

Inhalt

Abbildungsverzeichnis	3
Tabellenverzeichnis	5
Glossar	7
1 Literatur	23

Abbildungsverzeichnis

Tabellenverzeichnis

1	Cloud Anbieter und deren Marktanteile	9
---	---	---

Glossar

Internet of Things internet 11

Introduction

Stand der Technik

In diesem Kapitel werden die aktuelle technische Lösungen im Bereich Cloud Computing und verteiltes Rechnen vorgestellt, sowie die gängigsten Softwarewerkzeuge mit denen diese Systeme erzeugt und verwaltet werden können.

Cloud Computing

Cloud Computing besitzt in der Literatur mehrere Definitionen.[MAR11] Die am weitesten verbreitete Definition wurde vom National Institute of Standards and Technology (NIST) festgelegt. Nach dieser Definition ist Cloud Computing ein Modell, das einen allgegenwärtigen, bequemen, bedarfsgerechten Zugang zu einem gemeinsamen Pool an konfigurierbarer Rechenressourcen die jederzeit und von jedem Ort aus über das Internet oder ein Netzwerk schnell zur Verfügung gestellt werden können. Es wird durch fünf Eigenschaften charakterisiert:

On-Demand und Selbstbedienung: Kunden können die Rechenressourcen selbständig nach Bedarf ohne menschliche Interaktion anfordern

Breiter Netzzugang: Ressourcen sind über Netzwerkverbindung erreichbar über standardisierte Zugriffsmechanismen

Ressourcen-Pooling: Die Ressourcen des Anbieters werden aus mehreren physikalischen Recheneinheiten zusammengelegt, die auch geographisch nicht an einem Ort sein müssen. Mit einem Multi-Tenant Modell werden die Ressourcen dynamisch je nach Kundenbedarf zugewiesen. Der Kunde hat keinen Kenntnis oder Kontrolle über den genauen Standort der bereitgestellten Ressourcen.

Schnelle Elastizität: Bereitgestellte Ressourcen können flexibel bereitgestellt und freigegeben werden. Für den Kunden erscheint die Menge der bereitgestellten Ressourcen unbegrenzt, sie können jederzeit in beliebiger Menge gebucht werden.

Measured Service: Nutzung der Cloud Systeme wird automatisch gemessen und optimiert anhand einer Messfunktion, die nach Metriken wie Speicher, Verarbeitung, Bandbreite und Benutzerknoten die Ressourcennutzung ermittelt. Kosten für den Cloud Dienst werden nach der gemessenen Nutzung ermittelt (Pay per use) [MEL11]

Cloud Computing ist ein Geschäftsmodell für die Bereitstellung von IT Infrastruktur, Komponenten und Anwendungen, welches mittlerweile den Markt dominiert. [BEN18] Cloud Service Anbieter betreiben die IT Infrastruktur und stellen sie für Kunden zur Verfügung. Kunden müssen nicht ihre eigene Infrastruktur aufbauen, sie können die benötigten Kapazitäten je nach aktueller Bedarf einkaufen. Diese Lösung ermöglicht den Kunden hohe Rechenkapazitäten zu verwenden, die diese Kapazitäten selber nicht

Tab. 1: Cloud Anbieter und deren Marktanteile

Anbieter	Marktanteil in Prozent
AWS	31%
Azure	24%
Google Cloud	11%
Alibaba Cloud	4%
salesforce	3%
IBM Cloud	2%
ORACLE	2%
Tencent Cloud	2%

aufbauen und betreiben können.[ARA11] Der Markt für Cloud Infrastruktur ist ein weiterhin wachsender Markt (Stand Q4 2023) mit 270 Milliarden US Dollar Gesamtausgaben für das Jahr 2023. Die größten Cloud Service Anbieter und deren Marktanteil ist in der Tabelle 1 aufgelistet.

Motivation

- Herausforderungen bei Verteiltem Rechnen auf Fahrzeugen:
 - Ressourcenmanagement
 - Netzwerk Konnektivität
 - Sicherheit
 - Privatsphäre
 - Standardisierung
 - Kompatibilität

Stand der Technik

- Cloud Computing
 - : Definition
 - IT resourcen werden flexibel nach Bedarf zur Verfügung bereitgestellt

