

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 Wirtschaftsinformatik

ausgearbeitet von:

CARLO MENJIVAR 11117929

Erstprüfer: Prof. Dr. Roman Majewski

Zweitprüfer: Thomas Raser

Gummersbach, 20 Februar 2021

Abstract

Zusammenfassung

[Rev ALL]In dieser Arbeit werden Werkzeuge untersucht, die einen klareren Überblick über die finanziellen AWS-Dienste schaffen[DAS MUSS GEÄNDERT WERDEN]. Mit den gesammelten Informationen dienen sie dazu, direkte Maßnahmen zu ergreifen. Darüber hinaus werden allgemeine Optimierungsmaßnahmen aufgezeigt, die bereits über die Jahre hinweg von anderen 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 in dem Fachgebiet und aktuelle Fachliteratur.

Es ist besonders interessant für Teams, die Cloud-Dienste in aktuellen Projekten nutzen und ihre Kosten in der Cloud besser verstehen und optimieren wollen. Wenn die Kosten für Cloud-Dienste wie alle anderen Kosten betrachtet werden, ist es konsequent, über ihre Kontrolle und Optimierung nachzudenken. Ein häufiges Problem ist, dass Kosten entstehen, die sich der Kontrolle der Nutzer entziehen. Aus diesem Grund stehen Unternehmen die bereits 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 Cloud basierten Modellen profitieren möchten.

Abstract

Platz für das englische Abstract....

Inhaltsverzeichnis

Abstract	1
Abbildungsverzeichnis	5
Glossar	6
Abkürzungsverzeichnis	8
1 Einleitung	9
1.1 Motivation	9
1.2 Problemstellung	10
1.3 Zielsetzung	11
1.4 Struktur der Arbeit	11
2 Grundlagen	12
2.1 Cloud Economics	12
2.1.1 Skalierbarkeit	12
2.1.2 Flexibilität	13
2.1.3 Selbstbedienung	14
2.1.4 Keine Vorabkosten	14
2.1.5 Technische Fachkompetenz	14
2.2 Amazon Cloud-Dienste	15
3 Zahlungsmodelle	17
3.1 On-Demand-Instanzen	17
3.2 Reservierte Instanzen und Saving Plans	18
3.3 Spot Instanzen	20
3.4 Amazon EC2 Fleet[rev]	21
3.5 Anwendungsfall: TrueCar[rev]	22
4 Kostenüberwachung	27
4.1 AWS CloudWatch	29
4.2 AWS Cost-Explorer	32
4.3 AWS Trusted Advisor[Rev]	36
4.4 Überwachungswerkzeuge gemäß ihrer Verwendung	38

5	Optimierungsmaßnahmen	40
5.1	EC2 Auto Scaling	40
5.1.1	Zeitgesteuerte Skalierung	40
5.1.2	Dynamisches Auto Scaling	41
5.1.3	Manual Scaling	42
5.1.4	Predective Scaling	42
5.2	S3 Optimierung	43
5.2.1	Die richtige Speicherklassen wählen[Rev]	43
5.2.2	Lebenszyklus-Konfiguration	44
5.2.3	Intelligent-Tiering	47
	Zusammenfassung und Ausblick	49
	Bewusstsein in der gesamten Organisation	49
	Die richtige Personen finden, Owneship verbreiten	49
	5G is comming	50
	Rentabilität bei der Optimierungsmaßnahmen	50
	Quellenverzeichnis	51
	Anhang	60
I	Vorlage für einer Fakturierungsalarme in CloudWatch	60
II	Alarm für die monatliche Kosten anhand eines Budgets	61
III	Screenshot des CloudWatch-Dashboards	61
	Erklärung über die selbständige Abfassung der Arbeit	62

Abbildungsverzeichnis

1	Beispiel für ein Tag	7
2	2020 überholt die Cloud lokale Speichermedien	16
3	On-Demand Preise für Amazon EC2	18
4	Mögliche Einsparungen bei Reserved Instances and Saving Plans laut AWS	19
5	Mögliche Einsparungen durch Vorauszahlungen	20
6	Monatliche Kosten für eine On-Demand-Instanz im Vergleich zu einer re- servierten Instanz	24
7	Vergleich der Zahlungsmodelle	25
8	Trennung der Kosten durch Tags	29
9	Dashboard-Test in CloudWatch	32
10	Dashboard mit EC2 und S3 Metriken	34
11	Operationen an Cloud-Diensten in CloudWatch	35
12	AWS Trusted Advisor Kategorien	36
13	Überwachungswerkzeuge gemäß ihrer Verwendung	39
14	Ungenutzte Rechenkapazität ohne automatische Skalierung	41
15	Berechnung für ein nicht produktives Umgebung mit Zeitgesteuerte Ska- lierung	42
16	Nutzung von Tinder, OkCupid und Netflix pro Stunde	43
17	Kostenvergleich durch Nutzung von unterschiedlichen Speicherklassen . . .	46
18	Funktionsweise von Intelligent-Tiering	47
19	Budgetalarm	62

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 ¹.

Buckets

Buckets sind in AWS-S3 Behälter, wo Dateien wie Bilder oder Videos gespeichert werden².

Cloud-Computing

Cloud-Dienste

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. ³.

Instagram-Story

On-Demand

...

On-Premise

...

Region

Die Region ist ein völlig unabhängiges und eigenständiges geografisches Gebiet. Jede Re-

¹ AWS Certified Solutions Architect - Associate (SAA-C02), S.42.[1]

² Amazon Simple Storage Service - User Guide. S.4.[19]

³ AWS Certified Solutions Architect - Associate (SAA-C02). S.95[1]

gion hat mehrere, physisch getrennte und isolierte Standorte, die als Availability Zones bekannt sind. Beispiele für Regionen sind London, Dublin, Sydney, usw ⁴.

Tag

Ein Tag (Markierung) ist eine Markierung, die Sie einer AWS-Ressource zuordnen. Jeder Tag (Markierung) besteht aus einem Schlüssel und einem optionalen Wert⁵.

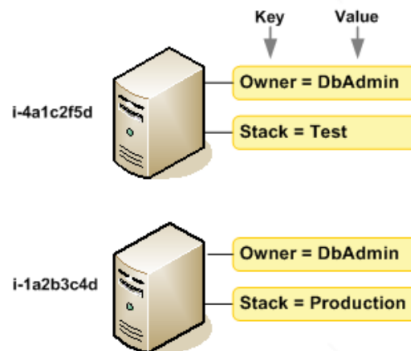


Abbildung 1
Beispiel für ein Tag[27], S.1580.

