

# Cloud computing

---

Autor: Björn Böing

## Inhaltsverzeichnis

- [Einleitung](#)
  - [Definition](#)
  - [Geschichtliches](#)
- [Architektur](#)
  - [Charakteristika](#)
  - [Service Modelle](#)
    - [Infrastructure as a Service \(IaaS\)](#)
    - [Platform as a Service \(PaaS\)](#)
    - [Software as a Service \(SaaS\)](#)
    - [Function as a Service \(FaaS\)](#)
    - [Everything as a Service \(XaaS\)](#)
  - [Bereitstellungsmodelle](#)
    - [Public](#)
    - [Private](#)
    - [Community](#)
    - [Hybrid](#)
  - [Vergleich zu anderen Modellen](#)
  - [Edge Computing](#)
  - [Fog Computing](#)
  - [Sicherheitsaspekte](#)
  - [Nachteile & Begrenzungen](#)
- [Amazon Web Service \(AWS\)](#)
  - [Einführung & Grundlagen](#)
  - [Elastic Compute Cloud \(EC2\)](#)
  - [Simple Storage Service \(S3\)](#)
  - [AWS Lambda](#)
- [Cloud Design Pattern](#)
  - [Event Sourcing](#)
  - ...
- [Zusammenfassung](#)
  - [Aktuelle Trends](#)

## Einleitung

- Ursprung in Semesterarbeit

## Definition

Für den Begriff "Cloud Computing" gibt es keine Definition, die sich zu diesem Zeitpunkt allgemeingültig durchsetzen konnte, jedoch ähneln sich die meisten häufig in den Kernpunkten. Die Definition der US-amerikanischen Standardisierungsstelle NIST (National Institute of Standards and Technology) wird in vielen Publikationen und Vorträgen verwendet und lautet:

*"Cloud computing is a model for enabling ubiquitous, convenient, on-demand network access to a shared pool of configurable computing resources (e.g., networks, servers, storage, applications, and services) that can be rapidly provisioned and released with minimal management effort or service provider interaction."* [\[NIST11\]](#)

Neben dem Kernpunkt aller Definitionen, dass Rechnerressourcen über ein Netzwerk bereitgestellt und genutzt werden können, stellt das NIST mit dieser Definition eine schnelle und einfache Verwendung in den Fokus. Das Bundesamt für Sicherheit in der Informationstechnik (BSI) geht noch einen Schritt weiter und sagt, dass Angebote und Nutzung der Cloud Dienstleistungen ausschließlich über definierte technische Schnittstellen und Protokolle abläuft. Die direkte Interaktion mit den Anbietern ist nicht vorgesehen. [\[BSI18\]](#)

## Geschichtliches

Die Bedeutung von "Cloud Computing" wie sie heute existiert und was damit verbunden wird, hat sich seit der ersten Verwendung nicht viel verändert. Die Compaq, Weltmarktführer für PC-Systeme der 1990er, verwendete den Begriff 1996 in einem internen Dokument. Schon davor

wurde der Begriff "Cloud" und die dazugehörige Abbildung verwendet, um unter anderem das Internet, Telekommunikation und verteilte Anwendungen darzustellen. [REGA11]

Populär wurde der Begriff "Cloud Computing", als Amazon 2006 ihre Elastic Compute Cloud (EC2) auf den Markt brachte. In den anschließenden Jahren brachten auch Unternehmen wie Google, Microsoft, IBM und auch Oracle vergleichbare Produkte auf den Markt, um den neu erzeugten Bedarf nach externer und mietbarer Rechenleistung zu bedienen. Das erste open-source Projekt, welches das Erstellen von **privaten** und **hybrid** Clouds ermöglichte, war das OpenNebula Projekt der NASA und wurde 2008 veröffentlicht. [FOOT17] [IBMJ]

## ?? Architektur / Konzept

### Charakteristika

NIST Charakteristika:

- **On-demand self-service:** Ein Nutzer kann ohne menschliche Interaktion (also eigenständig) die zugänglichen Ressourcen, wie Serverinstanzen und Speicher, verwalten.
- **Broad network access:** Die angebotenen Funktionen sind über das Netzwerk und mittels standardisierter Mechanismen zu erreichen und darauf ausgerichtet Client-Plattformen wie Smartphones, Tablets oder Laptops zu unterstützen.
- **Resource pooling:** Die Ressourcen des Anbieters sind darauf ausgelegt von mehreren Kunden parallel genutzt zu werden. Dies wird erreicht, indem sowohl die physischen als auch die virtuellen Ressourcen einem Kunden automatisiert zugewiesen und entzogen werden.
- **Rapid elasticity:** Funktionen können elastisch bereitgestellt und freigegeben werden, um eine Skalierung zu ermöglichen, die sich (manchmal auch automatisiert) den Umständen entsprechenden anpasst. Dem Nutzer erscheinen die Ressourcen häufig als unbegrenzt und können dadurch zu beliebigen Zeitpunkten in beliebigen Mengen angefordert werden.
- **Measured service:** Die Nutzung von Cloud Systemen wird automatisiert überwacht, um beispielsweise den genutzten Speicher, die genutzte Bandbreite oder die Anzahl der aktiven Benutzer zu messen. Diese können sowohl von Seiten des Nutzers, als auch vom Anbieter aus transparent überwacht, kontrolliert und bekanntgegeben werden.