- Realisiert durch Rechenzentren, Kunden können Ressourcen mieten anstatt eigene Server betreiben
- Ressourcen sind von verschiedenen Endgeräten erreichbar [SUN20]
- Cloud kann öffentlich oder privat sein, privat für sensible Daten [IBR21]
- Relevante Anwendungsfälle:
- Edge Computing
 - Daten entstehen in Endgeräten, Applikationen, die die Daten verarbeiten sind zunehmend ebenfalls in Endgeräten
 - Beispiel Flugzeuge oder autonome Fahrzeuge, generieren Daten in Größe von mehreren Gb pro Sekunde [LIU19a]
 - Traditionell werden Daten in der Cloud ausgewertet und wieder an den Benutzer zur Verfügung gestellt, diese ist aber mit zusätzlichem Ressourcenaufwand verbunden wegen lange Übertragungstrecken. [PÉR22]
 - Übertragung und Verarbeitung in der Cloud langsam/unmöglich wegen Bandbreite und Latenz
 - Edge Computing ist das Konzept, dass anstatt zentrale Cloud Server, Daten zunehmend auf Endgeräten verarbeitet werden [SHI16]
 - Edge bezeichnet Geräte zwischen Datenquellen und cloud server
 - “a form of distributed computing in which processing and storage takes place on a set of networked machines which are near the edge, where the nearness is defined by the system’s requirements” (ISO/IEC: Tr 30164:2020 - internet of things (iot) -edge computing. Tech. rep., ISO/IEC (2020))
 - Motivation: Latenzreduzierung, unbenutzte Ressourcen verwenden
 - Anwendungsfälle:
 - * Cloud Berechnungen auslagern
 - * Smart Home, Daten lokal auswerten statt alles in die Cloud laden
 - * Smart City
 - Cloudlets
 - Mobile Edge Computing

- Edge Computing Gateway
- Fog Computing
 - * Fog Computing: Eine Form von Edge Computing, zusätzliche Schicht zwischen Endgeräte und Cloud
 - * Edge Geräte kommunizieren mit Fog nodes, die wiederum für die Kommunikation zwischen Edge und Cloud zuständig sind
 - * Fog nodes übernehmen Datenverarbeitung lokal, für nur Lokal benötigte Daten, Leiten nur relevante Daten an Cloud weiter
 - * Fog nodes können PC-s, raspberry PI-s, nano-server, micro-datenzentren sein. [MAH20b]
 - * Beispiele:
 - lot for All
 - FogFlow
- Mist Computing
 - * Datenverarbeitung direkt im Sensor.
 - * Erlaubt z.b. einfache Monitoringfunktionen direkt im Sensor
 - * Reduktion von benötigte Bandbreite und Rechenleistung in den übergeordneten Geräten
- Distributed Cloud
- Internet of Things Internet of Things (IoT)
 - Internet of Things (Internet der Dinge) bezeichnet eindeutig identifizierbare Objekte und deren virtuelle repräsentation in interent-ähnliche Strukturen[JIE13]
 - IoT findet mittlerweile in fast allen Bereichen Anwendung
 - Industrie: Produktionsanlagen, die durch vernetzte Systeme flexibel angepasst werden können (Beispiel: Produktvarianten)
 - Smart Home: Sensoren und Aktoren im Haus vernetzen [WOR15]
- Security: [MAH20b]

- Container: [COS22]
 - * Abstraktionsebene zwischen Prozesse und OS
 - * Packt die Prozesse und deren Abhängigkeiten zusammen so dass sie einfach auf andere Systeme portiert werden können
 - * definiert schnittstelle
 - * Läuft als Teil des Betriebssystems
 - * Software kann auch "bare metal" oder in hypervisor virtuelle machine ausgeführt werden
- Hypervisor:
 - * Virtuelle Machine manager
 - * Jede Anwendung läuft im eigenen virtuellen OS (guest)
 - * Anwendung hat ggf. keine Information darüber dass es in virtuellen Umgebung läuft
 - * jede Anwendung läuft getrennt in eigenem Runtime Umgebung
- Kommunikation
 - Punkt zu Punkt
 - Client-Server
 - Remote Procedure Call
 - Message oriented Middleware
 - Direct Data Access
 - Peer to Peer
 - Publish/Subscribe:
 - * Modell für Nachrichtenbasierte Kommunikation [MAD18]
 - * Ereignisbasierte Kommunikation
 - * Teilnehmer kommunizieren indem sie Nachrichten mit bestimmte Themen veröffentlichen (Publisher), Empfänger können Themen abonnieren (Subscriber) und bekommen nur die abonnierte Nachrichten

