

MASTERARBEIT



ANFORDERUNGEN FÜR CLOUD COMPUTING IM BAUBETRIEB UND IN DER BAUWIRTSCHAFT

Fasching Matthias, BSc

Vorgelegt am
Institut für Baubetrieb und Bauwirtschaft

Betreuer
Assoc.Prof. Dipl.-Ing. Dr.techn. Christian Hofstadler

Mitbetreuender Assistent
Dipl.-Ing. Dipl.-Ing. Ralph Jakob Stöckl, BSc

Graz am 01. Juni 2021



Matthias Fasching, BSc

**Anforderungen für Cloud Computing
im Baubetrieb und in der Bauwirtschaft**

MASTERARBEIT

zur Erlangung des akademischen Grades

Diplom-Ingenieur

Masterstudium Wirtschaftsingenieurwesen – Bauwesen

eingereicht an der

Technischen Universität Graz

Betreuer

Assoc.Prof. Dipl.-Ing. Dr.techn. Christian Hofstadler

Institut für Baubetrieb und Bauwirtschaft

Dipl.-Ing. Dipl.-Ing. Ralph Jakob Stöckl, BSc

Graz, Juni 2021

EIDESSTATTLICHE ERKLÄRUNG

Ich erkläre an Eides statt, dass ich die vorliegende Arbeit selbstständig verfasst, andere als die angegebenen Quellen/Hilfsmittel nicht benutzt, und die den benutzten Quellen wörtlich und inhaltlich entnommenen Stellen als solche kenntlich gemacht habe.

Graz, am 01.06.2021

Matthias Fasching
(Unterschrift)

STATUTORY DECLARATION

I declare that I have authored this thesis independently, that I have not used other than the declared sources / resources, and that I have explicitly marked all material which has been quoted either literally or by content from the used sources.

Graz, 01.06.2021
date

Matthias Fasching
(signature)

Anmerkung

In der vorliegenden Masterarbeit wird auf eine Aufzählung beider Geschlechter oder die Verbindung beider Geschlechter in einem Wort zugunsten einer leichteren Lesbarkeit des Textes verzichtet. Es soll an dieser Stelle jedoch ausdrücklich festgehalten werden, dass allgemeine Personenbezeichnungen für beide Geschlechter gleichermaßen zu verstehen sind.

Danksagung

An dieser Stelle möchte ich allen Personen danken, die mir während meiner Diplomarbeit mit Rat und Tat zur Seite gestanden sind.

Großer Dank gebührt meiner Familie. Insbesondere meinen Eltern, Hofrat Mag. Dr. Eduard und Gabriele Fasching, die mich während meiner gesamten Ausbildungszeit hindurch immens unterstützt und ermuntert haben, die intensive Studienzeit zu bewältigen. Für wertvolle Ratschläge und für die Lektorendienst bei der Verfassung meiner Masterarbeit danke ich meiner Schwester Michaela Fasching BA MA. Ich bedanke mich auch bei meiner Freundin Natascha für ihren Beistand und für ihr großes Verständnis, dass sie während der Prüfungsphasen auf gemeinsame Unternehmungen verzichten musste.

Für die Betreuung von universitärer Seite bedanke ich mich bei Herrn Assoc.Prof. Dipl.-Ing. Dr.techn. Christian Hofstadler, der stets bemüht war Studierenden nicht nur Wissen zu vermitteln, sondern sie auch zu fördern. Außerdem gilt mein Dank Herrn Dipl.-Ing. Dipl.-Ing. Ralph Jakob Stöckl, BSc. für seine Unterstützung und seine Ratschläge während der Erstellung meiner Masterarbeit.

Graz, Juni 2021

Matthias Fasching

Kurzfassung

Die vorliegende Masterarbeit behandelt die theoretischen Grundlagen des Cloud Computings, die notwendige Infrastruktur für die Etablierung auf Baustellen, sowie eine Anwendung der Cloud-Plattform Microsoft Azure.

Die Digitalisierung hält zunehmend auch auf Baustellen Einzug, neue Verfahren und Maschinen werden in Zukunft immer größer werdende Datensätze erzeugen, die beherrscht werden wollen. Eine große Herausforderung wird es dabei sein, diese Daten zu sortieren, zu analysieren und damit in weiterer Folge einen Mehrwert innerhalb der Geschäftsprozesse zu erzeugen. Eine in den letzten Jahren immer bedeutender werdende Technologie dafür ist das so genannte Cloud Computing.

Daher widmet sich diese Arbeit zu Beginn der Erläuterung der dafür notwendigen theoretischen Grundlagen. In weiterer Folge werden ausgewählte, bereits realisierte Anwendungsbeispiele auf Baustellen aufgezeigt, sowie die für den Betrieb notwendige Hard- und Software erörtert und zudem ein praktikables System definiert.

Abschließend wird im letzten Kapitel die Anwendung einer Handschriftenerkennung von Lieferscheinen mit der Cloud-Plattform Microsoft Azure auf ihre Praktikabilität für den Baustelleneinsatz untersucht.

Abstract

This master's thesis deals with the theoretical basics of cloud computing, the necessary infrastructure for establishing it on construction sites, as well as an application of the Microsoft Azure cloud platform.

Digitization is increasingly finding its way into construction sites, new processes and machines will generate ever larger data sets in the future that need to be mastered. It will be a major challenge to sort and analyze this data and thus subsequently generate added value within the business processes. One technology that has become more and more important for this in recent years is what is known as cloud computing.

Therefore, at the beginning of this work, it is devoted to explaining the necessary theoretical fundamentals. In the following, selected, already implemented application examples on construction sites are shown, the hardware and software necessary for operation are discussed and a practicable system is also defined.

Finally, the last chapter examines the practicability of handwriting recognition for delivery notes with the Microsoft Azure cloud platform for use on construction sites.

Inhaltsverzeichnis

1	Einleitung	1
1.1	Situationsanalyse.....	1
1.2	Zielsetzung	2
1.3	Vorgangsweise	3
1.4	Gliederung	4
2	Theoretische Grundlagen	5
2.1	Cloud Computing	5
2.1.1	Begriffsdefinition und Geschichte.....	5
2.1.2	Normierung / National Institute of Standards and Technology.....	7
2.1.3	Abgrenzung/Unterscheidung zu Grid Computing, Dropbox Co.....	8
2.2	Servicemodelle	10
2.2.1	Infrastructure as a Service (IaaS)	11
2.2.2	Platform as a Service (PaaS).....	14
2.2.3	Software as a Service (SaaS).....	15
2.3	Cloud – Bereitstellungsmodelle	19
2.3.1	Public Cloud	19
2.3.2	Private Cloud.....	22
2.3.3	Hybrid Cloud.....	23
2.3.4	Community Cloud	25
3	Cloud – Technologien & ihre Anwendungsgebiete	27
3.1	Internet of Things	27
3.2	Big Data & Datenanalysen	29
3.3	Anwendungsgebiete & Einsatzmöglichkeiten	32
3.3.1	Supply Chain Management im Bauwesen.....	33
3.3.2	Arbeitssicherheit auf der Baustelle.....	34
3.3.3	Zutritts- und Arbeitssicherheitskontrollen	36
3.3.4	Baufortschrittüberwachung & Aufgabenverwaltung	37
4	Cloud – System für eine Baustelle	39
4.1	Infrastruktur / Aufbau / Architektur	39
4.1.1	Infrastruktur – Back-End	41
4.1.2	Infrastruktur – Front-End.....	51
4.2	Input & Output der Cloud.....	58
4.2.1	Webinterfaces (Eingabemaske).....	58
4.2.2	Datei-Explorer (Datei-Upload).....	61
4.2.3	Programmierschnittstelle (API)	62

Inhaltsverzeichnis

4.3	Sicherheit	63
4.3.1	Physische Sicherheitsbarrieren:	64
4.3.2	Softwarebasierte Sicherheitsbarrieren:	64
4.4	Praktikables System – Zusammenfassung	66
5	Anwendungsbeispiel Dokumentenerkennung	70
5.1	Cloud Computing – Plattformen	70
5.1.1	Amazon Web Services	72
5.1.2	Google Cloud Platform	74
5.1.3	Microsoft Azure	75
5.2	Aufgabenstellung	77
5.3	Aufbau & Inhalt der Dokumente	77
5.3.1	Aufbau der Lieferscheine.....	78
5.3.2	Inhalt der Lieferscheine	78
5.4	Microsoft Azure – Form Recognizer	79
5.4.1	Ressourcengruppe	82
5.4.2	Cognitive Services Formularerkennungs-Ressource	83
5.4.3	Speicherkonto	84
5.4.4	App Service für Web-Anwendung.....	85
5.5	Trainieren der Formularerkennung.....	90
5.6	Einlesen der Lieferscheine & Analyse	93
5.7	Anpassung der Textdatei	98
5.8	Resümee der Schriftprobenanalyse	101
6	Zusammenfassung und Ausblick	102
6.1	Zusammenfassung	102
6.2	Ausblick	104
7	Literaturverzeichnis	106
7.1	Bücher	106
7.2	Fachartikel.....	107
7.3	Internetquellen	108

1 Einleitung

Zu Beginn dieses Kapitels erfolgt eine Situationsanalyse, im Anschluss daran werden Ziele definiert, sowie die Vorgangsweise zur Erstellung der vorliegenden Arbeit erläutert. Weiters folgt am Ende der Einleitung eine übersichtliche grafische Gliederung der bearbeiteten Kapitel der vorliegenden Arbeit.

1.1 Situationsanalyse

Die Anforderungen an Unternehmen hinsichtlich einer notwendigen Digitalisierung ist in den letzten Jahren enorm gestiegen. Laufend werden neue Verfahren und neue Maschinen entwickelt, die in ihren Anwendungen immer größer werdende Datensätze erzeugen. Die große Herausforderung dabei ist es, diese Daten zu sortieren, zu analysieren und in weiterer Folge für die erforderlichen Prozesse zu verwenden. Das erhöht unweigerlich die Anforderungen an die Infrastruktur und an die Mitarbeiter in einem Unternehmen. Des Weiteren agieren heutzutage Firmen zumindest national, wenn nicht auch international. Eine hohe Flexibilität und die ständige Verfügbarkeit der Softwareanwendungen und Daten ist somit ein zentrales Anliegen dieser Firmen. Dies stellt sie jedoch vor große logistische und vor allem aber auch finanzielle Herausforderungen, um dieses Umfeld zu erschaffen und zu erhalten. Hohe Rechenleistung von Computern, die Entwicklung unternehmenseigener Software, sowie die Wartung dieser verursacht vor allem für kleinere Unternehmen ein bisweilen kaum zu lösendes Problem, um in der immer stärker vernetzten Welt bestehen zu können.

Verschiedenste Cloud-Dienste und Anbieter schufen in den letzten Jahren dahingehend eine umfassende Infrastruktur und vorgefertigte cloudbasierte Anwendungen, auf die der Benutzer weltweit und rund um die Uhr zugreifen kann. Die Nutzbarkeit dieser Services ist vor allem der stetig steigenden Internet-Übertragungsgeschwindigkeit der Endnutzer zu verdanken. War es vor wenigen Jahren nur unter hohem finanziellen Aufwand möglich, eine schnelle, stationäre Internetanbindung zu erhalten, gehört es heutzutage zum Standard, jedem Außendienstmitarbeiter mit schnellem, günstigem und mobilem Internet zu versorgen. Diese Entwicklung ermöglichte es auf die Cloud-Dienste auch mobil zuzugreifen.

Vor allem in der zunehmenden digitalisierten Bauwirtschaft stellt diese Entwicklung eine große Chance für alle Beteiligten Firmen dar. Der stark analoge Prozess des Bauens kann durch intelligente Lösungen in vielerlei Hinsicht optimiert werden.

1.2 Zielsetzung

Die Zielsetzung der vorliegenden Masterarbeit wird für eine verbesserte Übersichtlichkeit gemäß Abbildung 1-1 in Muss-, Soll-, Kann- und Nicht-Ziele unterteilt. Damit sollen die gestellten und nichtgestellten Anforderungen eindeutig definiert werden.

Die Erläuterung der theoretischen Grundlagen über den Bereich Cloud Computing, sowie die Abgrenzung zu Filehostern, wie Dropbox, oder Diensten, wie Grid Computing, sind erklärte Muss-Ziele der Arbeit. Das ist notwendig, um die Einsatzmöglichkeiten der verschiedenen Dienstleistungen des Cloud Computings, sowie deren Nutzen und Mehrwert für die Bauwirtschaft verstehen zu können.

Darauf aufbauend behandeln die Soll-Ziele zum einen unterschiedliche Cloud-Technologien und ihre Anwendungsgebiete, zum anderen sollen die wichtigsten Komponenten eines „Praktikablen Systems“ für eine Baustelle erläutert werden. Dies soll kein Allheilmittel darstellen, jedoch dem Leser aufzeigen, welche Bestandteile für einen reibungslosen Betrieb von Cloud Lösungen essenziell sind.

Die Analyse und der Vergleich der drei großen Marktführer im Bereich Cloud Computing, sowie die anschließende Bearbeitung eines Praxisbeispiels unter zur Hilfenahme einer Cloud-Anwendung gehören zu den Kann-Zielen.

Erklärte Nicht-Ziele dieser Arbeit sind einerseits die Entwicklung bzw. die Programmierung von Cloud Anwendungen, sowie die Etablierung einer für das Bauwesen geeigneten Cloud-Lösung. Diese nicht behandelten Themenbereiche gilt es in einer weiterführenden Arbeit zu erforschen und zu klären.



Abbildung 1-1 Ziele der Arbeit

1.3 Vorgangsweise

Am Beginn der Arbeit wurde mit Brainstorming zum Thema Cloud-Computing begonnen, sowie eine Internetrecherche gestartet. Mit der Fülle der daraus resultierenden Ergebnisse wurde zur besseren Übersicht eine erste Mind-Map erstellt. Im Anschluss daran wurde die Mind-Map, und deren Äste, schrittweise mit neuen Informationen aus der Fachliteratur erweitert. Mit dem nun erarbeiteten Grundstock wurden die Ziele des Werkes definiert, und die im nächsten Kapitel beschriebene Gliederung der Arbeit durchgeführt. Schlussendlich wurde mit der Verschriftlichung der Masterarbeit begonnen.

Zur Anwendung kamen dabei insbesondere die Elemente des System Engineering (SE), um einen reibungslosen Ablauf bei der Erstellung der Masterarbeit zu gewährleisten. Das Systemdenken sowie das Vorgehensmodell bilden dabei zentrale Themenbereiche der so genannten SE-Philosophie und sind der geistige Überbau der SE-Methodik.¹

Das dem Systemansatz zugrunde liegende Systemdenken besagt, dass unter zur Hilfenahme von Systemmodellen eine vereinfachte Abbildung der in der Wirklichkeit oftmals vorkommenden komplexen Zusammenhänge möglich gemacht werden kann. So kann zum Beispiel ein Turmdrehkran als zusammenhängendes System, bestehend aus den Elementen Kabine, Ausleger, Drahtseil usw. gesehen werden. Insbesondere wird das Systems Engineering dazu verwendet, um die Systemgestaltung bei der Analyse, Strukturierung und Abgrenzung des Problemfeldes, sowie bei der Lösungssuche zu vereinfachen.²

Das zum zweiten Teil der SE-Philosophie gehörende Vorgehensmodell beinhaltet die folgenden vier Grundideen:³

- Vorgehensprinzip „Vom Groben zum Detail“: Mit Hilfe dieses Vorgehensprinzips sollen durch ein sukzessives Einengen des zuvor bewusst größer gewählten Betrachtungsfeldes Inhalte und mögliche Probleme in Betracht gezogen werden, die andernfalls übersehen werden könnten.
- Prinzip der Variantenbildung: Bei diesem Prinzip steht der Gedanke im Hintergrund nicht die erst beste Variante heranzuziehen, sondern auch mehrere Lösungsansätze bzw. Varianten zu berücksichtigen.

¹ Vgl.: HOFSTADLER, C.; SCHÜTZ, M.: Anwendung des Systems Engineering auf die Arbeitsvorbereitung von Bauprojekten. In: Bautechnik, 11/2012. S. 2

² Vgl.: HOFSTADLER, C.; SCHÜTZ, M.: Anwendung des Systems Engineering auf die Arbeitsvorbereitung von Bauprojekten. In: Bautechnik, 11/2012. S. 2

³ Vgl.: HOFSTADLER, C.; SCHÜTZ, M.: Anwendung des Systems Engineering auf die Arbeitsvorbereitung von Bauprojekten. In: Bautechnik, 11/2012. S. 2f

- Prinzip der Phasengliederung als Makro-Logik: Hierbei wird mit Hilfe einer Gliederung in Teiletappen (Projektphasen) ein Überblick über den aktuellen Stand des Prozesses ermöglicht, der naturgemäß einer fortschreitenden Konkretisierung unterliegt.
- Problemlösungszyklus als Mikro-Logik: In jeder Projektphase des Phasenablaufs wird zudem zur verbesserten Problemlösung der Problemlösungszyklus als Mikro-Logik angewendet.

1.4 Gliederung

Diese Masterarbeit ist in sechs Kapitel unterteilt, welche in nachstehender Abbildung 1-2 ersichtlich sind. Im Anschluss an die Einleitung im ersten Kapitel, folgt im zweiten Kapitel die Ermittlung der theoretischen Grundlagen zum Thema Cloud Computing. Hier wird über eine Literatur- und Internetrecherche die Entwicklung der Cloud bis zum aktuellen Ist-Stand ermittelt. Es werden des Weiteren die Vor- und Nachteile einer Cloud, sowie verschiedene Cloud-Modelle und Dienste erörtert. Das dritte Kapitel widmet sich unterschiedlichen Cloud-Technologien und ihren Anwendungsmöglichkeiten im Bauwesen. Im vierten Kapitel werden die Systemanforderungen zum Betrieb von Cloud Computing Diensten auf einer Baustelle erarbeitet. Im Anschluss daran werden im fünften Kapitel die globalen Marktführer und ihre Plattformen erörtert, sowie ein Anwendungsbeispiel zur praktikablen Nutzung von Cloud-Produkten durchgeführt. Zum Abschluss folgt eine Zusammenfassung der Arbeit und ein Ausblick auf die zukünftigen Entwicklungen im sechsten und letzten Kapitel dieser Arbeit.

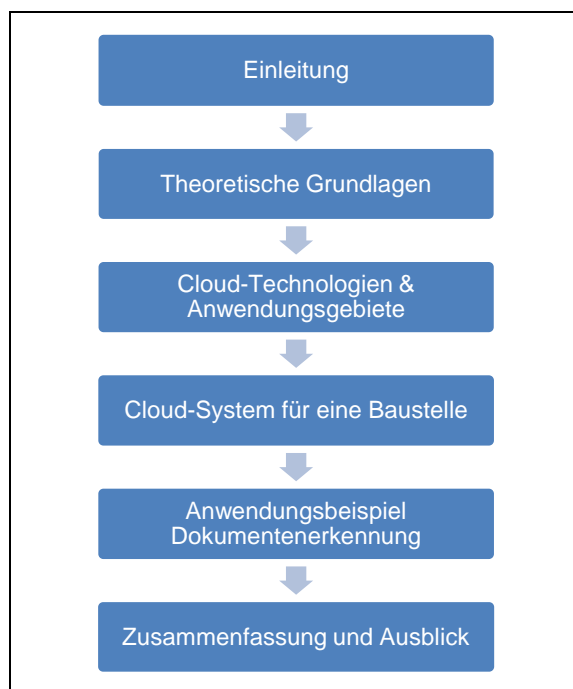


Abbildung 1-2 Aufbau der Masterarbeit

2 Theoretische Grundlagen

Im folgenden Kapitel werden die allgemeinen Grundlagen zu Cloud-Computing aufgezeigt, die in weiterer Folge auch für Anwendungen in der Bauwirtschaft Verwendung finden können.

2.1 Cloud Computing

2.1.1 Begriffsdefinition und Geschichte

Die Technologie des Cloud Computing ist keine grundlegende Neuerfindung in der IT-Branche, vielmehr ist sie eine über Jahrzehnte andauernde Evolution der Vernetzung von Computern über das Internet. Führende Anbieter im Cloud Computing Sektor stellen Unternehmen aber auch Privatanutzern in der heute vorherrschenden Entwicklungsstufe der Cloud eine Vielzahl an unterschiedlichen Anwendungen und Services zur Verfügung. Damit können sie die Kapazitäts- und Leistungsprobleme ihrer Computersysteme auslagern.⁴

Im Zuge dieser evolutionären Entwicklung, ist auch die Definition des Cloud Computing über die Jahre hinweg mitgewachsen, sodass sich der Ursprung der Begriffsdefinition nur schwer festlegen lässt. Eine erste, namhafte Erwähnung des Begriffes Cloud Computing geht dabei auf den Professor für Informationstechnologie der Goizueta Business School, Ramnath Chellappa, aus dem Jahr 1997 zurück.⁵ Während einer Konferenz in Dallas verweist er auf einen Paradigmenwechsel durch Cloud Computing indem nunmehr Grenzen durch ökonomische Überlegungen bestimmt werden. Technische Beschränkungen sind somit nicht mehr bedeutsam.⁶

Bereits zwei Jahre vor dieser Konferenz veröffentlichte das in München beheimatete Fraunhofer Institut im Jahr 1995 ein so genanntes Groupware-System unter dem Titel „Basic Support for Cooperative Work“ (BSCW), zum Austausch von Dokumenten in einem virtuellen Teamraum, das erstmals vollständig webbasiert war. Mit diesem Vorgang wurde eine, der ersten Formen, noch mit vergleichsweise eingeschränkten Anwendungen, funktionierende Cloud etabliert. Dieses Ereignis kann als Startschuss für weitere Entwicklungen in diesem IT-Segment gewertet werden.⁷

⁴ Vgl.: LINDNER; NIEBLER; WENZEL: Der Weg in die Cloud. S. 7

⁵ Vgl.: REINHEIMER, S.: Cloud Computing. S. 4

⁶ Vgl.: <https://nimbusprof.com/research/>. Datum des Zugriffs: 01.12.2020

⁷ Vgl.: https://www.fit.fraunhofer.de/de/fb/cscw/projects/bscw_20-Jahre.html. Datum des Zugriffs: 01.12.2020

In der Zeitspanne 1997 bis 2006 erfolgte eine stetige Weiterentwicklung, getragen durch vielfältige Innovationen einzelner Firmen. Im Jahr 2006 formulierte der damalige CEO von Google, Eric Schmidt, den Begriff Cloud Computing auf der Search Engine Strategies Conference in Kalifornien. Er beschrieb dabei Cloud Computing als Nachfolgestrategie des Client-Server-Modells, bei der sich Dienstleistungen in einer Wolke, dem Internet, befinden.⁸

Neben diesen beiden bekannten Definitionen finden sich unzählige weitere Definitionsversuche zu Cloud Computing, jedoch existiert derzeit noch immer keine einheitliche bzw. standardisierte Definition. Die verschiedenen Ansätze sind jedoch ähnlicher Ausprägung. In Fachkreisen findet sich heutzutage eine weitreichend akzeptierte Charakterisierung für den Begriff Cloud, die folgende fünf Merkmale beinhaltet:⁹

- On-demand self-service: Hierbei kann der Nutzer selbstständig und ohne menschliches Zutun der Cloud-Anbieter über das Internet Cloud-Services, wie Rechenleistung und Speicherkapazität, aktivieren und den Bedürfnissen und dem Bedarf nach anpassen.
- Broad network access: Mit Hilfe von standardisierten Kommunikationsgeräten, wie zum Beispiel Smartphones, Tablets, Laptops oder Computer kann über ein Netzwerk auf die Funktionen der Cloud zugegriffen werden.
- Resource pooling: Ein Benutzer verwendet gleichzeitig mit mehreren anderen Nutzern die vom Cloud-Anbieter bereitgestellten Ressourcen über eine so genannte Multi-Mandanten-Architektur (Mandantenfähigkeit). Je nach benötigtem Bedarf werden den Kunden individuell die Ressourcen dynamisch zugeteilt. Dabei hat der Kunde in der Regel keinen Einfluss auf den exakten Standort der von ihm verwendeten Ressourcen. In einigen Fällen ist jedoch eine Eingrenzung der Services auf bestimmte Länder, Regionen oder einzelne Rechenzentren gegeben.
- Rapid elasticity: Vom Benutzer verwendete Ressourcen können schnell, flexibel und in manchen Fällen auch automatisch den sich geänderten Bedürfnissen angepasst werden. Dadurch entsteht beim Benutzer oftmals der Eindruck, dass Rechenleistung und Speicherkapazität scheinbar unbegrenzt zur Verfügung stehen.

⁸ Vgl.: <https://www.google.com/press/podium/ses2006.html>. Datum des Zugriffs: 1.12.2020

⁹ Vgl.: <https://nvlpubs.nist.gov/nistpubs/Legacy/SP/nistspecialpublication800-145.pdf>. Datum des Zugriffs: 25.11.2020, S.2

- **Measured service:** Cloud Systeme überwachen, messen und protokollieren die Ressourcennutzung, um eine automatische Optimierung der Ressourcen vorzunehmen. Das wird in der Regel an Werten wie verwendetem Speicherplatz, Rechenleistung oder der benutzten Bandbreite festgemacht. Somit kann für beide Seiten eine transparente, bedarfsgerechte Abrechnung der Dienste erfolgen.

Amazon führte 2006 Cloud Computing unter der Bezeichnung „Amazon Elastic Compute Cloud“ ein. Dieser Webdienst wurde gestartet, um Entwicklern eine skalierbare Rechenkapazität zu ermöglichen.¹⁰ Zwei Jahre später führte Google mit „App Engine“ 2008 ebenfalls eine Cloud Computing Plattform ein.¹¹ Microsoft verkündete als einer der derzeitigen Global Player im Jahr 2010 verhältnismäßig spät den Einstieg in den Cloud Computing Markt mit der Plattform Windows Azure.¹²

2.1.2 Normierung / National Institute of Standards and Technology

Die Möglichkeiten, die eine Cloud den Nutzern zur Verfügung stellt, sind in den Jahren ihres Bestehens, am zunehmend umkämpften Cloud-Computing-Markt, rapide gestiegen. Immer neue Plattformen und Dienste drängen bis heute auf den Markt. Diese Vielzahl an möglichen Anwendungen machte es für potenzielle Kunden zunehmend schwieriger den Überblick zu behalten, ein Vergleich der unterschiedlich aufgebauten Angebote war daher nur schwer möglich. Diese unübersichtliche Situation veranlasste das National Institute of Standards and Technology (NIST) im Jahr 2011 eine einfache, einheitliche und in der IT-Welt weitreichend akzeptierte Klassifizierung der so genannten Cloud- und Service-Modelle vorzunehmen.¹³

Das NIST, gegründet im Jahr 1901, ist eine Bundesbehörde der Vereinigten Staaten von Amerika und ist heute dem Handelsministerium unterstellt. Ihre Aufgabe ist es für das Ministerium Standardisierungsprozesse vorzunehmen, um die Wettbewerbsfähigkeit der US-Industrie und des damit verbundenen Handels zu stärken.¹⁴ Kernaufgaben des NIST sind dabei Forschungen in der Messtechnik sowie die Entwicklung, Rückführbarkeit und Anwendung von Standards.¹⁵

¹⁰ Vgl.: <https://aws.amazon.com/de/about-aws/whats-new/2006/08/24/announcing-amazon-elastic-compute-cloud-amazon-ec2-beta/>. Datum des Zugriffs: 01.12.2020

¹¹ Vgl.: <https://googleappengine.blogspot.com/2008/04/introducing-google-app-engine-our-new.html>. Datum des Zugriffs: 01.12.2020

¹² Vgl.: <https://web.archive.org/web/20101029164008/http://blogs.msdn.com/b/windowsazure/archive/2010/02/01/windows-azure-platform-now-generally-available-in-21-countries.aspx>. Datum des Zugriffs: 01.12.2020

¹³ Vgl.: <https://nvlpubs.nist.gov/nistpubs/Legacy/SP/nistspecialpublication800-145.pdf>. Datum des Zugriffs: 25.11.2020

¹⁴ Vgl.: <https://www.nist.gov/about-nist>. Datum des Zugriffs: 25.11.2020

¹⁵ Vgl.: <https://www.nist.gov/about-nist/our-organization/mission-vision-values>. Datum des Zugriffs: 25.11.2020

2.1.3 Abgrenzung/Unterscheidung zu Grid Computing, Dropbox Co

Besonders wichtig ist eine Abgrenzung bzw. Unterscheidung des Begriffs Cloud Computing zu Cloud-Diensten wie beispielsweise vom verbreiteten Anbieter Dropbox, auch das so genannten Grid Computing. Die Grundzüge dieser verschiedenen Cloud-Anwendungen sind dieselben. Gemein ist ihnen die Möglichkeit für die einzelnen Benutzer einen gegenseitigen Datenaustausch zu bieten bzw. auch deren Verarbeitung. Darüberhinausgehende, höhere Entwicklungsstufen der Datenverarbeitung bzw. Analyse, erfordert die Anwendung von Cloud Computing.