[NIST11]

- <https://nvlpubs.nist.gov/nistpubs/Legacy/SP/nistspecialpublication800-145.pdf>

Weitere Charakteristika:

- [https://en.wikipedia.org/wiki/Cloud\\_computing](https://en.wikipedia.org/wiki/Cloud_computing)
- [https://www.bsi.bund.de/DE/Themen/DigitaleGesellschaft/CloudComputing/Grundlagen/Grundlagen\\_node.html](https://www.bsi.bund.de/DE/Themen/DigitaleGesellschaft/CloudComputing/Grundlagen/Grundlagen_node.html)

### Service Modelle

Auf Basis von Cloud Computing Technologien sind in den vergangenen Jahren eine Vielzahl verschiedener Projekte und Produkte entstanden, die vor allem darauf abzielen dem Nutzer Funktionalitäten flexibel und skalierbar zur Verfügung zu stellen. Da Nutzer in der Regel keine Funktionalitäten wirklich kaufen, sondern eher mieten, wird in diesem Zusammenhang von "Services" gesprochen. In diesem Zusammenhang ist auch die Begrifflichkeit "as a Service" entstanden, mit denen Cloud Computing Produkte häufig betitelt werden. Die finanzielle Abrechnung läuft bei Cloud Services in der Regel über das "Pay as you go" Prinzip ab, welches in Verbindung mit genauen Messungen zur tatsächlichen Nutzung der Funktionalitäten und anbieterabhängigen Schwerpunkten die Kosten kalkuliert.

Die **Abbildung 1** zeigt den Zusammenhang der drei verbreitetsten Service Modelle "*Infrastructure as a Service*" (*IaaS*), "*Plattform as a Service*" (*PaaS*) und "*Software as a Service*" (*SaaS*) in Form eines Mengendiagramms. In den nächsten Abschnitten sollen diese drei Modelle und weitere vorgestellt und deren Anwendungsfälle betrachtet werden.

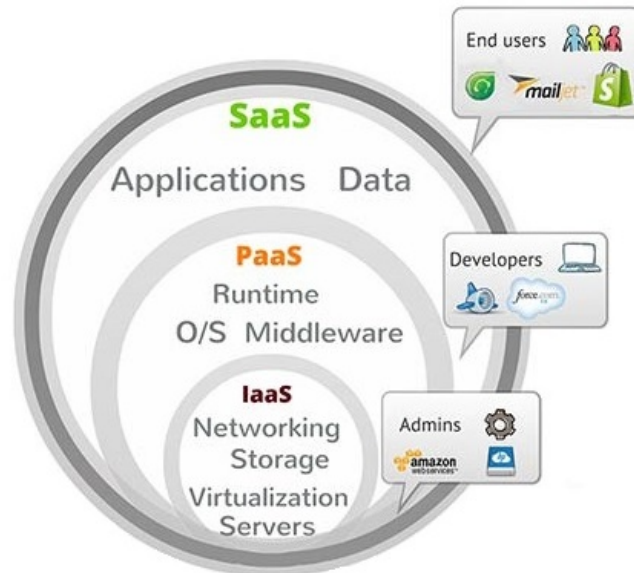


Abb. 1: IaaS vs PaaS vs SaaS - Quelle: [\[GASS16\]](#)

### Infrastructure as a Service (IaaS)

Mit IaaS wird das Bereitstellen von IT-Infrastrukturen mittels high-level APIs beschrieben, welche Details und Funktionen auf eine höhere Abstraktionsebene anheben, um deren Benutzung zu vereinfachen. Typische Infrastrukturen, die als Service bereitgestellt werden sind Rechenleistung und Speicherplatz.

Über sogenannte "Hypervisor" oder "Virtual Machine Monitor" (VMM) werden auf einem Computer eine oder mehrere virtuelle Maschinen (VMs) gestartet und verwaltet. Der Computer, auf dem die VMs laufen wird "Host" genannt, während die laufenden VMs als "Guest" bezeichnet werden. Anzumerken ist, dass das Betriebssystem des Host-Systems nicht einschränkt, welche Betriebssysteme auf den VMs genutzt werden können. Im Bereich von Cloud Computing werden Orchestrierungs Technologien genutzt, um unter anderem die Entscheidung auf welchem Host eine VM laufen soll und auch das Verknüpfen von neuen VMs und freiem Speicher zu automatisieren. Dadurch wird ermöglicht, dass eine Vielzahl von Nutzer neue VMs eigenständig aufsetzen und nutzen können, ohne dass Interaktionen mit einem Dritten notwendig sind. In der Regel stellen Anbieter von IaaS ein Webportal zur Verfügung, über das neue Maschinen mit ein paar Klicks erzeugt werden können und dabei sowohl das Betriebssystem als auch die Rechen- und Speicherleistung festgelegt werden. [\[SHAW17\]](#) [\[ROUS17a\]](#)

Die NIST hat bereits 2011 standardisierte Definitionen zu den weitverbreitesten Service Modellen veröffentlicht. Das IaaS Modell wird wie folgt definiert:

*"The capability provided to the consumer is to provision processing, storage, networks, and other fundamental computing resources where the consumer is able to deploy and run arbitrary software, which can include operating systems and applications. The consumer does not manage or control the underlying cloud infrastructure but has control over operating systems, storage, and deployed applications; and possibly limited control of select networking components (e.g., host firewalls)."* [\[NIST11\]](#)

Auch diese Definition beinhaltet, dass die grundlegende Infrastruktur vom Anbieter verwaltet und bereitgestellt wird und der Nutzer trotzdem die Kontrolle über das Betriebssystem, den Speicher und installierte Software hat. Die NIST merkt allerdings an, dass häufig die Kontrolle über Netzwerkkomponenten beschränkt sind und nennt dazu Einstellungen an der Firewall als Beispiel.

Im späteren Verlauf dieses Kapitels wird auf AWS EC2 eingegangen, was eine IaaS Lösung von Amazon darstellt.