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

Scale-In/Out

Maschinelles Lernen

⁴AWS Certified Solutions Architect - Associate (SAA-C02)[1], S.42

⁵Amazon Elastic Compute Cloud - Benutzerhandbuch für Linux-Instances[27], S.1580

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

[Persönliches Statement... wieso schreib ich das hier eigentlich ;)] Die zunehmende Digitalisierung von Geschäftsmodellen, die auch durch die Corona-Pandemie vorangetrieben wird, lässt Cloud-basierte Applikationen an Bedeutung gewinnen.⁶ Als direkte Folge davon ist die Nachfrage nach Server- und Speicherkapazität gestiegen. *Amazon Web Services*, kurz AWS, erscheint nicht nur aus diesen Gründen als Fallbeispiel für diese Arbeit passend, weitere bedeutsame Faktoren sind seine frühe Präsenz (2006) als Cloudanbieter und aufgrund seines großen Angebotes an Cloud-Diensten, welche für zahlreiche Anwendungsfälle geeignet sind.⁷ Die Relevanz von 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*⁸) für Cloud-Infrastruktur und Plattform-Services sei (Bala et al, 2021, o.S.,[47]).

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

Kostenoptimierung für Cloud-Dienste ist ein wichtiger Punkt, da man ohne Optimierungsmaßnahmen mit höheren Kosten rechnen muss als bei On-Premise Systemen.

”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

⁶Es sei an dieser Stelle darauf hingewiesen, dass in diesem Kontext Ahrens die Bedeutung Cloud-basierter Anwendungen im Bereich von deutschen Handelsunternehmen untersuchte (Vgl. Ahrens 2021)[62], sowie das *ifo Institut* anschaulich die strukturellen Veränderungen von der Corona-Pandemie auf den Arbeitsalltag in Deutschland nachzeichnete (Vgl. ifo Institut 2020)[61].

⁷Die aktuellen Marktführer im Bereich der *Cloud-Computing* weltweit sind AWS, Google, Telekom und Microsoft (Vgl. Synergy Research Group 2019, o.S.[65])

⁸Laut Bala et al. 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: *Nischenanbieter*, *Visionäre*, *Herausforderer* und *Marktführer*.

the following key cloud cost optimization techniques in order to successfully save money on the cloud.”⁹

1.2 Problemstellung

Die Verwendung von Cloud-Diensten bringt viele Vorteile mit sich. Zum Beispiel kurzfristige Erhöhung oder Verringerung der Speicher- und Rechenkapazität, sowie Zugriff auf unterschiedliche Speicherarten, die genau an individuelle Anwendungsfälle angepasst sind. All diese Lösungen sind in wenigen Minuten einsatzfertig.

In einer Umfrage haben circa 50% der Unternehmen die Verwaltung der Kosten für den Betrieb von Cloud-Workloads als großes Hindernis genannt. Mehr als die Hälfte der Befragten haben geäußert, dass sie Schwierigkeiten haben, alle Kosten für Cloud-Workloads zu rechtfertigen.

„In its Stratecast Predictions 2018, Frost & Sullivan noted that 53% of IT leaders surveyed cited “managing costs to run cloud workloads” as a huge obstacle, and over 50% have difficulty justifying the expenses of some public cloud workloads.“¹⁰

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. Zum Beispiel können frühzeitige Benachrichtigungen alarmieren, wenn Cloud-Dienste mehr Kosten verursachen als geplant.

Außerdem sollte untersucht werden, wie mit der richtigen Auswahl an Diensten Kosten optimiert werden. In dieser Arbeit wird versucht zu beantworten, wie Kosten bei Cloud-Diensten überwacht werden können. Auf Grundlage dieser Information werden Optimierungsmöglichkeiten gesucht. 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 S3-Speichereinheiten und EC2-Server-Instanzen.

⁹Cloud Computing Basics: a Non.-Technical Introduction. S.152. [3]

¹⁰Stern, Adam, The Truth About Cloud Pricing.[57]

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.

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 insbesondere für EC2-Instanzen und S3 Speichereinheiten.

2 Grundlagen

In diesem Grundlagenkapitel werden Erfolgchancen 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 (TCO¹¹)¹².

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[45]. 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 Nutzer von Cloud-Diensten Verantwortung für die anfallenden Kosten übernimmt.

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

¹¹TCO: Total Cost if Ownership

¹²Ubuntu, delivered by Canonical:A business guide to hybrid/multi-cloud, S.2.[44]

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.¹³

Dies war der Fall bei Walgreens 2020 in den Vereinigten 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 health-care 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.,”¹⁴

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].
- Vielfältige Hardware-Konfigurationen.

¹³WS Certified Solutions Architect - Associate (SAA-C02), S.29.[1]

¹⁴Microsoft Customer Story-Walgreens Boots Alliance delivers superior customer service with SAP solutions on Azure.[39]

Durch die Vielzahl der verfügbaren Diensten ist es möglich, Prototypen und Experimente in kurzer Zeit durchzuführen¹⁵. 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 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 werden¹⁶. 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. Dies erfordert keine Vorauszahlungen für die Nutzung von 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 bei der Migration in die Cloud konfrontiert sind. In der von Accenture im Jahr 2020 durchgeführten Umfrage gaben 38% der Befragten an, dass fehlende Kompetenzen im

¹⁵IDC Business Value of AWS 2015 S.7[45]

¹⁶Cloud Computing Basics: a Non.-Technical Introduction, S.28[3]

Unternehmen im Bezug auf die Cloud ein Hindernis für eine Cloud-Migration ist¹⁷.

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 können¹⁸. 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 bestehen¹⁹.

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 Silva²⁰ 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 gespeichert²¹. 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.

¹⁷Accenture Dienstleistungen GmbH. Hohe Erwartungen an die Cloud: Hürden meistern, Mehrwert maximieren, S.11[1]

¹⁸Cloud infrastructure services vendor market share worldwide from 4th quarter 2017 to 3rd quarter 2021.[63]

¹⁹LinkedIn Learning: AWS Controlling Cost by Lynn Langit.[52]

²⁰LinkedIn: Listado de todos los Servicios de AWS.[51]

²¹2020 überholt die Cloud lokale Speichermedien.[60]