Filehoster

In den letzten Jahren haben sich vor allem Filehosting-Dienste wie von der Firma Dropbox im Büroalltag etabliert. Sie ermöglichen es, auf einfachem Weg Daten zwischen Personengruppen auszutauschen und bearbeiten zu können. Der entscheidende Unterschied, im Gegensatz zum moderneren Cloud Computing, ist der stark begrenzte Funktionsumfang rein cloudbasierter Speicherdienste.

Die Daten werden hierbei zwar ebenfalls auf Cloud-Speichern gelagert und können durch zusätzliche webbasierte Apps wie Microsoft Office 365 bearbeitet werden, jedoch können keine aufwendigeren Analysen bzw. Bearbeitungen der Daten, wie zum Beispiel mit dem Einsatz von künstlicher Intelligenz vorgenommen werden. Dropbox bietet folgende Funktionen für seine Kunden an:¹⁶

- Cloud-Speicher: Die Funktion des Cloud-Speichers ist die mitunter bekannteste Funktion, mit der Kunden ihre Ordner und Dateien gegen Datenverlust und zur ständigen Verfügbarkeit speichern.
- Filesharing: Hiermit wird den Eigentümer ermöglicht, den Zugriff ihrer auf der Cloud gespeicherten Daten zu verwalten, und sie zur gemeinsamen Bearbeitung mit ihren Kontakten zu teilen.
- Inhalte teilen (Dropbox Paper): Mit dieser hauseigenen Plattform kann die Zusammenarbeit in Teams verbessert werden. Es liefert unter anderem Funktionen wie die Erstellung von Checklisten, die Einteilung von Projektterminen sowie die Verwaltung von Agenden für Meetings.
- Produktivitätstools: Dropbox bietet wie zuvor beschrieben Web-Apps zur Produktivitätssteigerung im Büroalltag. Zusätzlich zu Dropbox Paper können Funktionen für Maildienste wie Gmail und Outlook aktiviert werden, Kommentarfunktionen zur Feedbackgabe in Texten benutzt werden, Aufgabenlisten erstellt werden und eine Reihe weiterer Funktionen zur Anwendung kommen.

¹⁶ Vgl.: <https://www.dropbox.com/de/features>. Datum des Zugriffs: 24.12.2020

Grid Computing

Die Grundidee der beiden Modelle Grid Computing und Cloud Computing, nämlich der Austausch von Daten und die Zusammenarbeit rund um die Welt, kann als ident angesehen werden. In ihrer Umsetzung unterscheiden sie sich jedoch in markanten Punkten stark voneinander. Das betrifft insbesondere den Aufbau und die Architektur der beiden Modelle, die Sicherheits-, Business-, und Programmiermodelle, das Ressourcenmanagement sowie eine Reihe weiterer Aspekte.¹⁷ Grid Computing orientiert sich im Gegensatz zum Cloud Computing viel mehr an Supercomputern und Clustern als an moderne webbasierte Anwendungen.¹⁸

Mit dem Grid Computing werden verteilte Rechenleistung sowie Speicherkapazitäten, gemäß Abbildung 2-1, zu einem über das Internet vernetzten Hochleistungsrechner zusammengeschlossen. Im Unterschied zum Cloud Computing verwalten die Anwender der unterschiedlichen Organisationen ihre IT-Ressourcen selbst und stellen sie anderen Personen lediglich zur Verfügung, um gemeinsam eine rechenintensive Aufgabe zu lösen. Die Anfänge für dieses verteilte Rechnen liegen in den 1980er Jahren, vorangetrieben durch den hohen Rechenaufwand von Simulationen verschiedenster Forschungseinrichtungen im universitären Bereich mit ihren begrenzten Forschungsmitteln. Dieser forschungsgetriebene Anfang prägt bis heute den Betrieb des Grid Computing, in welchem vielmehr die Bereitstellung der Rechenleistung als kommerzielle Aspekte im Vordergrund stehen. Eines der bekanntesten Grid Computing Projekte war das SETI@home Projekt der Universität Berkeley aus dem Jahr 1999.¹⁹ Die rechenintensiven Aufgaben werden dazu in viele Einzelberechnungen zerlegt, so genannte Batch-Jobs, die von den einzelnen Teilnehmern des Grid-Computing-Projekts sukzessive abgearbeitet werden.²⁰

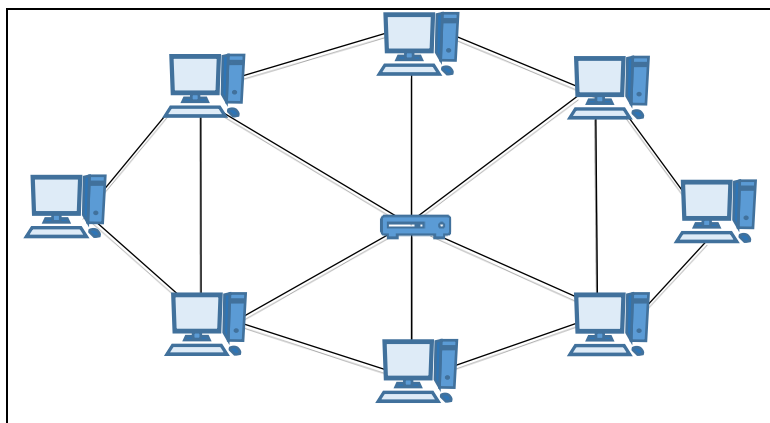


Abbildung 2-1 - Aufbau Grid Computing

¹⁷ Vgl.: BAUN et al.: Cloud Computing. S. 4

¹⁸ Vgl.: KOHNE, A.: Cloud - Föderationen. S. 20

¹⁹ Vgl.: LISSEN, N.; BRÜNGER, C.; DAMHORST, S.: IT-Services in der Cloud und ISAE 3402. S. 12

²⁰ Vgl.: KOHNE, A.: Cloud - Föderationen. S. 20

2.2 Servicemodelle

Am Cloud Computing – Markt wird grundsätzlich zwischen drei so genannten Servicemodellen unterschieden. Diese gehen teilweise ineinander über und beschreiben die Geschäftsmodelle der Anbieter und die zur Serviceerbringung erforderlichen Komponenten, die bereitgestellt werden.²¹

Wie zuvor beschrieben, gibt es verschiedenste Ansätze und Erklärungsversuche die Services einzuordnen. Das NIST klassifiziert für eine vereinfachte Handhabung und Anwendbarkeit in der Praxis mit der „NIST Definition of Cloud Computing“ die grundlegenden Cloud-Servicemodelle mit ihren Eigenschaften. Diese lauten wie folgt:²²

- Software as a Service (SaaS)
- Platform as a Service (PaaS)
- Infrastructure as a Service (IaaS)

In der Abbildung 2-2 sind die Servicemodelle gemäß dieser NIST-Definition in ihrem schematischen, stufenweisen Aufbau dargestellt. Die unterste der drei Servicestufen stellt dabei das IaaS-Modell dar, gefolgt vom PaaS-Modell und als höchste Servicestufe, welche speziell für die Zielgruppe der Endanwender entwickelt wurde, das so genannte Software as a Service-Modell.

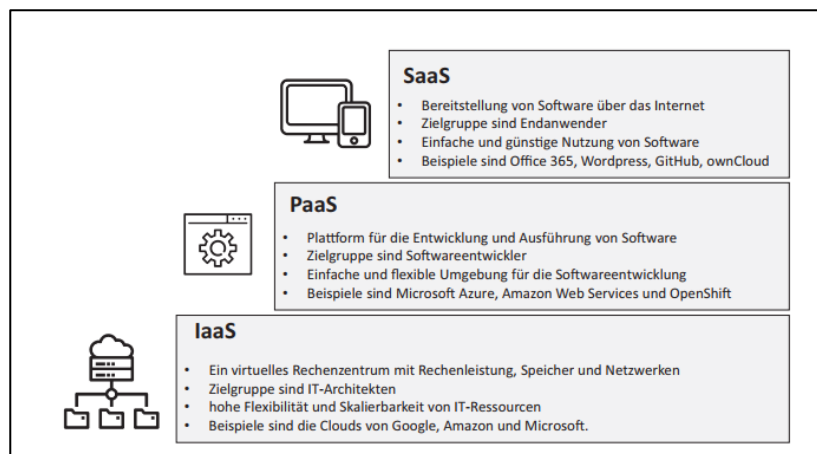


Abbildung 2-2 Cloud-Servicemodelle²³

Diese Servicemodelle nehmen am Cloud-Computing-Markt eine führende Rolle ein, wie die nachfolgenden Daten zeigen. Insbesondere stehen sie für eine hohe Marktdurchdringung mit einem damit verbundenen hohen

²¹ Vgl.: LINDNER; NIEBLER; WENZEL: Der Weg in die Cloud. S. 8

²² Vgl.: <https://nvlpubs.nist.gov/nistpubs/Legacy/SP/nistspecialpublication800-145.pdf>. Datum des Zugriffs: 25.11.2020. S.2f

²³ LINDNER; NIEBLER; WENZEL: Der Weg in die Cloud. S. 9

Anteil am Gesamtumsatz in der Branche. Wie aus der nachstehenden Abbildung 2-3 ersichtlich ist, betrug der weltweite Jahresumsatz des rasant wachsenden Geschäfts im Cloud-Computing für das Jahr 2019 insgesamt 242,70 Mrd. US-\$. Das entspricht einer Steigerung von über 23% zum Vorjahr. Von 2017 auf 2019 betrug die Umsatzsteigerung in dieser Branche sogar über 67%. Wegen der Corona-Pandemie ist für 2020 naturgemäß eine eingebremste Entwicklung zu beobachten, das wird jedoch laut den Prognosen dazu führen, dass das Wachstum in den Jahren 2021 und 2022 wieder stark steigen wird.

Die zuvor erwähnten drei hauptsächlich zur Anwendung kommenden Servicemodelle sind im Jahr 2019 mit 184,03 Mrd. US-\$ für rund 75% des Jahresumsatzes verantwortlich. Infrastructure as a Service setzt dabei 44,46 Mrd. US-\$, Platform as a Service 37,51 Mrd. US-\$ und Software as a Service 102,06 Mrd. US-\$ um.²⁴

Aufgrund dessen wird auf den nachfolgenden Seiten vertieft auf diese drei Servicemodelle eingegangen.

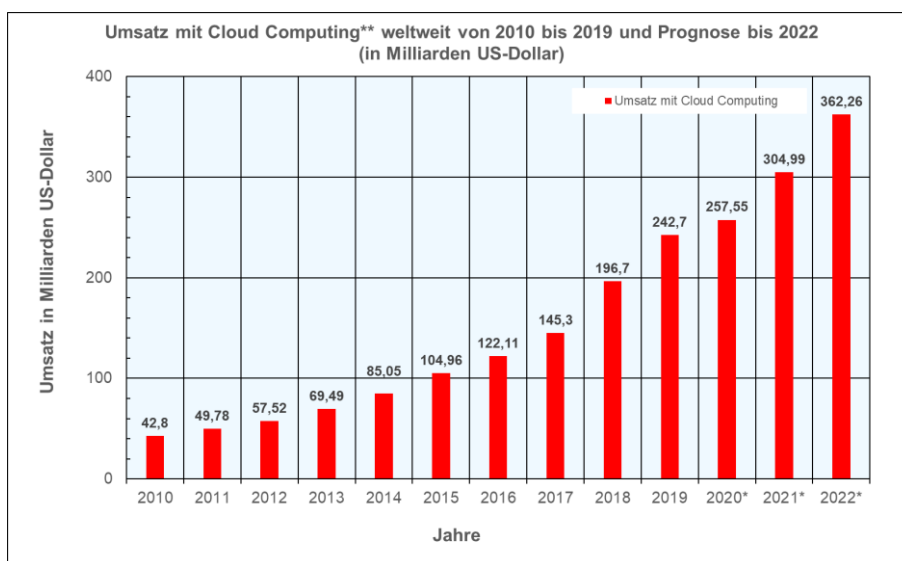


Abbildung 2-3 Weltweiter Jahresumsatz Cloud Computing²⁵

2.2.1 Infrastructure as a Service (IaaS)

Die erste Ebene der Pyramide stellt die Grundfunktionen der physikalischen IT-Ressourcen bereit. Gemäß der NIST-Definition erhält der Kunde beim IaaS-Servicemodell Zugang zur elementaren Recheninfrastruktur.

²⁴ Vgl.: <https://de.statista.com/statistik/daten/studie/284706/umfrage/prognose-zum-umsatz-mit-cloud-computing-weltweit-nach-segment/>. Datum des Zugriffs: 14.12.2020

²⁵ Vgl.: <https://de.statista.com/statistik/daten/studie/195760/umfrage/umsatz-mit-cloud-computing-weltweit/>. Datum des Zugriffs: 14.12.2020

Im Gegensatz zum klassischen Erwerb der Komponenten, mietet sich der Kunde dabei, je nach Bedarf, die gewünschten Funktionen on demand. Der Zugriff auf diese Infrastruktur ermöglicht es dem Nutzer Kontrolle über Rechenleistung, Speicherkapazitäten sowie Netzwerke zu erlangen, auf denen er beliebige Software wie Betriebssysteme und Applikationen installieren und betreiben kann. Unter Umständen kann außerdem die Kontrolle über gewisse Netzwerkressourcen, wie Firewalls, ermöglicht werden. Entscheidend ist jedoch, dass die Kontrolle der eigentlichen Cloud-Infrastruktur stets dem Cloud-Anbieter obliegt.²⁶ Die Benützung von IaaS bietet dem Kunden den entscheidenden Vorteil, dass er selbst keine physische Rechenleistung sowie Speicher- und Netzwerkkapazitäten bereitstellen muss. Außerdem übergibt der Kunde die Verantwortung der Wartung, Ausfallsicherung sowie der ausreichend vorhandenen Kapazitäten dem Cloud-Anbieter. Das wird in den so genannten Service-Level-Agreements (SLA) vertraglich vereinbart. Abgerechnet wird dabei in der Regel nach der verwendeten Rechenleistung der Prozessoren, der bestellten Speicherkapazität, oder dem vereinbarten Datentransfer zwischen Cloud und Client.²⁷

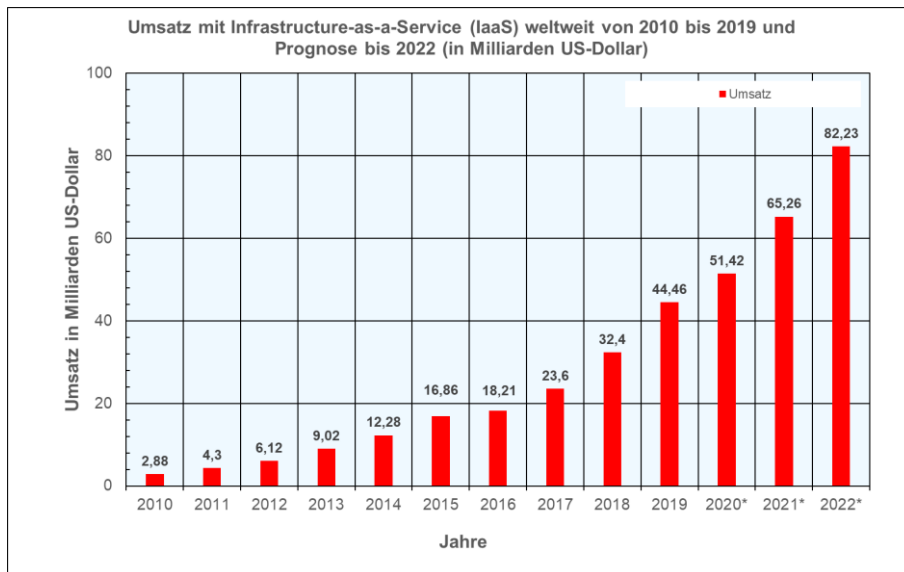
Unternehmen und Benutzer des IaaS-Modells entscheiden sich immer dann für eine Anwendung dieses Service, wenn die eigene Hardware den Anforderungen nicht mehr gerecht wird, jedoch eine praktisch uneingeschränkte Skalierbarkeit der Recheninfrastruktur gefordert ist. Zudem spielen finanzielle Überlegungen eine weitere entscheidende Rolle, da der Erwerb, der Betrieb und die Wartung der Infrastruktur in der Verantwortung des Providers liegen.²⁸ Der in Abbildung 2-4 ersichtliche Jahresumsatz von IaaS-Anwendungen betrug im Jahr 2019 knapp 45 Mrd. \$. Damit war IaaS, gemessen am weltweiten Jahresumsatz der Cloud-Computing-Branche, auf Platz zwei nach Software as a Service Lösungen.²⁹

²⁶ Vgl.: <https://nvlpubs.nist.gov/nistpubs/Legacy/SP/nistspecialpublication800-145.pdf>. Datum des Zugriffs: 25.11.2020. S.3

²⁷ Vgl.: MÜNZL; PAULY; RETI: Cloud Computing als neue Herausforderung für Management und IT. S. 10

²⁸ Vgl.: REINHEIMER, S.: Cloud Computing. S. 10

²⁹ Vgl.: <https://de.statista.com/statistik/daten/studie/284706/umfrage/prognose-zum-umsatz-mit-cloud-computing-weltweit-nach-segment/>. Datum des Zugriffs: 14.12.2020

Abbildung 2-4 Weltweiter Jahresumsatz IaaS³⁰

Für den Nutzer ergeben sich u.a. eine Reihe von Vor- und Nachteilen:^{31,32}

Vorteile

- Keine direkten Anschaffungs- und Wartungskosten der Hardware
- Hohe Flexibilität und Skalierbarkeit der Ressourcen
- Einfache Vernetzung mehrerer Firmenstandorte
- Bereitgestellte Betriebssysteme & Virtuelle Maschinen
- Lastspitzen können abgefangen werden
- Nicht benötigte Ressourcen können wieder freigegeben werden

Nachteile

- Kontrollverlust der Infrastruktur wegen Auslagerung
- Abhängigkeit vom Provider
- Zugriff auf Hardware-Ressourcen nur über aktive Internetanbindung möglich
- Komplizierter Anbieterwechsel
- Datenschutzbedenken wegen unterschiedlicher Serverstandorte

³⁰ Vgl.: <https://de.statista.com/statistik/daten/studie/307025/umfrage/umsatz-mit-infrastructure-as-a-service-weltweit-seit-2010/>. Datum des Zugriffs: 14.12.2020

³¹ Vgl.: <https://www.ionos.at/digitalguide/server/knowhow/iaas-infrastructure-as-a-service/>. Datum des Zugriffs: 20.01.2021

³² Vgl.: LINDNER; NIEBLER; WENZEL: Der Weg in die Cloud. S. 23

2.2.2 Platform as a Service (PaaS)

Die zweite und damit mittlere Stufe der Pyramide ist das Servicemodell Platform as a Service (PaaS). Dieses Servicemodell richtet sich speziell an Entwickler von webbasierten Software-Anwendungen. Auf solch einer Plattform finden Nutzer eine Entwicklungsumgebung vor, in der sie ihre Software programmieren, testen und auch betreiben können. Mit Hilfe dieser vom Provider standardisierten Umgebungen und der darin zur Verfügung gestellten Komponenten (Programmiersprachen, Bibliotheken, Diensten und Tools), können sie für das in der Pyramide nächst höhere Servicemodell Software as a Service unabhängig von Limitierungen Anwendungen entwickeln.³³

Einer der vielen Vorteile für Entwickler liegt in der bereitgestellten Entwicklerumgebung, die er für eine effiziente Programmierung benötigt und flexibel anpassen kann. Er muss sich dabei nicht selbst um die Beschaffung und den Betrieb der benötigten Recheninfrastruktur, sowie der Entwicklungsumgebung kümmern, sondern kann sich voll und ganz auf die Software-Programmierung konzentrieren. Die einfache Skalierung der Leistung bei späterem steigenden Rechenbedarf ist zudem ein weiterer Punkt, weswegen die Entwicklung zunehmend in eine Cloud ausgelagert wird. Große Anbieter können ihre Cloud durch das angebotene PaaS-Modell zusätzlich erweitern. Dies geschieht indirekt durch Firmen, die ihre Dienste für eigenständige Cloud-Anwendungen mieten und erweitern damit oft die SaaS-Angebote des Cloud-Anbieters mit ihren Entwicklungen. PaaS dient somit als eine Brutstätte für neue SaaS-Anwendungen.³⁴

Für den Nutzer ergeben sich u.a. eine Reihe von Vor- und Nachteilen:^{35,36}

Vorteile

- Schnellere und einfachere Entwicklung von Anwendungen durch bereitgestellte Entwicklerinfrastruktur
- Vereinfachung des Auslieferungsprozesses von Anwendungen
- Vereinfachte Verwaltung und Optimierung der Software
- Flexible Skalierbarkeit der Entwicklerumgebung
- Neuste Software ohne eigenem Lizenzwerb
- Keine direkten Anschaffungs- und Wartungskosten

³³ Vgl.: <https://nvlpubs.nist.gov/nistpubs/Legacy/SP/nistspecialpublication800-145.pdf>. Datum des Zugriffs: 25.11.2020. S.2f

³⁴ Vgl.: MÜNZL; PAULY; RETI: Cloud Computing als neue Herausforderung für Management und IT. S. 10f

³⁵ Vgl.: <https://www.ionos.at/digitalguide/server/knowhow/paas-platform-as-a-service/>. Datum des Zugriffs: 20.01.2021

³⁶ Vgl.: LINDNER; NIEBLER; WENZEL: Der Weg in die Cloud. S. 27

Nachteile

- Erhöhte Abhängigkeit vom Provider
- Schnelllebigiger Markt mit der Gefahr von Serviceeinstellungen
- Kein Einfluss auf die Plattform und die angebotenen Features
- Begrenztes Angebot an unterstützten Programmiersprachen
- Starke Bindung an die Entwicklungsumgebung und Gefahr von Einstellung der Dienste

Mit dem Platform as a Service Modell wurde, wie in Abbildung 2-5 angeführt, im Jahr 2019 ein weltweiter Jahresumsatz von 37,5 Milliarden Dollar erzielt. Damit ist das PaaS-Modell gemessen am Jahresumsatz an dritter Stelle der drei grundlegenden Cloud-Servicemodelle.³⁷

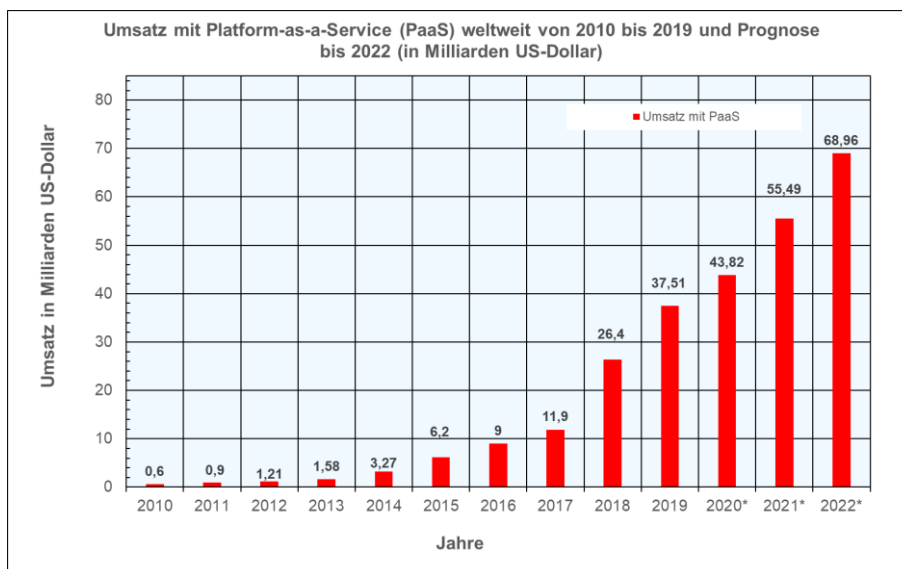


Abbildung 2-5 Weltweiter Jahresumsatz PaaS³⁸

2.2.3 Software as a Service (SaaS)

Die oberste Ebene der NIST-Definition wird als Software as a Service (SaaS) bezeichnet. Sie ist bei den Endbenutzern die am weitesten verbreitete Form der drei Servicemodelle.³⁹ SaaS ist, wie aus Abbildung 2-6

³⁷ Vgl.: <https://de.statista.com/statistik/daten/studie/284706/umfrage/prognose-zum-umsatz-mit-cloud-computing-weltweit-nach-segment/>. Datum des Zugriffs: 14.12.2020

³⁸ Vgl.: <https://de.statista.com/statistik/daten/studie/307023/umfrage/umsatz-mit-platform-as-a-service-weltweit-seit-2010/>. Datum des Zugriffs: 14.12.2020

³⁹ Vgl.: LINDNER; NIEBLER; WENZEL: Der Weg in die Cloud. S. 8

ersichtlich, mit einem Jahresumsatz 2019 von 102 Milliarden Dollar das meistgenutzte Servicemodell am Cloud Computing-Markt.⁴⁰

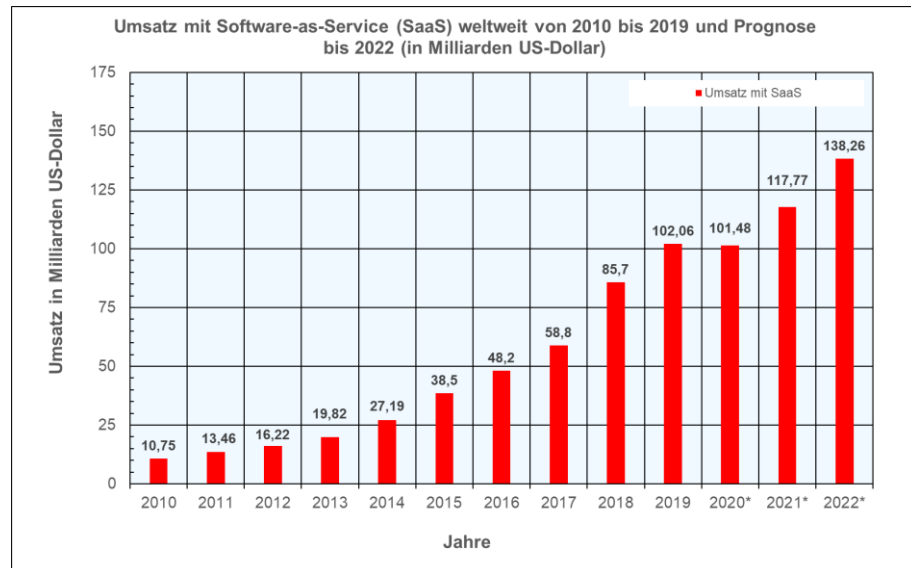


Abbildung 2-6 Weltweiter Jahresumsatz SaaS⁴¹

Der Cloud-Anbieter stellt dabei dem Benutzer seine auf der Cloud-Infrastruktur installierten Anwendungen zur Verfügung, die wiederum mit den unterschiedlichsten Endgeräten, in der Regel über Client-Interfaces wie einem Webbrowser oder einer Programmschnittstelle darauf zugreifen. Der Unterschied zu den beiden zuvor beschriebenen Modelle ist, dass der Konsument keinerlei Einfluss auf die Verwaltung und Steuerung der dazu benötigten Cloud-Infrastruktur und Plattformen besitzt. Der Betrieb der Rechenzentren mit ihren Bestandteilen wie Server, Netzwerke, Speicher und Betriebssysteme obliegt somit dem Cloud-Anbieter. Vereinzelt gibt es hierbei nur für zugriffsbeschränkte Einstellungen der vom Benutzer verwendeten Anwendungen.⁴²

Die Beliebtheit dieses Modells beruht auf der einfachen Handhabung und der übersichtlichen Abrechnung der benutzten Dienste. Ein Endkunde kann mit einem monatlich fixen Nutzungsentgelt die ausgewählte Software verwenden. Vielen Benutzern ist es nicht bewusst, dass bei der Benutzung von Diensten, wie zum Beispiel Microsoft Office 365 genau dieses Servicemodell zur Anwendung kommt.⁴³

⁴⁰ Vgl.: <https://de.statista.com/statistik/daten/studie/284706/umfrage/prognose-zum-umsatz-mit-cloud-computing-weltweit-nach-segment/>. Datum des Zugriffs: 14.12.2020

⁴¹ Vgl.: <https://de.statista.com/statistik/daten/studie/194117/umfrage/umsatz-mit-software-as-a-service-weltweit-seit-2010/>. Datum des Zugriffs: 14.12.2020

⁴² Vgl.: <https://nvlpubs.nist.gov/nistpubs/Legacy/SP/nistspecialpublication800-145.pdf>. Datum des Zugriffs: 25.11.2020. S.2

⁴³ Vgl.: LINDNER; NIEBLER; WENZEL: Der Weg in die Cloud. S. 8ff

Im Vergleich zur traditionellen Softwarelizenzierung, bei der ein Benutzer die Nutzungsrechte auf Dauer erwirbt, handelt es sich hierbei um flexible Abonnements. Es ergeben sich einige klare Vorteile für den Endnutzer. Eine erhöhte Flexibilität und stets die aktuelle Softwareversion sind Vorteile gegenüber dem klassischen Lizenzerwerb. Darüber hinaus können Kosten gespart werden, da Anwendungen nur für die Dauer der tatsächlichen Benutzung bezahlt werden müssen. Für Unternehmen ergeben sich zudem geringere Kosten durch die eingesparte Infrastruktur und das benötigte Fachpersonal für die Wartung und den Betrieb der Anlagen sowie für die Softwareentwicklung.⁴⁴

Andererseits ergibt sich durch die vollständige Auslagerung der Infrastruktur und Software eine gewisse Abhängigkeit gegenüber dem Provider. Das birgt insbesondere die Gefahr, dass eine für den Anbieter unprofitable Software jederzeit eingestellt werden kann, oder zumindest eine Weiterentwicklung jener eingestellt wird. Außerdem bestehen für den Nutzer keinerlei Rechte eine Anpassungsmöglichkeit der Software zu fordern.