### Platform as a Service (PaaS)

Das PaaS Modell erweitert das vorhergehend beschriebene IaaS Modell mit vorinstallierter Software (häufig speziell Middleware), die für die Entwicklung und den Betrieb von Anwendungen notwendig sind und nimmt übernimmt weitere Aufgaben, wie das Konfigurieren des Betriebssystems, von Datenbanken und von technischen Bibliotheken. Das bedeutet, dass beispielsweise Server aufgesetzt werden können, die die JavaScript Laufzeitumgebung Node.JS schon installiert haben und der Server somit lediglich die auszuführende Software erhalten muss. [\[GASS16\]](#) [\[WATT17\]](#)

Vorrangiges Ziel von PaaS ist es die Entwicklung von Softwareanwendungen zu vereinfachen und zu beschleunigen. Dies wird erreicht, indem Entwickler sich nicht detailliert mit dem Erzeugen und Konfigurieren von Testumgebungen befassen müssen, sondern auf fertige Lösungen zurückgreifen beziehungsweise auf einfache Weise diese Lösungen individuell anpassen können. Diese Kernpunkte sind auch von der NIST in ihrer Definition von PaaS zu finden:

*"The capability provided to the consumer is to deploy onto the cloud infrastructure consumer-created or acquired applications created using programming languages, libraries, services, and tools supported by the provider. The consumer does not manage or control the underlying cloud"*

*infrastructure including network, servers, operating systems, or storage, but has control over the deployed applications and possibly configuration settings for the application-hosting environment."* [NIST11]

Fotango, eine Tochterfirma von Canon Europe, brachte 2006 als weltweit erster Anbieter einen Dienst online, der das umsetzte, was später als PaaS bekannt wurde. Mit "Zimki" wurde damals eine Plattform angeboten, die alle Nebenaufgaben für die Entwicklung von JavaScript automatisiert umsetzte und dabei das "Pay as you go" Prinzip für die finanzielle Abrechnungen nutzte. Obwohl Zimki Profit einspielte und sich einer wachsenden Nutzerzahl erfreuen konnte, entschied sich Canon den Dienst am 24.12.07 einzustellen. [FORR06] [MARK07]

## Software as a Service (SaaS)

Mit SaaS stellt ein Anbieter das volle Paket, bestehend aus Infrastruktur, Plattform und auch Anwendungssoftware, für die direkte Nutzung bereit. Dabei steht die Anwendersoftware im Vordergrund und wird häufig über einen Thin-Client, wie einen Internetbrowser, bedient. Durch diesen Ansatz muss ein Anwender keinerlei produktspezifische Software installieren, sondern kann die volle Funktionalität jederzeit auf Abruf nutzen. Aus diesem Grund wird SaaS auch als "On Demand Software" bezeichnet und gilt als das komplette Gegenteil zur klassischen "On Premises Software", bei der ein Produkt auf dem Nutzerrechner vollständig installiert werden muss, bevor es genutzt werden kann. [GASS16] [WATT17]

Im Vergleich zu IaaS, was sich eher an IT-Administratoren richtet und zu PaaS, was vorrangig von Software-Entwicklern genutzt wird, findet bei SaaS die Interaktion direkt mit dem Nutzer statt. Als Beispiel sind die Google Apps wie Docs, Spreadsheets und Presentation zu nennen, deren Funktionalität vollständig über den Browser zu nutzen sind und keinerlei Zusatzinstallationen benötigen. [GASS16]

Die NIST definierte 2011 SaaS wie folgt:

*"The capability provided to the consumer is to use the provider's applications running on a cloud infrastructure. The applications are accessible from various client devices through either a thin client interface, such as a web browser (e.g., web-based email), or a program interface. The consumer does not manage or control the underlying cloud infrastructure including network, servers, operating systems, storage, or even individual application capabilities, with the possible exception of limited user-specific application configuration settings."* [NIST11]

Die Grundidee, dass einem Kunden die Aufgaben zur Wartung und Bezahlung von IT-Infrastrukturen und Plattformen abgenommen werden, ist nicht erst mit SaaS entstanden. Bereits in den 1990ern sind sogenannte "Application Service Providers" (ASP) entstanden, die Softwareanwendungen über Netzwerke bereitstellten. Auch ASPs sahen ein Geschäftsmodell darin, dem Kunden die Arbeit abzunehmen, die abseits von der eigentlichen Bedienung und Verwendung einer Softwarelösung notwendig ist. Stattdessen war es nur notwendig Client-Software zu installieren, was gerade für kleine und mittelständische Unternehmen eine enorme Kostenersparnis darstellte. [BIAN20]

Im Vergleich zu ASPs stellen SaaS Anbieter in der Regel ihre eigene Software über die Cloud bereit, anstatt Software von Dritten anzubieten. Darüber hinaus wird für SaaS-Lösungen in den meisten Fällen einzig ein Browser benötigt und keine separat installierte Clientanwendung. Was den Unterschied in Wartung und Betrieb betrifft, so stellten ASPs für jeden ihrer Kunden eine eigene Instanz der gewünschten Anwendung zur Verfügung, während moderne SaaS Lösungen, mit einem multitenantenfähiges System, mehrere Kunden über eine einzige Instanz versorgen können. Sowohl ASP als auch SaaS unterstützen, durch die Zentralisierung der laufenden Softwareanwendungen, das Prinzip von Continuous Delivery. Dies bedeutet, dass die Anwendungen, die über das Netzwerk bereitgestellt werden, in deutlich höherer Frequenz Updates erhalten können, ohne dabei den Endnutzer mit einbeziehen zu müssen. Anzumerken ist, dass SaaS Continuous Delivery stärker unterstützt, da dort die Client-Software in der Regel keine Updates benötigt. [BIAN20]

## Function as a Service (FaaS)

Der Begriff FaaS ist aus dem Bereich der "serverless" Architekturen entstanden. Initial wurde mit serverless beschrieben, was heute mit PaaS gemeint ist. Also, dass eine Anwendung und die dazugehörigen Server, von Dritten bereitgestellt und gewartet werden, statt diese Aufgaben selbst zu erledigen.