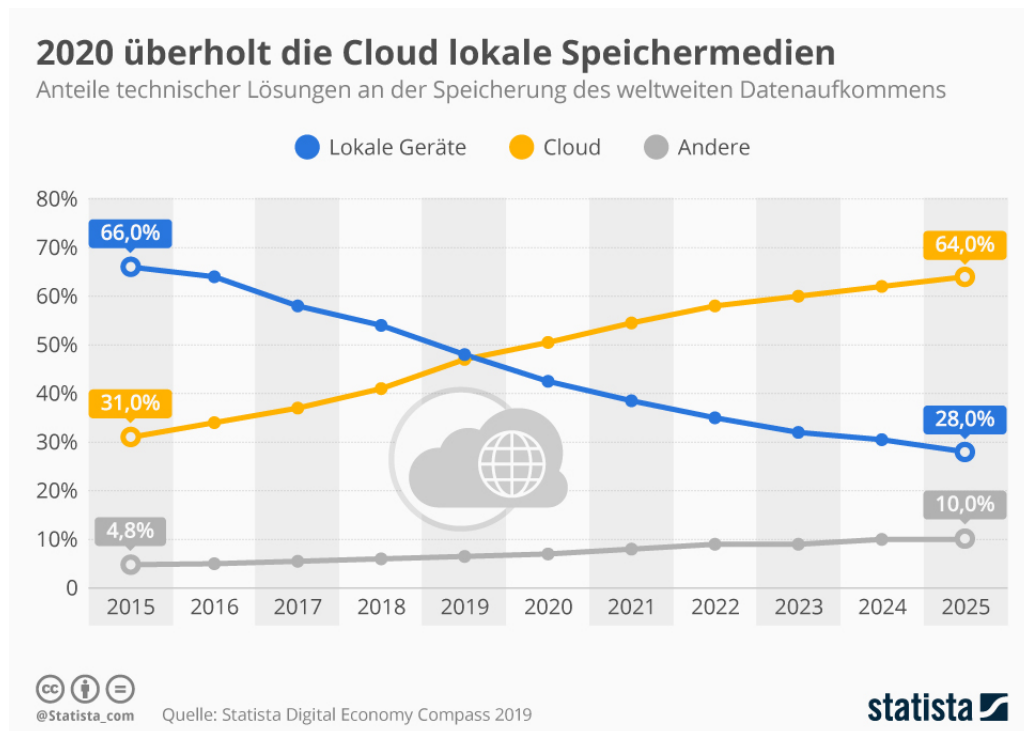


Abbildung 2
2020 überholt die Cloud lokale Speichermedien [60]

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 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-Preise²² zu finden. In der Abbildung 3 werden die für die Region Ohio verfügbaren Linux-Instanzen gezeigt.

²²AWS On-Demand Instances Pricing.[4]

Region, Betriebssystem, Instance-Typ und vCPU auswählen, um Tarife anzuzeigen

Region: Betriebssystem:

Instance-Typ: vCPU:

363 von 363 verfügbaren Instances werden angezeigt

< 1 2 3 4 5 6 7 ... 19 >

Instance-Name ▲	On-Demand-Stundensatz ▼	vCPU ▼	Arbeitsspeicher ▼	Speicherung ▼	Netzwerkleistung ▼
a1.medium	0,0255 USD	1	2 GiB	Nur EBS	Bis zu 10 Gigabit
a1.large	0,051 USD	2	4 GiB	Nur EBS	Bis zu 10 Gigabit
a1.xlarge	0,102 USD	4	8 GiB	Nur EBS	Bis zu 10 Gigabit
a1.2xlarge	0,204 USD	8	16 GiB	Nur EBS	Bis zu 10 Gigabit
a1.4xlarge	0,408 USD	16	32 GiB	Nur EBS	Bis zu 10 Gigabit

Abbildung 3
On-Demand Preise für Amazon EC2 ²³

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 Plans²⁵ bieten die Flexibilität EC2-Instanzen nach Familie²⁶, Größe, Verfügbarkeitszone (AZ), Betriebssystem oder Mandant zu wechseln. Diese Option ist bei

²⁵AWS Saving Plans Pricing[12].

²⁶AWS 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 Reserved Instances and Saving Plans laut AWS ²⁴

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.“ ²⁷

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 zur Verfügung gestellt werden. Somit kann ein Teil der Investition zurückgeholt werden. Dies ist für Standard Reserved Instances 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 Abgabe 12%²⁸. [Rev]

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 teilweise, keine oder vollständige Vorauszahlung²⁹. Bei teilweiser Vorauszahlung ist eine Anzahlung von etwa 50% zu leisten.

²⁷AWS Saving Plans Pricing[12].

²⁸Amazon EC2 Reserved Instance Marketplace[24].

²⁹AWS Pricing Calculator[18].

Die Abbildung 5 zeigt den Vergleich zwischen den drei Optionen für Vorauszahlungen. Hier wird deutlich, dass es kaum einen Unterschied zwischen einer 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 ein 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 decken³⁰. Spot-Instanzen können auch für produktive Umgebungen verwendet werden³¹. 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.

³⁰Amazon Elastic Compute Cloud - Benutzerhandbuch für Linux-Instances, S.708[27].

³¹Running 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 festgelegt 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-Konsole³² 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 berechnet³³.

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 bezahlen³⁴.

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.

³²AWS EC2 Spot Instanzen-Anfragen und Preisverlauf[26].

³³Amazon Elastic Compute Cloud - Benutzerhandbuch für Linux-Instances, S.690[27].

³⁴Amazon Elastic Compute Cloud - Benutzerhandbuch für Linux-Instances, S.709[27].

Einerseits kann die reservierte Rechnerkapazität zu gering eingeschätzt werden. Als Konsequenz wird es größtenteils 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% senken³⁵.

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-Dienste³⁶. 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 auch endet, würde, wäre es nicht empfehlenswert Instanzen zu reservieren, sondern mit

³⁵How TrueCar Saves 40% on AWS with EC2 Reserved Instances[53].

³⁶Accenture Dienstleistungen GmbH. Hohe Erwartungen an die Cloud: Hürden meistern, Mehrwert maximieren, S.11[1].

On-Demand Instanzen zu arbeiten. Die Berechnung wurde gemacht für den Zeitraum von 1 Jahr durchgeführt. [RECHNEN UND ERKLÄREN]. In dem Prozess wurden die