Für den Nutzer ergeben sich u.a. eine Reihe von Vor- und Nachteilen:^{45,46}

Vorteile

- Anschaffung, Betrieb und Wartung obliegt dem Provider
- Neue Funktionen und Software durch Updates des Providers
- Verringerung der IT-Prozesskomplexität im Unternehmen
- Mobiler Einsatz der Software, da es keine Bindung an einen Arbeitsplatz gibt
- Einfache und flexible Verwaltung der Software
- Aktuelle Software ohne eigenem Lizenzerwerb

Nachteile

- Erhöhte Abhängigkeit vom Provider
- Kompatibilitätsprobleme mit firmeneigener Hardware möglich
- Zugriff auf Software-Ressourcen nur über aktive Datenverbindung
- Erschwerter Datenschutz durch Datenabtretung an Provider

⁴⁴ Vgl.: KAVIS, M.: Architecting the Cloud: Design Decisions for Cloud Computing Service Models (SaaS, PaaS, and IaaS), o.S. Kapitel 2, Cloud Service Models

⁴⁵ Vgl.: <https://www.ionos.at/digitalguide/server/knowhow/saas-software-as-a-service-im-ueberblick-vor-und-nachteile/>, Datum des Zugriffs: 20.01.2021

⁴⁶ Vgl.: LINDNER; NIEBLER; WENZEL: Der Weg in die Cloud. S. 33f

- Standortproblem der Server
- Lizenzierung aktueller Software kann teuer sein
- Gefahr der Einstellung von Services durch Provider

Zu den drei vom NIST definierten Grundformen der Servicemodelle kommen eine Reihe von weiteren Spezialisierungen zur Anwendung. Der Vollständigkeit halber werden diese angeführt jedoch in dieser Arbeit nicht ausführlicher behandelt. Wie aus der nachstehenden Abbildung 2-7 ersichtlich, waren davon im Jahr 2019 die weltweit umsatzstärksten Business Process as a Service (BPaaS) mit 45,21 Mrd. US-\$, Cloud Management and Security Services mit 12,83 Mrd. US-\$ und Desktop as a Service (DaaS) mit 616 Mio. US-\$.⁴⁷

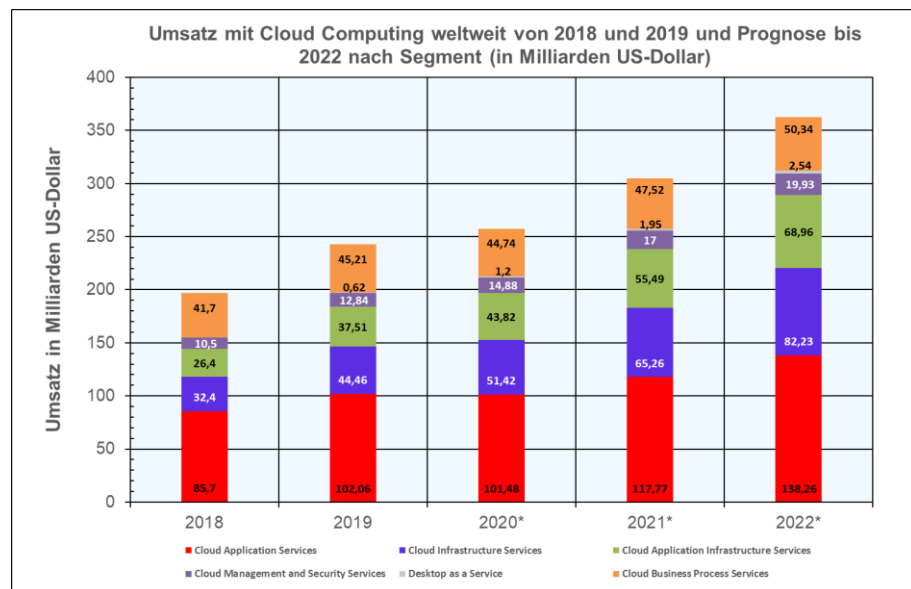


Abbildung 2-7 Umsatz mit Cloud Computing weltweit nach Segmenten⁴⁸

In einem für Unternehmen äußerst schwierigem Jahr der Corona-Pandemie lassen sich die Auswirkungen erst in den kommenden Geschäftsberichten festmachen. Laut einer repräsentativen Umfrage des renommierten Research- und Beratungsunternehmens Gartner Inc. wird trotz der Corona-Pandemie für das Jahr 2021 eine Wachstumsrate von 18,4 % im Vergleich zum Vorjahr prognostiziert. Die Endbenutzerausgaben für Dienste der Public Cloud sollen demnach auf 304.9 Mrd. US-\$ steigen. In der veröffentlichten Umfrage vom November 2020 geben nahezu 70% der Unternehmen, die bereits Cloud Services benutzen, an gerade wegen der

⁴⁷ Vgl.: <https://www.gartner.com/en/newsroom/press-releases/2020-11-17-gartner-forecasts-worldwide-public-cloud-end-user-spending-to-grow-18-percent-in-2021>. Datum des Zugriffs: 04.01.2021

⁴⁸ Vgl.: <https://de.statista.com/statistik/daten/studie/284706/umfrage/prognose-zum-umsatz-mit-cloud-computing-weltweit-nach-segment/>. Datum des Zugriffs: 14.12.2020

Pandemie verstärkt in die Cloud zu investieren. Die Unternehmen sind zunehmend bereit in die Mobilität bzw. in die Flexibilität moderner Arbeitsplätze zu investieren.⁴⁹

2.3 Cloud – Bereitstellungsmodelle

Eine weitere Möglichkeit die verschiedenen Varianten einer Cloud zu unterteilen, sind die so genannten Cloud-Bereitstellungsmodelle. Das sind organisatorische Einteilungen bzw. Trennungen wie Unternehmen die Cloud-Dienste der verschiedenen Anbieter nutzen können. Entscheidend dabei ist einerseits der Standort der benutzten Cloud-Infrastruktur der Rechenzentren und andererseits, wer über die Hoheit der Datenkontrolle verfügt.

Diese Cloud-Modelle werden laut Definition in vier Arten unterschieden:⁵⁰

- Public Cloud
- Private Cloud
- Hybrid Cloud
- Community Cloud

Firmen und Organisationen, die eine Cloud etablieren wollen, müssen sich für eine dieser Betriebsarten entscheiden. Es spielt hierbei keine Rolle, welches der drei Modelle gewählt wird, um eines der im vorherigen Kapitel beschriebenen Servicemodelle (IaaS, PaaS, SaaS) nutzen zu können, weil alle Ebenen anwendbar sind.⁵¹

2.3.1 Public Cloud

Das am häufigsten genutzte Bereitstellungsmodell ist die Public Cloud.⁵² Ein Provider vermietet hierbei die benötigte IT-Infrastruktur an seine Endkunden. Wie der Name es vermuten lässt, handelt es sich um eine für jedermann öffentlich zugängliche Cloud. Viele verschiedene Benutzer und Firmen greifen bei der Verwendung der Dienste auf dieselben Rechenzentren zu. Benutzer und Provider der Cloud gehören in diesem Fall nicht der gleichen Organisation an.⁵³ Die hohe Durchdringung des Marktes dieses Modells lässt sich auf die Entstehungsgeschichte des Cloud Computing zurückführen. Public Clouds waren die erste Entwicklungsstufe dieser

⁴⁹ Vgl.: <https://www.gartner.com/en/newsroom/press-releases/2020-11-17-gartner-forecasts-worldwide-public-cloud-end-user-spending-to-grow-18-percent-in-2021>. Datum des Zugriffs: 04.01.2021

⁵⁰ Vgl.: <https://nvlpubs.nist.gov/nistpubs/Legacy/SP/nistspecialpublication800-145.pdf>. Datum des Zugriffs: 25.11.2020

⁵¹ Vgl.: BARTON, T.: E-Business mit Cloud Computing. S. 45

⁵² Vgl.: ROUNTREE, D.; CASTRILLO, I.; JIANG, H.: The Basics of Cloud Computing. S. 35

⁵³ Vgl.: BAUN et al.: Cloud Computing. S. 25f

Technologie.⁵⁴ Die schematische Darstellung der Funktionsweise einer Public Cloud ist in der nachstehenden Abbildung 2-8 veranschaulicht.

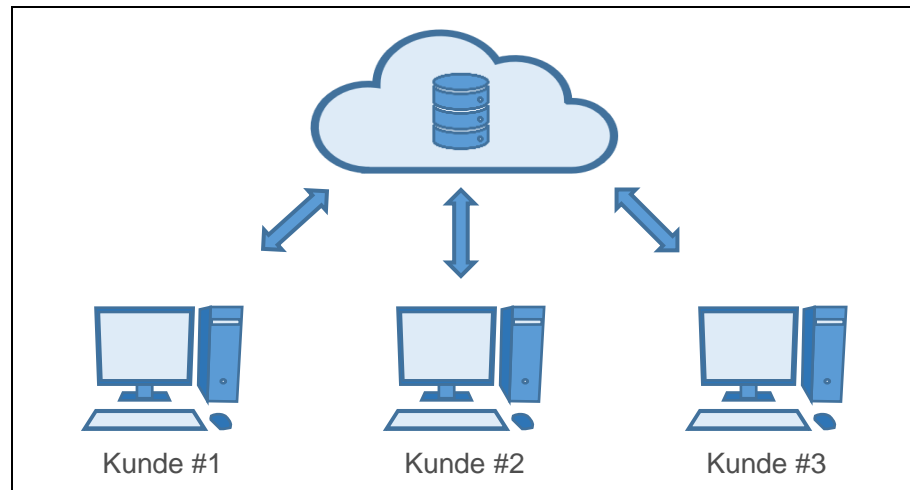


Abbildung 2-8 Darstellung Public Cloud

Wie bei jeder Anwendung gibt es eine Reihe von Vorteilen, jedoch auch einige Nachteile, die die Nutzungszahlen der Private Cloud mit steigendem Sicherheitsbewusstsein, insbesondere bei Firmen, sinken lässt. Der große Vorteil dieses Modells liegt in der ausgelagerten Infrastruktur bzw. je nach verwendetem Modell auch der Software. Gerade kleinen Unternehmen erleichtert das den Einstieg in die Welt des Cloud Computing. Für den Nutzer eröffnen sich dabei eine Reihe von Vorteilen. Die einfache und schnelle Skalierbarkeit der verwendeten Dienste und die rasche weltweite Verfügbarkeit der benötigten Dienste ist ein sehr starkes Argument, eine Public Cloud zu nutzen. Der Aufbau und die Erweiterung von weltweiten Firmenstandorten kann damit erleichtert werden, indem hohe direkte Investitions- und Wartungskosten in firmeneigene Rechenzentren und die Softwareentwicklung entfallen. Außerdem ist es heutzutage in der vernetzten Wirtschaftswelt unabdingbar, eine hohe Ausfallsicherheit bzw. Erreichbarkeit seiner Firmenangebote zu erreichen. Dies kann je nach verwendetem Provider und abonniertem Dienst erreicht werden.⁵⁵ Gerade für kleine Unternehmen, mit limitiertem Budget für Hard- und Software, sowie dem benötigten gut ausgebildeten Personal stellt die Public Cloud eine günstige Form des Betriebs dar.⁵⁶

Ein weiterer, nicht unerheblicher Vorteil ist die einfache und rasche Skalierbarkeit des Systems. Werden vom Kunden für einzelne, zeitlich limitierte Projekte, höhere Rechen- und Speicherkapazitäten benötigt, ist dies mit wenigen Mausklicks durch die verantwortlichen Personen realisierbar.

⁵⁴ Vgl.: ROUNTREE, D.; CASTRILLO, I.; JIANG, H.: The Basics of Cloud Computing. S. 35

⁵⁵ Vgl.: ROUNTREE, D.; CASTRILLO, I.; JIANG, H.: The Basics of Cloud Computing. S. 35ff

⁵⁶ Vgl.: ROUNTREE, D.; CASTRILLO, I.; JIANG, H.: The Basics of Cloud Computing. S. 36

Des Weiteren eignet sich dieses Bereitstellungsmodell hervorragend dazu, um kurzzeitig auftretende Spitzenlasten im System kostengünstig abzufedern, was hingegen mit selbstständig betriebener Infrastruktur nicht möglich wäre.⁵⁷

Die Verwendung der Public Cloud führt für den Benutzer zu einer ambivalenten Situation, in dem die oben beschriebenen Vorteile gleichzeitig auch dazu führen, dass der Kunde die gesamte Verantwortung seiner Daten dem Anbieter übergeben muss.⁵⁸ Dem Modell geschuldet verwenden viele, dem Nutzer unbekannt Personen und Organisationen, dieselbe Infrastruktur. Außerdem hat der Nutzer in der Regel keinen oder nur einen begrenzten Einfluss auf den Speicherort seiner Daten.⁵⁹ Das in den letzten Jahren stark gestiegene Bewusstsein für Datensicherheit, unter anderem hervorgerufen durch die Einführung der DSGVO, hindert immer mehr Firmen auf eine reine Public Cloud zu setzen. Der Speicherort der Daten wird meist auf mehrere, weltweite Standorte verteilt, um einen Datenverlust zu verhindern. Das bedeutet wiederum für den Nutzer ein gewisses Risiko in Bezug auf Datendiebstahl und Rechtssicherheit, sollten die Rechenzentren außerhalb der EU situiert sein.⁶⁰ Dies stellt ein nicht zu unterschätzendes Sicherheitsrisiko dar. Wichtige Firmengeheimnisse, aus denen ein Wettbewerbsvorteil entsteht, sollten in diesem Hinblick nicht in einer Public Cloud gespeichert werden.⁶¹ Dies bedarf jedoch wiederum einer hohen IT-Sicherheit im eigenen Unternehmen, um sich vor Hack-Angriffen und Ähnlichem schützen zu können. Des Weiteren hängen die gewünschte Flexibilität und Kombinierbarkeit der Services und Software allein von den Entscheidungen des Cloud-Anbieters ab.

Für den Nutzer ergeben sich u.a. eine Reihe von Vor- und Nachteilen:^{62,63}

Vorteile

- Erhöhte Verfügbarkeit
- Bessere Skalierbarkeit & Flexibilität
- Verbesserte Erreichbarkeit
- Kostenersparnis

⁵⁷ Vgl.: ROUNTREE, D.; CASTRILLO, I.; JIANG, H.: The Basics of Cloud Computing. S. 36f

⁵⁸ Vgl.: ADELMEYER; PETRICK; TEUTEBERG: IT-Risikomanagement von Cloud-Services in Kritischen Infrastrukturen. S. 7

⁵⁹ Vgl.: MÜNZL; PAULY; RETI: Cloud Computing als neue Herausforderung für Management und IT. S. 13

⁶⁰ Vgl.: ROUNTREE, D.; CASTRILLO, I.; JIANG, H.: The Basics of Cloud Computing. S. 38ff

⁶¹ Vgl.: REINHEIMER, S.: Cloud Computing. S. 8

⁶² Vgl.: ROUNTREE, D.; CASTRILLO, I.; JIANG, H.: The Basics of Cloud Computing. S. 36f

⁶³ Vgl.: MÜNZL; PAULY; RETI: Cloud Computing als neue Herausforderung für Management und IT. S. 13

Nachteile

- Kein Einfluss auf den Speicherort
- viele verschiedene Nutzer in der Cloud
- Datensicherheit
- Abhängigkeit von Dritten

2.3.2 Private Cloud

Das zweite wichtige Bereitstellungsmodell ist die Private Cloud. Wie aus der Abbildung 2-9 zu entnehmen ist wird die benötigte Infrastruktur exklusiv durch den Benutzer selbst betrieben, oder durch einen anderen Provider bereitgestellt. Ein Zugang zu diesem Dienst wird ausschließlich der Organisation, ihren Geschäftseinheiten, oder in Ausnahmefällen ausgewählten Dritten, wie Lieferanten, ermöglicht.⁶⁴

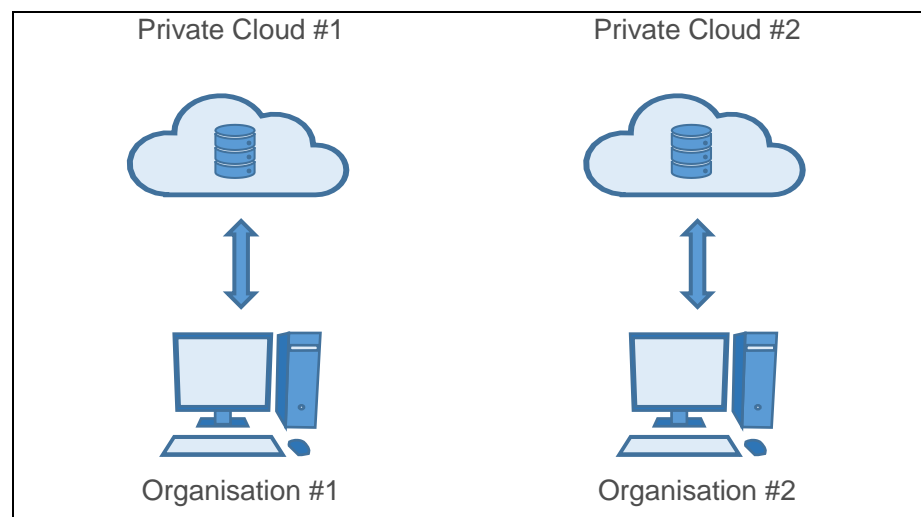


Abbildung 2-9 Darstellung Private Cloud

Einer der wesentliche Vorteile liegt in der Selbstbestimmung der angebotenen Dienste und eine Abstimmung auf die firmeninternen Geschäftsprozesse und Besonderheiten.⁶⁵ Außerdem kann bei auftretenden Fehlern im System selbst in angemessener Weise eingegriffen werden, und man ist nicht mehr von der Zuverlässigkeit des Providers abhängig. Des Weiteren bestimmt die Organisation selbst, wann und wie oft und in welchem Umfang Wartungen, Reparaturen oder Erneuerungen an der Infrastruktur durchgeführt werden. Die Geschäftsprozesse können es zudem erfordern,

⁶⁴ Vgl.: <https://nvlpubs.nist.gov/nistpubs/Legacy/SP/nistspecialpublication800-145.pdf>. Datum des Zugriffs: 25.11.2020. S.3

⁶⁵ Vgl.: MÜNZL; PAULY; RETI: Cloud Computing als neue Herausforderung für Management und IT. S. 14

parallel unterschiedliche Softwareversionen im Unternehmen zu betreiben. Das kann bei einem Provider einer Public Cloud nicht erzielt werden, da dieser eine Mehrgleisigkeit von Softwarelösungen auf Grund der damit verbundenen Kosten in der Regel nicht anbietet.⁶⁶

Die vielen Vorteile durch die gewünschte Selbstbestimmung bzw. Selbstverwaltung erfordern jedoch vom Benutzer einige Zugeständnisse. Ein wesentlicher Nachteil sind die hohen Anschaffungs- und Betriebskosten der Infrastruktur. Sämtliche Bestandteile für den Betrieb, wie Serveranlagen und Verkabelungen, müssen hierbei selbst getragen werden. Zudem bedürfen die verwendeten Softwarelösungen und Cloud-Dienste aus Eigenproduktion ständige Weiterentwicklungskosten, um den veränderten Bedürfnissen der Organisation gerecht zu werden. Darüber hinaus werden für den Betrieb, samt Wartung der Anlagen teures Fachpersonal benötigt.⁶⁷ Ein weiterer nicht zu unterschätzender Nachteil sind die fehlenden Pufferkapazitäten, um auftretende Spitzenlasten abfedern zu können.⁶⁸

Für den Nutzer ergeben sich u.a. eine Reihe von Vor- und Nachteilen.^{69,70}

Vorteile

- Erhöhte Datensicherheit
- Unabhängigkeit von Dritten
- Cloud ist im Eigentum
- Selbstständige Anpassung möglich

Nachteile

- teurer Betrieb
- fehlende bzw. teure Lastspitzenabfederung
- benötigtes Fachpersonal

2.3.3 Hybrid Cloud

Unternehmen, die Vorteile beider Cloud-Modelle (public & private) nutzen möchten, können auf die so genannte Hybrid Cloud zurückgreifen.⁷¹ Diese Mischform wird vor allem dann verwendet, wenn sensible Firmendaten nicht in einer Public Cloud verarbeitet werden sollen, jedoch für Lastspitzen oder spezielle Cloud-Dienste auf einen kostengünstigeren Public

⁶⁶ Vgl.: ROUNTREE, D.; CASTRILLO, I.; JIANG, H.: The Basics of Cloud Computing. S. 40f

⁶⁷ Vgl.: ROUNTREE, D.; CASTRILLO, I.; JIANG, H.: The Basics of Cloud Computing. S. 41f

⁶⁸ Vgl.: REINHEIMER, S.: Cloud Computing. S. 8

⁶⁹ LINDNER; NIEBLER; WENZEL: Der Weg in die Cloud. S. 37

⁷⁰ ROUNTREE, D.; CASTRILLO, I.; JIANG, H.: The Basics of Cloud Computing. S. 40f

⁷¹ Vgl.: <https://nvlpubs.nist.gov/nistpubs/Legacy/SP/nistspecialpublication800-145.pdf>. Datum des Zugriffs: 25.11.2020. S.3

Cloud Anbieter zurückgegriffen werden soll. Es ist dabei vom Benutzer abzuwägen, welche Daten im Unternehmen verarbeitet und gespeichert werden sollen, und welche Daten mit geringerer Sicherheitsrelevanz in einer Public Cloud verarbeitet werden können. Meist wird dabei der Regelbetrieb in der Private Cloud verarbeitet, die Lastspitzen und benötigte Sonderfunktionen hingegen ausgelagert. Hierbei stellt das strikte Trennen der Datensätze aus den Geschäftsprozessen in wettbewerbsrelevante und eher unkritische Bereiche eine echte Herausforderung dar.⁷²

Des Weiteren kann mit dem Einsatz der Hybrid Cloud die Ausfallsicherheit gesteigert werden, da Anwendungen parallel auf beiden Plattformen betrieben werden können. Jedoch stellt der Transfer der Daten zwischen den beiden Cloud-Infrastrukturen einen entscheidenden Schwachpunkt dar. Hierbei ist besonders darauf zu achten, dass die übermittelten Daten eine ausreichend sichere Verschlüsselung erfahren und an dieser Schnittstelle kein unerwünschter Zugang für Außenstehende zur Cloud ermöglicht wird. Die Sicherheitsprotokolle müssen dazu an beiden Enden aktuell gehalten werden und zudem von den beiden Anlagen auch unterstützt werden.⁷³

Der Aufbau der Hybrid Cloud ist in der nachstehenden Abbildung 2-10 angeführt.

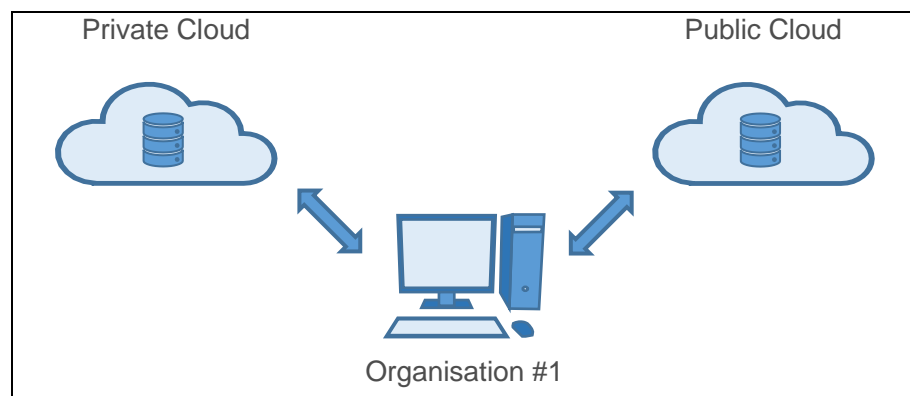


Abbildung 2-10 Darstellung Hybrid Cloud

Für den Nutzer ergeben sich u.a. eine Reihe von Vor- und Nachteilen:^{74,75}

Vorteile

- Kombinierte Vorteile Public/Private Cloud
- Auslagerung von Lastspitzen

⁷² Vgl.: BAUN et al.: Cloud Computing. S. 27

⁷³ Vgl.: ROUNTREE, D.; CASTRILLO, I.; JIANG, H.: The Basics of Cloud Computing. S. 46

⁷⁴ Vgl.: BAUN et al.: Cloud Computing. S. 27

⁷⁵ Vgl.: ROUNTREE, D.; CASTRILLO, I.; JIANG, H.: The Basics of Cloud Computing. S. 41f

- Erhöhte Flexibilität
- Erhöhung Ausfallsicherheit

Nachteile

- Teurer & komplexer im Betrieb als eine einzelne Cloud
- Strikte Trennung der Daten nach Wichtigkeit
- Kritischer Datentransfer zwischen den Clouds

2.3.4 Community Cloud

Die Community Cloud gilt noch als selten genutzter Spezialfall der Cloud-Modelle.⁷⁶ Sie findet Anwendung, wenn zum Beispiel zur Realisierung für ein großes Projekt mehrere Unternehmen eine Cloud-Infrastruktur gemeinsam benutzen möchten. Der Zusammenschluss ihrer Private Clouds zum Austausch der Daten und ihrer Bearbeitung, nennt man Community Cloud.⁷⁷ Diese Form des Zusammenschlusses vereint die Vorteile einer Public Cloud mit den hohen Anforderungen des Datenschutzes einer Private Cloud.⁷⁸ Der Betrieb ist hierbei naturgemäß teurer als jener einer reinen Public oder Private Cloud, erfüllt jedoch für die beteiligten Partner einige durchaus wichtige Vorteile. Dieser Spezialfall der Cloud-Modelle ist in der nachstehenden Abbildung 2-11 angeführt.