Das heutige Verständnis einer serverless Architektur beschreibt allerdings tatsächlich einen Ansatz, der sich vom klassischen Server entfernt. Gemeint ist, dass nicht ein Prozess eine lange Zeit darauf wartet, dass eine Anfrage gestellt wird und dieser möglicherweise auch mehrere Anfragen abwickelt. Stattdessen setzt der FaaS Ansatz darauf, dass die geforderten Ressourcen innerhalb von Millisekunden hochfahren, anschließend eine Anfrage behandeln und dann wieder herunterfahren. Dies ist über Event-Mechanismen umgesetzt, die zur Ausführung einer bestimmten Funktion führen statt, dass ein Prozess auf Anfragen warten muss. Im Vergleich zu PaaS wird die Nutzung von FaaS meist pro Ausführung bepreist statt pro verstrichener Zeit in dem der Dienst aktiv war.

Mit FaaS werden mittlerweile vor allem Microservices realisiert, die durch eine Orchestrierung von verschiedenen Funktionalitäten eine umfassendere Aufgabe erledigen. Amazon ist mit [AWS Lambda](#) einer der bekanntesten Anbieter von FaaS, obwohl [hook.io](#) es weltweit als erster anbot.

[AVRA16] [HAN17]

## Everything as a Service (XaaS)

Nachdem die vorangehend beschriebenen Service Modelle immer weiter an Bekanntheit und Beliebtheit gewannen, kamen weitere Technologien die mittels Cloud Computing "as a Service" angeboten wurden. All diese verschiedenen Modelle und Technologien werden unter "Everything as a

Service" oder kurz "XaaS" zusammen gefasst. Heutzutage werden die verschiedensten Anwendungen und Technologien über die Cloud als Service bereitgestellt wie beispielsweise:

- Internet of Things as a Service (IoTaaS)
- Database as a Service (DbaaS)
- Blockchain as a Service (BaaS)
- Games as a Service (GaaS)

Genau wie die vorhergehenden Modelle basieren auch diese darauf, dass der Endnutzer möglichst wenig Aufwand betreiben muss, um sie zu nutzen.

[\[ROUS17b\]](#) [\[WIKI18\]](#)

## Bereitstellungsmodelle

Durch die große Verbreitung und die verschiedensten Anwendungsgebiete sind auch die verschiedensten Formen der Bereitstellung von Cloud Computing entstanden. Die vier verbreitesten werden im Folgenden vorgestellt.

### Public

Eine "Public Cloud" beschreibt eine öffentlich zugängliche Cloud-Infrastruktur, bei der die benötigten Ressourcen von einem Dritten bereitgestellt und gewartet werden. Die Nutzung von Public Clouds kann zwar kostenlos sein oder zumindest bis zu einem gewissen Grad, ist in der Regel allerdings mit direkten Kosten an den Anbieter verbunden. Dieses Bereitstellungsmodell ist mit Abstand am weitesten vertreten und wird sowohl von Privatleuten als auch von Unternehmen verwendet, um Arbeit auszulagern und die eigene Produktivität zu erhöhen. [\[INNO17\]](#) [\[NIST11\]](#)

### Private

Unternehmen, die die Cloud-Infrastruktur eines Dritten allein nutzen oder die die Bereitstellung Wartung selbstständig erledigen wollen, greifen häufig auf eine "Private Cloud" zurück. Dies erlaubt es ihnen die vorhergehend beschriebenen [Service Modelle](#) zentral zu warten und bereitzustellen und müssen so nicht zwingend auf einen Dritten vertrauen. Ein Unternehmen kann somit sowohl Betreiber als auch Nutzer einer Cloud sein und auch darüberhinaus aus Zweigstellen Zugriff auf die Private Cloud ermöglichen. [\[INNO17\]](#) [\[NIST11\]](#)

### Community

Eine "Community Cloud" siedelt sich zwischen Public und Private Clouds an. Die genutzte Infrastruktur wird sich zwischen mehreren Unternehmen oder Teilnehmern geteilt, sind aber nicht öffentlich zugänglich. In der Regel schließen sich Unternehmen zusammen, die beispielsweise die gleichen Voraussetzungen an Privatsphäre, Performanz und Sicherheit stellen und durch den Zusammenschluss die entstehenden Kosten aufteilen wollen. Community Clouds können innerhalb des Zusammenschlusses bereitgestellt, aber auch durch einen Dritten bezogen werden. Über ein multitenantenfähiges System können einzelne Unternehmen separat von einander agieren, es lassen sich aber trotzdem zentrale Datenquellen erzeugen, auf die mehrere Teilnehmer Zugriff haben. Ein Beispiel für einen Zusammenschluss sind Banken, bei denen mehrere Tochterfirmen eigenständig arbeiten, aber trotzdem zentrale Datenquellen mit einbeziehen. [\[INNO17\]](#) [\[NIST11\]](#)

### Hybrid

Beim Einsatz von "Hybrid Clouds" werden zwei oder mehr Clouds miteinander verbunden, die unterschiedliche Bereitstellungsmodelle besitzen können. Unternehmen können dadurch beispielsweise sensible Daten mit einer Private Cloud schützen und gleichzeitig andere Daten durch eine Public Cloud öffentlich zugänglich machen. Außerdem ermöglichen Hybrid Clouds einen schritt- oder teilweisen Umstieg von on premise Anwendungen zur Cloud. Dies wird vor allem von Unternehmen genutzt, die einen Umstieg zur Cloud nicht in einem einzigen Schritt stemmen können. Das unter [Geschichtliches](#) erwähnte Projekt OpenNebula der NASA ist ein Beispiel für die gleichzeitige Nutzung von Private und Public Cloud. Ersteres nutzt die NASA, um Forschung und Entwicklung unter Verschluss zu halten, während letzteres dazu genutzt wird, um Datensätze mit anderen Unternehmen und der Öffentlichkeit auszutauschen. [\[INNO17\]](#) [\[NIST11\]](#)

??? Vergleich zu anderen Modellen

## Edge Computing

Mit dem Begriff "Edge Computing" wird der Ansatz beschrieben, mit dem die Intelligenz eines Netzwerkes zur Datenquelle verschoben wird. Gemeint ist, dass Rechenleistung und Speicher an die "Edge", also die Kante, eines Netzwerkes gebracht werden, um vor Ort die dort entstehenden Daten zu verarbeiten. Edge Computing befindet sich derzeit auf dem aufsteigenden Ast und wird immer häufiger eingesetzt, um vor allem im IoT-Bereich eine bessere Kontrolle und Performanz zu erreichen. Einige wichtige Entitäten und Begriffe für Edge Computing sind:

- **Edge device:** Geräte, die Daten erzeugen, wie beispielsweise Sensoren und industrielle Maschinen.
- **Edge:** Der "Rand" des betrachteten Netzwerkes, der je nach Anwendungsgebiet völlig unterschiedlich ist. In der Telekommunikation könnte es ein Sendemast oder Handy sein, im Automobilbereich ein Auto.
- **Edge gateway:** Eine zentrale Stelle, von der die Verbindung zu Bereichen außerhalb eines Edge Netzwerkes ermöglicht wird.