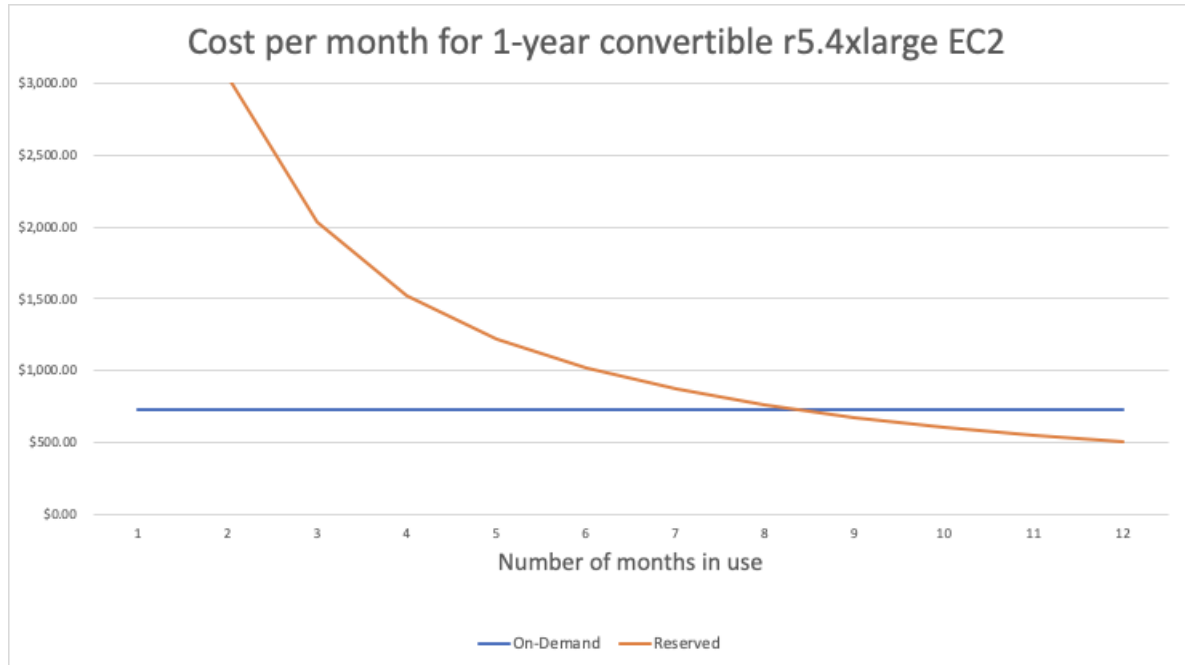


Abbildung 6
 Monatliche Kosten für eine On-Demand-Instanz
 im Vergleich zu einer reservierten Instanz.
 Quelle: [53]

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 aufrufen 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, Kalifornien³⁷.

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 Arbeitsbelastung	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 Eigenschaft und Anwendungsfall

Eigene Darstellung. Quelle: [4, 8, 12, 20, 58]

Plussserver: Kostenoptimierung in AWS S.9.[55]

³⁷Die 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, Alarmer 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 vor- genannten 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 werden³⁸.

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 werden³⁹.

³⁸AWS CloudTrail User Guide Version 1.0: What Is AWS CloudTrail?, S.1 [28]

³⁹AWS X-Ray Developer Guide: What is AWS X-Ray?, S.1[28],

Tag Policies/Tagging-Strategie[Rev]

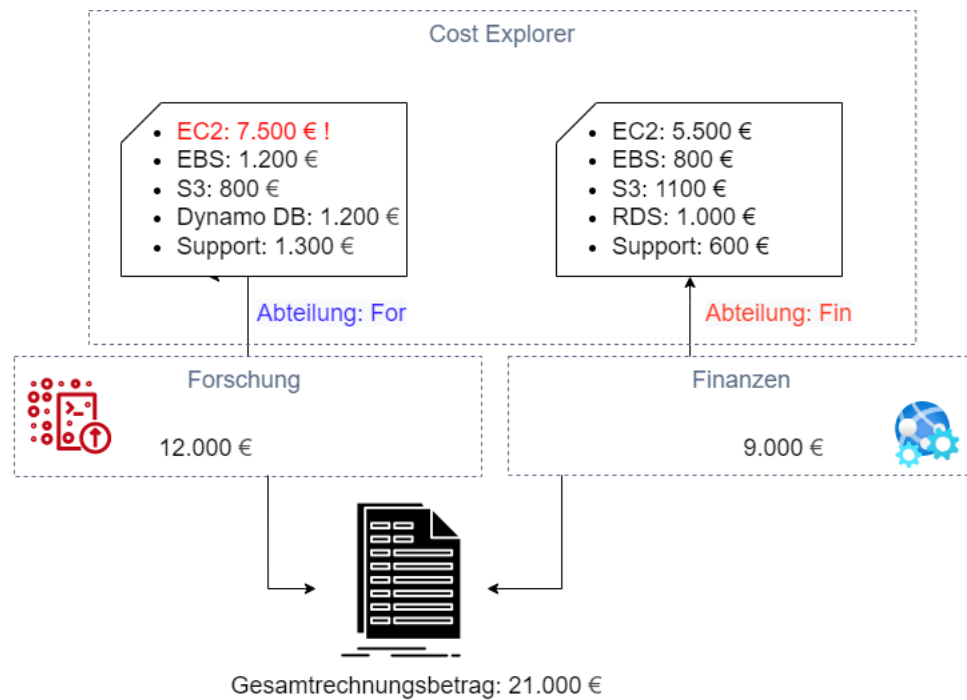
Tags sind bei AWS Information in Form von Metadaten, die an AWS-Dienste zugewiesen werden kann⁴⁰. Ein Tag besteht aus einem Tag-Schlüssel und einem Tag-Wert. Beispiele für Tag-Schlüssel sind Abteilung, Projekt, Team, Region, Art des Dienstes und Umgebung. Tag-Werte für den Tag-Schlüssel Abteilung könnten 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

⁴⁰AWS – 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 werden⁴¹.

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-

⁴¹Cloud Computing Basics: a Non.-Technical Introduction. S.152.[3]

rung und Fehlerbehebung hilfreich 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 Kapazitätsbedarfs⁴². 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 einer 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 werden⁴³ oder wenn eine bestimmte Menge an Speicherplatz in einem Bucket erreicht wurde. Ein Bucket ist ein Behälter, in dem Objekte bei Amazon S3 gespeichert werden⁴⁴. 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 werden⁴⁵.

⁴²AWS Certified Solutions Architect - Associate (SAA-C02), S.185.[1]

⁴³AWS Cloud Watch Events: User Guide. S.1[14]

⁴⁴Amazon Simple Storage Service User Guide, S.4[19]

⁴⁵AWS 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 ⁴⁶.

Benachrichtigungen

Benachrichtigt zu werden ist wichtig, um relevante Ereignisse nicht zu verpassen und rechtzeitig Maßnahmen zu ergreifen. Mit CloudWatch können Alarmer eingerichtet werden, die durch Metriken wie die CPU-Auslastung und Gebühren von einem spezifischen AWS-Dienst ausgelöst werden. Benachrichtigungen können durch Amazon SNS⁴⁷ 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 nötig⁴⁸. 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-Anmeldeinformationen⁴⁹ 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 reduzieren⁵⁰. Außerdem hat die Einbindung von Dashboard-Informationen auf Intranet-Portale das Potenzial, Transparenz und eine schnelle Verbreitung von Informationen zu schaffen⁵¹.

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

⁴⁶AWS Cloud Watch Events: User Guide. S.2[14]

⁴⁷Amazon SNS ist ein AWS-Dienst für die Benachrichtigung an Personen und an Applikationen.[31]

⁴⁸AWS Cloud Watch : User Guide. S.28[15]

⁴⁹AWS Single Sign-On.[34]

⁵⁰Securing User Authentication using Single SignOn in Cloud Computing[66].