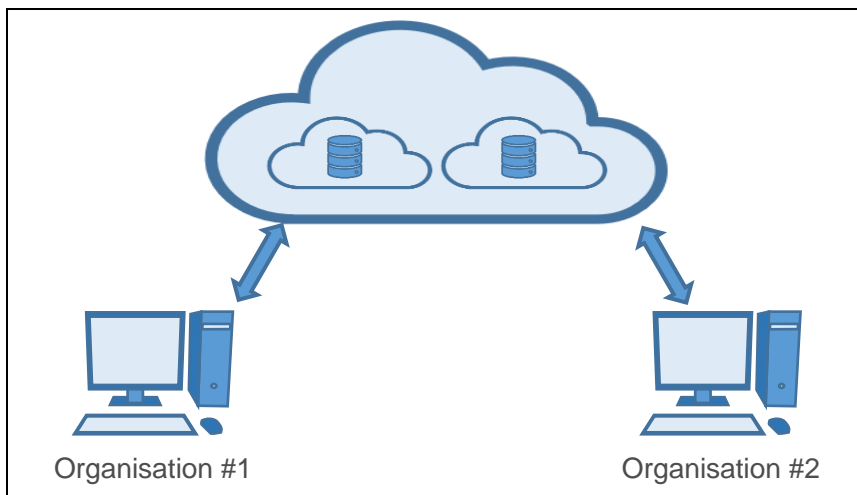


Abbildung 2-11 Darstellung Community Cloud

⁷⁶ Vgl.: ROUNTREE, D.; CASTRILLO, I.; JIANG, H.: The Basics of Cloud Computing. S. 43

⁷⁷ Vgl.: LINDNER; NIEBLER; WENZEL: Der Weg in die Cloud. S. 12

⁷⁸ Vgl.: <https://nvlpubs.nist.gov/nistpubs/Legacy/SP/nistspecialpublication800-145.pdf>. Datum des Zugriffs: 25.11.2020. S.3

Die Kosten des Betriebs werden zwischen den einzelnen Mitgliedern aufgeteilt, daraus ergibt sich für die Partner die Möglichkeit, Dienste und Infrastruktur einer Cloud zu nutzen, für die sie ansonsten nicht die erforderliche Finanzierung aufbringen können.⁷⁹ Darüber hinaus ist mit diesem Modell die sogenannte Mandantenfähigkeit gegeben. Das bedeutet, dass weiterhin die Firmengeheimnisse jedes Teilnehmers gewährleistet sind, obwohl die Private Clouds in der Community Cloud zusammengeschlossen wurden. Es werden weiterhin nur jene Informationen ausgetauscht, die von allen Projektbeteiligten eingesehen werden dürfen.⁸⁰

Der Zusammenschluss muss jedoch von den beteiligten Personen gut durchdacht und vorbereitet werden, um Konflikte bereits im Vorfeld möglichst auszuschließen. Auch ist zu klären, wer für die anfallenden Kosten in welchem Ausmaß verantwortlich ist, und wie die Kostenaufteilung in diesem Zusammenschluss bewerkstelligt wird. Darüber hinaus sollte am Ende des gemeinsamen Projekts auch der Besitz der Infrastruktur, insbesondere die im laufenden Betrieb gemeinsam erworbenen Ressourcen, klar geregelt sein.⁸¹

Für den Nutzer ergeben sich u.a. eine Reihe von Vor- und Nachteilen:⁸²

Vorteile

- Geteilte Kosten
- Mehr Funktionen als bei eigenständig betriebener Cloud
- Datensicherheit
- Selbstbestimmung

Nachteile

- Kostenaufteilung nach Verursacher schwierig
- Mehrkosten als reiner Public Cloud Betrieb
- Eigentümer der Infrastruktur

⁷⁹ Vgl.: ROUNTREE, D.; CASTRILLO, I.; JIANG, H.: The Basics of Cloud Computing. S. 43f

⁸⁰ Vgl.: ROUNTREE, D.; CASTRILLO, I.; JIANG, H.: The Basics of Cloud Computing. S. 44

⁸¹ Vgl.: ROUNTREE, D.; CASTRILLO, I.; JIANG, H.: The Basics of Cloud Computing. S. 44

⁸² ROUNTREE, D.; CASTRILLO, I.; JIANG, H.: The Basics of Cloud Computing. S. 43f

3 Cloud – Technologien & ihre Anwendungsgebiete

Im Anschluss an die zuvor beschriebenen allgemeinen, theoretischen Grundlagen, werden in diesem Kapitel drei wesentliche Technologien bzw. Trends nähergebracht, welche den Einsatz von Cloud-Infrastrukturen erfordern. Darüber hinaus werden deren Anwendungsgebiete und bereits realisierte Projekte, speziell jene aus der Bauindustrie, nähergebracht.

3.1 Internet of Things

Der Begriff vom Internet der Dinge bzw. die gebräuchlichere englische Schreibweise Internet of Things (IoT) ist ein Sammelbegriff für eine der Schlüsseltechnologien der Digitalisierung. Mit Hilfe der am Markt verfügbaren IoT-Technologien und Services ist es möglich unterschiedlichste Benutzer-Endgeräte zu vernetzen und zentral zu steuern.⁸³

Die meisten Menschen werden mit dem IoT-Begriff die Vernetzung von alltäglichen Haushaltsgeräten wie Lampen, Elektrogeräte und Heizungen verbinden, darüber hinaus lassen sich damit defacto sämtliche Geräte sowie Maschinen miteinander vernetzen. Diese Entwicklung lässt sich auch bei sämtlichen Baumaschinen und Baugeräten, wie zum Beispiel bei Kränen, Baggern, Vermessungsgeräten, Lastkraftwägen beobachten.

So bietet die renommierte Firma Trimble®⁸⁴ eine Vielzahl smarter Technologien für das Bauwesen an. Beispielsweise können mit der Software und den eingebauten Sensoren von Trimble® Earthworks die Aushubarbeit eines Hydraulikbaggers in einem halbautomatischen Betrieb durchgeführt werden. Der Baggerfahrer steuert dabei lediglich den Baggerstiel, die Steuerung des Auslegers und der Baggerschaufel übernimmt die Software. Diese modelliert das Gelände in Form, Höhe und Neigung auf Basis von hinterlegten Geländemodellen. Zudem lassen sich damit auch die bewegten Erdmassen protokollieren.⁸⁵

Eine weitere, vernetzte Lösung bietet Trimble® SiteVision™ mit Hilfe der Augmented-Reality-Technologie an. Sie ermöglicht es über eine spezielle GNSS-Antenne, auf die man ein herkömmliches Smartphone aufsetzen kann, zuvor hinterlegte 3D-Modelle laut Plan virtuell darzustellen. Dabei besteht die Möglichkeit sämtliche Versorgungsleitungen im Gebäude, aber auch im Baugrund zu visualisieren. Selbst noch nicht realisierte Lei-

⁸³ Vgl.: FRANK, R.; SCHUMACHER, G.; TAMM, A.: Cloud-Transformation. S. 108

⁸⁴ Vgl.: <https://construction.trimble.com/en/>. Datum des Zugriffs: 13.04.2021

⁸⁵ Vgl.: https://www.sitech.de/fileadmin/sitech-content/Broschueren/Bagger/DE_Earthworks-for-Excavators_DS_A4_0317_LR.pdf. Datum des Zugriffs: 18.02.2021, S.3

tungsstränge, Bauteile oder Gebäude sind so in die aktuellen Kameraaufnahmen des Smartphones einspielbar und ermöglichen dem Benutzer einen besseren Überblick über das Projekt.⁸⁶

Der Einsatz derartiger Technologien kann den verantwortlichen Personen in der Projektleitung und im Qualitätsmanagement dabei helfen, frühzeitig Abweichungen in der Leistung sowie mögliche Konfliktstellen zu erkennen.⁸⁷

Bis zum Jahr 2025 sollen, laut Prognosen des Marktforschungsunternehmens Counterpoint Research, weltweit 6,8 Millionen IoT-fähige Baumaschinen verkauft werden und auf Baustellen zum Einsatz kommen. Das würde einer jährlichen Wachstumsrate von rund 25% entsprechen.^{88,89}

Wie aus der Abbildung 3-1 ersichtlich, wird auch in Österreich bis zum Jahr 2030 für die Ausgaben am gesamten IoT-Markt ein signifikanter Zuwachs prognostiziert. Dabei wird ein nahezu linearer Verlauf erwartet. Durch diese zukünftige, vermehrte Vernetzung, werden auch auf Baustellen kaum vorstellbare Datenmengen generiert werden, welche für ihre Bearbeitung und Analyse den Einsatz von Cloud-Computing-Lösungen benötigen werden.

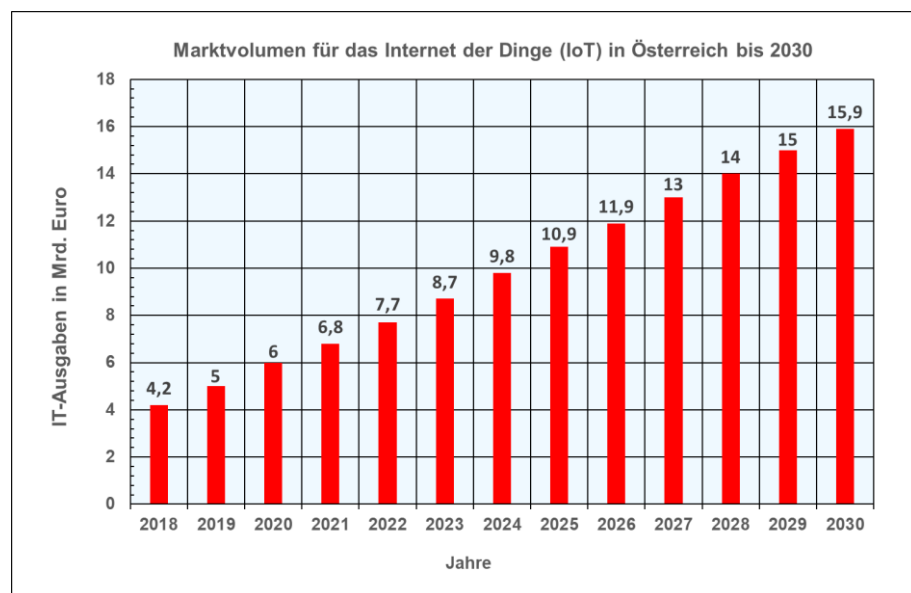


Abbildung 3-1 Prognose der IoT-Ausgaben in Österreich bis 2030⁹⁰

⁸⁶ Vgl.: http://trl.trimble.com/docushare/dsweb/Get/Document-953526/SiteVision_3.0_Windows_UserGuide.pdf, S. 5, Datum des Zugriffs: 18.02.2021

⁸⁷ Vgl.: <http://trl.trimble.com/docushare/dsweb/Get/Document-921637/Trimble%20SiteVision%20Customer%20FAQs%20-%20Dec%202019.pdf>, S. 1, Datum des Zugriffs: 18.02.2021

⁸⁸ Vgl.: <https://www.counterpointresearch.com/6-8-million-connected-heavy-construction-machines-shipped-till-2025/>, Datum des Zugriffs: 14.02.2021

⁸⁹ Vgl.: <https://de.statista.com/infografik/22267/marktanteile-auf-dem-markt-fuer-iot-baumaschinen/>, Datum des Zugriffs: 14.02.2021

⁹⁰ Vgl.: <https://de.statista.com/statistikdatenstudie/48553umfragemarktvolumen-fuer-das-internet-der-dinge-iot-in-oesterreich/>, Datum des Zugriffs: 14.02.2021

3.2 Big Data & Datenanalysen

Bevor große Datenmengen, wie sie beispielsweise von IoT-fähigen Baumaschinen erzeugt werden, durch Cloud-Anwendungen weiter verarbeitbar sind, müssen spezielle Maßnahmen folgen. Die Rohdaten müssen sortiert, ausgefiltert und entsprechend gruppiert werden. Ziel dieser Operation ist es, den benötigten Rechenaufwand und die erforderliche Bearbeitungszeit bis zu einem konkreten Ergebnis zu minimieren.

Beim Einsatz von Cloud-Anwendungen ist somit nicht nur die reine Größe der Datensätze von Bedeutung. Vielmehr steht die Geschwindigkeit, mit der die Auswertung und Verarbeitung der Daten vorgenommen wird im Vordergrund, wobei auf deren Beschleunigung ein besonderes Augenmerk gelegt werden muss.⁹¹

Deshalb hat sich parallel zu IoT ein weiterer Technologiezweig entwickelt, der sich diesem Problem annimmt. Der Sammelbegriff für diese Technologien nennt sich Big Data, welcher nachfolgend genauer beschrieben wird.

Die Datenmengen, welche heutzutage mit der zunehmenden Digitalisierung erzeugt werden, sind von enormer Größe. Der ehemalige CEO und Vorstandsvorsitzende von Google, Eric Schmidt meinte, dass im Jahr 2010 bereits jeweils in zwei Tagen jene Informationsmenge generiert wurde, die die gesamte Menschheit seit ihrem Bestehen bis zum Jahr 2003 erzeugt hat.⁹²

Einen bedeutenden Wettbewerbsvorteil generieren dabei jene Unternehmen, die sich früh entscheiden, möglichst viele Daten aus ihrem Geschäftsprozess in einer Cloud Umgebung analysieren zu lassen. Diese Analysen werden vor allem von Künstlicher Intelligenz (KI) übernommen. Zur Verbesserung der Datenanalysen im Lernprozess werden jedoch noch größere Datenmengen benötigt.⁹³

Das führt heutzutage zu einem sprunghaften Anstieg des Datenstroms und ist zugleich Fluch und Segen für die verantwortlichen Personen in Unternehmen. Das lässt sich auch an beeindruckenden Zahlen aus dem Jahr 2013 festmachen. So wurden 90 % der bis dahin weltweit verfügbaren Daten nur in den beiden Jahren zuvor generiert.⁹⁴

Zudem beschleunigt der vermehrte Einsatz von Installationen wie Sensoren und Kameras diesen Vorgang und verursacht, laut derzeit verfügbaren Prognosen, bis zum Jahr 2025 eine Verzehnfachung der Datenmenge, bezogen auf das Jahr 2016.⁹⁵

⁹¹ Vgl.: BARTON, T.: E-Business mit Cloud Computing. S. 69f

⁹² Vgl.: <https://techcrunch.com/2010/08/04/schmidt-data/>. Datum des Zugriffs: 16.04.2021

⁹³ Vgl.: FRANK, R.; SCHUMACHER, G.; TAMM, A.: Cloud-Transformation. S. 29

⁹⁴ Vgl.: REINHEIMER, S.: Cloud Computing. S. 59

⁹⁵ Vgl.: FRANK, R.; SCHUMACHER, G.; TAMM, A.: Cloud-Transformation. S. 29

Auch Baustellen werden im Zuge der fortschreitenden Digitalisierung somit zwangsläufig immer größere Datensätze generieren, die einer weiteren Bearbeitung bedürfen, um für Baufirmen überhaupt einen Mehrwert darzustellen. Für den Einsatz von Sensoren auf Baustellen gibt es unzählige Anwendungsmöglichkeiten. Dazu zählen unter anderem die Bestimmung der Betonqualität, die Zutritts- und Zufahrtkontrollen für befugtes Personal und Fahrzeuge zur Baustelle, sowie eine mögliche zukünftige Berechnung der aktuell vorherrschenden Produktivität der Baustelle durch anonymisierter Datenauswertungen. Darüber hinaus könnten mittels cloudgestützter Analysen detailreichere Nachkalkulationen abgeschlossener Projekte vorgenommen werden, die bei zukünftigen Ausschreibungen ein besseres Verständnis der eigenen Aufwandswerte und Kalkulationsansätze verspricht.

Einem Unternehmen ergibt sich beim Einsatz von Big Data ein entscheidender Vorteil gegenüber Mitbewerbern ohne derartige Cloud-Technologien. Dem Unternehmen stehen dabei Informationen für spätere Datenanalysen in Echtzeit zur Verfügung, mit denen die teils komplexen Geschäftsprozesse optimiert werden können.⁹⁶

Machine Learning

Wie zuvor am Beginn des Kapitels drei beschrieben, generieren vernetzte IoT-fähige Geräte, so auch vernetzte Baumaschinen, immer größere Datenmenge, welche mit Hilfe der Big-Data-Technologie sortiert und aufbereitet werden. Der Benutzer möchte in der Regel im Anschluss an diese Anwendungen mit den zuvor aufbereiteten Daten für sich einen Mehrwert daraus generieren. Das kann auf verschiedenste Weise erfolgen.

Eine sehr vielversprechende Technologie ist im Sammelbegriff der Künstlichen Intelligenz (KI) zu finden. Im Speziellen werden mit Hilfe des so genannten Machine Learning (ML) oder auch in weitreichenderen Evolutionsstufen mit Neuronalen Netzen und dem Deep Learning die Daten verarbeitet.⁹⁷

Beim Machine Learning bedient sich die Künstliche Intelligenz an Algorithmen, welche anhand der bereitgestellten Datensätze Prognosen erstellen. Sie benötigen für diesen Vorgang keine zuvor getätigte Programmierung seitens eines Menschen. Die nächste Entwicklungsstufe des maschinellen Lernens sind so genannte Neuronale Netzwerke, die ebenfalls unter Anwendung von Algorithmen und Datensätzen Aufgabenstellungen lösen. Sie erledigen das jedoch in ähnlicher Weise wie ein menschliches Nervensystem.

⁹⁶ Vgl.: REINHEIMER, S.: Cloud Computing. S. 59

⁹⁷ Vgl.: FRANK, R.; SCHUMACHER, G.; TAMM, A.: Cloud-Transformation. S. 251f

In den letzten Jahren hat sich aus den Neuralen Netzwerken die Technologie des Deep Learning entwickelt, bei dem mehrere in Schichten angeordnete Neuronen trainiert und so noch komplexere Vorgänge, wie zum Beispiel Bild-, Text und Videoerkennung, erlernt werden.⁹⁸

Einen Überblick über diese Entwicklungsstufen der Künstlichen Intelligenz zeigt nachfolgende Tabelle 3-1.

KI-Technologien	Erläuterung	Beispiele
▪ Statistical Machine Learning	Algorithmen lernen aus Daten und machen Vorhersagen	Marketinganalysen
▪ Neural Networks	Beobachtungsdaten werden ähnlich wie bei einem biologischen Nervensystem verarbeitet	Wettervorhersagen
▪ Deep Learning	Training eines vielschichtigen neuronalen Netzwerks	Bildererkennung
▪ Rule-based Expert Systems	Ableitung von logischen Regeln aus der Erfahrung von Experten	Kreditprüfungen
▪ Natural Language Processing (NLP)	Statistisches NLP basierend auf Machine Learning oder Semantisches NLP	Spracherkennung, Chatbots, intelligente Agenten
▪ Physical Robots	Automatisierung physischer Aktivitäten	Produktion, Lagerhäuser
▪ Robotic Process Automation	Automatisierung strukturierter Abläufe und Aufgaben	Ersatz von Kreditkarten

Tabelle 3-1 KI-Technologien seit 1950⁹⁹

Cloud-Anbieter wie Amazon, Microsoft und Google betreiben ein immer größer werdendes Angebot für Machine Learning und stellen dafür auch teilweise vorgefertigte Analysetools zur Verfügung. Es ist aber auch möglich, eine eigene KI dahingehend zu trainieren. Mit dieser Technologie lassen sich unter anderem folgende exemplarisch angeführten Aufgaben lösen:^{100,101,102}

- Dokumentanalysen
- Bildanalysen
- Videoanalysen
- Echtzeitübersetzungen und Transkriptionen
- Erstellung von Prognosen

⁹⁸ Vgl.: KAUFMANN, T.; SERVATIUS, H.-G.: Das Internet der Dinge und Künstliche Intelligenz als Game Changer. S. 4f

⁹⁹ KAUFMANN, T.; SERVATIUS, H.-G.: Das Internet der Dinge und Künstliche Intelligenz als Game Changer. S. 4

¹⁰⁰ Vgl.: https://aws.amazon.com/de/machine-learning/?nc2=h_ql_so_use_ml. Datum des Zugriffs: 19.02.2021

¹⁰¹ Vgl.: <https://azure.microsoft.com/de-de/overview/ai-platform/>. Datum des Zugriffs: 19.02.2021

¹⁰² Vgl.: <https://cloud.google.com/solutions/build-and-use-ai?hl=de>. Datum des Zugriffs: 19.02.2021

Die drei Technologien IoT, Big Data und jene der Künstlichen Intelligenz ergänzen sich mit ihren Funktionen untereinander und stellen ein mächtiges Werkzeug in der modernen Datenverarbeitung und Datenanalyse dar.¹⁰³

Im nächsten Schritt werden Anwendungsgebiete bzw. bereits realisierte Einsätze vorgestellt, in denen eine oder mehrere der drei beschriebenen cloudbasierten Technologien zur Anwendung kommen.

3.3 Anwendungsgebiete & Einsatzmöglichkeiten

Die möglichen Anwendungsgebiete von Cloud-Computing-Diensten sind nahezu unbegrenzt. Dabei unterliegen die Anwendungen in ihren Funktionsumfängen laufenden Weiterentwicklungen durch spezielle Entwicklerteams. Dabei kann es durchaus vorkommen, dass für ein Anwendungsgebiet von ein und demselben Anbieter mehrere voneinander unabhängig entwickelte Applikationen zur Verfügung stehen, die einen in gewissen Bereichen ähnlichen Funktionsumfang aufweisen.

Bei dem am Gesamtjahresumsatz gemessenen Branchenprimus Microsoft¹⁰⁴, mit seiner Cloud Microsoft Azure, stehen unter anderem für die Text- und Bilderkennung mittels künstlicher Intelligenz (KI) mehrere Dienste zur Verfügung. Dabei handelt es sich um Anwendungen wie Form Recognizer, Text Analytics, Computer Vision, Cognitive Search, sowie einer Reihe weiterer Produkte, mit unterschiedlichsten Möglichkeiten in der umfassenden Produktfamilie „Azure Cognitive Services“.¹⁰⁵

Bereiche, in denen sich Cloud-Anwendungen bereits erfolgreich etabliert haben, sind unter anderem:¹⁰⁶

- Fertigungsindustrie
- Einzelhandel
- Finanzdienstleister und Versicherungen
- Gesundheitseinrichtungen und Forschungslabore
- Energiewirtschaft
- Behörden

In der weiteren Abhandlung der Arbeit werden Anwendungsbeispiele des Cloud-Computing für die Fertigungsindustrie, insbesondere der Bauindustrie, aufgezeigt.

¹⁰³ Vgl.: KAUFMANN, T.; SERVATIUS, H.-G.: Das Internet der Dinge und Künstliche Intelligenz als Game Changer. S. 1

¹⁰⁴ Vgl.: <https://de.statista.com/statistik/daten/studie/150979/umfrage/marktanteile-der-fuehrenden-unternehmen-im-bereich-cloud-computing/>. Datum des Zugriffs: 09.01.2021

¹⁰⁵ Vgl.: <https://azure.microsoft.com/en-us/services/cognitive-services/>. Datum des Zugriffs: 09.01.2021

¹⁰⁶ Vgl.: https://aws.amazon.com/de/industries/?nc2=h_ql_sol_ind_id. Datum des Zugriffs: 09.01.2021

Für Baufirmen ergeben sich bei einem zukünftigen Einsatz von Cloud Computing große Wettbewerbsvorteile gegenüber jenen Mitbewerbern, die dessen Einsatz verweigern. Es geht hier nicht nur um eine reine Datenspeicherung von Fotos und Bauplänen im Internet, sondern vielmehr um eine umfangreiche Digitalisierung der Datenerhebung und Datenverarbeitung während des gesamten Planungs- und Bauprozesses. In diesem Abschnitt werden daher einige wichtige und zudem am Markt bereits etablierte, Anwendungsmöglichkeiten aufgezeigt, welche auch auf die Bauwirtschaft anwendbar sind. Dabei ist zu erwähnen, dass seitens der Cloud-Anbieter keine fertigen Patentlösungen angeboten werden. Vielmehr stellen sie einzelne Dienste mit genau definierten Funktionen bereit, die in ihrer individuellen Kombination seitens des Kunden den gewünschten Effekt erzielen.

3.3.1 Supply Chain Management im Bauwesen

Das Aufkommen von Bauabfällen mit Hilfe von Cloud-Computing-Lösungen zu reduzieren ist ein möglicher Einsatzfall. Die Entstehung solcher Bauabfälle hat viele unterschiedliche Ursachen: Beispielsweise kann ein nicht ausreichend genau geplantes Bauobjekt zu einem erhöhten Verbrauch von Materialien führen, aber auch eine zu große Anhäufung von diversen Lagerbeständen im Magazin der Baustelle lässt die Annahme zu, dass die Arbeiter zu einem unsachgemäß hohen Verbrauch verleitet werden. Ein zu geringer Lagerbestand hingegen stört ein kontinuierliches Fortschreiten der Baustelle. Ein intelligenter Einsatz von Cloud-Lösungen vermeidet ein solches Über- bzw. Unterangebot.

Eine eigene IT-Lösung zur Ermittlung des Echtzeit-Warenbestands und der Betrieb einer effizienten Lieferkette sind vor allem für viele kleinere und mittlere Unternehmen (KMU), die für das österreichische Bauwesen typisch sind, kaum leistbar. Ein Public Cloud basierter Einsatz bietet hier einen effizienten Lösungsweg. Dieser Frage gingen auch mehrere Wissenschaftler für den amerikanischen Markt nach.

Azambuja et al. haben diesen Umstand in einer Studie, speziell für KMU's in öffentlichen Clouds untersucht. Sie beschreiben darin, dass ein Lean-Supply-System für eine Baustelle die Integration der Lieferanten erfordert. Ziel ist es, durch eine Übermittlung des Lagerbestandes in Echtzeit den Beschaffungsprozess neuer Baumaterialien zu optimieren, und so einen übermäßigen Verbrauch zu verhindern.¹⁰⁷

Von den Autoren wurde eine Cloud-Lösung von Google verwendet, die automatische Bestellungen an Hand von Echtzeitdaten vornehmen. Es wurde zuerst eine Überprüfung von Angebot und Nachfrage einzelner

¹⁰⁷ Vgl.: AZAMBUJA, M. et al.: Enabling lean supply with a cloud computing platform – an exploratory case study. https://www.researchgate.net/publication/283625970_Enabling_lean_supply_with_a_cloud_computing_platform_-_An_exploratory_case_study. Datum des Zugriffs: 22.02.2021, S.1

Baumaterialien, im konkreten Fall ging es um zu verlegende Stahlrohre, durchgeführt. Zur Messung wurden an den Rohren RFID-Tags angebracht. Zusätzlich hatten Bauleiter und Poliere über Visualisierungen die Möglichkeit, den aktuellen Stand der Lieferung vom Hersteller zur Baustelle mitzuverfolgen. Eine weitere, alternative Ausbaustufe, bietet der Einsatz eines BIM-Modells, dass die getätigten Einbauten, den Lagerbestand und eventuell notwendige Bestellungen errechnet. Zudem gehen die Forscher davon aus, dass diese intelligente Plattform in Zukunft auch den Lieferanten für Baumaterialien anhand von gut definierten Bewertungskriterien vorschlägt bzw. automatisch beauftragt. Sie wird beispielsweise laufend eine umwelttechnische Bewertung der verfügbaren Lieferanten anstellen, und jenen mit den geringsten Umweltbelastungen vorschlagen.¹⁰⁸

Die Untersuchung hat gezeigt, dass Public Clouds die gestellten Anforderungen erfüllen, und ein Einsatz in KMU's damit nichts im Wege stehen würde.¹⁰⁹

3.3.2 Arbeitssicherheit auf der Baustelle

Das Thema Sicherheit am Arbeitsplatz hat in der vergangenen Zeit, vor allem aber in den letzten Jahren, massiv an Bedeutung gewonnen. Im Besonderen gilt das für das Bauwesen. Die Arbeit auf Baustellen birgt von Natur aus ein hohes Gefahrenpotential für alle beteiligten Personen und bedarf daher einer besonderen Kontrolle, um Verletzungen oder im schlimmsten Fall tödliche Unfälle zu vermeiden. Wie kaum auf einem anderen Arbeitsplatz führt der ständige dynamische Wechsel des Standortes der Bauarbeiter und auch der Baumaschinen zu teils unerwarteten und unübersichtlichen Situationen. Vor allem aber auch die große Ausdehnung des Arbeitsbereiches einer Baustelle gestaltet eine lückenlose bzw. kontinuierliche Überwachung der Arbeitssicherheit schwierig. Insbesondere die manuelle Beobachtung verursacht bei großen Baustellen einen hohen Arbeitsaufwand und ist stark vom Faktor Mensch abhängig.¹¹⁰

Immer wieder treten dabei Fehler in der Beobachtung oder in der Einschätzung der Gefahrenlage auf. Leider wird von manchen Arbeitskräften der Arbeitssicherheit nicht der gebührend hohe Stellenwert entgegengebracht, wodurch auch die Überwachung der Sicherheitsmaßnahmen an ihre Grenzen stößt.