- **Fat client:** Im Bereich von Edge Computing ist Software gemeint, die auf den Edge devices Daten verarbeiten können. Das Gegenstück zu "*thin clients*", die Daten nur versenden können.
- **Edge computing equipment:** Edge Computing nutzt Hardware und Technologien, die bereits in anderen Bereichen eingesetzt wird, als auch welche, die speziell für diese und ähnliche Szenarien entwickelte wurde. Hersteller wie Cisco produzieren gezielt Netzwerk-Hardware, die besonders zuverlässig und belastbar sind (sowohl die Technik als auch das Gehäuse).
- **Mobile edge computing:** Der Ausbau von Edge computing im Bereich der Telekommunikation, speziell in 5G Szenarien.

Der Wandel, der durch Edge Computing vollzogen wird, ist in mehreren Bereichen sehr vielversprechend und bringt einige Vorteile mit sich.

Zum einen senkt es die Latenz, die eine Anwendung oder ein Gerät für eine Entscheidungsfindung oder ein Ergebnis braucht. Eine Anfrage quer über den Globus zu schicken, wo eventuell weitere Anfragen entstehen, ehe eine Antwort zurück kommt, dauert deutlich länger als auf alle benötigten Mittel vor Ort zugreifen zu können. Laut Matthew Lynley von "techcrunch.com" [\[LYNL18\]](#) entwickelt Amazon möglicherweise Chips für Amazon Echo, um genau diesem Latenz-Problem entgegen zu wirken. Diese Chips sollen die Informationen und Anfragen, die in die Cloud geschickt werden müssen, senken, um so die Antwortzeit drastisch zu reduzieren.

Zum anderen bietet Edge Computing die Möglichkeit über ein richtiges Management die Sicherheit, beispielsweise von Nutzern und deren Geräten, zu steigern. Spätestens nach der Distributed Denial of Service (DDOS) Attacke auf die Dyn im Oktober 2016 [\[STAT16\]](#) ist die Sicherheit von Edge Geräten, wie sie häufig für Internet of Things (IoT) Netzwerke benutzt werden, ein großes Thema. Damals konnte ein riesiges Botnetz, das zum Großteil aus IoT-Geräten bestand, die Verwendung des Internets dramatisch stören. Die Mirai Malware übernahm die Kontrolle von Geräten, die statische Nutzernamen und Passwörter besaßen oder diese den Werkseinstellungen entsprachen und nutzte die so gesammelte Rechenleistung für eine DDOS Attacke gegen den DNS-Betreiber der USA.

Ebenso wie Werkseinstellungen von Nutzernamen und Passwörter, bringen auch veraltete Betriebssysteme und Software Sicherheitsrisiken mit sich. Laufende IoT-Geräte werden nur selten mit aktuellen Updates ausgestattet und beinhalten wenige Sicherheitsmechanismen. Statt händisch einzelne Geräte zu updaten sollte stattdessen ein zentrales Management diese Aufgabe übernehmen und für mehr Sicherheit am Netzwerkrand sorgen. Genauso wie Webbrowser meist verdeckt Updates erhalten oder Smartphone-Besitzer auf neue Versionen hingewiesen werden, sollte es auch bei Edge-Geräten der Fall sein.

Neben den Sicherheitsaspekten kann Edge Computing auch dabei helfen ein weiteres Problem zu lösen, das durch IoT entstanden ist. Die enorme Menge an Daten, die durch IoT-Geräte anfallen und versendet werden sollen, bringen die Bandbreite eines Netzwerks an ihre Grenzen. Statt alle Daten zur Verarbeitung und Speicherung in die Cloud zu senden, können intelligente Edge Geräte dabei helfen die Daten zu filtern und nur bedeutsame Informationen über die Leitung zu senden. Zur Filterung sollen vor allem künstliche Intelligenzen (KIs) auf die Endgeräte gelangen.

Getrieben wird der Wandel zum Edge Computing vor allem in der Industrie. Mit der Einführung von Industrial Internet of Things (IIoT) generieren, versenden und analysieren Unternehmen ihre Prozesse und senken so beispielsweise ihre unerwarteten Ausfallzeiten. Obwohl bei der riesigen Datenmenge die starke Rechenleistung und große Speicherkapazitäten der Cloud eine sehr zentrale Rolle spielen, so bietet Edge Computing weitere Möglichkeiten die Performanz des IIoT weiter zu verbessern. Möglich ist dies vor allem durch die niedrigen Preise von Geräten und Sensoren zur Herstellung von Edge Geräten, die darüber hinaus immer weniger Platz benötigen. Ebenso dient die steigende Anzahl an Anwendungsgebieten von IIoT und die modernen Technologien für maschinelles Lernen und Analysen als treibende Kraft für den Einsatz von Edge Computing in der Industrie.

Die Zentralisierung, auf der Cloud Computing aufbaut, wird durch Edge Computing etwas aufgelockert. Das heißt nicht, dass es überflüssig wird, sondern vielmehr, dass Aufgaben an den Rand des Netzwerkes abgegeben werden. Je nach Anwendungsszenario ist diese Verschiebung stärken oder schwächer ausgeprägt. In Extremfällen kann Edge Computing aber auch vollständig ohne die Anwendung von Cloud Computing stattfinden.