⁵¹Business 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

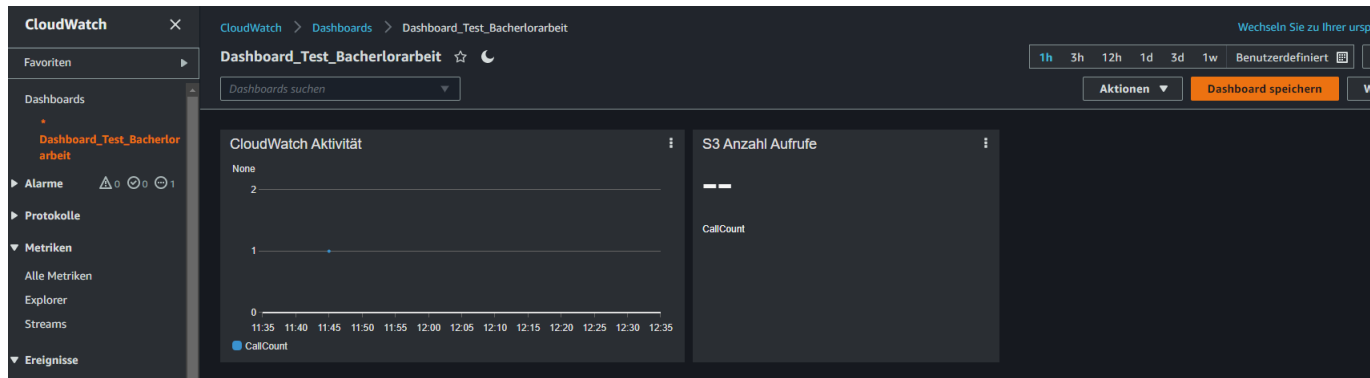


Abbildung 9
Dashboard-Test in CloudWatch.

Dashboards 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/fNbyT⁵².

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 bereitstellt⁵³. 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

⁵²Falls der Link für das Dashboard abgelaufen ist, befindet sich ein Screenshot des Dashboards in Anhang III

⁵³Kompakte Einführung in das Projektmanagement. S.96[4].

Kosten der vergangenen Monaten basiert. Die Nutzung des Cost-Explorers ist kostenlos, nur API-Aufrufe sind kostenpflichtig ⁵⁴.

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 Marketplace⁵⁵. 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-Dienst⁵⁶ 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)⁵⁷ 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 Kategorie⁵⁸ 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

⁵⁴AWS Cost Management Pricing[23].

⁵⁵AWS Marketplace ist ein Einkaufskatalog für Software von Drittanbietern[35].

⁵⁶Ein Freemium-Dienst bietet in der Regel zwei Versionen an, eine kostenlose und eine kostenpflichtige[49].

⁵⁷Kundenakquisitionskosten sind alle anfallenden Kosten in der Customer Acquisition-Phase für ein Unternehmen[48].

⁵⁸Cost-per-Action (CPA).MAR3

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. Die oben genannten Metriken sammelt sich in diesem Beispiel werden Metriken aus CloudWatch? und Informationen aus Cost-Explorer-Berichten zusammengestellt.

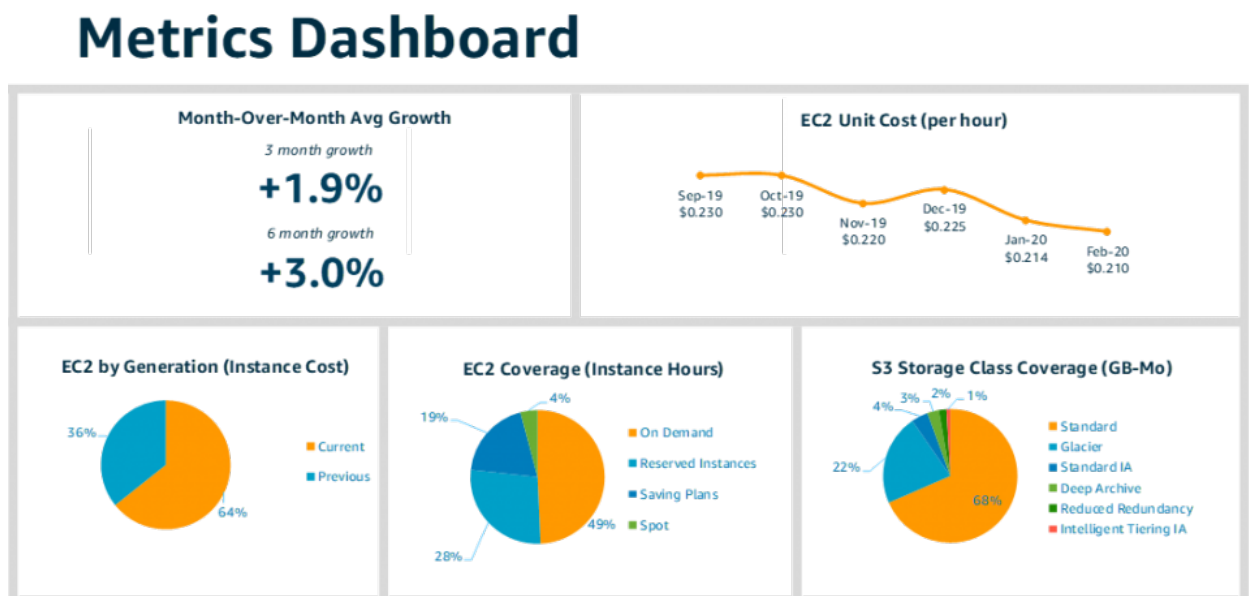


Abbildung 10
Dashboard mit EC2 und S3 Metriken[36]

Die obengenannten Metriken stammen von CloudWatch. 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. [WAS DAMIT?]AWS analysiert die bisherige Nutzung der Instanzen und gibt Empfehlungen zur Kostensenkung durch den Wechsel von EC2-Instanzen in On-Demand Zahlungsmodell zu reservierten Instanzen. Diese ignorieren Kapazität, die bereits von anderen reservierten

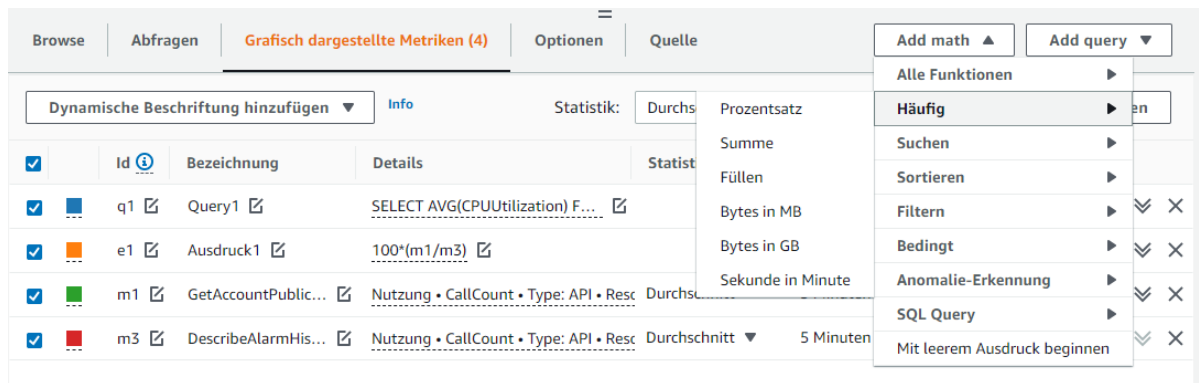


Abbildung 11
Mathematische Operationen an Cloud-Diensten in CloudWatch.
Quelle: CloudWatch AWS-Console

Instanzen abgedeckt wurden. Es besteht die Möglichkeit, einen Bericht über die Nutzung von AWS-Diensten der letzten zwölf Monate einzusehen und zu prüfen, ob die Empfehlungen des Cost-Explorers angemessen sind.