¹⁰⁸ Vgl.: AZAMBUJA, M. et al.: Enabling lean supply with a cloud computing platform – an exploratory case study. https://www.researchgate.net/publication/283625970_Enabling_lean_supply_with_a_cloud_computing_platform_-_An_exploratory_case_study. Datum des Zugriffs: 22.02.2021, S.9

¹⁰⁹ Vgl.: AZAMBUJA, M. et al.: Enabling lean supply with a cloud computing platform – an exploratory case study. https://www.researchgate.net/publication/283625970_Enabling_lean_supply_with_a_cloud_computing_platform_-_An_exploratory_case_study. Datum des Zugriffs: 22.02.2021, S.1

¹¹⁰ Vgl.: PARK, J.; KIM, K.; CHO, Y. K.: Framework of Automated Construction-Safety Monitoring Using Cloud-Enabled BIM and BLE Mobile Tracking Sensors. <https://ascelibrary.org/doi/10.1061/%28ASCE%29CO.1943-7862.0001223>. Datum des Zugriffs: 22.02.2021, S.1

Daher existieren die unterschiedlichsten Ansätze, diesen Prozess mit digitaler Unterstützung zu optimieren. Bereits realisierte Systeme weisen jedoch teilweise Mängel in der Erkennung potenzieller Gefahren oder bereits eingetretener Unfälle auf. Daher untersuchten Park et al. unter zur Hilfenahme von Sensoren und einer Cloud-Umgebung diese Probleme. Das entwickelte Sicherheitssystem kombiniert dabei mehrere bereits in der Wirtschaft etablierte Technologien.¹¹¹

Mit Hilfe eines BIM-Modells werden entweder manuell oder automatisch Gefahrenherde bestimmt. Beispiele hierfür sind: vorhandene Deckendurchbrüche, Liftschächte oder Arbeiten in Höhen sein, oder auch vorhandene gelagerte Baumaterialien innerhalb der Arbeitsflächen der Arbeiter.¹¹²

Der Standort der Arbeiter lässt sich dabei mit den unterschiedlichsten Technologien wie mit Bluetooth, Global Positioning System (GPS), Funkwellen-Technologie, RFID-Tags, Kameras uvm. bestimmen. Im konkreten Fall kam ein Bluetooth-System zur Anwendung, deren Informationen auf einer Cloud-Plattform verarbeitet wurden.¹¹³

Die Arbeitssicherheit lässt sich auch dadurch steigern, indem nicht nur im Gebäude oder auf einzelnen Standorten am Baugelände Sensoren und Funksysteme installiert werden, sondern auch an Baufahrzeugen, um ein ungewolltes Überfahren von Bauarbeitern zu verhindern. Das von Kanan et al. vorgestellte System nutzt dazu die Synergien von Richtantennen mit 868-MHz Frequenzen in Kombination mit Ultraschallabstandssensoren. Die Bauarbeiter tragen dabei ein kleines Gerät, mit dem einerseits der Abstand zum Fahrzeug kontrolliert und andererseits auch der Arbeiter vor herannahende Gefahren gewarnt wird. Zudem erfolgt auch eine Information über brenzliche Situationen an den Lenker des Fahrzeuges, der nun in der Lage ist, passend zu reagieren. In diesem Moment wird auch über eine Mobilfunkverbindung der Vorfall an einen Cloud-Server gesendet und dort aufbereitet, um in weiterer Folge von Arbeitsschutzexperten bewertet zu werden und gegeben falls Verbesserungen im Arbeitsschutz vorzunehmen.¹¹⁴

¹¹¹ Vgl.: PARK, J.; KIM, K.; CHO, Y. K.: Framework of Automated Construction-Safety Monitoring Using Cloud-Enabled BIM and BLE Mobile Tracking Sensors. <https://ascelibrary.org/doi/10.1061/%28ASCE%29CO.1943-7862.0001223>. Datum des Zugriffs: 22.02.2021, S. 1

¹¹² Vgl.: PARK, J.; KIM, K.; CHO, Y. K.: Framework of Automated Construction-Safety Monitoring Using Cloud-Enabled BIM and BLE Mobile Tracking Sensors. <https://ascelibrary.org/doi/10.1061/%28ASCE%29CO.1943-7862.0001223>. Datum des Zugriffs: 22.02.2021, S. 5

¹¹³ Vgl.: PARK, J.; KIM, K.; CHO, Y. K.: Framework of Automated Construction-Safety Monitoring Using Cloud-Enabled BIM and BLE Mobile Tracking Sensors. <https://ascelibrary.org/doi/10.1061/%28ASCE%29CO.1943-7862.0001223>. Datum des Zugriffs: 22.02.2021, S. 1

¹¹⁴ Vgl.: KANAN, R.; ELHASSAN, O.; BENSALAM, R.: An IoT-based autonomous system for workers' safety in construction sites with real-time alarming, monitoring, and positioning strategies. <https://doi.org/10.1016/j.autcon.2017.12.033>. Datum des Zugriffs: 22.02.2021, S. 3f

Dieses beschriebene System ist in nachstehender Abbildung 3-2 ersichtlich.

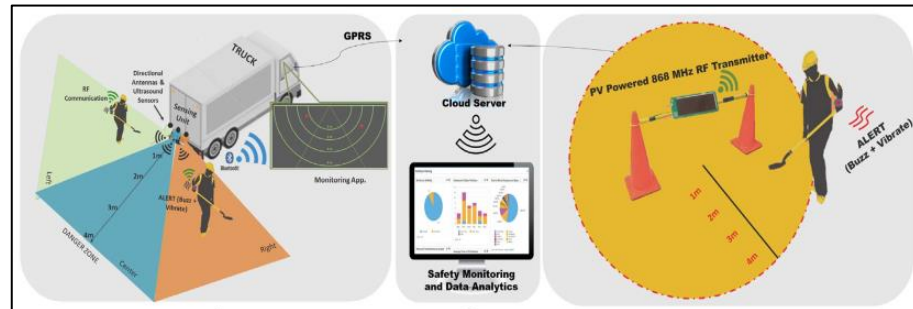


Abbildung 3-2 Funksystem zur Steigerung der Arbeitssicherheit¹¹⁵

3.3.3 Zutritts- und Arbeitssicherheitskontrollen

Ein weiterer, vor allem bei Großbaustellen, immer wichtiger werdender Aspekt ist die rigorose Zutrittskontrollen zu den Baustellen. Mit bis zu mehreren hundert Bauarbeitern und Angestellten verschiedenster Gewerke sowie Subunternehmer ist eine händische Kontrolle defacto nicht mehr durchführbar. Die verantwortlichen Personen können sich somit kaum einen Überblick über die aktuelle Lage auf einem ausgedehnten Baufeld verschaffen. Die rechtlichen Anforderungen an den Arbeitnehmerschutz, die Unterbindung von Lohndumping und Schwarzarbeit, sowie die Haftungsfrage bei Unfällen von nicht zutrittsberechtigten Personen in besondere Gefahrenbereiche der Baustelle stellt die verantwortliche Bauleitung dabei vor große Herausforderungen.

In den vergangenen Jahren hat es immer wieder angelegte Versuche gegeben, moderne Technologien miteinander zu kombinieren, um diesen Anforderungen gerecht zu werden. So begann man bereits im Jahr 2005 mit dem Einsatz von RFID-Tags und statischen Zutrittsportalen die Vollständigkeit der Persönliche Schutzausrüstung (PSA) zu überprüfen.¹¹⁶

Mit der vermehrten Verbreitung von erschwinglichen Cloud-Computing-Anwendungen kann dieses System im Funktionsumfang weiter ausgebaut werden. So bewiesen Jin et al. im Jahr 2019 den praktikablen Einsatz eines solchen Systems nach. Sie kombinierten RFID-Tags, QR-Codes und Infrarotsensoren mit einer Smartphone-App sowie einer Cloud-Lösung,

¹¹⁵ KANAN, R.; ELHASSAN, O.; BENSALAM, R.: An IoT-based autonomous system for workers' safety in construction sites with real-time alarming, monitoring, and positioning strategies. <https://doi.org/10.1016/j.autcon.2017.12.033>. Datum des Zugriffs: 22.02.2021, S. 3

¹¹⁶ Vgl.: HELMUS, M. et al.: RFID – Baulogistikleitstand. S. 24

um eine Zutrittskontrolle von Bauarbeitern in sensible Bereiche mittels ihrer „intelligenten“ Schutzhelme aufzuzeigen.¹¹⁷

Dazu brachten sie, wie in Abbildung 3-3 ersichtlich, auf einem Schutzhelm einen QR-Code für die eindeutige Zuordnung des Helms zum Arbeiter an. Vor dem Arbeitsbeginn loggt sich der Mitarbeiter mit einem personalisierten Smartphone in eine App ein, scannt den QR-Code und verbindet somit den Helm mit der Überwachungssoftware. Ein im Helm integrierter RFID-Tag sendet im Anschluss mittels Bluetooth die Standortdaten an die Smartphone-App und von dort in Echtzeit über ein Mobilfunknetz an die Cloud zur Sicherheitsüberprüfung. Zuvor müssen dafür von den verantwortlichen Personen Empfangsantennen am Baugelände angebracht werden, um die einzelnen Sicherheitsbereiche zu definieren, welche den im Helm eingebauten RFID-Tag auslesen können. In einem Webportal können darüber hinaus Einstellungen, wie zum Beispiel die Änderung der Zutrittsberechtigungen vorgenommen, aber auch eventuelle Sicherheitsverstöße angezeigt werden.¹¹⁸

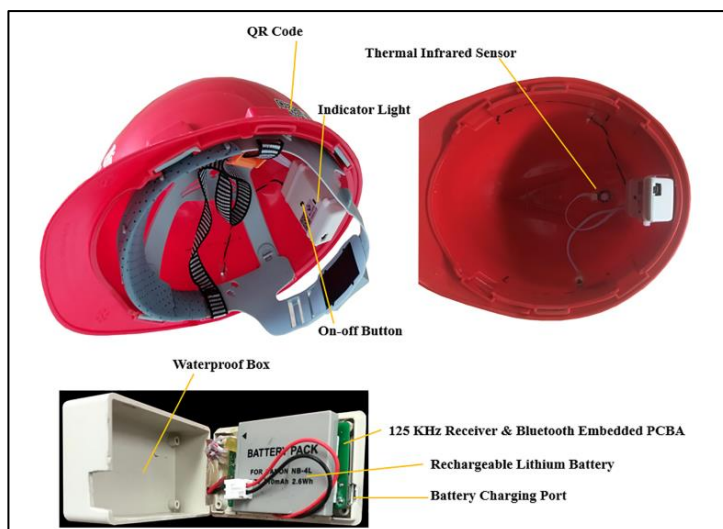


Abbildung 3-3 Smarter Schutzhelm¹¹⁹

3.3.4 Baufortschrittüberwachung & Aufgabenverwaltung

Eine weitere Einsatzmöglichkeit von Cloud-Computing im Bauwesen ist die Überwachung bzw. die Verfolgung des Baufortschrittes mittels digitaler Systeme. Für Projektleiter, Poliere und allen weiteren Entscheidungsträgern auf Baustellen, ist es besonders wichtig einen aktuellen Überblick über den Baufortschritt zu erlangen. Das führt mitunter bei großflächigen

¹¹⁷ Vgl.: JIN, R. et al.: IoT-based detecting, locating and alarming of unauthorized intrusion on construction sites. <https://doi.org/10.1016/j.autcon.2020.103278>. Datum des Zugriffs: 22.02.2021, S.1

¹¹⁸ Vgl.: JIN, R. et al.: IoT-based detecting, locating and alarming of unauthorized intrusion on construction sites. <https://doi.org/10.1016/j.autcon.2020.103278>. Datum des Zugriffs: 22.02.2021, S. 7

¹¹⁹ JIN, R. et al.: IoT-based detecting, locating and alarming of unauthorized intrusion on construction sites. <https://doi.org/10.1016/j.autcon.2020.103278>. Datum des Zugriffs: 22.02.2021, S.4

Baustellen zu besonderen Herausforderung. Darüber hinaus betreuen Projektleiter in der Regel mehrere Projekte gleichzeitig, und somit ist der regelmäßige Kontrollbesuch mehrerer Baustellen zeitintensiv, und unter Umständen nicht immer erforderlich.

Kim et al. zeigten die Vorteile der Einführung eines kamerabasierten und cloudunterstützten Soll-Ist-Vergleiches des Baufortschrittes anhand einer realen Baustelle auf. Dabei wurde es den Entscheidungsträgern ermöglicht, den von auf der Baustelle installierten Kameras aufgezeichneten Ist-Stand mit jenem vom Projektleiter in der Zentrale erstellten Soll-Projektstand zu vergleichen. Darüber hinaus implementierten sie die Möglichkeit, dass Bauleiter Arbeitsaufgaben direkt aus dem Baubüro über den Projektserver an mit Smartphones ausgestatteten Arbeitern senden konnten. Zuvor definierten sie die Arbeitstitel, erstellten die Beschreibungen der zu erledigenden Arbeiten, die Arbeitsorte, legten Anfangs- und Endzeiten fest und wiesen diese Aufgaben einer konkreten Person bzw. Personengruppe anhand ihrer Standorte zu. Im Anschluss daran sendete der Server die Aufgaben an die ausgewählten Arbeiter, welche die für sie bestimmten Arbeiten zu Beginn bestätigen mussten und so wiederum automatisch eine Rückmeldung für den Bauleiter gaben. Die Beobachtung des Baufortschritts war nunmehr über den Server möglich, der zusätzlich die von den Bauarbeitern hinterlegten und als abgeschlossen eingetragenen Aufgaben auswies. Die zweite Überprüfungsmöglichkeit des Fortschrittes wurde ihnen über die bereits zuvor beschriebenen Kameraauswertungen eröffnet.¹²⁰

Dieses Verfahren ist in der nachstehenden Abbildung 3-4 veranschaulicht, und bestätigte, dass ein derartiges System das Vorort-Baumanagement entscheidend verbessert.¹²¹

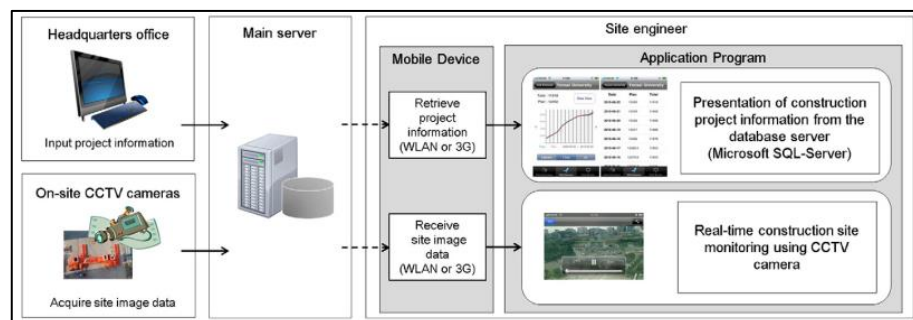


Abbildung 3-4 Baustellenüberwachung¹²²

¹²⁰ Vgl.: KIM, C. et al.: On-site construction management using mobile computing technology. <https://doi.org/10.1016/j.autcon.2013.05.027>. Datum des Zugriffs: 22.02.2021, S.3f

¹²¹ Vgl.: KIM, C. et al.: On-site construction management using mobile computing technology. <https://doi.org/10.1016/j.autcon.2013.05.027>. Datum des Zugriffs: 22.02.2021, S.8

¹²² KIM, C. et al.: On-site construction management using mobile computing technology. <https://doi.org/10.1016/j.autcon.2013.05.027>. Datum des Zugriffs: 22.02.2021, S.4

4 Cloud – System für eine Baustelle

Im vierten Kapitel werden jene Bestandteile die für den Aufbau, Betrieb und für die Benützung der eingesetzten Cloud-Dienste notwendig sind, erläutert. Am Ende des Kapitels wird zudem ein praktikables System für den Einsatz auf einer Baustelle definiert.

4.1 Infrastruktur / Aufbau / Architektur

In diesem Unterkapitel wird auf die notwendige Infrastruktur für die Benützung von Cloud-Anwendungen näher eingegangen. Dabei sollen die charakteristischen Besonderheiten einer Baustelle wie:

- Unterschiedliche Witterungsverhältnisse
- Hohe Staubbelastung
- Hoher mechanischer Verschleiß
- Schwingungen, Vibrationen und Stoßgeschehen
- Einzelfertigung bzw. Unikum
- Nicht vorhandene Aufschließung
- Ortsveränderung von Teilen der Baustelleneinrichtung

berücksichtigt werden, die einen Einsatz von modernen Technologien, im Gegensatz zu hochautomatisierten Industrieanlagen, wie zum Beispiel in der Automobilindustrie, erschweren.

Baustellen sind umgebungsbedingt den unterschiedlichsten Witterungsverhältnissen ausgesetzt. Besonders in den frühen Bauphasen des Aushubs, Kellerbaus bzw. des gesamten Rohbaus sind Arbeitskräfte sowie Baugeräte Kälte, Hitze, Regen und Schnee teils ungeschützt ausgesetzt. Somit ist es bereits bei der Überlegung zum Einsatz von Cloud-Technologien von besonderer Bedeutung, diese Rahmenbedingungen bei der Geräteauswahl und deren Einsatzort zu berücksichtigen.

Die auftretende Staubbelastung, der hohe mechanische Verschleiß, sowie unvermeidbare Stöße und Abstürze auf der Baustelle sind eine hohe Qualität der eingesetzten elektronischen Geräte voraus. Ein weiterer Aspekt im Einsatz innovativer Systeme ergibt sich auch durch den hohen Einzelfertigungsgrad (Unikat) in der Bauwirtschaft. So zeigt sich oftmals schon zu Beginn der Arbeiten eine unzureichende Aufschließung der Baustelle mit mangelnden Strom- und Internetanschluss. Auch unterschiedliche Zufahrten zum Gelände sowie der Wechsel der Einsatzorte (z.B. Standortwechsel der Baubüros oder auch der Wechsel des Standortes des Cloud-zuganges) sind zu berücksichtigen.

Bei der Verwendung von Public, Private oder Hybrid Cloud sind die Anforderungen an die benötigte Infrastruktur bei der Etablierung in einer Bau-firma unterschiedlich stark ausgeprägt. Für eigenhändig betriebene Pri-vate Clouds ist der finanzielle und logistische Aufwand weitaus höher als jener bei einer Public Cloud, da hierbei sämtliche Infrastrukturbestandteile zum Betrieb der Cloud vorgehalten werden müssen. Außerdem gilt es Cloud-Anwendungen zu entwickeln und zu warten. Dies erfordert IT-Spe-zialisten, die im Unternehmen beschäftigt werden müssen. In weiterer Folge werden die Bestandteile zum Betrieb einer eigenhändig betriebenen Cloud beschrieben, die in diesem Fall den größten Aufwand verursacht. Die Verwendung einer Public Cloud bzw. einer ausgelagerten Private Cloud eines Anbieters benötigen hingegen nur die Empfangs- und Eingabegeräte, um Funktionen der Cloud verwenden zu können. Im Allgemein lässt sich die Cloud-Architektur in zwei große Gruppen einteilen:

Man spricht von dem so genannten Back-End bzw. Front-End. Aus der nachstehenden Abbildung 4-1 ist die schematische Trennung dieser bei-den Bereiche ersichtlich. Das Back-End setzt sich dabei aus den notwen-digen Komponenten zum Betrieb der Cloud zusammen, das Front-End wiederum beinhaltet die Bestandteile, welche für die Benützung der Cloud-Anwendungen notwendig sind. Dazu zählen sämtliche Geräte, um eine Eingabe in die Cloud zu tätigen, bzw. die Ergebnisse aus jener aus-zugeben. Also Geräte und Software, um mit der Cloud zu kommunizieren.¹²³

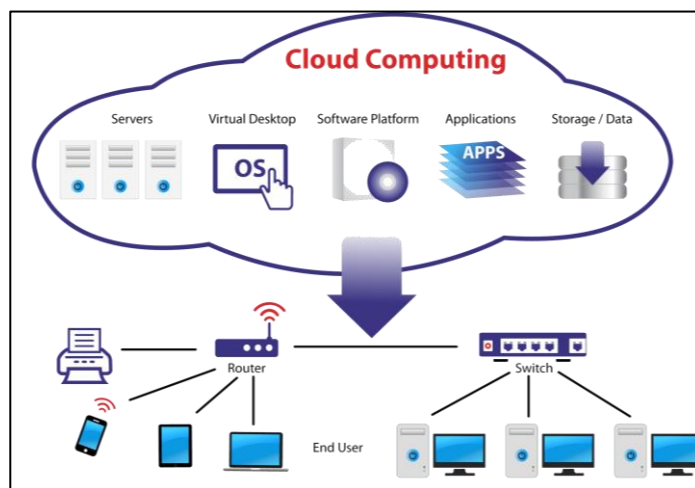


Abbildung 4-1 Cloud Computing Bestandteile¹²⁴

In den nachfolgenden Unterpunkten werden zuerst die Bestandteile des Back-Ends und anschließend jene des Front-Ends beschrieben.

¹²³ Vgl.: KUMAR, V. et al.: Cloud computing components, services, tools and its roadmap to organization. https://www.researchgate.net/publication/338965765_CLOUD_COMPUTING_COMPONENTS_SERVICES_TOOLS_AND_ITS_ROADMAP_TO_ORGANIZATION. Datum des Zugriffs: 05.02.2021, S.3

¹²⁴ <https://de.cleanpng.com/png-r2wuqz/>. Datum des Zugriffs: 05.02.2021

4.1.1 Infrastruktur – Back-End

Wie zuvor beschrieben, beinhaltet das Back-End jene Komponenten, die für den Betrieb der Cloud erforderlich sind. Eingeteilt werden diese in Komponenten der Hard- und Software.

Wie aus der nachstehenden Abbildung 4-2 ersichtlich ist, ergibt sich, je nach entschiedenem Modell, ein mehr oder weniger großer Aufwand, um eine Cloud im Unternehmen zu betreiben. Dabei verursacht eine vollständig eigenhändig betriebene Cloud naturgemäß den größten Aufwand für das Unternehmen. Je mehr Bestandteile an externe Anbieter ausgelagert werden, desto geringer sind zumindest die organisatorischen Aufwände.¹²⁵ Ob und wie viel an Kosten sich einsparen lassen, hängt von verschiedensten Faktoren ab. Unter anderem beeinflussen die gewählten Servicemodelle die Betriebskosten im eigenen Unternehmen, sowie die anfallenden Benützungskosten beim Provider. Größere Kostenunterschiede können je nach der durchschnittlichen Tages-Auslastung entstehen. Längere Leerlaufzeiten, wenn das Unternehmen nicht im 24-Stunden-Betrieb wirtschaftet, verursachen erhöhte Bereitstellungskosten.

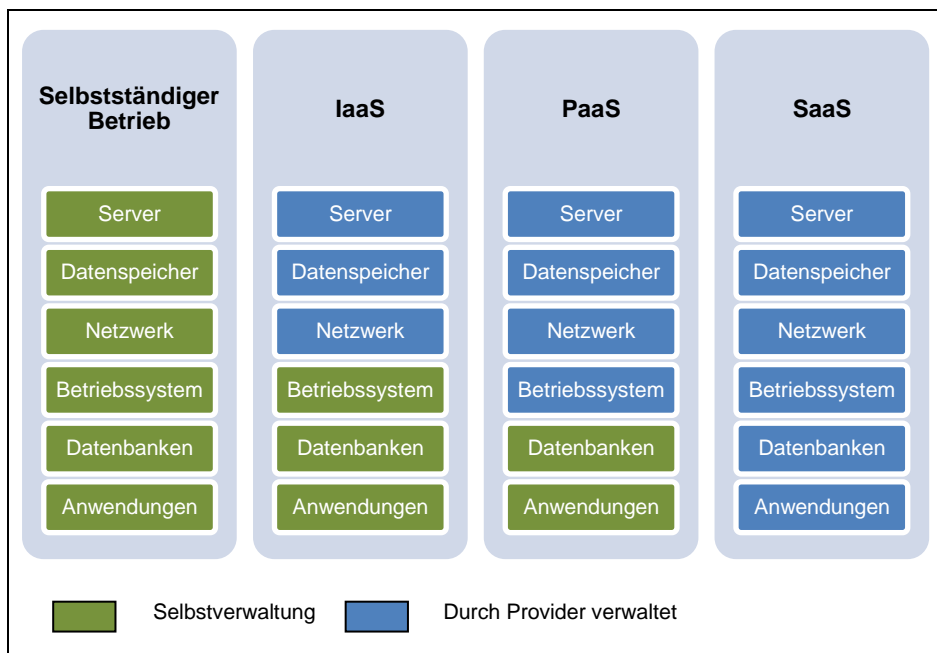


Abbildung 4-2 Zuständigkeiten beim Betrieb der Cloud¹²⁶

Die grundlegend erforderlichen, physischen Hardware-Komponenten zum Aufbau einer Cloud sind Server, Datenspeicher und Netzwerk-Komponenten.¹²⁷ Betriebssysteme, Datenbanken und Anwendungen spiegeln die

¹²⁵ Vgl.: LINDNER; NIEBLER; WENZEL: Der Weg in die Cloud. S. 21

¹²⁶ In Anlehnung an: <https://docs.microsoft.com/de-de/archive/blogs/xdot509/getting-started-with-windows-azure-part-2-what-are-cloud-services>. Datum des Zugriffs: 05.02.2021

¹²⁷ Vgl.: FEHLING, C. et al.: Cloud Computing Patterns. S. 42

Grundbausteine auf der Softwareseite wider. Grün markierte Bereiche stehen unter Selbstverwaltung, die blauen wurden an Provider ausgelagert. Der selbstständige Betrieb einer Private Cloud steht hier den drei Servicemodellen IaaS, PaaS und SaaS gegenüber.

Die drei Hardware-Grundbausteine aus der Abbildung 4-2 werden im Anschluss näher erläutert:

Hardware – Komponenten

- **Server**



Server stellen die Schaltzentralen des Cloud Computing dar. Auf ihnen werden jene Betriebssysteme ausgeführt, mit denen wiederum die entwickelten Cloud-Anwendungen betrieben werden. Weiters wird die Verarbeitung der anfallenden Daten durch Server zentral gesteuert und vorgenommen. Darüber hinaus stellen sie Verbindungen zu Netzwerk- und Speicherressourcen her und ermöglichen den Benutzern den Zugriff auf hohe Rechenleistungen.¹²⁸

Je nach Ausbaustufe und Funktionsumfang der Cloud verfügen die Server über hohe Rechenleistungen sowie Grafik- und Datenspeicher, um die komplexen Anwendungen ausführen zu können. Für eine schnelle und unkomplizierte Erweiterbarkeit des Services, den einfachen Austausch bei fehlerhaften Bestandteilen und für optimierte Wartungsarbeiten werden in der Regel standardisierte Module verwendet.¹²⁹

- **Datenspeicher**



Für den Cloud-Betrieb werden große Mengen an Speicherkapazitäten benötigt, da verschiedenste Eingabegeräte wie Sensoren, Scanner, Kameras, aber auch herkömmliche Computer scheinbar endlose Datenmengen produzieren.

Um diesem Ansturm an Daten Herr zu werden, bedarf es eines ausgeklügelten Speichersystems und Speichermanagements. Dazu werden üblicherweise nicht einzelne Festplatten verbaut, sondern so genannte Festplatten-Arrays verwendet. In diesen standardisierten Gehäusen werden mehrere Festplatten zu einer großen Speichereinheit zusammengeführt, die mehrere Vorteile mit sich bringen. Wegen dieser Bündelung wird die Schreib- und Lesegeschwindigkeit erhöht, zudem erfolgt eine Verbesserung der Ausfallsicherheit durch Redundanz der gespeicherten Daten.

¹²⁸ Vgl.: IMAD, A.: Cloud Management and Security. o.S. Kapitel 2.2.2 Physical Servers

¹²⁹ Vgl.: ERL, T.; MAHMOOD, Z.; PUTTINI, R.: Cloud Computing - Concepts, Technology & Architecture. S. 93

Hierzu kommen so genannte „Redundant Array of Independent Disk“-Systeme zum Einsatz oder kurz RAID.¹³⁰

Die Datenspeicher lassen sich grundsätzlich in zwei Arten unterteilen: Einerseits in lokal verfügbare Speicher und andererseits in Speichersysteme, auf die über öffentliche Netzwerke zugegriffen wird. Auf Baustellen müsste für lokale Speicher eine eigene Serverinfrastruktur geschaffen werden. Der zu erwartende hohe Aufwand lässt dies jedoch eher unwahrscheinlich erscheinen. Vielmehr spielt hier der Netzwerkspeicher eine bedeutende Rolle. Die eigenständig betriebene Cloud am Firmenstandort beinhaltet auch die Speichersysteme, auf die ein Benutzer bzw. ein Gerät seine Daten zur Verarbeitung und Speicherung über das Internet versendet.¹³¹

- **Netzwerk-Komponenten**

Für den Betrieb eines eigenen Cloud-Servers, sowie für die Übertragung und den Austausch der Daten zwischen Benutzer bzw. Eingabegerät und der Server werden verschiedenste Netzwerk-Komponenten vorausgesetzt. Einerseits werden Verkabelungen und Schaltzentralen bzw. Netzwerkknoten (Switch) in einem Rechenzentrum benötigt, andererseits braucht es zum Datenaustausch eine ausreichend schnelle, stabile und ausfallsichere Verbindung mit dem Internet. Diese Komponenten werden nachfolgend in drei Kategorien eingeteilt:

- Datenleitung, Verkabelung und Switch für den stationären Betrieb (LAN)
- GSM-Module für die Benützung von Mobilfunk bei baustellenunabhängigen Betrieben
- Access-Points wie WLAN-Router für einen mobilen, baustellengebundenen Betrieb

¹³⁰ Vgl.: ERL, T.; MAHMOOD, Z.; PUTTINI, R.: Cloud Computing - Concepts, Technology & Architecture. S. 93f

¹³¹ Vgl.: IMAD, A.: Cloud Management and Security. o.S. Kapitel 2.2.1 Storage Hardware

– **Kabelgebundene Datenübertragung mittels Switch
Local Area Network (LAN)**



Zum Datenaustausch zwischen den einzelnen Servern sowie zwischen den Eingabegeräten auf Benutzerseite werden im stationären Betrieb Netzwerkkabel verlegt und in Netzwerkschränken zum Beispiel über Switches verbunden. Sie bilden das Rückgrat dieser Kommunikationstechnik und stellen zudem das Tor zum Internet dar. Netzwerk-Komponenten wie Switch oder Hub bestimmen grundlegende Eigenschaften: die Übertragungsgeschwindigkeiten, die Einschränkungen in der Reichweite der Datenleitung, sowie die Sicherheit im Datenaustausch durch eingebaute Firewalls.¹³²

Die am häufigsten verwendete Netztopologie ist die so genannte Stern-Topologie, welche in der nachstehenden Abbildung 4-3 ersichtlich ist. Mit ihr werden die einzelnen Geräte über eine Kabelverbindung an die zentrale Schnittstelle (Switch bzw. Hub) sternförmig angeschlossen.