[\[BUTL17\]](#) [\[GEDI18\]](#) [\[MILL18\]](#) [\[FELD17\]](#)

## Fog Computing

Genau wie beim Edge Computing, wird auch beim Fog Computing Rechenleistung, Speicher und allgemein die digitale Intelligenz zurück zum Rand des Netzwerkes verschoben. Dies soll ebenfalls für geringere Latenzen, eine höhere Sicherheit und geringere Auslastung der Bandbreite sorgen.

Der Begriff "Fog Computing" wurde 2013 erstmals von Cisco bei einer Publizierung verwendet und wird bis heute auch vorrangig von Cisco geprägt. Am 19. November 2015 wurde das "OpenFog Consortium" gegründet, in welchem Unternehmen wie Cisco Systems, ARM Holdings, Dell, Intel, Microsoft und die Princeton University zusammen arbeiten, um Fog Computing zu verbreiten und zu standardisieren. Die bisherige Arbeit brachte die sogenannte "OpenFog Reference Architecture" hervor, welche die acht Säulen einer OpenFog Architektur detailliert betrachtet [\[OPEN17\]](#):

- Sicherheit
- Skalierbarkeit
- Offenheit
- Selbstständigkeit
- Programmierbarkeit
- RAS (Zuverlässigkeit, Erreichbarkeit und Wartbarkeit)

- Agilität
- Hierarchie

Die Unterschiede zu Cloud und Edge Computing sind die Nähe zum Endverbraucher, die dichte geografische Verteilung und die mobile Einsatzmöglichkeit. Das standardmäßige Prinzip von Cloud Computing wird dahingehend verändert, dass durch sogenannte Fog-Nodes mehrere Endgeräte verknüpft werden und diese die Kommunikation zur Cloud übernehmen, statt die Endgeräte direkt. Durch die erhöhte Leistung sind die Fog-Nodes in der Lage Aufgaben der Cloud (z.B. Filterung von gesammelten Daten) zu übernehmen und darüberhinaus auch als eine Art von "vorgelagerter Cloud" betrachtet werden kann.

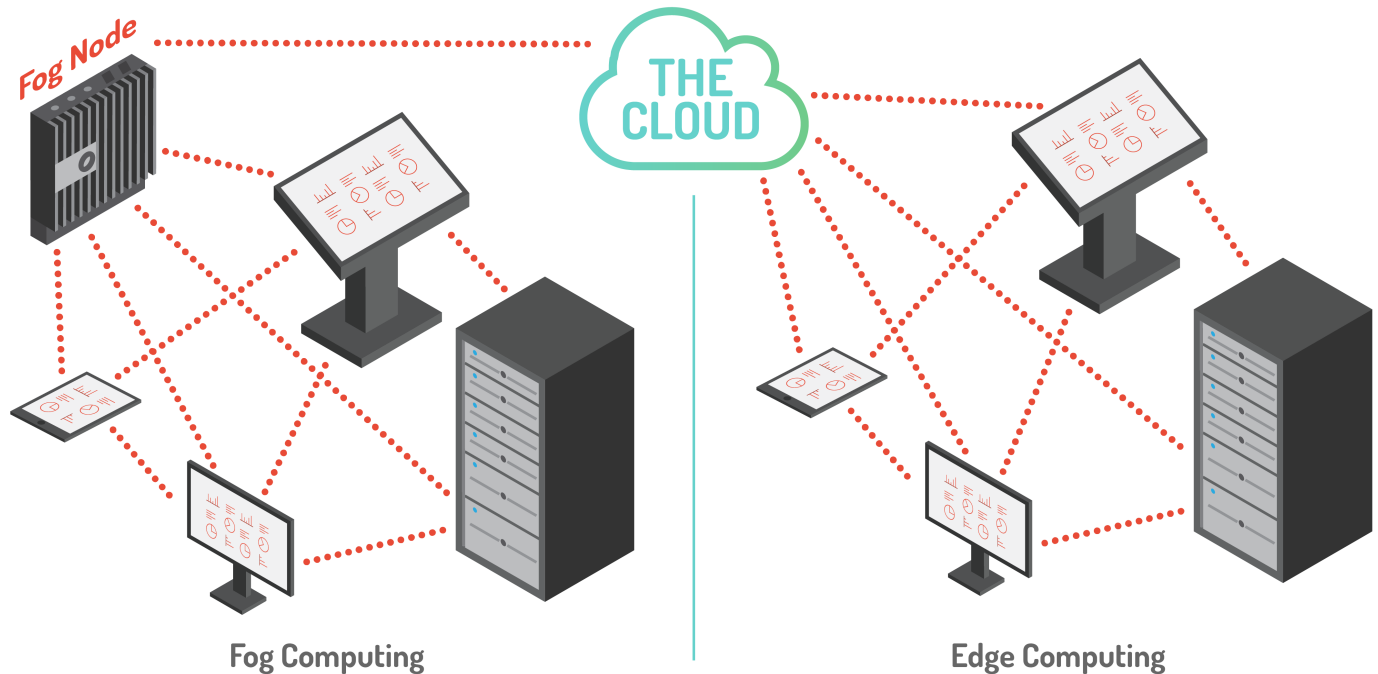


Abb. 2: Edge vs Fog Computing - Quelle: [ELLE17]

Im Vergleich zu Edge Computing, wo die Endgeräte (z.B. IoT-Dinge) eine stärkere Rechenleistung, Speicherkapazität und Intelligenz erhalten, bleiben die Endgeräte im Fog-Computing meist leistungsschwach. Stattdessen sind Gateways oder Fog-Nodes mit starker Leistung ausgestattet, um die bereits genannten Vorteile auszuspielen. Die [Abbildung 2](#) zeigt genau diesen Unterschied, in einer vereinfachten Darstellung.