Budgetplanung

Die Budgetplanung ist eine Methode der Kostenkontrolle, die beim Start eines neuen Projekts eingesetzt wird⁵⁹. Der Bericht über die in den letzten zwölf Monaten entstandenen Kosten zusammen mit der Prognose der Kosten der kommenden zwölf Monaten tragen zu einer 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 detaillierter zu planen. Welche Mittel werden wofür verwendet und welche kurz- und mittelfristigen Ziele sollen durch diesen Mitteleinsatz erreicht werden“[42]. 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.

⁵⁹Cost Control Methods: Definitions and Examples[43].

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 Empfehlungen 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 vorliegt⁶⁰.

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-Dokumentation⁶¹ nur kurz beschrieben

⁶⁰Trusted Advisor[37]

⁶¹AWS Support - Benutzerhandbuch. S.59-65 und S.83-94 [38]

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

Prüfungen, die eine Nutzungsüberschreitung von 80% belegen, werden auch für On-Demand-Instances, Reserved Instances, EC2-Classic Elastic IP Addresses und EC2-VPC Elastic IP Addresses angezeigt. [GLEICHE GRENZEN WIE BEI CloudWatch?]

Trusted-Advisor Kosten/Erwägungen

Bei der Erwägung von Trusted-Advisor ist zu überlegen, 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 Geschäfts- oder Enterprise Support zu übernehmen, wenn diese die möglichen Einsparungen übersteigen. Die Vorteile von Geschäfts- 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. [Hier die Handlungen?]

4.4 Überwachungswerkzeuge gemäß ihrer Verwendung

Die Abbildung 13 fasst die Überwachungswerkzeuge zusammen und listet die Verwendung der einzelnen Werkzeuge auf. [[Rev]NOCH NICHT VOLLSTÄNDIG]

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

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].

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

Die mit den Überwachungswerkzeuge gesammelte Informationen, bilden die Grundlage für die Optimierungsmaßnahmen.[KONKRETER WERDEN] In diesem Kapitel werden die mit Hilfe der Werkzeuge gewonnenen Informationen genutzt[INFO X FUER WERKZEUG 1...], 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 abzudecken⁶². [Explain tht this is vertikal Skalierung and not horitonzal/]

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. [Abb.]

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.

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

Elastic Load Balancing

[?]

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]).

⁶²Was ist Amazon EC2 Auto Scaling?[32]

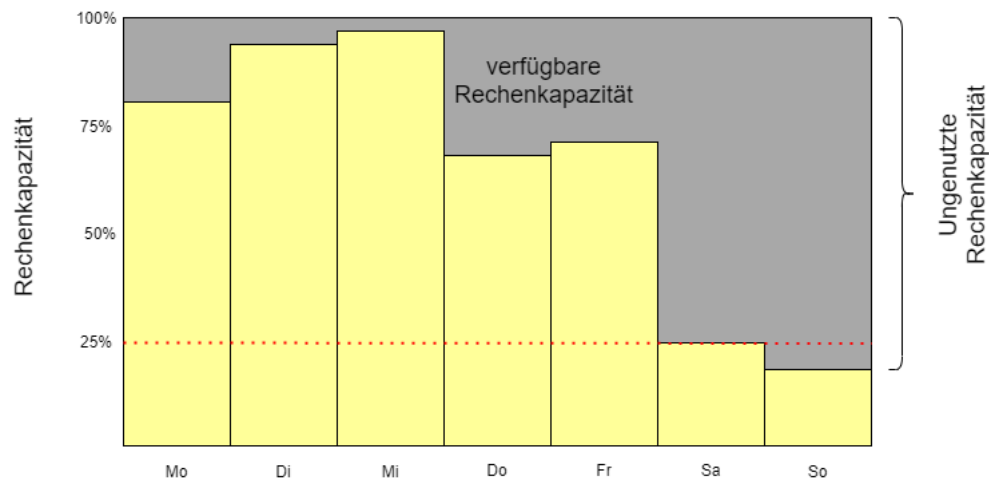


Abbildung 14
 Ungenutzte Rechenkapazität ohne automatische Skalierung.
 Quelle: Eigene Darstellung mit fiktiven Angaben.

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 16 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 Metrik zu verwenden, werden mindestens zwei Schwellenwerte definiert. Eine für die Er-

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 15

Berechnung für ein nicht-produktive Umgebung mit Zeitgesteuerte Skalierung.

Quelle: Eigene Darstellung.

Der Stundensatz wurde am 23.11.2021 mit dem AWS Pricing Calculator ermittelt für Linux Instanzen in Frankfurt mit 4vCPUs, 16 GB Arbeitsspeicher und Instanz-Familie t4g.xlarge in On-Demand-Zahlungsmodell[18].

höhung 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 Predictive Scaling

Voraussagende Skalierung oder Predictive Scaling auf Englisch, nutzt maschinelles Lernen, um den Kapazitätsbedarf auf der Grundlage historischer Daten von CloudWatch vorherzusagen. Mit Hilfe der Predictive Scaling kann es die Kapazität vor der erwarteten