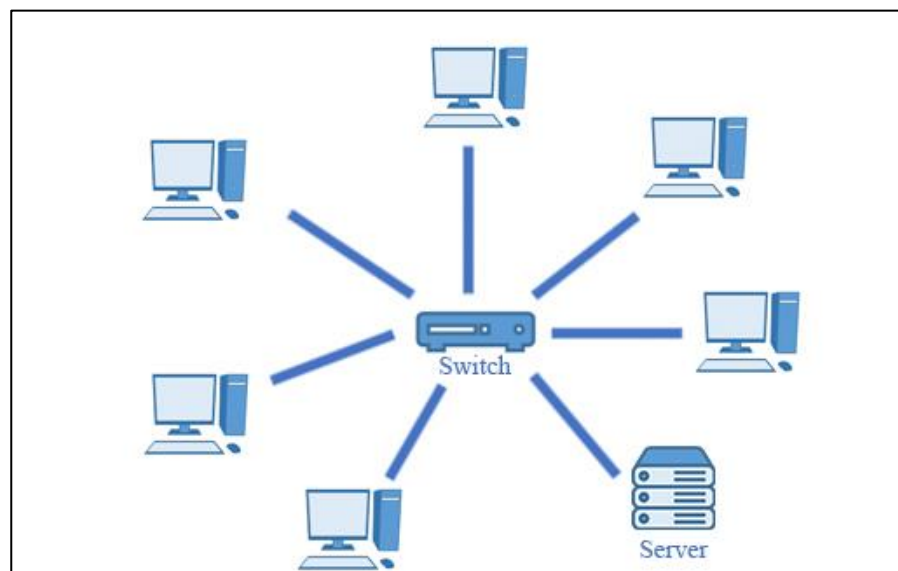


Abbildung 4-3 Sterntopologie¹³³

Der klare Vorteil dieser Anordnung liegt in der höheren Zuverlässigkeit, da eine Unterbrechung einer Verbindung die anderen Endgeräte nicht beeinträchtigt. Außerdem muss nicht wie bei einer Ring-Topologie eine strikte in Serie geschaltene Ringanordnung eingehalten werden, um den Datenaustausch zu gewährleisten.¹³⁴

¹³² Vgl.: IMAD, A.: Cloud Management and Security. o.S. Kapitel 2.2.3 Network Components

¹³³ In Anlehnung an: BÖK, P.-B. et al.: Computernetze und Internet of Things. S. 17

¹³⁴ Vgl.: BÖK, P.-B. et al.: Computernetze und Internet of Things. S. 17f

Ebenso überzeugt eine kabelgebundene Datenübertragung mit hohen Übertragungsraten. Diese liegen bei einer LAN-Verbindung, je nach verwendeter Technik, in Bereichen zwischen 10 Mbit/s bis hin zu 10 Gbit/s.¹³⁵

Ein weiterer entscheidender Vorteil liegt darin, dass die vorhandene Umgebungsbebauung, einzelne auf der Baustelle zu errichtende Bauteile wie Wände und Decken, aber auch Baumaschinen wie Kräne, keinen Einfluss auf die Übertragungsgeschwindigkeit verursachen.

Die beschriebene Übertragungsart weist jedoch für einen Betrieb auf Baustellen auch einige ökonomische sowie organisatorische Schwierigkeiten auf. So bringt sie systembedingt einen erhöhten Aufwand bei der Einrichtung des Netzwerkes. Für jede neue Baustelle muss die vorhandene Infrastruktur am Grundstück untersucht werden und eine Erschließung der Baustelle durch den Provider in Auftrag gegeben werden. Erst nachdem dieser Zugang zum Netz des Providers geschaffen wurde, kann eine Internetverbindung aufgebaut werden. Darüber hinaus muss für die Dauer der Baustelle ein entsprechender Vertrag für die Benützung geschlossen werden, der nach Beendigung der Arbeiten wieder aufzulösen ist. Des Weiteren muss vor der Vernetzung der vorhandenen Geräte, ein Aufwand für die sichere Verkabelung auf der Baustelle betrieben werden.

Vorteile

- Hohe Ausfallsicherheit
- Hohe Übertragungsgeschwindigkeiten
- Keine Übertragungseinbußen durch Objekte

Nachteile

- Aufschließung der Baustelle mit Datenleitung
- Befristete Verträge für Betrieb notwendig
- Verkabelung notwendig

– Mobilfunk (GSM-Modul für mobilen Betrieb)



Eine weitere Möglichkeit Dienste einer Cloud in Anspruch zu nehmen lässt sich über eine Mobilfunkverbindung bewerkstelligen. Zur Nutzer-Authentifizierung kommen dabei so genannte „Subscriber Identity Module“, oder besser bekannt als SIM-Karten, zur Anwendung.

Bei dieser großflächig ausgelegten, drahtlosen Verbindung werden einzelne Funkmasten, die auch Zellen genannt werden, wabenförmig ange-

¹³⁵ Vgl.: BÖK, P.-B. et al.: Computernetze und Internet of Things. S. 14

ordnet. Alle Teilnehmer innerhalb der Reichweite einer dieser Zellen lassen sich mit dieser verbinden und ermöglichen somit einen Datenaustausch.¹³⁶

Der Mobilfunkmarkt erfährt zurzeit einen grundlegenden Umbau der Systemarchitektur. Mit der Etablierung des Mobilfunkstandards der fünften Generation (5G) sind die zur Verfügung stehenden Datenraten der Endbenutzer um den Faktor 10 steigerungsfähig. Zudem verringern sich außerdem die Latenzzeiten für das Ansprechen von Fahrzeugen, Maschinen und anderen vernetzten IoT-Geräten, auf unter eine Millisekunde. Experten sehen damit die Voraussetzungen geschaffen, den Durchbruch in der vollständigen Automatisierung und Vernetzung des Alltages endgültig zu starten. Die Entwicklung der Mobilfunkgenerationen ist in nachstehender Abbildung 4-3 ersichtlich.¹³⁷

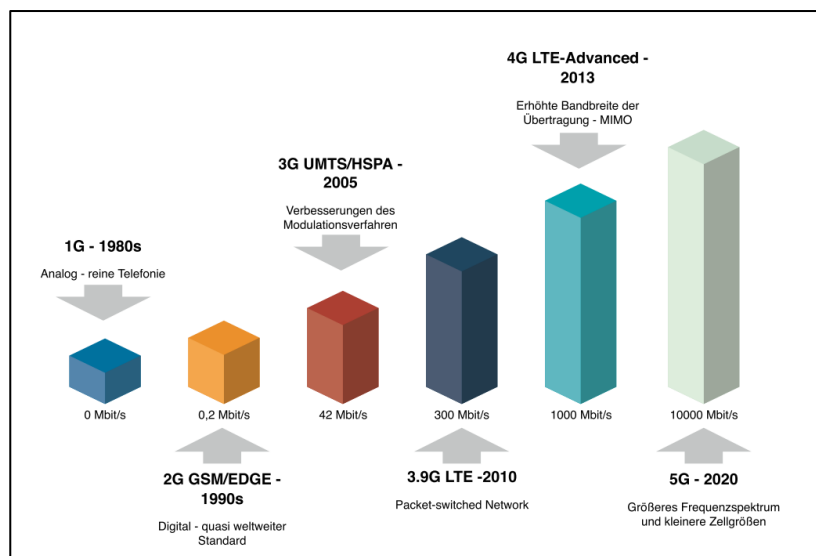


Abbildung 4-4 Entwicklung der Mobilfunkgenerationen¹³⁸

Die Anbindung IoT-fähiger Baugeräte bietet mehrere entscheidende Vorteile gegenüber der zuvor erwähnten kabelgebundenen Datenübermittlung. Der Geräteeinsatz erfolgt vollkommen mobil und ist damit an keinen fixen Standort gebunden. Dieser Umstand bevorzugt die Anwendung auf Baustellen gegenüber einer fixen Verkabelung.

Ein weiterer Vorteil ergibt sich aus dem notwendigen Einsatz der SIM-Karten, da die Internetverbindung mit dem Provider ebenfalls nicht an einen physischen Ort gebunden ist. Vernetzte Baumaschinen können somit ohne aufwändige An- und Abmeldung eines Servicevertrages flexibel auf verschiedenen Baustellen eingesetzt werden, ohne einen neuen Vertrag

¹³⁶ Vgl.: BÖK, P.-B. et al.: Computernetze und Internet of Things. S. 108f

¹³⁷ Vgl.: BÖK, P.-B. et al.: Computernetze und Internet of Things. S. 112f

¹³⁸ BÖK, P.-B. et al.: Computernetze und Internet of Things. S. 107

abschließen zu müssen. Eine kabelgebundene Verbindung erfordert für die Dauer der Baustelle einen Vertragsabschluss, der nach Beendigung der Bauarbeiten wieder aufzulösen ist. Außerdem entfallen mit der Mobilfunk-Variante teure Anschluss- und Verlegekosten durch den Anbieter und sind zudem in der Regel sofort einsatzbereit. Das ist vor allem bei Baustellen auf der „grünen Wiese“ überaus vorteilhaft, da nicht immer von einer Aufschließung des Grundstücks mit einer ausreichend schnellen Internetverbindung auszugehen ist.

Der Einsatz drahtloser Verbindungen wird mitunter durch situative Randbedingungen auf den Baustellen eingeschränkt und ist somit problembehaftet. So wird die Signalstärke durch Hindernisse, die zwischen Sender und Empfänger durchdrungen werden müssen, teils erheblich abgeschwächt. Betondecken, Ziegelwände, umliegende Gebäude aber auch Baumaschinen wie Kräne können die Verbindung zu Funkmasten stören und somit die Internetgeschwindigkeit stark reduzieren. Zudem sind die Datenraten auf Baustellen im ländlichen Raum sowie in Gebirgsregionen wegen der oftmals schlechteren Netzabdeckung reduziert. Darüber hinaus benötigt jedes vernetzte Gerät eine eigene angemeldete SIM-Karte, um mit der Funkzelle kommunizieren zu können. Dies stellt einen erhöhten Verwaltungs- und Kostenaufwand dar.

Vorteile

- Mobiler Einsatz der Geräte und Maschinen
- Fixer Servicevertrag
- Flexible Einsatzmöglichkeiten auf Baustellen
- Entfall teurer Anschluss- und Verlegekosten von Datenleitungen

Nachteile

- Signalstörung durch Mauern, Decken Baugeräte etc.
- Generelles Problem bei schlechter Netzabdeckung bzw. zu geringer bereitgestellter Datenrate für die Übertragung in die Cloud, vor allem in Gebirgsregionen.
- Jedes Gerät benötigt eigene aktive Sim-Karte mit Vertrag

– Access-Points (WLAN-Router für mobilen Betrieb)



Die dritte Übertragungsart wird mittels Access-Points bzw. WLAN- Routern bewerkstelligt. Auch diese Betriebsart bietet, wie die Mobilfunktechnik, eine erhöhte Flexibilität der Endbenutzer, da die Daten von beispielsweise vernetzten Baumaschinen drahtlos übertragbar sind. Das Senden und Empfangen

von Daten zwischen dem Router und dem Empfangsgerät auf einer Baustelle erfolgt über eine Funkverbindung, der Zugang zum Internet bzw. die Verbindung zum Cloud-Server erfolgt vom Gerät ausgehend in der Regel mittels einer Verkabelung zum nächstgelegenen Anschlusspunkt des Internetproviders.

Ein entscheidender Vorteil dieser Variante besteht darin, dass nicht jedes Gerät eine Sim-Karte, wie bei der zuvor vorgestellten Mobilfunktechnik, benötigt. Es entfällt bei diesen Geräten somit der Aufwand für die Beschaffung der Sim-Karten, sowie die zahlreich abzuschließenden Verträge mit dem Internet-Provider. Diese flexible und vor allem breite Flächenversorgung eignet sich besonders bei den sich ständig ändernden Voraussetzungen, die üblicherweise auf Baustellen vorherrschen. Der oftmalige Standortwechsel von Arbeitern und vernetzten Maschinen erfordert einen flexiblen Zugang zur Internetverbindung, die eine WLAN-Verbindung leistet.

Die theoretische Übertragungsgeschwindigkeit liegt je nach verwendetem WLAN-Standard zwischen wenigen Mbit/s bis zu mehreren Gbit/s. Der aktuell am Markt verfügbare Standard IEEE 802.11ac unterstützt theoretische Datenraten von 6,77Gbit/s.¹³⁹

Ähnlich wie beim Einsatz der Mobilfunktechnik bestehen auch beim Betrieb eines WLAN-Netzes einige Einschränkungen. Das größte Problem stellt eine mögliche herabgesetzte oder unterbrochene Verbindung zwischen den Access-Point und den Endgeräten dar. Auch bei dieser Verbindungsart stören vorhandene Gebäude bzw. Gebäudeteile sowie Baumaschinen die ausgesendeten elektromagnetischen Wellen.

Da auf Grund von Interferenzen und die durch Hindernisse hervorgerufenen Dämpfungen die Signalstärke teils erheblich herabgesetzt wird, sind die oben genannten Übertragungsgeschwindigkeiten in der Praxis nicht erreichbar.¹⁴⁰

Die Signalabschwächung bzw. der Signalverlust kann jedoch mit dem Einsatz einer so genannten Maschentopologie reduziert werden. Hierbei spannen mehrere WLAN-Router ein engmaschiges Netz über den abzudeckenden Bereich, wie zum Beispiel bei einer Baustelle auf und bilden somit Redundanzen. Kommt es durch unvorhergesehene Ereignisse, wie zum Beispiel bei einer Kappung einer Zuleitung zum Access-Point im Zuge von Bautätigkeiten zu einem Ausfall, oder werden die Funksignale durch Baumaschinen oder Bauteile gestört. In diesen Fällen ist es möglich, dass die Verbindung über einen anderen Access-Point übernommen wird. Voraussetzung dazu ist ein überlappender Versorgungsbereich im Störgebiet.¹⁴¹

¹³⁹ Vgl.: BÖK, P.-B. et al.: Computernetze und Internet of Things. S. 92

¹⁴⁰ Vgl.: BÖK, P.-B. et al.: Computernetze und Internet of Things. S. 29

¹⁴¹ Vgl.: BÖK, P.-B. et al.: Computernetze und Internet of Things. S. 18f

Den grundlegenden Aufbau einer WLAN-Maschentopologie ist in nachstehender Abbildung 4-5 ersichtlich.

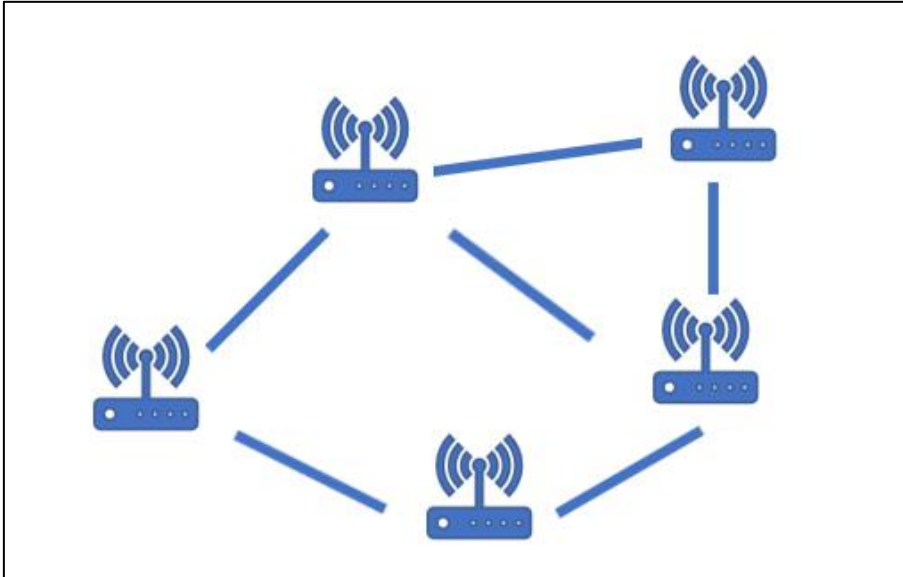


Abbildung 4-5 WLAN-Mesh-Netz¹⁴²

Ebenso wie bei der oben erwähnten kompletten Verkabelung der Baustelle, muss auch zu Beginn des Aufbaues des WLAN-Netztes ein erhöhter Aufwand, im Gegensatz zum Mobilfunk, betrieben werden. Auch hier bedarf es eines Vertragsabschlusses für die Dauer der Baustelle, welcher im Anschluss wieder gekündigt werden muss. Andererseits sind die richtigen Standorte der Access-Points zu vermessen und zu verkabeln, um einen vollflächigen Einsatz zu gewährleisten.

Vorteile

- Flexibler Einsatz der Endgeräte
- Nur ein Vertrag mit Internet-Anbieter erforderlich
- Mehrere Standorte möglich

Nachteile

- Störanfälligkeit durch Gebäude und andere Hindernisse
- Verkabelung der Access-Points notwendig

¹⁴² In Anlehnung an: BÖK, P.-B. et al.: Computernetze und Internet of Things. S. 105

Software – Komponenten

Für den Betrieb einer Cloud sind neben den oben behandelten grundlegenden Hardware-Komponenten auch verschiedenste Software-Komponenten erforderlich. Nur in dieser Kombination sind Cloud-Services überhaupt anwendbar. Diese Bestandteile lassen sich in Betriebssysteme, Datenbanken und Anwendungen unterteilen und werden nachfolgend erläutert:¹⁴³

- **Betriebssysteme**



Betriebssysteme werden auf den Festplatten der Server installiert und sind notwendig, um die unterschiedlichen Hardware-Komponenten wie Festplatten, Grafik- und Netzwerkkarten durch den Server anzusteuern. Das ist für die anschließende Ausführung der Software zur Erfüllung der Cloud-Funktionen notwendig.¹⁴⁴

Für den Betreiber steht am Markt eine Reihe unterschiedlicher Betriebssystemen bereit. Die bekanntesten Vertreter sind Windows Server und Linux. Dabei ist wiederum Linux das am häufigsten verwendete Betriebssystem im Cloud-Computing. Der Grund liegt in seiner hohen Flexibilität und in seiner Anpassungsfähigkeit.¹⁴⁵

- **Datenbanken**



Um die großen Mengen an gespeicherten Daten innerhalb einer Cloud optimal verwalten zu können, ist es erforderlich Datenbanken anzulegen. Mit ihrer Hilfe werden Daten gesammelt, verknüpft und somit zueinander in Beziehung gesetzt.¹⁴⁶

Der Vorteil dieses Datenbank-Managements liegt darin, Daten in gemeinsame Themenbereiche zu gliedern und damit die belegte Datenmenge möglichst gering zu halten, da sie somit nicht mehr an anderen Stellen mehrfach gespeichert werden müssen, um daraus Informationen zu gewinnen. Bei einer Datenanfrage wird vom System auf die Informationen über die zuvor gebildeten Verknüpfungen zugegriffen.¹⁴⁷

¹⁴³ Vgl.: <https://docs.microsoft.com/de-de/archive/blogs/xdot509/getting-started-with-windows-azure-part-2-what-are-cloud-services>. Datum des Zugriffs: 05.02.2021

¹⁴⁴ Vgl.: FEHLING, C. et al.: Cloud Computing Patterns. S. 43

¹⁴⁵ Vgl.: LINDNER; NIEBLER; WENZEL: Der Weg in die Cloud. S. 23

¹⁴⁶ Vgl.: WINFRIED, S.: Access 2016 - Praxiswissen für Einsteiger. o.S. Kapitel 1.2 Grundlegende Begriffe

¹⁴⁷ Vgl.: WINFRIED, S.: Access 2016 - Praxiswissen für Einsteiger. o.S. Kapitel 1.1 Planung einer Datenbank

- **Anwendungen & Applikationen**



Die letzte wichtige Software-Komponente ist die Anwendungssoftware oder auch Applikation genannt. Sie ermöglicht es, dem Benutzer Eingaben und Arbeitsaufträge zu tätigen, welche im Anschluss vom Programm bzw. der Cloud verarbeitet werden, um Ergebnisse zu liefern.

Dabei wird die Benutzeroberfläche, für die Ein- und Ausgabe, grundlegend in zwei verschiedene Arten unterteilt. Dem Standard- Endbenutzer ist vor allem die so genannte grafische Benutzeroberfläche, oder im englischen Fachbegriff „Graphical User Interface“ kurz GUI bekannt. Hiermit können Befehle mittels Computermaus und Tastatur eingegeben werden. Die andere, vor allem von Entwicklern verwendete Benutzeroberfläche, ist die Kommandozeileingabe oder „Command Line Interface“ (CLI).¹⁴⁸

4.1.2 Infrastruktur – Front-End

Die vorderste Anwenderebene im Cloud Computing ist, wie zuvor in der Einleitung zum Kapitel 4.1 beschrieben, das Front-End.¹⁴⁹ Um für Anwender die Cloud-Funktionen auch nutzbar zu machen, bedarf es zusätzlich zu den grundlegenden Hard- und Softwarekomponenten des Back-Ends auch Geräte für den Endbenutzer. Mit diesen Endgeräten erfolgen die Ein- und Ausgaben in eine Cloud. Im nächsten Schritt werden deshalb insbesondere die Vor- und Nachteile ihres jeweiligen Einsatzes auf einer Baustelle thematisiert. Die untersuchten Geräte stellen, wie auch zuvor im Kapitel 4.1.1 Back-End, einen Auszug der gängigsten Geräte dieser Gruppe dar. Untersucht werden:

- Personal Computer
- Laptop
- Tablet
- Smartphone
- Terminal

¹⁴⁸ Vgl.: BÖK, P.-B. et al.: Computernetze und Internet of Things. S. 43f

¹⁴⁹ Vgl.: KUMAR, V. et al.: Cloud computing components, services, tools and its roadmap to organization. https://www.researchgate.net/publication/338965765_CLOUD_COMPUTING_COMPONENTS_SERVICES_TOOLS_AND_ITS_ROADMAP_TO_ORGANIZATION. Datum des Zugriffs: 05.02.2021, S.3

- **Personal Computer (PC)**



Der Personal Computer oder kurz PC ist, so wie viele andere Geräte, aus dem heutigen Büroalltag nicht mehr wegzudenken. Für die Bedienung von Cloud-Anwendungen bietet ein PC einige Vorteile gegenüber mobileren Geräten wie Tablet oder Smartphone. Die Bedienung der Programme, vor allem die Eingabe längerer Textpassagen wie Bautagesberichte, ist durch den Einsatz von Computermaus und Tastatur einfacher als über Touchscreen-Tastaturen. Darüber hinaus ist die Bedienung durch etwaige Schutzhandschuhe oder verschmutzten Fingern nicht gestört. Ein weiterer Vorteil liegt in der robusten Bauweise, sowie in der leichten Erweiterbarkeit der Computerleistungen, falls sich Anforderungen ändern.

Der entscheidende Nachteil bei einem reinen Einsatz von PCs ist die fehlende Mobilität des Geräts. Sie ist jedoch auf Baustellen mit oftmals wechselnden Einsatzorten von großer Bedeutung. Das höhere Gewicht im Vergleich zu mobilen Endgeräten wie Laptop oder Tablet, sowie die notwendige Verkabelung und der erhöhte Platzbedarf der Peripheriegeräte wie Monitor, Maus und Tastatur schränken die Mobilität ein. Der sinnvolle Einsatzbereich für Personal Computer ist klar auf den Einsatz in einem Baubüro beschränkt. Die Datenerhebung erfolgt auf der Baustelle mit mobilen Endgeräten. Die weitere Bearbeitung, sowie das erleichterte Verfassen von Schriftstücken geschieht im Anschluss, nach einer Synchronisation der Datei, am PC im Baubüro.

Vorteile

- robust
- leichte Erweiterbarkeit der Leistung
- einfache Bedienung

Nachteile

- unflexibel bei häufigem Standortwechsel
- höheres Gewicht
- erhöhter Platzbedarf sowie Verkabelung notwendig

- **Laptop**



Ein weiteres verbreitetes Arbeitsgerät ist ein Laptop bzw. Notebook. Der entscheidende Vorteil dieses Gerätes liegt in seiner nahezu uneingeschränkten Mobilität. Als eine verkleinerte Version eines mobilen PCs bietet ein Laptop auch für Tätigkeiten im Baugewerbe, mit den besprochenen sich verändernden Einsatzorten, die geforderte Flexibilität. Ebenso wie ein PC

sind die einfache Eingabe und Verarbeitung von Daten, insbesondere Textpassagen durch die integrierte Tastatur und Maus, gegeben. Der verringerte Platzbedarf im oftmals begrenzten Baubüro, sowie die Möglichkeit mit einem einzigen Gerät sowohl im Büro in der Firmenzentrale als auch im Baubüro auf einer Baustelle zu arbeiten, sind Gründe für den immer beliebteren Einsatz von Laptops. Die Effizienz zeigt sich auch darin, dass Techniker oder Bauleiter mit ihrem Laptop sowohl im Büro als auch vor Ort operieren können. Laptops bieten, ebenso wie Stand-PCs, auch den weiteren Vorteil einer flexibleren Bearbeitung von Daten, die von Tablets oder Smartphones (z.B. Bilder und Videoaufnahmen) generiert wurden.

Den Vorteilen im Einsatz von Laptops sind auch einige Einschränkungen zu bedenken. In der anspruchsvolleren Umgebung von Baustellen wird man, im Gegensatz zum Einsatz im Büro, auf robustere, und damit auch teurere Geräte zurückgreifen müssen. Eine weitere Einschränkung liegt in der - je nach Hersteller - begrenzten oder technisch oft nicht möglichen Erweiterbarkeit der Leistung, wie sie bei geänderten Ansprüchen auf das Gerät (z.B. durch neue Grafikanwendungen) erforderlich wird. Zudem verlieren Laptop-Akkumulatoren stetig an Kapazität und somit verringert sich ihre Benützungsdauer. Eine Neuanschaffung der Akkus steht somit an.

Vorteile

- flexiblerer Einsatz möglich/standortunabhängig
- einfache Bedienung
- geringer Platzbedarf im Baubüro

Nachteile

- robustere Geräte teuer
- Erweiterbarkeit der Leistung begrenzt möglich
- Akku

- **Tablet**



In den vergangenen Jahren hat sich das Portfolio der Mobilgeräte stetig erweitert. Nach dem Siegeszug des Smartphones mittels Touchbedienung wurden die wesentlich größeren Tabletcomputer oder kurz Tablets eingeführt. Immer mehr Facharbeiter unterschiedlichster Gewerke führen

heutzutage wegen des besonders flexiblen Einsatzes Tablets für die Auftragsbefüllung mit sich. Foto- und Videoaufnahmen, die Befüllung von Formularen wie Lieferscheine und Auftragsberichte sowie die Möglichkeit On-Site Pläne abzurufen stellen dabei Einsatzgebiete dar. Die Geräte eignen

sich zudem besonders auf digitalisierten Baustellen, um schnell und unkompliziert Daten zu erheben. Sie lassen sich, wie oben beschrieben, im Anschluss im Baubüro über PC bzw. Laptop weiterführend mit Programmen bzw. Cloud-Anwendungen auswerten und verarbeiten. Beispielhaft soll folgender Einsatz aufgeführt werden: Der Techniker bzw. Bauleiter erfasst mit QR-Code versehene Bauteile, Schalungen oder Baumaterialien, um den Baufortschritt in ein BIM-Modell aufzunehmen. Diese Erhebung wäre hingegen mit PC bzw. Laptop wegen ihrer Sperrigkeit nicht zielführend. Die synchronisierten Daten werden wiederum mit den beiden Geräten im Büro praktikabler bearbeitet und der Cloud zur weiteren Verarbeitung zugeführt. Ein Tablet stellt somit keinen Ersatz der beiden zuvor genannten Geräte dar, sondern ist eine sinnvolle und notwendige Ergänzung, um das Arbeiten auf digitalisierten Baustellen zu vereinfachen.

Allerdings beschränkt sich der Einsatz wegen der touchbasierten Tastatureingabe auf kurze Textpassagen, wie auf das Ausfüllen von Formularfeldern oder bei kurzen Anmerkungen zu Arbeitsaufträgen. Die Bedienung des Touchscreens ist auch dahingehend limitiert, dass die Eingabe mit Handschuhen oder verschmutzten und feuchten Händen zu Problemen führt. Der Einsatz eines Stylus (Eingabestift) wird hier dringend empfohlen. Zudem ist eine Erweiterbarkeit der Geräteleistung oder der Austausch defekter Teile wie Bildschirm oder Akku auf Grund der kompakten monolithischen Bauweise, wenn überhaupt möglich, mit hohen Kosten verbunden. Das ist praktisch einem wirtschaftlichen Totalschaden gleichzusetzen. Ebenso ist beim Ankauf der Geräte auf eine robuste Bauweise wie auch auf ausreichende Leistungsreserven zu achten, was wiederum den Preis erhöht.