Bei Fog Computing sind mehrere Schritte nötig, ehe Daten an die Cloud gesendet werden, werden sie:

1. über standardmäßig I/O Mechanismen ausgelesen.
2. von einem Open Platform Communication (OPC)-Server oder einer IoT-Node in ein Internet Protokoll wie MQTT oder HTTP konvertiert.
3. an eine Fog-Node im Netzwerk verschickt, wo sie gefiltert und/oder verarbeitet werden.

Ebenso wie Edge Computing kann auch Fog Computing unabhängig von Cloud Computing umgesetzt werden. In der Praxis wird aber auch Fog Computing lediglich als Ergänzung zur Cloud genutzt, um vor allem Endnutzern eine erhöhte "Quality of Service" (QoS) zu bieten.

Die schrittweise Verarbeitung und Konvertierung von gesammelten Daten stellt einen komplexeren Ansatz dar, als es bei Edge Computing der Fall ist. Darüberhinaus entstehen durch Fog Computing weitere potenzielle "Points of Failure".

[CISC13] [ELLE17] [OPEN17] [OPTO18]

### Sicherheitsaspekte

- Provider Zugriff
- Datenschutzrechtlich in DE (Kundendaten nicht auf Server im Ausland)

### Nachteile & Begrenzungen

- Geringere Individualisierungsmöglichkeiten

### Amazon Web Service (AWS)

- Static file deployment
- Container deployment
- Eventverarbeitung
- Generelle Erläuterung und kleinere Anleitungen
- AWS API gateway (Skalierbare APIs) ?



## Einführung & Grundlagen

### Elastic Compute Cloud (EC2)

- IaaS

### Simple Storage Service (S3)

### AWS Lambda

- FaaS

## Cloud Design Pattern

- Siehe Microsoft PDF

### Event Sourcing

...

## Zusammenfassung

### ?? Aktuelle Trends

- Hier evtl. Ausblicke auf derzeitige Trends der verbreitesten Cloud Anbieter
- <https://www.golem.de/news/hpe-greenlake-hybrid-cloud-software-automatisiert-die-ressourcen-in-der-cloud-1806-135051.html>
- Cloud native application (FaaS mit Microservices immer zentraler in Sachen Cloud) <https://www.cncf.io/blog/2017/05/15/developing-cloud-native-applications/>

## Literaturverzeichnis

[AVRA16]	Avram, Abel ; InfoQ, 25.06.2016: FaaS, PaaS, and the Benefits of Serverless Architecture URL: <a href="https://www.infoq.com/news/2016/06/faas-serverless-architecture">https://www.infoq.com/news/2016/06/faas-serverless-architecture</a> (abgerufen am 27.06.2018)
[BIAN20]	Bianchi, Alessandra ; Inc., 01.04.2000: Say good-bye to software as we know it and hello to ASP start-up URL: <a href="https://www.inc.com/magazine/20000401/18093.html">https://www.inc.com/magazine/20000401/18093.html</a> (abgerufen am 26.06.2018)
[BSI18]	Bundesamt für Sicherheit in der Informationstechnik (BSI): Cloud Computing Grundlagen URL: <a href="https://www.bsi.bund.de/DE/Themen/DigitaleGesellschaft/CloudComputing/Grundlagen/Grundlagen_node.html">https://www.bsi.bund.de/DE/Themen/DigitaleGesellschaft/CloudComputing/Grundlagen/Grundlagen_node.html</a> (abgerufen am 03.05.2018)
[BUTL17]	Butler, Brandon ; Network World, 21.09.2017: What is edge computing and how it's changing the network URL: <a href="https://www.networkworld.com/article/3224893/internet-of-things/what-is-edge-computing-and-how-it-s-changing-the-network.html">https://www.networkworld.com/article/3224893/internet-of-things/what-is-edge-computing-and-how-it-s-changing-the-network.html</a> (abgerufen am 29.06.2018)
[CISC13]	Cisco, 2013: Fog Computing, Ecosystem, Architecture and Applications URL: <a href="https://web.archive.org/web/20140922061044/http://www.cisco.com/web/about/ac50/ac207/crc_new/university/RFP/rfp13078.html">https://web.archive.org/web/20140922061044/http://www.cisco.com/web/about/ac50/ac207/crc_new/university/RFP/rfp13078.html</a> (abgerufen am 29.06.2018)
[ELLE17]	Elle, Jessica ; Forestgiant, 05.04.2017: Fog VS Edge Computing URL: <a href="https://forestgiant.com/articles/fog-vs-edge/">https://forestgiant.com/articles/fog-vs-edge/</a> (abgerufen am 26.06.2018)
[FELD17]	Felde, Christian ; Blog of Christian Felde, 20.12.2017: On edge architecture URL: <a href="https://blog.cfelde.com/2017/12/on-edge-architecture/">https://blog.cfelde.com/2017/12/on-edge-architecture/</a> (abgerufen am 27.05.2018)
[FOOT17]	Foote, Keith D. ; Dataversity, 22.06.2017: A Brief History of Cloud Computing URL: <a href="http://www.dataversity.net/brief-history-cloud-computing/">http://www.dataversity.net/brief-history-cloud-computing/</a> (abgerufen am 27.05.2018)
[FORR06]	Forrest, Brady ; O'Reilly Radar, 25.09.2006: Zimki, hosted JavaScript environment URL: <a href="http://radar.oreilly.com/2006/09/zimki-hosted-javascript-enviro.html">http://radar.oreilly.com/2006/09/zimki-hosted-javascript-enviro.html</a> (abgerufen am 26.06.2018)