- * Kommunikation ist anonym
- * Komponenten: Publisher, Broker, Subscriber
- * Broker stellt Verbindungen zwischen Publisher und Subscriber her
- * Broker speichert die Subscriptions (Abos)
- * Weit verbreitete Implementierung: MQTT
- * RTPS:
 - Real Time Publish Subscribe
 - Kommunikation erfolgt ebenfalls über Themen
 - Kein Broker, Teilnehmeridentifizierung erfolgt zur Laufzeit dezentralisiert
 - Quality of Service parameter: Reliable writer speichert Sequenznummer der Nachrichten und kann erneut versenden bei Übertragungsfehler, Best effort Writer hat diese Funktionalität nicht
 - Heartbeat message: writer gibt die verfügbaren nachrichten ID-s and
 - AckNack message: kommunikation von empfangenen und nicht erhaltenen Nachrichten
- Ressourcenmanagement:
 - t
- Softwarearchitektur
-
- Kommunikation
 - Zertifikate (Public/Private Key)
 - identitätsverschlüsselung
 - Belohnung für bereitgestellte Rechenleistung
- Ressourcenverteilung
 - Bestimmung der verfügbaren Rechenleistung
 - Optimierungsalgorithmen

- Stackelberg Model
- Publish Subscribe
 -
 - Optimierungsalgorithmen
 - Stackelberg Model
- Softwarearchitektur in Fahrzeugen
 - RTOS
 - Middle Layer (ROS, keine automotive alternative stand 2019)
 - Cloud
- 1
- Stand der Technik
 - Anwendungsfälle für Fahrzeuge:
 - * Unbenutzte Rechenleistung von Hardware nutzen, autonome Fahrzeugen haben leistungsfähige Steuergeräte
 - * Auslagerung von Rechenaufgaben auf Fahrzeuge in der Umgebung mit freier Rechenkapazitäten
 - * Ausnutzung von Rechenleistung parkende Fahrzeuge
 - * Möglichkeit, die unbenutzte Rechenleistung zu Vermieten (wie cloud service)
- Konzept UNICARagil:
 - Modulare Systemarchitektur in allen Domänen
 - Fahrzeuge können flexibel auf verschiedene Anwendungen angepasst werden: Taxi, Privatfahrzeug, Shuttle, Cargo
 - gemeinsamer mechanischer Plattform
 - Sensoren und Aktoren mit definierte Schnittstellen
 - Alle Fahrzeuge vernetzt: untereinander, zur Cloud, Infobiene, Benutzer
- Motivation:

- Zunehmende digitalisierung in Arbeits- und Privatumfeld
 - Cloud Dienste bereits sehr verbreitet
 - steigende Zahl an vernetzte Endgeräte
 - Daten entstehen an Endgeräten, verarbeitete Daten werden ebenfalls an Endgeräten benötigt
 - Cloud basierte ansätze erfordern immer höhere Bandbreite und zentralisierte Rechenleistung
 - Endgeräte haben immer höhere Rechenleistung, die oft unbenutzt bleibt
 - So auch in Fahrzeugen, die wegen autonome Fahrfunktionen deutlich mehr rechenleistung bekommen
 - Ungenutzte Rechenleistung kann für externe Anwendungen zur verfügung gestellt werden
 - Dezentralisierte Rechenleistung verringert physikalische Distanz zwischen Entstehung und Verarbeitung der Daten
 - Einsparung an Bandbreite und zusätzliche Server Rechenleistung
- Konzept: [MAH20b]
 - Applikation Architektur:
 - * monolithische Architektur
 - Applikation beinhaltet alle operationen
 - die gleiche Applikation kann mehrfach ausgeführt werden für parallele berechnungen
 - * Verteilt:
 - Modulbasiert:
 - Applikation auf Module aufgeteilt, abhängig voneinander
 - Bedienen Daten von einer Quelle
 - partitionierung von Applikationen [ASH22]
 - Micro-Services:
 - Applikation setzt sich aus unabhängigen Prozessen zusammen