Vorteile

- sehr flexibler Einsatz
- keine Verkabelung notwendig
- geringer Platzbedarf

Nachteile

- begrenzte Möglichkeiten im Cloud-Einsatz (z.B.: Textdokument)
- Akkulaufzeit begrenzt
- Touchscreen-Bedienung problematisch
- keine Erweiterbarkeit der Leistung
- kleinerer Bildschirm

- **Smartphone**



Ein weiteres hilfreiches Mobilgerät zur Datenerfassung auf Baustellen sind Smartphones. Sie bieten, ebenso wie Tablets, einen raschen und flexiblen Einsatz für die Datenerhebung. Klare Vorteile eines Smartphones liegen in der äußerst kompakten Bauweise, sowie in den günstigeren Anschaffungskosten im Vergleich zu einem Tablet. Nach erfolgter Verwendung lässt es sich zudem sicher in einer Hosen- oder Jackentasche verstauen und ist somit besser gegen etwaige mechanische Schäden gesichert. Außerdem sind die Hände des Gerätebenutzers für weiterführende Arbeiten am Einsatzort (z.B.: diverse Messungen, Markierungen) frei.

Auch der Einsatz von Smartphones unterliegt einer Reihe von Problemen und Einschränkungen: Analog zum Tablet ist hier die begrenzte bzw. nicht vorhandene Erweiterbarkeit und Reparierbarkeit zu nennen. Die oben angeführten baustellenbedingten Probleme, die die Eingabe über den Touchscreen erschweren, sind auch bei einem Smartphone präsent. Zudem ist ein Smartphone-Display wegen seiner verhältnismäßig kleinen Größe noch unvorteilhafter für Texteingaben. Es eignet sich somit nur für eine reine Bild-, Video- oder Sensorerfassung, wie zum Beispiel von NFC-Tags.

Vorteile

- sehr flexibler Einsatz
- günstigere Anschaffung
- keine Verkabelung notwendig
- geringer Platzbedarf im Baubüro

Nachteile

- begrenzte Möglichkeiten im Cloud-Einsatz (z.B.: Textdokument)
- Akkulaufzeit begrenzt
- Touchscreen-Bedienung problematisch
- keine Erweiterbarkeit der Leistung
- kleinerer Bildschirm

- **Terminal (Kiosksystem)**



Das letzte hier vorgestellte Front-End-Gerät ist ein so genanntes Terminal. Im deutschsprachigen Raum ist es auch unter der Bezeichnung Kiosksystem bekannt und wird zunehmend vor allem im Einzelhandelsbereich als Selbstbedienungskassen eingesetzt. Dieses System findet jedoch auch in anderen Bereichen Anwendung. Mögliche Einsatzgebiete im Baugewerbe sind dabei Zugangskontrollen zum Baustellengelände, die An- und Abmeldung von LKW-Lieferungen oder eine Vereinfachung der Warenwirtschaft in Magazin-Containern, um einige Beispiele zu nennen. Das Terminal-System ist für den stationären Betrieb geeignet. Die Bedienung des Geräts erfolgt entweder mittels Touchscreen oder Maus und Tastatur. Der Vorteil dieses System liegt einerseits in seiner Robustheit und eignet sich besonders für fix zugeteilte Standorte. Darüber hinaus muss nicht zwingend eine Recheneinheit vor Ort verbaut sein, denn es ist auch möglich mittels Remote-Desktop-Funktion eine Verbindung über das Netzwerk zu einer Recheneinheit herzustellen. Diese wird entweder über einen eigenen Server oder über einen virtuellen PC mittels Cloud bereitgestellt. In diesem Einsatzfall benötigt das System am Standort nur einen Monitor, die Eingabegeräte und eine aktive Internetverbindung.¹⁵⁰

Entscheidender Nachteil dieses System ist der unflexiblere Standortwechsel gegenüber den anderen Systemen. Dieser ist mit einem erhöhten Arbeitsaufwand verbunden, denn das in der Regel schwere Gerät muss samt Strom- und Datenleitungsverkabelung an einen neuen Standort transportiert werden. Es eignet sich somit auf Baustellen nur für gleichbleibende Einsatzorte mit langen Einsatzzeiten, wie bei den zuvor erwähnten Beispielen.

Vorteile

- sehr robust
- keine Recheneinheit vor Ort
- zentrale Verwaltung

Nachteile

- Erschwerter Standortwechsel
- begrenzte Einsatzmöglichkeiten
- Verkabelung notwendig

¹⁵⁰ Vgl.: <https://azure.microsoft.com/de-de/services/virtual-desktop/>. Datum des Zugriffs: 18.03.2021

Scanner, Kameras & Sensoren



Nach der Vorstellung der grundlegenden Geräte zur Bearbeitung von Daten in der Cloud

werden nachfolgend weitere Geräte erläutert, mit denen Daten erhoben bzw. generiert werden. In den Beispielen aus Kapitel 3.3 werden unterschiedliche Anwendungsfälle dokumentiert, um Baustellendaten auf verschiedenste Art und Weise zu erfassen. Die einfachste und heutzutage noch sehr gängige Methode der Datenerfassung ist die der analogen Aufnahme mittels Papierformularen oder die der händischen Niederschrift. Für eine weitere cloudbasierte Bearbeitung dieser Aufzeichnungen müssen sie jedoch zuerst in ein digitales Format überführt werden.

Das kann - sehr zeitintensiv - über eine anschließende digitale Abschrift oder mittels cloudbasierter Formularerkennungs-Software erfolgen. Dazu muss das Dokument nur durch einen Scanners digitalisiert werden, um anschließend in einer Cloud-Anwendung weiter analysiert werden zu können.¹⁵¹

Eine weitere Form der Datenerfassung bieten Foto- oder Videokameras. Die erzeugten Foto- und Videoaufnahmen können den Baufortschritt dokumentieren und sichern für die Verantwortlichen Beweise für eventuell eintretende Schäden. Sie können auch dazu verwendet werden, wie im Kapitel 3.3 vorgestellt, um mit modernster Technik Gefahrenanalysen am Baugelände durchzuführen. Die so ermittelten Daten können durch den Benutzer selbst oder mit einer vorhandenen Internetverbindung kontinuierlich und vollautomatisch über eine Streamingfunktion in die Cloud geladen werden.¹⁵²

Baustellengeräte und Baufahrzeuge lassen sich auch mit den unterschiedlichsten Sensortypen, RFID-Tags oder mit so genannten „Quick Response“-Codes, kurz QR-Codes, versehen. Mitarbeiter mit ihren digitalen Geräten, aber auch angebrachte, automatisierte Lesegeräte können die darin enthaltenen Daten auslesen und sie in weiterer Folge in Cloud-Anwendungen einsetzen. Die Einsatzmöglichkeiten sind, wie bereits zuvor erwähnt, sehr vielfältig. Diese reichen von einer vereinfachten, bzw. teilautomatisierten Lagerhaltung bis hin zur aktuellen Ist-Bewertung der Baustelle. Außerdem ist damit die Ortung von Fahrzeugen und Geräten durch eine genaue Standorterfassung samt Zeitstempel möglich und erleichtert dadurch die Baulogistik auf großen Baustellen.¹⁵³

¹⁵¹ Vgl.: <https://aws.amazon.com/de/textract/>. Datum des Zugriffs: 18.03.2021

¹⁵² Vgl.: <https://aws.amazon.com/de/streaming-data/>. Datum des Zugriffs: 18.03.2021

¹⁵³ Vgl.: LEESER, D. C.: Digitalisierung in KMU kompakt. S. 37f

Die in diesem Kapitel angeführten Geräte und Sensoren verstehen sich als beispielhafter Auszug aus einer großen Anzahl am Markt verfügbarer Lösungen. Jedes dieser Geräte, auch nicht genannte, weisen naturgemäß sowohl Stärken als auch Schwächen auf. Für einen praktikablen Cloud-Einsatz ist es deshalb von Vorteil, unterschiedliche Geräte miteinander zu kombinieren, um die jeweiligen Nachteile zu eliminieren. Weniger zielführend ist es dabei, wenn Bauleiter bzw. Techniker die getätigten Foto- und Videoaufnahmen, sowie erfasste RFID-Daten, direkt mit einem Smartphone weiterverarbeiten, um sie für eine Cloud-Analyse zu verwenden. Vielmehr ist zu empfehlen, die jeweiligen Stärken eines Smartphones (der flexible Einsatz) mit den Stärken eines PCs (bessere Bearbeitbarkeit und Leistung) zu verknüpfen. Über den Weg einer Daten-Synchronisation auf die Cloud ist es möglich, Informationen zentral zu verwalten. So werden für einen schnellen, unkomplizierten Einsatz mit dem Smartphone bzw. Tablet Fotos und andere relevante Daten auf der Baustelle rasch und automatisch in die Cloud gespeichert. Diese werden im Anschluss im Baubüro mit Laptop bzw. PC weiterbearbeitet, wobei durch Maus und Tastatur ein besseres Handling gewährleistet ist.

4.2 Input & Output der Cloud

Nach der Definition der erforderlichen Bestandteile für die Infrastruktur im Back-End und Front-End, wird in diesem Kapitel auf die Möglichkeiten eingegangen, die generierten Datensätze in die Cloud zu transferieren und wie für den Benutzer die Ergebnisse wiederum abrufbar sind. Für den Input bzw. Output der Daten gibt es die unterschiedlichsten Möglichkeiten. Nach Internetrecherchen auf den Portalen der großen Anbieter Amazon, Microsoft und Google, eröffnen sich offensichtlich drei mögliche Anwendungen in der Ein- bzw. Ausgabe aus der Cloud, auf die im weiteren Kapitel genauer eingegangen wird:

- Webinterfaces
- Datei-Explorer
- Programmierschnittstellen (API)

4.2.1 Webinterfaces (Eingabemaske)

Dem Standardbenutzer sind vor allem aus seiner täglichen Benützung des PCs Eingabemasken und Dashboards in Web-Portalen vertraut. Nachfolgend werden deshalb Web-Portale und Dashboards erläutert.

Portal

Jeder Benutzer muss für die Verwendung der Speichermöglichkeiten so genannte Container erstellen. In diese Speichercontainer können die Benutzer im Anschluss ihre Dateien z.B. mittels der bewährten Funktion eines Datei-Uploads über die Eingabemaske in die Cloud uploaden, was in nachstehender Abbildung 4-6 ersichtlich ist. Den Containern kommt dabei die Funktion zu, ein Vermischen der Daten aus unterschiedlichen Projekten und Anwendungen zu verhindern. Die Besonderheit der Container liegt in ihrer Flexibilität: Im Gegensatz zu den statischen und begrenzten Datenspeichern können diese praktisch beliebig mit der steigenden Datenmenge wachsen. Sie sind sozusagen eigens für das Projekt geschaffenen Speicherordner, die wesentlich einfacher handzuhaben sind als große Mengen loser Dateien und Dokumente.¹⁵⁴

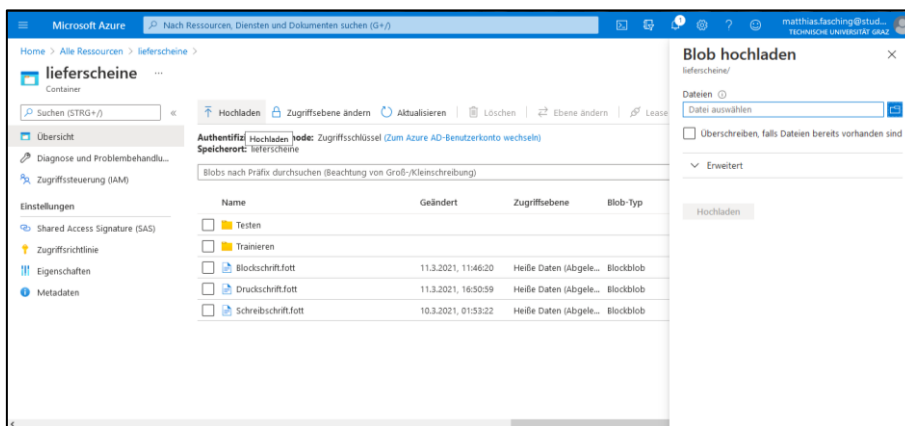


Abbildung 4-6 Datei-Upload über Azure-Webinterface¹⁵⁵

Ein Upload über ein Portal mag zwar für den unerfahrenen Endbenutzer ob seiner bekannten Handhabung bevorzugt werden, erweist sich jedoch bei einer scheinbar unendlich großen Anzahl an Dateien, wie sie durch IoT-fähige Geräte bzw. Sensoren generiert werden, als unpraktikabel. So muss jede Datei einzeln und händisch über das Portal behandelt werden, was sich als sehr zeitaufwendig darstellt, ebenso wird hier meist nur eine gewisse, maximale Dateigröße für den Upload zugelassen.¹⁵⁶

Andere Verfahren für die Bewältigung größerer Dateimengen wird in den beiden nachfolgenden Unterkapiteln 4.2.2 und 4.2.3 behandelt.

¹⁵⁴ Vgl.: <https://docs.microsoft.com/de-de/azure/storage/blobs/storage-quickstart-blobs-portal>
Datum des Zugriffs: 28.03.2021

¹⁵⁵ https://portal.azure.com/#blade/Microsoft_Azure_Storage/ContainerMenuBlade/overview/storageAccountId/%2Fsubscriptions%2Fd169f415-4aae-48ff-98ae-161727100e7d%2FresourceGroups%2FMasterarbeit%2Fproviders%2FMicrosoft.Storage%2FstorageAccounts%2Flieferscheine/. Datum des Zugriffs: 15.04.2021

¹⁵⁶ Vgl.: <https://docs.microsoft.com/de-de/azure/media-services/previous/media-services-portal-upload-files>
Datum des Zugriffs: 28.03.2021

Dashboard

Datenausgaben können neben der oben beschriebenen Form des Paket-Downloads aus einem Benutzerportal auch über so genannte Dashboards erfolgen. Diese digitalen „Anzeigetafeln“ liefern dem Cloud-Benutzer schnell und einfach wichtige Informationen über einen gewissen Themenbereich bzw. aus einem Projekt. Diese Dashboard-Ausgaben begrenzen sich jedoch in der Regel auf eine visuelle Veranschaulichung der errechneten Ergebnisse und ersparen dem Anwender langwierige Recherchemaßnahmen, um aus der Fülle an verarbeiteten Daten eine Kernaussage treffen zu können. Dashboards lassen sich für den Benutzer zudem interaktiv gestalten. Nach vordefinierten Kriterien lassen sich zur leichteren Veranschaulichung die angezeigten Grafik- und Textausgaben filtern.¹⁵⁷

In manchen Fällen existieren auf dem Dashboard zusätzliche Möglichkeiten die angezeigten Informationen mittels einer Downloadfunktion herunterzuladen. Der Einstieg in ein Dashboard erfolgt in den häufigsten Fällen ebenso über ein Portal im Webbrowser. Eine weitere Möglichkeit bietet eine programmierte Applikationen, die auf jedem mobilen Endgerät wie Smartphone oder Tablet weltweit abrufbar ist. Zudem lassen sich Dashboards auch in bestehende Websites einbetten, und visualisieren dort die aktuellen Daten ohne Zutun des Websitebesuchers. Nach einer neuerlichen Berechnung erfolgt die Visualisierung auf dem Dashboard in der Regel innerhalb weniger Sekunden.¹⁵⁸

In Abbildung 4-8 ist eine mögliche Dashboard-Ansicht von Amazon Web Services ersichtlich.

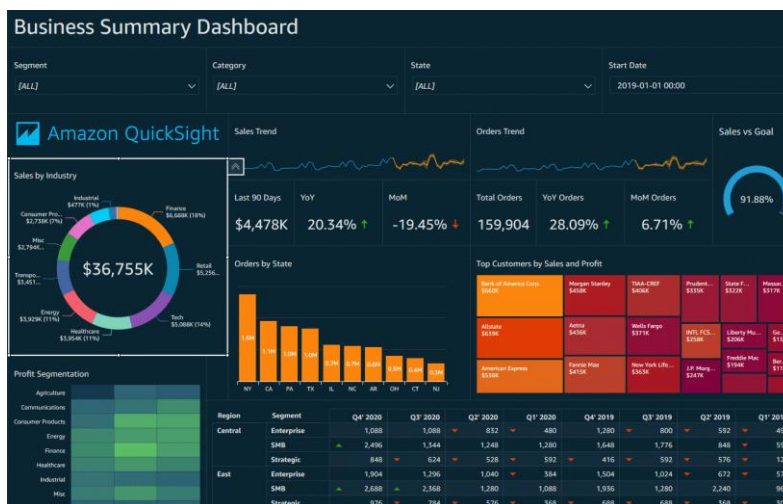


Abbildung 4-7 Dashboard Beispiel Amazon Web Services¹⁵⁹

¹⁵⁷ Vgl.: LOTH, A.: Datenvisualisierung mit Tableau. S. 167

¹⁵⁸ Vgl.: <https://aws.amazon.com/de/quicksight/?c=a&sec=svr>. Datum des Zugriffs: 28.03.2021

¹⁵⁹ <https://aws.amazon.com/de/quicksight/?c=a&sec=svr>. Datum des Zugriffs: 28.03.2021

4.2.2 Datei-Explorer (Datei-Upload)

Eine weitere Möglichkeit Daten in die Cloud zu laden und deren Ergebnisse wieder aus jener zu beziehen, ist der Einsatz eines speziellen Datei-Explorers. Microsoft Azure bietet hierbei, exemplarisch für im Grunde ebenso funktionierende Programme, den „Azure-Speicher-Explorer“ an, der in nachstehender Abbildung 4-9 angeführt ist. Nach der erfolgten Installation und der Authentifizierung mittels eines eigenen Cloud-Sicherheitsschlüssels am Ein- und Ausgabegerät findet der Benutzer, ähnlich wie im bekannten „Windows Explorer“ aus den Microsoft Betriebssystemen, eine ihm vertraute Struktur vor: Auf der linken Seite erscheint die bekannte Baumstruktur. Dem Benutzer bietet sich die Option, in das für ihn richtige Projektverzeichnis mit dem darin enthaltenen Speicher-Container zu wechseln. Im Anschluss hat er die Möglichkeit mittels Drag & Drop oder den aufgelisteten Schaltflächen die benötigten Daten in die Cloud zu laden, oder deren Ergebnisse auch wieder zu extrahieren. Weiters ist der Benutzer in der Lage Warteschlangen anzulegen, die im Anschluss automatisch abgehandelt werden, und er sich somit nicht dieser zeitintensiven Arbeit stellen muss. Ein Datei-Explorer bietet die Vorzüge einer effizienteren Bearbeitung größerer Datensätze als der einzelne, händische Up- und Download. Auch mit diesen Programmen erfolgt kein voll-automatischer Datentransfer, denn die Warteschlangen-Aufträge benötigen hier ebenfalls eine händische Eingabe seitens des Benutzers.

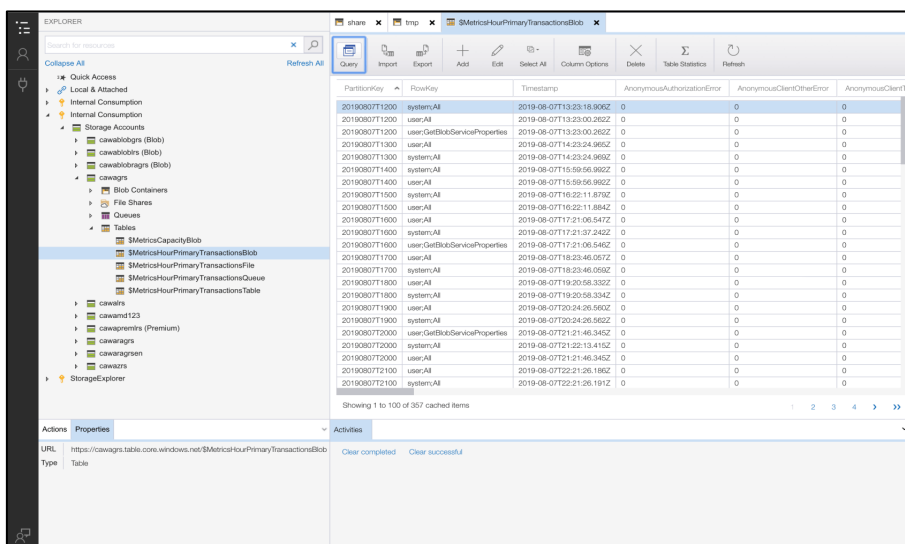


Abbildung 4-8 Azure Speicher Explorer¹⁶⁰

¹⁶⁰ <https://azure.microsoft.com/de-de/features/storage-explorer/>. Datum des Zugriffs: 28.03.2021

4.2.3 Programmierschnittstelle (API)

Die letzte hier vorgestellte Datenaustauschmöglichkeit ist zugleich die bedeutendste dieser Varianten. Die so genannte Programmierschnittstelle, oder der englische Fachbegriff „Application Programming Interface“ (API) ist für die Entwicklung von Programmen unabdingbar. Denn im Gegensatz zu den beiden vorherigen Varianten ermöglichen es diese Schnittstellen das Programme untereinander kommunizieren und damit Daten austauschen. Damit sind Entwickler in der Lage, neue Programme und Features flexibel zu gestalten oder auch mit bestehenden Architekturen zu verknüpfen. APIs eignen sich besonders für die Entwicklung von Cloud-Computing-Anwendungen da sie es ermöglichen, die eigene Infrastruktur zu verwenden, während gleichzeitig über die Schnittstelle Daten an die Cloud verschickt werden. Ebenso vereinfacht sich der Datenaustausch zwischen den firmeneigenen generierten Datensätze und der cloudbasierten Verarbeitung.¹⁶¹

Es ist Standard, dass die durch Sensoren, Kameras und anderen vernetzten Geräten erzeugten Daten, automatisch über Programme mit einer API-Schnittstelle kontinuierlich in die Cloud geladen werden. Es folgt die Analyse bzw. Verarbeitung der Daten mit Hilfe der zuvor abonnierten Cloud-Anwendungen, um im Anschluss wiederum vollautomatisiert auf den unterschiedlichen Ausgabegeräten, z.B. PC und Tablet, dem Benutzer angezeigt zu werden.

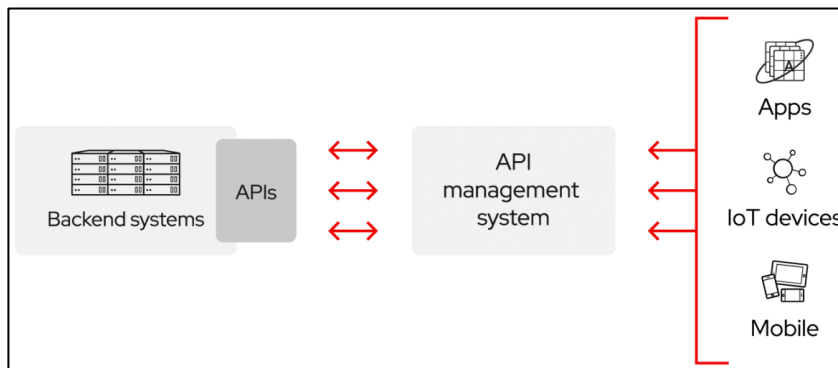
APIs sind heutzutage gängige Schnittstellen für den Datenaustausch mit denen sich neben einem kontrollierten, sicheren Zugang zu Firmen- und Kundendaten auch eine vereinfachte Monetarisierung der Daten ermöglicht wird. Für den Nutzer ist es heute selbstverständlich in allen unterschiedlichen Applikationen (z.B. auf den Smartphones) die ihm bekannte Navigationsoberfläche von Google Maps vorzufinden.¹⁶²

Für gewöhnlich ist ihm dabei nicht bekannt, dass hier eine API-Schnittstelle vorliegt, die die Google Maps Daten aus der Cloud zur Verfügung stellt. Es könnte sich dadurch für Bau- und Zulieferfirmen künftig die Möglichkeit ergeben, generierte Daten, die man anderen Usern zur Verfügung stellt, zu monetarisieren. Als Beispiel wäre hier ein „Vorhersagemodul“ zu nennen, dass laufend mit Daten erweitert wird und in der Lage ist, eine Abschätzung der benötigten Arbeitskräfte durchzuführen.

Aus nachstehender Abbildung 4-10 ist der schematische Aufbau einer API-Schnittstelle, als Bindeglied zwischen dem Backend-System der Cloud und Apps des Endanwenders, angeführt.

¹⁶¹ Vgl.: <https://www.redhat.com/de/topics/api/what-are-application-programming-interfaces>. Datum des Zugriffs: 28.03.2021

¹⁶² Vgl.: <https://www.redhat.com/de/topics/api/what-are-application-programming-interfaces>. Datum des Zugriffs: 28.03.2021

Abbildung 4-9 API-Schnittstelle¹⁶³

4.3 Sicherheit

Bevor ein Cloud-Einsatz in einem Unternehmen bzw. auf einer Baustelle startklar ist, muss auch die Frage bezüglich der Sicherheit geklärt sein. Der Benutzer muss für die weiteren Analysen und Datenbearbeitungen, die von IoT-fähigen Geräten erzeugte Daten in ein firmeneigenes (Private Cloud) bzw. externes Rechenzentrum (Public- bzw. Hybrid Cloud) überführen. Er überlässt somit dem Cloud-Anbieter seine gesammelten Informationen.¹⁶⁴

Die großen Datenmengen, die vor einer weiteren Analyse bzw. Bearbeitung mit der Cloud synchronisiert werden müssen, stellen ein potenzielles Sicherheitsrisiko dar. Generieren sie doch für Firmen einen erheblichen Wettbewerbsvorteil gegenüber ihren Mitbewerbern. So ist es beispielsweise möglich, eine Nachkalkulation eines abgeschlossenen Bauvorhabens durchzuführen, die Vorteile bei künftigen Angebotskalkulationen erzielen lassen. Die Gefahr geht in der Regel jedoch nicht von neugierigen Mitbewerbern selbst aus, sondern vielmehr von so genannten Hackern, die sich unbefugten Zutritt zu diesen Firmendaten verschaffen. Ihr Interesse liegt dabei nicht bei den Daten selbst, sondern vielmehr an der Bereitschaft der Betroffenen, sich zu hohen Geldzahlungen erpressen zu lassen, um eine Weitergabe bzw. deren Verkauf zu unterbinden. Das Thema Sicherheit nimmt somit im Cloud-Einsatz eine bedeutende Rolle ein. Unter dem subjektiven Begriff der Sicherheit versteht jeder Mensch etwas anderes. Vor allem kann ein Cloud-Betreiber nie eine 100%ige Sicherheit gewährleisten, es bleibt immer ein gewisses Restrisiko für den Benutzer bestehen. Als Cloud-Benutzer, sowie als Cloud-Betreiber muss man deshalb in allen beeinflussbaren Bereichen großen Wert darauf legen, die Daten vor unbefugter Verwendung zu schützen. Um den Cloud-Einsatz sicher zu gestalten existiert eine große Anzahl an unterschiedlichen Möglichkeiten. Man kann sie jedoch auf technische und organisatorische Überlegungen reduzieren. Technische Sicherheitsüberlegungen lassen sich auf beiden

¹⁶³ <https://www.redhat.com/de/topics/api/what-are-application-programming-interfaces>. Datum des Zugriffs: 28.03.2021

¹⁶⁴ Vgl.: JÄGER, H.; RIEKEN, R.: Manipulationssichere Cloud-Infrastruktur. S. 3

Seiten, die des Benutzer und die des Betreibers, anstellen. So spielen hierbei die Möglichkeiten des Tarnens, Täuschen und Überwachens eine bedeutende Rolle. Die Schaffung von physischen, aber auch softwarebasierter Sicherheitsbarrieren stellt dabei wichtige Sicherheitsmaßnahmen dar.

4.3.1 Physische Sicherheitsbarrieren:

Wie zuvor erwähnt, stellen physische Sicherheitsbarrieren eine mögliche Form der Sicherheit beim Einsatz von Cloud-Computing dar. Neben der einfachen Verwahrung der Endgeräte nach Dienstschluss vor unbefugtem Zugriff, stellen die Sicherheitsvorkehrungen für die eigentlichen Bestandteile der Cloud (Server- und Netzwerkinfrastruktur in Rechenzentren) den Betreiber vor größere Herausforderungen. Es muss unter allen Umständen verhindert werden, dass unbefugte Personen Zutritt erlangen und so den Betrieb stören oder Daten der Benutzer einsehen können.