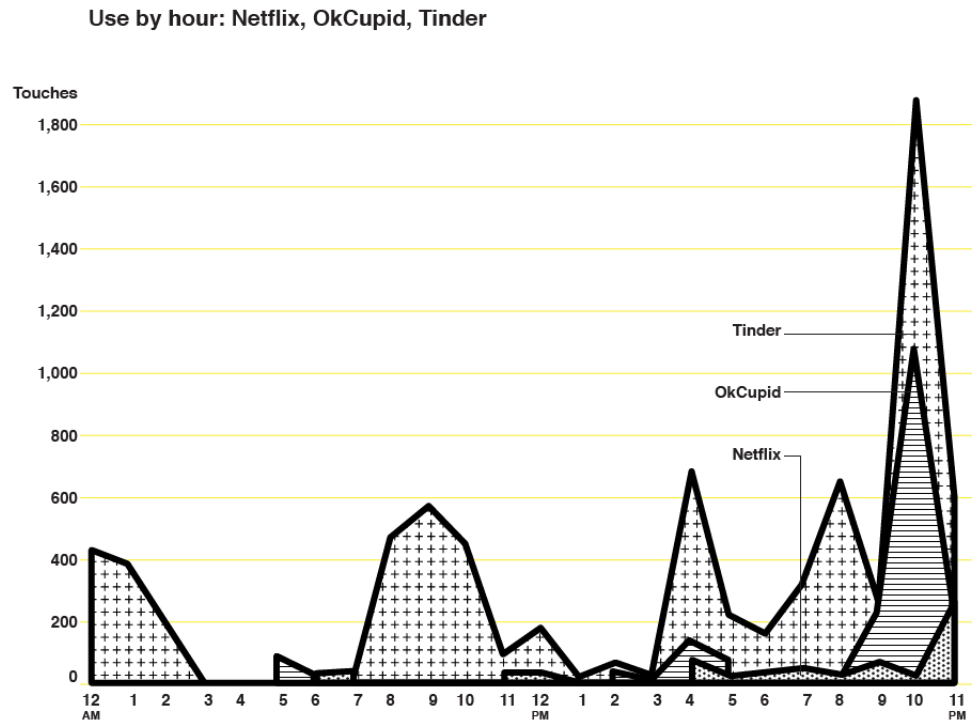


Abbildung 16

DScout's Study: "Putting a Finger on Our Phone Obsession".

Nutzung pro Stunde von Netflix, OkCupid und Tinder während des Tages[59].

Mit Touches sind die Anzahl der Klicks, Swipes oder einfachen Interaktionen mit der Applikation gemeint.

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. [(EIGENES) DIAGRAMM?] 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 sind zwei Beispiele für Daten, die nach deren Erstellung in einem Archiv ge-

speichert nicht gelöscht werden und. In Deutschland müssen ärztliche Patientenakten mindesten zehn Jahre aufbewahrt werden⁶³. 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 17 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>

    <Filter>
      <Tag>
```

⁶³Nach dem Bürgerlichen Gesetzbuch (BGB) § 630f müssen Patientenakten zehn Jahren nach Abschluss der Behandlung aufbewahrt werden, soweit nicht nach anderen Vorschriften andere Aufbewahrungsfristen bestehen. [41]

```

        <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,

64

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 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.

⁶⁴Amazon Simple Storage Service - User Guide. S.701.[19]

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 17
Kostenvergleich durch Nutzung von unterschiedlichen Speicherklassen.

Quelle: Eigene Darstellung mit Stundensätze der S3-Preise⁶⁵.

Der Punkt wurde als Dezimaltrennzeichen und das Komma als Tausendertrennzeichen verwendet. Bei der Berechnung wurden die Kosten für das Verschieben von Dateien zwischen Speicherklassen berücksichtigt. Anhand der Berechnungen lässt sich erkennen, dass

⁶⁵AWS S3 Pricing[10]

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 Speicherkategorie 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 Speicherkategorie einordnet. Intelligent Auto Tiering ist eine attraktive Lösung für Unternehmen, die jährlich weniger als \$100,000 für Speicher ausgeben ⁶⁶. Abbildung 18 zeigt, wie die Dateien in Abhängigkeit davon, ob auf sie zugegriffen wurde oder nicht, verschoben werden.

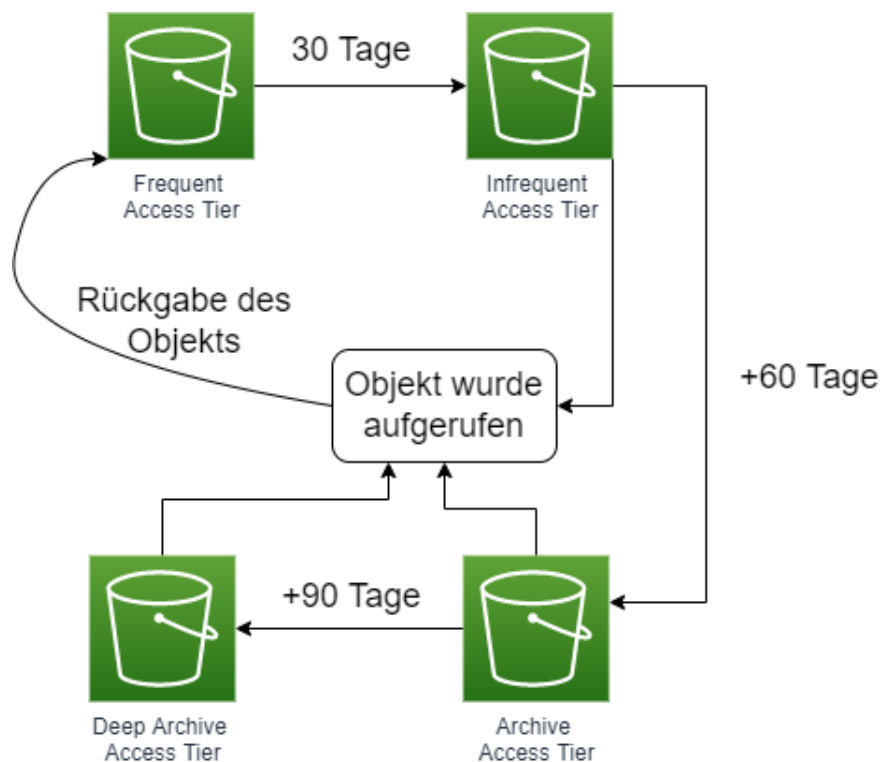


Abbildung 18
Funktionsweise von Intelligent-Tiering

Quelle: Eigene Darstellung. ⁶⁷

⁶⁶AWS re:Invent 2019: Guidelines and design patterns for optimizing cost in Amazon S3. Minute: 21:12 [17]

⁶⁷Amazon Simple Storage Service - User Guide. S.715[19]

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

Zusammenfassung und Ausblick

(To-Do:)

Kapitelweise Kurzdarstellung der Inhalte (inklusive Referenzierung auf die Kapitelnummerierung) => Nach dem Motto: *Was wurde wo beschrieben?*

Kurzdarstellung *Problem – Lösungsweg – Ergebnisse*

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: CloudFormation, IAM, Mit Serverless Kosten nach Transaktionen?, AWS Cost Anomalies

Richtung der zukünftigen/möglichen Arbeiten

Erläuterung, warum welche Aspekte in der Arbeit nicht erläutert

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 entwickeln[ODER sensibilisiert werden?]. Von dem Entwickler bis zum der IT-Manager, jeder sollte wissen, dass es so einfach ist, Cloud-Dienste mit ein paar Klicks zu beauftragen⁶⁸. 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.

⁶⁸Plussserver: Kostenoptimierung in AWS, S.5[55].