- Ein Microservice erfüllt nur eine Aufgabe
- Applikation Platzierung: [MAH20b]
 - * Bestimmung verfügbare Rechenressourcen:
 - Profilierung: Applikation wird auf jedem Node ausgeführt, Rechenleistung wird aus Ausführungszeit bestimmt
 - Prädiktiv: Rechenleistung wird aus vergangenen Berechnungen ermittelt
 - Nach Bedarf: Je nach Erwartungen der Benutzer und Anforderungen an die Ausführungszeit wird nach Profil oder Prädiktiv verteilt
 - * Offloading Methoden:
 - Bottom-Up: Edge Geräte verlagern Applikationen in die Node Server
 - Top-Down: Applikationen aus der Cloud oder Fog Node werden in Edge Geräte ausgelagert
 - Hybrid: Top-Down, Bottom-Up, Edge geräte können Applikationen direkt untereinander austauschen
 - * Ressourcenorientierung -Netzwerkstruktur
 - Hierarchie: Fog node server sind in Hierarchieebenen eingeteilt. Anzahl der Nodes auf einer Ebene nimmt nach unten hin zu.
 - Cluster: Fog nodes sind alle untereinander verbunden. Edge geräte werden in jeweilige Cluster gruppiert. Bessere horizontale Skalierung als bei Hierarchie.
 - Client-Server: Einige Fog Nodes funktionieren als Server, die anderen als client. Client nodes leiten ihre daten an den server weiter.
 - Master-Slave: Master node verteilt daten an slave nodes. Verwaltet die slave nodes. Master node kommuniziert die Ergebnisse.
 - * Mapping:
 - Prioritätsbasiert: Priorisiert app platzierung auf bestimmte fog nodes, meistens heuristische methoden (best fit, first fit).
 - Optimierung: Kostenfunktion für die optimale Aufteilung erstellen und optimieren

- multi-objective trade-off: nach mehreren Anforderungen gleichzeitig optimieren wie Energieverbrauch, Verfügbarkeit, Kosten

* Platzierung

- Statisch: Applikation wird einmal für jede Applikation platziert
- dynamischen: Mehrere Instanzen einer Applikation können ausgeführt werden oder Applikation wird nur für eine Berechnung ausgeführt
- Ereignisbasiert: Applikation wird zur Laufzeit umgezogen

* Ausführungsumgebung:

- Bare metal
- Virtuelle machine
- container: [COS22]
- weniger overhead als virtuelle maschine
- verschiedene runtimes bereits verfügbar: Docker
- Orchestrierungsmöglichkeiten verfügbar: Kubernetes, Docker Swarm, Nomad, Marathon, Mesos
- Kontainerorchestrator ermöglicht Lebenszyklus, Skalierung, selbsthailung, migrierung,
- Docker als verbreitete Implimentierung

* Platzierungskriterien:

- Quality of Service
- Service level Agreement
- Zeit und deadline
- Profit
- User-erfahrung
- Kosten
- externe Vorgaben

- Energie
- verfügbarkeit
- Mobilität
- Applikationsverwaltung: [MAH20b]
 - * Fog Netzwerkverwaltung: [COS22]
 - zentralisiert: fog orchestrator an zentraler Stelle. Hat gesamtüberblick über das Netzwerk
 - dezentralisiert:
 - Verteilt:
 - * Safety:
 - Datenintegrität
 - Verschlüsselung
 - Authentifizierung
 - * Leistungsüberwachung
 - Implikationbasiert:
 - Grenzwertbasiert:
 - * Finanzielle Unterstützung
 - Kompensation: Bei Serviceausfall werden benutzer kompensiert
 - Anreize: Verfügbare resourcen werden bei Bedarf zur verfügung gestellt, besitzer der Ressourcen werden vergütet
 - Reservierung: Verfügbare rechenleistung kann reserviert werden damit Verfügbarkeit garantiert wird
 - * resillienz:
 - Backup-Restore
 - Verfielfachung
 - Operator Migration

- Anforderungen:
 - Verfügbare Rechenleistung für externe Kunden zugänglich machen
 - Kommunikationsmöglichkeit bieten, auch für parallele Berechnungen
 - Ressourcenmanagement
 - Netzwerküberwachung
 - Quality of Service sicherstellen
 - Lebenszyklus verwalten
 - Sicherheitsmaßnahmen vorsehen
 - Buchhaltung über Angefragte und gelieferte Rechenleistung
 - Verwaltungsdienst:
 - * Kommunikationsschnittstelle für den Kunden
 - * Erkennung von Teilnehmern (edge devices)
 - * Informationen über die Fähigkeiten der Teilnehmer sammeln (Architektur, Rechenleistung, Verfügbarkeit, Latenz)
 - * Ermittlung einer optimalen Verteilung von Kundenaufgaben an Teilnehmer
 - * Verteilung von Kundenapplikationen an geeignete Teilnehmer
 - * Kommunikationsschnittstelle zu den verteilten Kundenapps
 - * Kommunikationsschnittstelle für den Kunden
 - * Datenbank über Angeforderte und geleistete Berechnungen
 - * Vergütungsausschüttung nach Leistung
 - Loader Applikation:
 - * Meldet Verfügbarkeit an Verwaltungsdienst
 - * Meldet Architektur, Rechenleistung, Verfügbarkeit an Verwaltungsdienst
 - * Bietet Kommunikationsschnittstelle für die Übertragung von kompilierten Kundenapps
 - * Bietet Kommunikationsschnittstelle für die Kommunikation mit Kundenapplikationen