[GASS16]	Gassner, Heinz ; Smart Industry Forum, 02.12.2016: What Do We Actually Mean By: IaaS, PaaS, SaaS? URL: <a href="https://smartindustryforum.org/what-do-we-actually-mean-by-iaas-paas-saas/">https://smartindustryforum.org/what-do-we-actually-mean-by-iaas-paas-saas/</a> (abgerufen am 21.06.2018)
[GEDI18]	GE Digital: What is Edge Computing? URL: <a href="https://www.ge.com/digital/blog/what-edge-computing#edge-computing-vs-cloud-computing-3">https://www.ge.com/digital/blog/what-edge-computing#edge-computing-vs-cloud-computing-3</a> (abgerufen am 27.05.2018)
[HAN17]	Han, Bowei ; Medium, 05.11.2017: An Introduction to Serverless and FaaS (Function as a Service) URL: <a href="https://medium.com/@Boweihan/an-introduction-to-serverless-and-faaS-functions-as-a-service-fb5cec0417b2">https://medium.com/@Boweihan/an-introduction-to-serverless-and-faaS-functions-as-a-service-fb5cec0417b2</a> (abgerufen am 27.06.2018)
[IBMJ09]	IBM Journal of Research and Development, 07.2009: The Reservoir model and architecture for open federated cloud computing URL: <a href="https://ieeexplore.ieee.org/document/5429058/">https://ieeexplore.ieee.org/document/5429058/</a> (abgerufen am 19.06.2018)
[INNO17]	Innocent, Johnson ; DZone / Cloud Zone, 09.03.2017: Cloud Computing Deployment Models URL: <a href="https://dzone.com/articles/cloud-computing-deployment-models">https://dzone.com/articles/cloud-computing-deployment-models</a> (abgerufen am 28.06.2018)
[LYNL18]	Lynley, Matthew ; techcrunch.com: Amazon may be developing AI chips for Alexa URL: <a href="https://techcrunch.com/2018/02/12/amazon-may-be-developing-ai-chips-for-alexa/">https://techcrunch.com/2018/02/12/amazon-may-be-developing-ai-chips-for-alexa/</a> (abgerufen am 27.05.2018)
[MARK07]	Markham, Gervase ; Hacking for Christ, 25.09.2007: Zimki Shuts Down URL: <a href="http://blog.gerv.net/2007/09/zimki_shuts_down/">http://blog.gerv.net/2007/09/zimki_shuts_down/</a> (abgerufen am 26.06.2018)
[MILL18]	Miller, Paul ; The Verge, 07.05.2018: What is edge computing? URL: <a href="https://www.theverge.com/circuitbreaker/2018/5/7/17327584/edge-computing-cloud-google-microsoft-apple-amazon">https://www.theverge.com/circuitbreaker/2018/5/7/17327584/edge-computing-cloud-google-microsoft-apple-amazon</a> (abgerufen am 27.05.2018)
[NIST11]	National Institute of Standards and Technology (NIST) - The NIST Definition of Cloud Computing 2011 URL: <a href="https://csrc.nist.gov/publications/detail/sp/800-145/final">https://csrc.nist.gov/publications/detail/sp/800-145/final</a> (abgerufen am 03.05.2018)
[OPEN17]	OpenFog, 09.02.2017: OpenFog Reference Architecture for Fog Computing URL: <a href="https://www.openfogconsortium.org/wp-content/uploads/OpenFog_Reference_Architecture_2_09_17-FINAL.pdf">https://www.openfogconsortium.org/wp-content/uploads/OpenFog_Reference_Architecture_2_09_17-FINAL.pdf</a> (abgerufen am 10.06.2018)
[OPTO18]	OPTO 22: Fog Computing vs. Edge Computing URL: <a href="http://info.opto22.com/fog-vs-edge-computing">http://info.opto22.com/fog-vs-edge-computing</a> (abgerufen am 29.06.2018)
[REGA11]	Regalado, Antonio ; MIT Technology Review, 31.10.2011: Who Coined 'Cloud Computing'? URL: <a href="https://www.technologyreview.com/s/425970/who-coined-cloud-computing/">https://www.technologyreview.com/s/425970/who-coined-cloud-computing/</a> (abgerufen am 27.05.2018)
[ROUS17a]	Rouse, Margaret ; TechTarget, 09.2017: Infrastructure as a Service (IaaS) URL: <a href="https://searchcloudcomputing.techtarget.com/definition/Infrastructure-as-a-Service-iaas">https://searchcloudcomputing.techtarget.com/definition/Infrastructure-as-a-Service-iaas</a> (abgerufen am 21.06.2018)
[ROUS17b]	Rouse, Margaret ; TechTarget, 11.2017: XaaS (Everything as a Service) URL: <a href="https://searchcloudcomputing.techtarget.com/definition/XaaS-anything-as-a-service">https://searchcloudcomputing.techtarget.com/definition/XaaS-anything-as-a-service</a> (abgerufen am 27.06.2018)
[SHAW17]	Shaw, Keith ; NetworkWorld, 19.12.2017: What is a hypervisor? URL: <a href="https://www.networkworld.com/article/3243262/virtualization/what-is-a-hypervisor.html">https://www.networkworld.com/article/3243262/virtualization/what-is-a-hypervisor.html</a> (abgerufen am 21.06.2018)
[STAT16]	Statt, Nick ; The Verge: How an army of vulnerable gadgets took down the web today URL: <a href="https://www.theverge.com/2016/10/21/13362354/dyn-dns-ddos-attack-cause-outage-status-explained">https://www.theverge.com/2016/10/21/13362354/dyn-dns-ddos-attack-cause-outage-status-explained</a> (abgerufen am 27.05.2018)
[WATT17]	Watts, Stephen ; BMC Blogs, 22.09.2017: SaaS vs PaaS vs IaaS: What's The Difference and How To Choose URL: <a href="https://www.bmc.com/blogs/saas-vs-paas-vs-iaas-whats-the-difference-and-how-to-choose/">https://www.bmc.com/blogs/saas-vs-paas-vs-iaas-whats-the-difference-and-how-to-choose/</a> (abgerufen am 26.06.2018)
[WIKI18]	Wikipedia, 26.06.2018: As a service URL: <a href="https://en.wikipedia.org/wiki/As_a_service">https://en.wikipedia.org/wiki/As_a_service</a> (abgerufen am 27.06.2018)