5G/IoT generierte Daten

Mit 5G ist prognostiziert, 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]

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-access-tiers#:~: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] Was ist Amazon EC2 Auto Scaling?
https://docs.aws.amazon.com/de_de/autoscaling/ec2/userguide/what-is-amazon-ec2-auto-scaling.html
(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://aws.amazon.com/de/premiumsupport/technology/trusted-advisor/>
(Abgerufen am 06.12.2021)
- [38] AWS Support - Benutzerhandbuch
https://docs.aws.amazon.com/de_de/awssupport/latest/user/support-ug.pdf#trusted-advisor
(Abgerufen am 07.12.2021)
- [39] 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)
- [40] 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).
- [41] Bürgerlichen Gesetzbuch (BGB) § 630f
https://www.gesetze-im-internet.de/bgb/__630f.html
(Abgerufen am 08.12.2021)
- [42] SevDesk: Definition von Budgetplanung
<https://sevdesk.de/lexikon/budgetplanung/#budgetplanung-definition>
(Abgerufen am 28.11.2021)
- [43] Indeed:Cost Control Methods: Definitions and Examples
<https://www.indeed.com/career-advice/career-development/cost-control-methods>
(Abgerufen am 29.11.2021)
- [44] 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=Cj0KCQiAtJeNBhCVARIsANJUJ2Fb2Xp3WST3woFmmI11ZfqsMTRzvLVld-B1PE0yKVxdhm4tgxMkwB
(Abgerufen am 29.11.2021)
- [45] 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)
- [46] Instagram: Wann verschwindet meine Instagram Story?
<https://help.instagram.com/1729008150678239> (Abgerufen am 08.12.2021)
- [47] 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)

-
- [48] Definition von Customer Acquisition Cost (CAC)
<https://onlinemarketing.de/lexikon/definition-customer-acquisition-cost-cac>
(Abgerufen am 06.12.2021)
- [49] Definition von Freemium
<https://onlinemarketing.de/lexikon/definition-freemium> (Abgerufen am 06.12.2021)
- [50] Definition von Cost-per-Action (CPA)
<https://onlinemarketing.de/lexikon/definition-cost-per-action-cpa>
(Abgerufen am 06.12.2021)
- [51] 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)
- [52] 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)
- [53] 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)
- [54] Techterms Definition Metadata.
<https://techterms.com/definition/metadata>
(Abgerufen am 08.12.2021)
- [55] Plusserver: Kostenoptimierung in AWS
https://get.plusserver.com/hubfs/Assets/aws/a/Whitepaper-Kostenoptimierung-in-AWS-DE.pdf?utm_campaign=IoT&utm_medium=email&_hsmt=188763947&_hsenc=p2ANqtz--pG4zb_6horYqX3d0QDpUAzNYdJL51HEBdAtK3IQRBKUfR226JxBly6n2ILDtAmkmPwlib5J7qYjL10c6Fslutm_content=188763947&utm_source=hs_automation (Abgerufen am 29.11.2021)
- [56] TÜV Rheinland: Kurse zur Ausbildung von Cloud Architekten
<https://akademie.tuv.com/weiterbildungen/architecting-on-aws-489176?>
(Abgerufen am 29.11.2021)

-
- [57] 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)
- [58] Spot by NetApp, What are AWS spot instances?
<https://spot.io/what-are-ec2-spot-instances/>
(Abgerufen am 01.12.2021)
- [59] 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)
- [60] Statista: 2020 überholt die Cloud lokale Speichermedien
<https://de.statista.com/infografik/18231/cloud-vs-lokaler-speicher/>
(Abgerufen am 18.11.2021)
- [61] 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)
- [62] 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)
- [63] 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)
- [64] 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)

-
- [65] 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)
- [66] 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": "GreaterThanOrEqualToThreshold",
        "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"
```

69

II Alarm für die monatliche Kosten anhand eines Budgets

III Screenshot des CloudWatch-Dashboards

⁶⁹AWS CloudFormation - Benutzerhandbuch. S.481.[33]

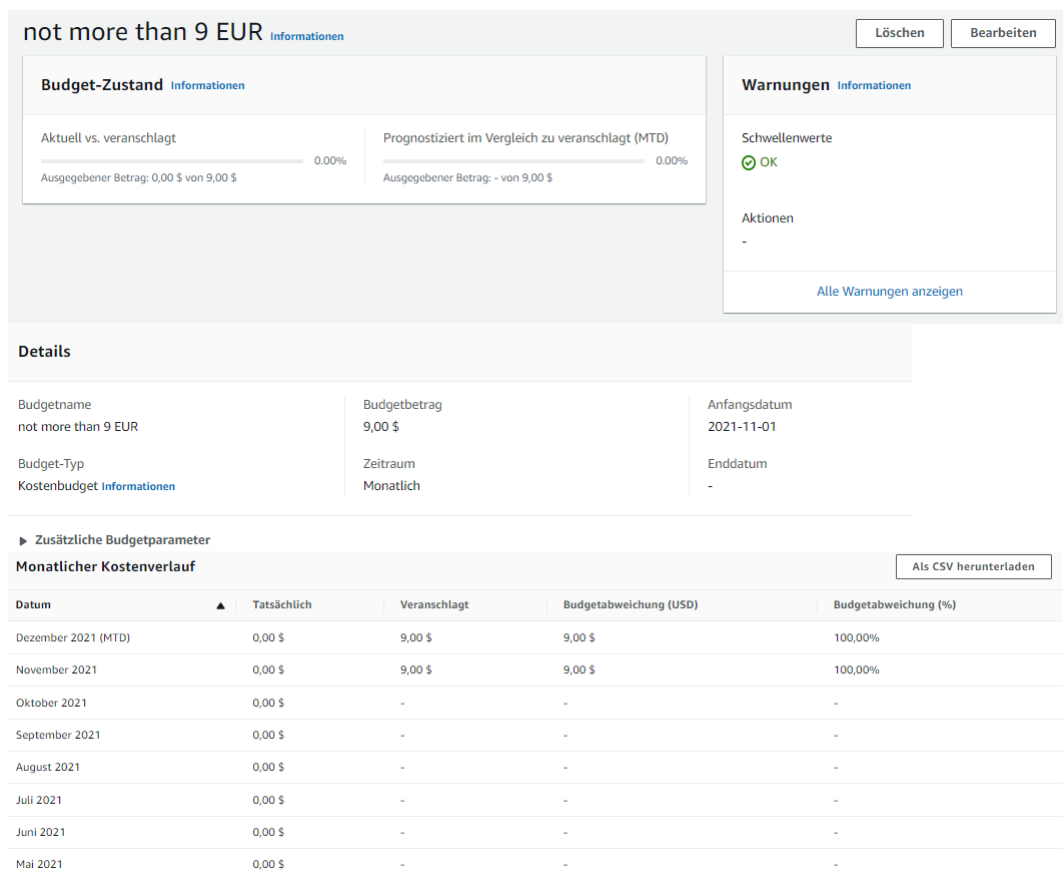


Abbildung 19
Eigene Darstellung von Test AWS-Konto.

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.