- * Bietet Kommunikationsschnittstelle für die Verwaltung durch Verwaltungsdienst
- * Richtet Laufzeitumgebung für Kundenapplikation ein
- * Zugriffsrechte der Kundenapplikation werden eingeschränkt
- * Kann Kundenapplikation starten und beenden
- * Kommuniziert Applikationsstatus an Verwaltung
- Netzwerkstruktur:
 - Autotechagil Struktur gegeben: Cloud: Leitwarte, Edge device: Fahrzeuge, Infobiene
 - Zentraler Struktur bietet sich an: Leitwarte auch Fog Orchestrator
 -
- Container Interface (OCI kompatibilität):
 - Create
 - Start
 - State
 - Kill
 - Delete
 - JSON Varianten:
 -
 -
- Container Parameter:
 - Stack size
 - Distroless
 -
- Einleitung
 - Bestrebung für höhere Ressourceneffizienz

- Bevölkerungsentwicklung
 - Entwicklung autonome Fahrzeuge
 - Ziele und Aufbau der Arbeit
- Stand der Technik
 - Einleitung Cloud Computing und verteiltes Rechnen
 - Cloud Computing Stand der Technik
 - Distributed Computing Stand der Technik
 - Beschreibung Management Tools
 - Container
 - Virtual Machine
 - Applikationen:
 - Docker
 - Kubernetes
 - Verteiltes Rechnen im Fahrzeug
 - keine praktische Umsetzung, Konzepte vorführen
- Forschungsansatz
 - Anforderungen festlegen für Einsatz im Fahrzeug
 - Defizite der vorhandenen Lösungen ermitteln
 -
- Applikationserwaltung im Fahrzeug
- Applikationsverwaltung im Fahrzeugnetzwerk
- Kommunikation und Sicherheit
- Validierung
- Zusammenfassung

1 Literatur

- [24] *Infographic: Amazon Maintains Cloud Lead as Microsoft Edges Closer* en
Feb. 2024
URL: <https://www.statista.com/chart/18819/worldwide-market-share-of-leading-cloud-infrastructure-service-providers> (besucht am 05. 03. 2024)
- [ARA11] ARASARATNAM , O.
„Introduction to Cloud Computing“ en
In: *Auditing Cloud Computing*
John Wiley & Sons, Ltd, 2011
Kap. 1, S. 1–13
ISBN: 9781118269091
DOI: 10.1002/9781118269091.ch1
URL: <https://onlinelibrary.wiley.com/doi/abs/10.1002/9781118269091.ch1> (besucht am 29. 02. 2024)
- [ASH22] ASHRAF , M., SHIRAZ , M., ABBASI , A., ALBAHLI , S.
„Distributed application execution in fog computing: A taxonomy, challenges and future directions“ en
In: *Journal of King Saud University - Computer and Information Sciences* 34.7 (Juli 2022), S. 3887–3909
ISSN: 1319-1578
DOI: 10.1016/j.jksuci.2022.05.002
URL: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S1319157822001513> (besucht am 11. 01. 2023)
- [BEN18] BENLIAN , A., KETTINGER , W., SUNYAEV , A., WINKLER , T.
The Transformative Value of Cloud Computing: A Decoupling, Platformization, and Recombination Theoretical Framework
Mai 2018
- [CHE18] CHENG , B., SOLMAZ , G., CIRILLO , F., KOVACS , E., TERASAWA , K., KITAZAWA , A.
„FogFlow: Easy Programming of IoT Services Over Cloud and Edges for Smart Cities“
In: *IEEE Internet of Things Journal* 5.2 (Apr. 2018), S. 696–707
ISSN: 2327-4662
DOI: 10.1109/JIOT.2017.2747214

