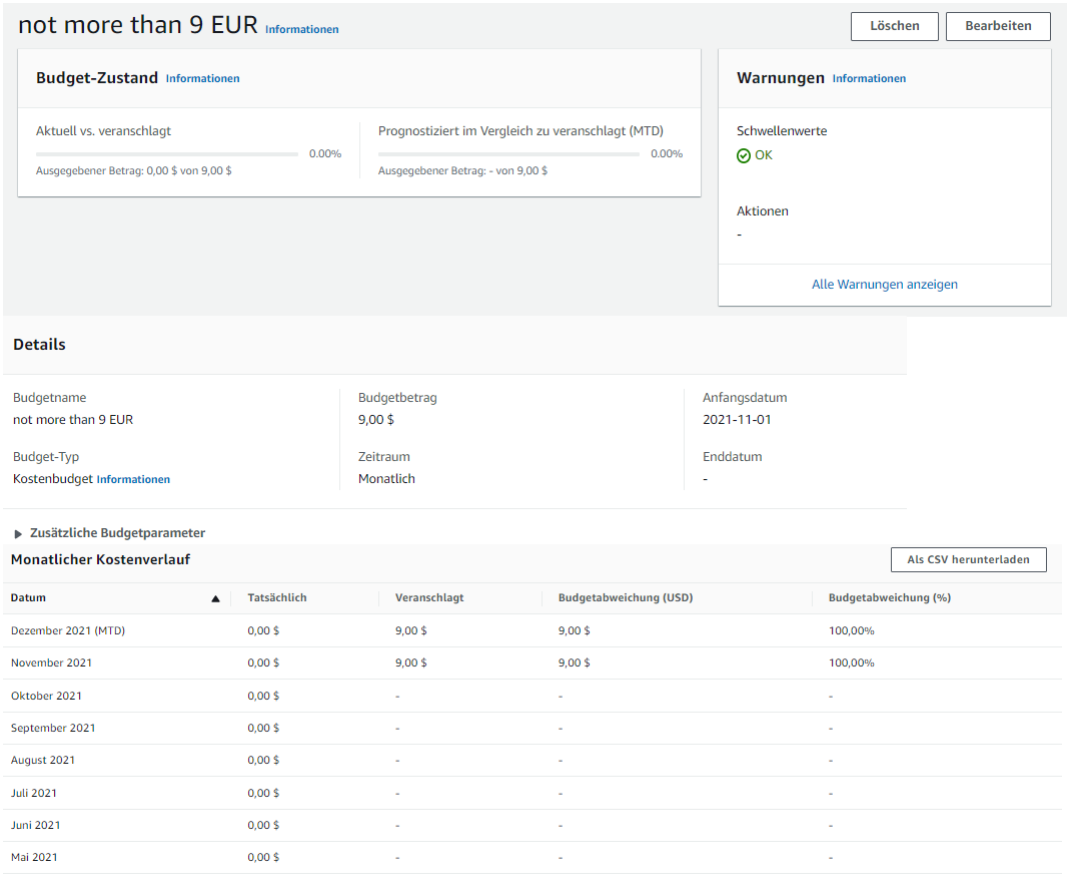



Abbildung 20
Eigene Darstellung von Test AWS-Konto.

[Rev Screenshot missing]

# Erklärung über die selbständige Abfassung der Arbeit

Ich versichere, die von mir vorgelegte Arbeit selbständig verfasst zu haben. Alle Stellen, die wörtlich oder sinngemäß aus veröffentlichten oder nicht veröffentlichten Arbeiten anderer entnommen sind, habe ich als entnommen kenntlich gemacht.
Sämtliche Quellen und Hilfsmittel, die ich für die Arbeit benutzt habe, sind angegeben. Die Arbeit hat mit gleichem Inhalt bzw. in wesentlichen Teilen noch keiner anderen Prüfungsbehörde vorgelegen.

_____

(Ort, Datum, Unterschrift)

**Hinweise zur obigen *Erklärung***

- Bitte verwenden Sie nur die Erklärung, die Ihnen Ihr **Prüfungsservice** vorgibt. Ansonsten könnte es passieren, dass Ihre Abschlussarbeit nicht angenommen wird. Fragen Sie im Zweifelsfalle bei Ihrem Prüfungsservice nach.
- Sie müssen **alle abzugebende Exemplare** Ihrer Abschlussarbeit unterzeichnen. Sonst wird die Abschlussarbeit nicht akzeptiert.
- Ein **Verstoß** gegen die unterzeichnete *Erklärung* kann u. a. die Aberkennung Ihres akademischen Titels zur Folge haben.