- [CHU16] CHUN , S., SHIN , S., SEO , S., EOM , S., JUNG , J., LEE , K.-H.
„A Pub/Sub-Based Fog Computing Architecture for Internet-of-Vehicles“
In: *2016 IEEE International Conference on Cloud Computing Technology and Science (CloudCom)*
ISSN: 2330-2186
Dez. 2016,
S. 90–93
DOI: 10.1109/CloudCom.2016.0029
- [COS22] COSTA , B., BACHIEGA , J., CARVALHO , L. R., ARAUJO , A. P. F.
„Orchestration in Fog Computing: A Comprehensive Survey“
In: *ACM Computing Surveys* 55.2 (Jan. 2022), 29:1–29:34
ISSN: 0360-0300
DOI: 10.1145/3486221
URL: <https://doi.org/10.1145/3486221> (besucht am 13.01.2023)
- [DOL04] DOLEJS , O., SMOLIK , P., HANZALEK , Z.
„On the Ethernet use for real-time publish-subscribe based applications“
In: *IEEE International Workshop on Factory Communication Systems, 2004. Proceedings.*
Sep. 2004,
S. 39–44
DOI: 10.1109/WFCS.2004.1377674
- [EVE99] EVENSKY , D. A., GENTILE , A. C., WYCKOFF , P., ARMSTRONG , R. C.
„The Lillith Framework for the Rapid Development of Secure Scalable Tools for Distributed Computing“ en
In: *Distributed Applications and Interoperable Systems II*
Hrsg. von L. Kutvonen, H. König und M. Tienari
IFIP — The International Federation for Information Processing
Springer US, Boston, MA, 1999,
S. 163–168
ISBN: 9780387355658
DOI: 10.1007/978-0-387-35565-8_12
- [HOU16] HOU , X., LI , Y., CHEN , M., WU , D., JIN , D., CHEN , S.
„Vehicular Fog Computing: A Viewpoint of Vehicles as the Infrastructures“
In: *IEEE Transactions on Vehicular Technology* 65.6 (Juni 2016), S. 3860–3873
ISSN: 1939-9359
DOI: 10.1109/TVT.2016.2532863

- [HOU17] HOU , L., LEI , L., ZHENG , K.
„Design on Publish/Subscribe Message Dissemination for Vehicular Networks with Mobile Edge Computing“
In: *2017 IEEE Globecom Workshops (GC Wkshps)*
Dez. 2017,
S. 1–6
DOI: 10.1109/GLOCOMW.2017.8269200
- [HUA18] HUANG , X., YU , R., LIU , J., SHU , L.
„Parked Vehicle Edge Computing: Exploiting Opportunistic Resources for Distributed Mobile Applications“
In: *IEEE Access* 6 (2018), S. 66649–66663
ISSN: 2169-3536
DOI: 10.1109/ACCESS.2018.2879578
- [HUA20] HUANG , X., YE , D., YU , R., SHU , L.
„Securing parked vehicle assisted fog computing with blockchain and optimal smart contract design“
In: *IEEE/CAA Journal of Automatica Sinica* 7.2 (März 2020), S. 426–441
ISSN: 2329-9274
DOI: 10.1109/JAS.2020.1003039
- [IBR21] IBRAHIM , I. M., AL , E.
„Task Scheduling Algorithms in Cloud Computing: A Review“ en
In: *Turkish Journal of Computer and Mathematics Education (TURCOMAT)* 12.4 (Apr. 2021), S. 1041–1053
ISSN: 1309-4653
DOI: 10.17762/turcomat.v12i4.612
URL: <https://turcomat.org/index.php/turkbilmat/article/view/612> (besucht am 24. 10. 2022)
- [JIE13] JIE , Y., PEI , J. Y., JUN , L., YUN , G., WEI , X.
„Smart Home System Based on IOT Technologies“
In: *2013 International Conference on Computational and Information Sciences*
Juni 2013,
S. 1789–1791
DOI: 10.1109/ICCIS.2013.468
- [KAM19a] KAMPMANN , A., ALRIFAEI , B., KOHOUT , M., WÜSTENBERG , A., WOOPEN , T., NOLTE , M., ECKSTEIN , L., KOWALEWSKI , S.

- „A dynamic service-oriented software architecture for highly automated vehicles“
In: *2019 IEEE Intelligent Transportation Systems Conference (ITSC)*
IEEE, 2019,
S. 2101–2108
- [KAM19b] KAMPMANN , A., WÜSTENBERG , A., ALRIFAEI , B., KOWALEWSKI , S.
„A Portable Implementation of the Real-Time Publish-Subscribe Protocol for Microcontrollers in Distributed Robotic Applications“
In: *2019 IEEE Intelligent Transportation Systems Conference (ITSC)*
Okt. 2019,
S. 443–448
DOI: 10.1109/ITSC.2019.8916835
- [KAM22] KAMPMANN , A., LÜER , M., KOWALEWSKI , S., ALRIFAEI , B.
„Optimization-based Resource Allocation for an Automotive Service-oriented Software Architecture“
In: *2022 IEEE Intelligent Vehicles Symposium (IV)*
IEEE, 2022,
S. 678–687
- [LAK22] LAKHAN , A., MEMON , M. S., MASTOI , Q.-A., ELHOSENY , M., MOHAMMED , M. A., QABULIO , M., ABDEL-BASSET , M.
„Cost-efficient mobility offloading and task scheduling for microservices IoVT applications in container-based fog cloud network“ en
In: *Cluster Computing* 25.3 (Juni 2022), S. 2061–2083
ISSN: 1573-7543
DOI: 10.1007/s10586-021-03333-0
URL: <https://doi.org/10.1007/s10586-021-03333-0> (besucht am 10.01.2023)
- [LEW96] LEWIS , M., GRIMSHAW , A.
„The core Legion object model“
In: *Proceedings of 5th IEEE International Symposium on High Performance Distributed Computing*
ISSN: 1082-8907
Aug. 1996,
S. 551–561
DOI: 10.1109/HPDC.1996.546226
- [LIU19a] LIU , S., LIU , L., TANG , J., YU , B., WANG , Y., SHI , W.
„Edge Computing for Autonomous Driving: Opportunities and Challenges“

- In: *Proceedings of the IEEE* 107.8 (Aug. 2019), S. 1697–1716
ISSN: 1558-2256
DOI: 10.1109/JPROC.2019.2915983
- [LIU19b] LIU , Y., YU , H., XIE , S., ZHANG , Y.
„Deep Reinforcement Learning for Offloading and Resource Allocation in Vehicle Edge Computing and Networks“
In: *IEEE Transactions on Vehicular Technology* 68.11 (Nov. 2019), S. 11158–11168
ISSN: 1939-9359
DOI: 10.1109/TVT.2019.2935450
- [LIU20] LIU , L., LU , S., ZHONG , R., WU , B., YAO , Y., ZHANG , Q., SHI , W.
Computing Systems for Autonomous Driving: State-of-the-Art and Challenges
Techn. Ber.
arXiv:2009.14349 [cs] type: article
arXiv, Dez. 2020
URL: <http://arxiv.org/abs/2009.14349> (besucht am 19. 10. 2022)
- [MAD18] MADE WIRAWAN , I., DWI WAHYONO , I., IDFI , G., RADITYO KUSUMO , G.
„IoT Communication System Using Publish-Subscribe“
In: *2018 International Seminar on Application for Technology of Information and Communication*
Sep. 2018,
S. 61–65
DOI: 10.1109/ISEMANTIC.2018.8549814
- [MAH20a] MAHARJAN , A. M. S., ELCHOUEMI , A.
„Smart Parking Utilizing IoT Embedding Fog Computing Based on Smart Parking Architecture“
In: *2020 5th International Conference on Innovative Technologies in Intelligent Systems and Industrial Applications (CITISIA)*
Nov. 2020,
S. 1–9
DOI: 10.1109/CITISIA50690.2020.9371848
- [MAH20b] MAHMUD , R., RAMAMOHANARAO , K., BUYYA , R.
„Application Management in Fog Computing Environments: A Taxonomy, Review and Future Directions“
In: *ACM Computing Surveys* 53.4 (Juli 2020), 88:1–88:43

ISSN: 0360-0300

DOI: 10.1145/3403955

URL: <https://doi.org/10.1145/3403955> (besucht am 15. 12. 2022)

- [MAR11] MARSTON , S., LI , Z., BANDYOPADHYAY , S., ZHANG , J., GHALSASI , A.

„Cloud computing — The business perspective“

In: *Decision Support Systems* 51.1 (Apr. 2011), S. 176–189

ISSN: 0167-9236

DOI: 10.1016/j.dss.2010.12.006

URL: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0167923610002393> (besucht am 28. 02. 2024)

- [MAR22] MARINESCU , D. C.

Cloud Computing: Theory and Practice en

Google-Books-ID: XOBWEAAAQBAJ

Morgan Kaufmann, Feb. 2022

ISBN: 9780323910477

- [MEL11] MELL , P. M., GRANCE , T.

„The NIST Definition of Cloud Computing“ en

In: *NIST* (Sep. 2011)

URL: <https://www.nist.gov/publications/nist-definition-cloud-computing> (besucht am 16. 02. 2024)

- [MOK20] MOKHTARIAN , A., KAMPMANN , A., ALRIFAEI , B., KOWALEWSKI , S.
The Dynamic Service-oriented Software Architecture for the UNICARagil Project de

Techn. Ber.

Institute for Automotive Engineering, RWTH Aachen University ; Aachen :
Institute for Combustion Engines, RWTH Aachen University, 2020

DOI: 10.18154/RWTH-2020-11256

URL: <https://publications.rwth-aachen.de/record/807282> (besucht am 25. 10. 2022)

- [MOK21] MOKHTARIAN , A., KAMPMANN , A., ALRIFAEI , B., LÜER , M., KOWALEWSKI , S.

A Cloud Architecture for Networked and Autonomous Vehicles de

Techn. Ber. 2

Elsevier, 2021,

S. 233

DOI: 10.1016/j.ifacol.2021.06.028

URL: <https://publications.rwth-aachen.de/record/828696> (besucht am 02. 11. 2022)

- [PÉR22] PÉREZ , J., DÍAZ , J., BERROCAL , J., LÓPEZ-VIANA , R., GONZÁLEZ-PRIETO , Á.
„Edge computing“ en
In: *Computing* (Juli 2022)
ISSN: 1436-5057
DOI: 10.1007/s00607-022-01104-2
URL: <https://doi.org/10.1007/s00607-022-01104-2> (besucht am 11. 10. 2022)
- [QIA09] QIAN , L., LUO , Z., DU , Y., GUO , L.
„Cloud Computing: An Overview“ en
In: *Cloud Computing*
Hrsg. von M. G. Jaatun, G. Zhao und C. Rong
Lecture Notes in Computer Science
Springer, Berlin, Heidelberg, 2009,
S. 626–631
ISBN: 9783642106651
DOI: 10.1007/978-3-642-10665-1_63
- [SAI21] SAITO , T., NAKAMURA , S., ENOKIDO , T., TAKIZAWA , M.
„A Topic-Based Publish/Subscribe System in a Fog Computing Model for the IoT“ en
In: *Complex, Intelligent and Software Intensive Systems*
Hrsg. von L. Barolli, A. Poniszewska-Maranda und T. Enokido
Advances in Intelligent Systems and Computing
Springer International Publishing, Cham, 2021,
S. 12–21
ISBN: 9783030504540
DOI: 10.1007/978-3-030-50454-0_2
- [SHI16] SHI , W., CAO , J., ZHANG , Q., LI , Y., XU , L.
„Edge Computing: Vision and Challenges“
In: *IEEE Internet of Things Journal* 3.5 (Okt. 2016), S. 637–646
ISSN: 2327-4662
DOI: 10.1109/JIOT.2016.2579198
- [SUN20] SUNYAEV , A.
„Cloud Computing“ en
In:

Hrsg. von A. Sunyaev
Springer International Publishing, Cham, 2020,
S. 195–236
ISBN: 9783030349578
DOI: 10.1007/978-3-030-34957-8_7
URL: https://doi.org/10.1007/978-3-030-34957-8_7 (besucht am 24.10.2022)

[TUL19] TULI , S., MAHMUD , R., TULI , S., BUYYA , R.
„FogBus: A Blockchain-based Lightweight Framework for Edge and Fog Computing“ en
In: *Journal of Systems and Software* 154 (Aug. 2019), S. 22–36
ISSN: 0164-1212
DOI: 10.1016/j.jss.2019.04.050
URL: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0164121219300822> (besucht am 06.01.2023)

[VAR16] VARGHESE , B., WANG , N., BARBHUIYA , S., KILPATRICK , P., NIKOLOPOULOS , D. S.
„Challenges and Opportunities in Edge Computing“
In: *2016 IEEE International Conference on Smart Cloud (SmartCloud)*
Nov. 2016,
S. 20–26
DOI: 10.1109/SmartCloud.2016.18

[WOR15] WORTMANN , F., FLÜCHTER , K.
„Internet of Things“ en
In: *Business & Information Systems Engineering* 57.3 (Juni 2015), S. 221–224
ISSN: 1867-0202
DOI: 10.1007/s12599-015-0383-3
URL: <https://doi.org/10.1007/s12599-015-0383-3> (besucht am 26.10.2022)

[WU21] WU , Y., WU , J., CHEN , L., ZHOU , G., YAN , J.
„Fog Computing Model and Efficient Algorithms for Directional Vehicle Mobility in Vehicular Network“
In: *IEEE Transactions on Intelligent Transportation Systems* 22.5 (Mai 2021), S. 2599–2614
ISSN: 1558-0016
DOI: 10.1109/TITS.2020.2971343