Das kann über einfache Zutrittskontrollen auf das Gelände bzw. in das Rechenzentrum verhindert werden, oder in dem man betriebsfremde Personen von externen Dienstleistern für die Dauer ihrer Tätigkeit von Sicherheitspersonal begleitet. Zudem empfiehlt es sich, den Zutritt zu den Cloud-Servern auch hausintern nochmals mittels einer Zutrittskontrolle zu sichern. Nachdem der Zugriff auf Endgeräte zum Beispiel auf Baustellen, sowie jener in den Rechenzentren unterbunden wurde, ist es darüber hinaus auch notwendig, den Zugriff mittels Firewalls von Angriffen von außen über das Netzwerk zu sichern.¹⁶⁵

Die Installation sowie der Einsatz von Alarmanlagen, Überwachungskameras, sowie die Aufzeichnung aller authentifizierter und auch nicht-authentifizierter Zutritte auf Baustellen- aber auch Serverseite sei hier noch ergänzend erwähnt.¹⁶⁶

4.3.2 Softwarebasierte Sicherheitsbarrieren:

Neben den erläuterten physischen Sicherheitsmaßnahmen sind jedoch auch weitere softwareseitige Vorkehrungen zu treffen. Ein ungesicherter Zugriff, entweder direkt oder über die Endgeräte, auf die Cloud und die darin enthaltenen Daten ist unbedingt zu unterbinden. Dazu stehen den verantwortlichen Personen eine große Anzahl an möglichen Verfahren zur Verfügung, wobei hier einige effiziente erläutert werden sollen.

Geeignete Maßnahmen zur Steigerung der Passwortsicherheit für Server aber auch für Endbenutzergeräte lassen sich durch die Verwendung kryp-

¹⁶⁵ Vgl.: JÄGER, H.; RIEKEN, R.: Manipulationssichere Cloud-Infrastruktur. S. 92

¹⁶⁶ Vgl.: JÄGER, H.; RIEKEN, R.: Manipulationssichere Cloud-Infrastruktur. S. 94

tographischer Verfahren finden. Das soll ein mögliches Knacken der Passwörter, auch unter der Hilfenahme von Hochleistungsrechnern, erschweren oder im besten Fall vollkommen ausschließen. Die einfachste und zugleich sehr effektive Maßnahme ist der Einsatz einer verstärkten Passwortrichtlinie z.B. wechselnde und alphanumerische Passwörter sowie der Einsatz der sogenannten Mehr-Faktor-Authentifizierung. Hierbei benötigt der Endbenutzer aber auch Systemadministrator, zusätzlich zum Passwort ein weiteres Gerät (z.B. Smartphone), um ein darauf zugeschicktes, einmal gültiges Passwort auszulesen oder über seine biometrischen Daten den Zugang zu aktivieren. Auch wenn ein vermeintlich unsicheres Passwort entschlüsselt, bzw. von Hackern ausgelesen wurde, fehlt ihnen der physische Zugriff auf das zweite Gerät.¹⁶⁷

Ebenso kann der Angreifer mittels des Einsatzes von Proxys auf eine falsche Fährte gelockt werden. Dabei wird die komplette Datenkommunikation zwischen Endgerät und Cloud-Server nicht auf direktem Weg, sondern über Umwege auf zumindest einen, besser mehrere Server gelenkt. Damit sollen die richtigen IP-Adressen und somit die Eingangstore zur Cloud verschleiert werden. Auch der Einsatz so genannter Mix-Networks erschwert es, während des Datenaustausches den Ursprung der Pakete zurückzuverfolgen. Dabei werden die einzelnen Datenpakete willkürlich über unterschiedliche Wege durch das Netz geschickt, um auch hiermit eine erhöhte Sicherheit zu gewährleisten.¹⁶⁸

Die Daten würden bei all diesen Verfahren jedoch unverschlüsselt zwischen Sender und Empfänger verschickt werden, deshalb hat sich in den letzten Jahren in nahezu allen IT-Angeboten die Möglichkeit der so genannten Ende-zu-Ende-Verschlüsselung etabliert. Wie es der Name bereits erahnen lässt, werden bei diesem Verfahren die Daten zwischen dem Sender und Empfänger nur in verschlüsselter Form übertragen. Die gewährleistete Sicherheit beruht auf der Tatsache, dass der zur Entschlüsselung der Datenpakete erforderliche Schlüssel, nicht im Sendevorgang mitübertragen wird. Sonst wäre es für einen Angreifer zu einfach die Daten zu entschlüsseln. Der Vorteil dieser Datensicherheit schränkt jedoch den Funktionsumfang der Cloud massiv ein. Grund dafür ist, dass die Inhalte der verschlüsselten Daten dem Cloud-Anbieter nicht mehr für eine Weiterverarbeitung zur Verfügung stehen. Das ist jedoch die grundeigene Idee des Cloud-Computing und somit müssen die Daten für die Verarbeitung in der Cloud wieder entschlüsselt werden.¹⁶⁹

¹⁶⁷ Vgl.: JÄGER, H.; RIEKEN, R.: Manipulationssichere Cloud-Infrastruktur. S. 92

¹⁶⁸ Vgl.: JÄGER, H.; RIEKEN, R.: Manipulationssichere Cloud-Infrastruktur. S. 93

¹⁶⁹ Vgl.: JÄGER, H.; RIEKEN, R.: Manipulationssichere Cloud-Infrastruktur. S. 18

4.4 Praktikables System – Zusammenfassung

Zum Abschluss dieses umfangreichen Kapitels wird mit einer Zusammenfassung des Themas „Anforderungen für Cloud Computing“ ein praktikables System für eine Baustelle definiert. Wie in den vorherigen Unterkapiteln beschrieben, müssen Baufirmen für den Betrieb einer firmeneigenen Cloud große Investitionen in die IT-Infrastruktur und IT-Sicherheit tätigen, um die gestellten Anforderungen zu erfüllen. Die Aufgaben sind jedoch nicht nur mit den technischen bzw. organisatorischen Anstrengungen erfüllt. Insbesondere die hohen zu erwartenden Personalkosten für IT-Spezialisten zur Erfüllung der Wartungs- und Sicherheitsanforderungen an die benötigten IT-Systeme sind hierbei zu berücksichtigen.

Der Betrieb erfordert neben diesen Kosten und jene für Strom und Kühlung der Systeme sowie die Bildung von Rücklagen zur Erneuerung der schnelllebigen IT-Infrastruktur. Vor allem sind für eigene Cloud-Systeme die Auslastungen viel zu gering. Die meisten Baustellen, und auch die Büros des nichtproduktiven Personals, werden in den seltensten Fällen in einem 24-Stunden-Betrieb geführt. Die Systeme werden somit über die meiste Zeit im Leerlauf betrieben und verursachen der Firma über den Großteil des Tages unnötige Kosten, für die der Bauherr zu Recht nicht aufkommen wird.

Dies war zum Beispiel auch einer der Hauptgründe für Amazon seine Cloud-Infrastruktur der Öffentlichkeit zur Verfügung zu stellen, denn auch sie kämpften mit dem Problem der Bereitstellungskosten und der geringen Grundauslastung der Systeme, mussten jedoch für Spitzenlasten wie vor Weihnachten die Systeme vorhalten.^{170,171}

Zu den genannten Gründen folgen weitere, wie beispielsweise die hohe Ausfallssicherheit. Es empfiehlt sich für Baufirmen auf den eigenständigen Betrieb zu verzichten und die Dienstleistung eines externen Anbieters zu erwerben und auf dessen Expertise und Kernkompetenz des Cloud Computing zu setzen. Als Cloud-Kunde schränkt man sich freilich mit dem Einsatz einer Public bzw. auch Hybrid Cloud, wie im zweiten Kapitel beschrieben, in gewissen Bereichen wie in der Freiheit bzw. Eigenständigkeit der Systeme ein, jedoch überwiegen die Vorteile einer ausgelagerten Cloud.

Der externe Cloud-Einsatz garantiert jederzeit eine schnelle, flexible und auf Spitzenlasten ausgelegte Rechen-, Speicher- und Analyseleistung. Die Leerlaufzeiten der Systeme werden damit de facto eliminiert und die Kosten auf ein Minimum gesenkt, da sich die Abrechnungen der großen Cloud-Anbieter hauptsächlich nach tatsächlich verursachtem Aufwand für Rechenstunden, Speichereinheiten oder Datentransfermengen richten.¹⁷²



¹⁷⁰ Vgl.: LINDNER; NIEBLER; WENZEL: Der Weg in die Cloud. S. 7

¹⁷¹ Vgl.: <https://www.infoworld.com/article/2666921/linuxworld--amazon-s-two-faces-present-it-challenge.html>. Datum des Zugriffs: 01.04.2021

¹⁷² Vgl.: <https://azure.microsoft.com/de-de/pricing/>. Datum des Zugriffs: 01.04.2021






Aus dieser Entscheidung heraus werden nachfolgend die erforderlichen Geräte und Einrichtungen zum Betrieb angemieteter Cloud-Dienste für eine Baustelle definiert. Es sind somit nur die notwendigsten technischen Geräte für die Verbindung, Eingabe und Ausgabe aus der Cloud auf der Baustelle vorzuhalten und zu betreiben, das die Komplexität der zu installierenden Systeme reduziert und auch als ein weiterer Pluspunkt für eine ausgelagerte Cloud spricht.

Zusammenfassend kann gesagt werden, dass Baufirmen für die Benutzung von Cloud-Anwendungen folgende in Tabelle 4-1 und Tabelle 4-2 angeführte Hardware-Komponenten benötigen, um externe Cloud-Anwendungen zu benutzen. Die benötigten Software-Anwendungen müssen, wie zuvor im Kapitel beschrieben, entweder eigenständig programmiert, oder ebenfalls über Abonnements vom Cloud-Anbieter eingekauft werden.

Netzwerk-Komponenten / Verbindung mit der Cloud	
	<p>Mobilfunk (für vollständig mobilen Betrieb)</p> <p>Zum Aufbau der Internetverbindung auf Baustellen eignet sich, wenn es die Netzabdeckung zulässt, besonders gut der Einsatz von Mobilfunk. Wie zuvor beschrieben, benötigen dafür zwar alle Ein- und Ausgabegeräte eine eigene, mit Vertrag registrierte, Sim-Karte, um Daten senden und empfangen zu können. Jedoch ermöglicht der Mobilfunk als einzige der vorgestellten Technologien die notwendige Flexibilität des geforderten Standortwechsels auf Baustellen. Darüber hinaus sind stationäre, verkabelte Varianten (samt WLAN-Router) als problematisch anzusehen, da vor einem etwaigen Einsatz die komplette Baustelle verkabelt gehört. Einerseits erfordert dies neben der Beschäftigung eigener IT-Techniker im Unternehmen auch ständige Systemanpassungen über die gesamte Projektlaufzeit. So müsste jedes neue Stockwerk temporär verkabelt und im Anschluss wieder geräumt werden. Dieser Mehraufwand ist nicht nur als teuer anzusehen, er behindert vielmehr auch alle anderen beteiligten Arbeitskräfte und Gewerke in ihrer Tätigkeit. Zudem kann in der rauen Umgebung einer Baustelle nicht ausgeschlossen werden, dass es zu vereinzelt, unbeabsichtigten Kabelbrüchen kommt, die das gesamte System lahmlegen. Der Mobilfunk hingegen lässt sich auch innerhalb von Gebäuden flexibel einsetzen und bedarf keiner weiteren Installation von Empfangsgeräten auf den Baustellen.</p>
	<p>WLAN-Router (optional)</p> <p>Bei etwaigen Störungen der Funkverbindung durch dicke Betonwände, Untertagearbeiten oder einer mangelnden Netzabdeckung seitens des Mobilfunkbetreibers, kann optional als ergänzende Sicherheitsmaßnahme ein kleines</p>

	Netz mit WLAN-Routern aufgebaut werden, die eine ausreichend leistungsfähige Internetverbindung auch in schwierigen Bereichen sicherstellen. Dazu sind jedoch die bereits erwähnten Errichtungsleistungen für die Verkabelungen vorab zu tätigen.
--	---

Tabelle 4-1 Netzwerk-Komponenten für Cloud-Betrieb auf einer Baustelle

Ein- und Ausgabegeräte	
  	<p>Sensoren, QR-Codes, Kameras</p> <p>Nachdem eine Internetverbindung auf der Baustelle gesichert ist, müssen für die Nutzung von Cloud-Anwendungen vorab Daten auf der Baustelle erhoben werden. Das erfolgt, je nach Anwendungsfall, automatisiert oder aber auch händisch mit Hilfe der unterschiedlichsten Sensoren bzw. Eingabegeräte.</p> <p>So müssen für eine Foto- oder Videoerfassung tragbare oder montierte Foto- oder Videokameras eingesetzt werden. Für automatisierte Vorgänge wiederum sind zusätzlich unterschiedliche Sensortypen, wie RFID-Tags oder aber auch QR-Codes, vorab an Geräten oder Bauteilen anzubringen. Die eingesetzte Menge richtet sich dabei nach unterschiedlichen Einflussfaktoren, wie zum Beispiel den gestellten Anforderungen an den Cloud-Einsatz, der Baustellengröße oder aber auch den vorherrschenden Gegebenheiten im Gelände.</p>
	<p>Scanner (optional)</p> <p>Optional muss für eine benötigte Digitalisierung von Schriftstücken, wie Lieferscheine oder händisch verfassten Protokollen, ein Scanner für eine etwaige automatisierte Formularerkennung oder eine einfache digitale Archivierung vorgehalten werden. Wenn die Baustelle bereits vollständig digitalisiert wurde, entfällt der Bedarf eines Scanners.</p>
	<p>Tablet</p> <p>Für eine schnelle, flexible und standortunabhängige Befüllung sowie Bearbeitung von Formularen wie digitalen Lieferscheine, Checklisten, Berichten oder Bauplänen ist es ratsam auf Tablets zurückzugreifen. Zusätzlich lässt sich das Auslesen der Informationen von QR-Codes bzw. NFC-Tags, sowie Foto- und Videoaufzeichnungen damit sehr effizient gestalten. Die Daten werden nach einer Synchronisation mit der Cloud im Anschluss auf einem Laptop weiter bearbeitet bzw. aufbereitet.</p>



	<p>Smartphone</p> <p>Da Techniker und Bauleiter heutzutage auch ohne einen Cloud-Einsatz auf Baustellen standardmäßig mit firmeneigenen Smartphones ausgestattet sind, sollen sie hier nur der Vollständigkeit halber aufgelistet sein. Lediglich auf die notwendige Grundausstattung, wie ein integrierter NFC-Chip und gute Systemkameras, gilt es beim Beschaffungsvorgang zu achten.</p>
	<p>Laptop</p> <p>Nicht weniger bedeutsam ist der Einsatz von Laptops. Es wird hierbei davon ausgegangen, dass diese bereits seit Jahren zu den Standardarbeitsgeräten von Bauleiter und Bautechniker zählen. Ausgewählt wurde der Laptop als Grundausstattung für den Cloud-Einsatz aufgrund seiner bereits hohen Durchdringung in den Firmen und andererseits wegen seiner hohen Flexibilität gegenüber eines stationären PCs. Ein Laptop ist auf Grund der leichteren Bedienbarkeit gegenüber Tablets (wegen der integrierten Tastatur und Maus), sowie des größeren Bildschirms wohl das wichtigste Gerät beim Cloud-Einsatz auf Baustellen. So ist es je nach Anwendungsfall nicht erforderlich QR-Codes, NFC-Tags oder andere Sensortypen auslesen zu können. Die Ein- und Ausgabe sowie die Bearbeitung von Daten ist jedoch bei jedem Anwendungsfall von Cloud Computing erforderlich und, wie bereits erwähnt, nur mittels Laptop effizient gestaltbar.</p>

Tabelle 4-2 Ein- und Ausgabegeräte für Cloud-Betrieb auf einer Baustelle

5 Anwendungsbeispiel Dokumentenerkennung

Zu Beginn des fünften Kapitels werden drei große Cloud-Computing-Plattformen vorgestellt, eine davon wird im Anschluss in einem Cloud-Anwendungsbeispiel untersucht. Hierbei soll exemplarisch aufgezeigt werden, ob es Möglichkeiten einer automatischen Handschriftenerkennung im baustellennahen Einsatz gibt. Die durchaus noch weit verbreiteten handgeschriebenen, auf Durchschlagpapier bzw. Blaupause erstellten Lieferscheine, oder die zur Gänze handgeschriebenen Bautagesberichte der Poliere und Bauleiter, stellen dabei eine besondere Herausforderung in der Digitalisierung dar.

Im ohnehin straff bemessenen Bauzeitplan, mit den oftmals knapp kalkulierten Personalressourcen, ist es den Verantwortlichen nicht möglich, eine digitale Abschrift von Bautagesberichten durchzuführen, um sie für eine weitere Verarbeitung in der Cloud zur Verfügung zu stellen. Daher wäre es von Vorteil, könnten Lieferscheine, Bautagesberichte und sonstige Aufzeichnungen verschiedenster Art und Qualität (digital geschrieben, ausgedruckt, handgeschrieben oder durchgeschlagen) mittels einer Handschrifterkennung für eine weitere Datenanalyse mittels Cloud Computing digitalisiert und aufbereitet werden.

5.1 Cloud Computing – Plattformen

Die im zweiten Kapitel beschriebenen Grundlagen und Typisierungen von Cloud-Modellen, wie zum Beispiel IaaS, PaaS oder SaaS, finden auch bei allen größeren Cloud-Anbietern Anwendung. Dabei ist jedoch zu erkennen, dass die Wettbewerber sich unterschiedlich stark in den drei Liefermodellen engagieren, weshalb die zu treffende Aussage über den aktuellen Marktführer im Cloud Computing von mehreren Gesichtspunkten her betrachtet gehört.

Dies führte zur Situation, wie ein Bericht aus dem September 2020 aufzeigt, dass Google, Microsoft und Amazon abermals den globalen Cloud-Computing-Markt im Bereich des „Infrastructure as a Service“ und des „Platform as a Service“ anführten, den sie gemeinsam mit drei weiteren Anbietern, laut eines weiteren Berichts, bereits im Juli 2019 zu 80% für sich beanspruchten.^{173,174}

Diese IaaS & PaaS Marktpositionen sind im so genannten „Magic Quadrant“ aus der nachstehenden Abbildung 5-2 ersichtlich.

¹⁷³ Vgl.: <https://www.gartner.com/doc/reprints?id=1-1ZDZDMTF&ct=200703&st=sb>. Datum des Zugriffs: 05.04.2021

¹⁷⁴ Vgl.: <https://www.gartner.com/en/newsroom/press-releases/2019-07-29-gartner-says-worldwide-iaas-public-cloud-services-market-grew-31point3-percent-in-2018>. Datum des Zugriffs: 05.04.2021

Amazon belegte damit zum zehnten Mal in Folge den absoluten Spitzenplatz.¹⁷⁵

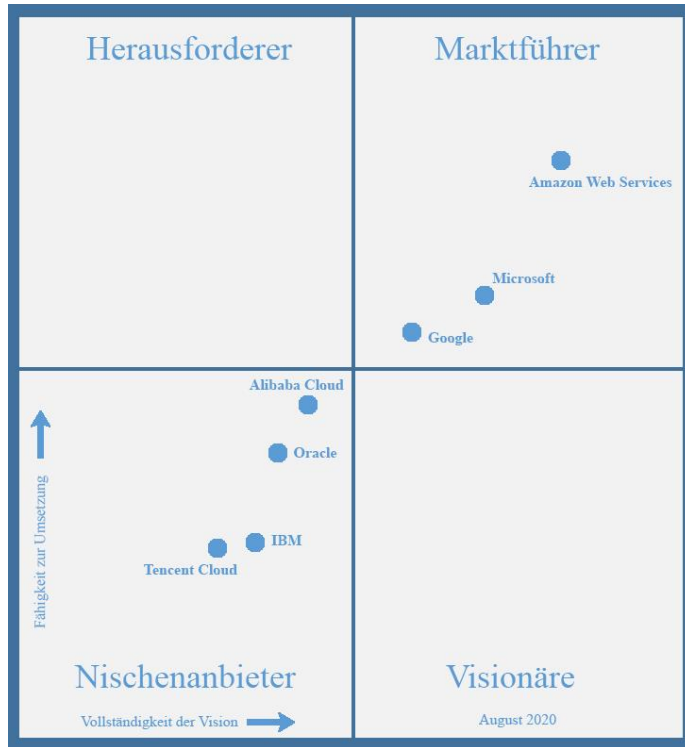


Abbildung 5-1 „Magic Quadrant“ der weltweiten Marktführer IaaS & PaaS¹⁷⁶

Andererseits lagen, wie aus nachstehender Abbildung 5-2 ersichtlich, die Cloud-Anbieter Google, Microsoft und Amazon, gemessen am Gesamtumsatz aller verfügbarer Cloud-Computing-Anwendungen, nicht wie in der zuvor beschriebenen Reihenfolge. Da sich Microsoft in den letzten Jahren im Cloud-Computing-Geschäft breitbeiniger aufgestellt hat, rangieren sie auf Platz eins, dicht gefolgt von Amazon und weit abgeschlagen auf dem fünften Platz, Google.

¹⁷⁵ Vgl.: <https://kinsta.com/de/blog/google-cloud-vs-aws/>. Datum des Zugriffs: 17.02.2021

¹⁷⁶ In Anlehnung an: <https://www.gartner.com/doc/reprints?id=1-1ZDZDMTF&ct=200703&st=sb>. Datum des Zugriffs: 05.04.2021

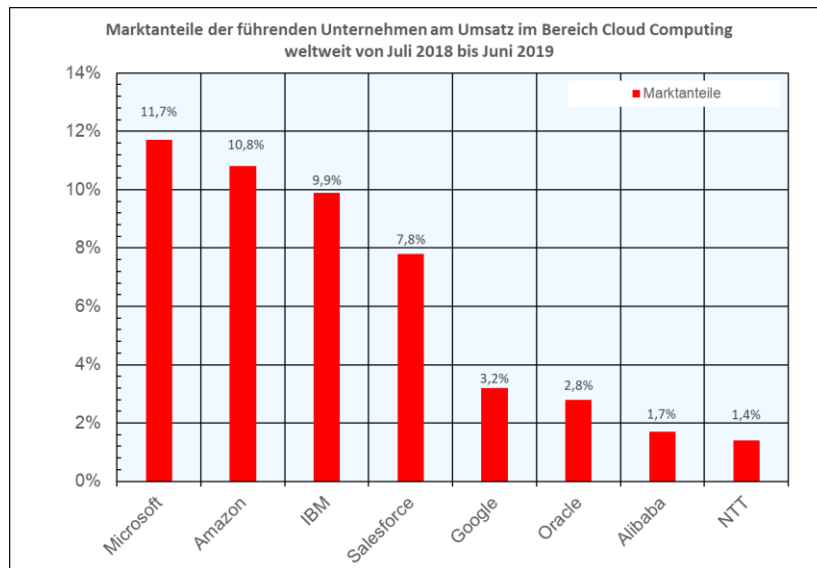


Abbildung 5-2 Marktanteile nach Umsatz im Bereich Cloud Computing¹⁷⁷

Aus dem Vergleich dieser beiden Grafiken ist zu erkennen, dass eine eindeutige Aussage zur Marktposition nicht immer vom globalen Gesamtumsatz allein abhängig ist. Möglich ist auch, dass andere Anbieter in ihren Geschäftsfeldern absolute Vorreiter in der Umsetzung des Cloud-Computing-Gedanken sind. Damit haben sie die besten Karten im unerbittlichen Machtkampf nach der Marktführerschaft in ihren Händen. Im Speziellen werden nachfolgend die drei Internet-Giganten Amazon, Google und Microsoft mit ihren Cloud-Plattformen angeführt und es wird dabei auf ihre jeweilige Entstehungsgeschichte eingegangen. Amazon und Microsoft werden wegen ihrer großen Marktanteile am Gesamtjahresumsatz der Branche betrachtet und Google hingegen wegen des rasant gewachsenen Umsatzes. Nach der Chronologie ihres Einstiegs wird zuerst Amazon, danach Google und zum Schluss Microsoft näher erläutert.

5.1.1 Amazon Web Services

Wie beschrieben, startete Amazon im Jahr 2006 als erstes der drei genannten Anbieter einen mittlerweile weltweit operierenden Cloud-Computing-Dienst unter der damaligen Bezeichnung „Amazon Elastic Compute Cloud“. Dieser Webdienst richtete sich zu Beginn der Einführung insbesondere an Firmen und Entwickler, um ihnen eine skalierbare Rechenkapazität zu ermöglichen.¹⁷⁸

¹⁷⁷ Vgl.: <https://de.statista.com/statistik/daten/studie/150979/umfrage/marktanteile-der-fuehrenden-unternehmen-im-bereich-cloud-computing/>. Datum des Zugriffs: 09.01.2021

¹⁷⁸ Vgl.: <https://aws.amazon.com/de/about-aws/whats-new/2006/08/24/announcing-amazon-elastic-compute-cloud-amazon-ec2-beta/>. Datum des Zugriffs: 01.12.2020

Der Gedanke, Rechenleistung anderen Benutzern über das Internet zur Verfügung zu stellen, kam den Verantwortlichen bei Amazon, um die vorherrschenden Skalierungsprobleme im eigenen Haus unter Kontrolle zu bringen. An Feiertagen, insbesondere vor Weihnachten, mussten große Rechenleistungen für den Andrang der Käufer auf der gleichnamigen E-Commerce-Plattform zur Verfügung stehen. Die Server verursachten jedoch unter dem Jahr hohe Bereitstellungskosten, die nun mit der Öffnung für die Allgemeinheit aus Abo-Modellen auch Einnahmen generierten.¹⁷⁹

Amazon entwickelte den Webdienst stetig weiter, der heutzutage mehr als 200 verschiedene Dienste in 80 sogenannten „Availability Zones“ anbietet. Neben Datenspeicherung, Analysen und Entwicklertools sind auch eine Reihe von Diensten mit einer KI-Unterstützung verfügbar, und bietet das größte Funktionsspektrum in der Branche an.¹⁸⁰

Wie in nachstehender Abbildung 5-3 ersichtlich ist, stieg der Umsatz in den vergangenen Jahren rasant an und wies in den letzten drei Jahren einen Zuwachs von fast 10 Milliarden US-Dollar p.a. aus.

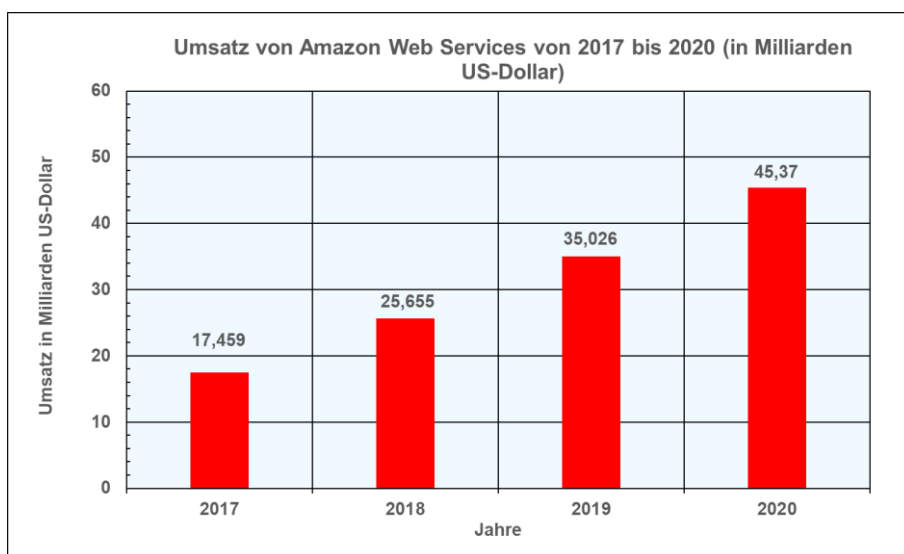


Abbildung 5-3 Umsatz von Amazon Web Services von 2017 bis 2020^{181,182}

Damit liegt Amazon mit Amazon Web Services weltweit auf Platz zwei hinter der Microsoft Corporation.¹⁸³

¹⁷⁹ Vgl.: LINDNER; NIEBLER; WENZEL: Der Weg in die Cloud. S. 7

¹⁸⁰ Vgl.: <https://aws.amazon.com/de/what-is-aws/>. Datum des Zugriffs: 06.04.2021

¹⁸¹ Vgl.: https://s2.q4cdn.com/299287126/files/doc_financials/2020/q4/Amazon-Q4-2020-Earnings-Release.pdf
Datum des Zugriffs: 05.04.2021

¹⁸² Vgl.: https://s2.q4cdn.com/299287126/files/doc_financials/2020/ar/2019-Annual-Report.pdf
Datum des Zugriffs: 05.04.2021

¹⁸³ Vgl.: <https://de.statista.com/statistik/daten/studie/150979/umfrage/marktanteile-der-fuehrenden-unternehmen-im-bereich-cloud-computing/>. Datum des Zugriffs: 09.01.2021

Unter der großen Anzahl an Cloud-Anwendungen findet sich auch der Dienst „Amazon Textract“, welcher mittels Machine-Learning (ML) darauf ausgelegt ist, gedruckte sowie auch handschriftliche Dokumente automatisiert zu digitalisieren, bzw. Daten aus den eingescannten Textdateien zu extrahieren. Amazon verspricht, dass Textract über die bekannte optische Zeichenerkennung, auf Englisch Optical Character Recognition (OCR), hinausgeht. So soll es möglich sein, Millionen von Seiten in nur wenigen Stunden zu digitalisieren.¹⁸⁴

5.1.2 Google Cloud Platform

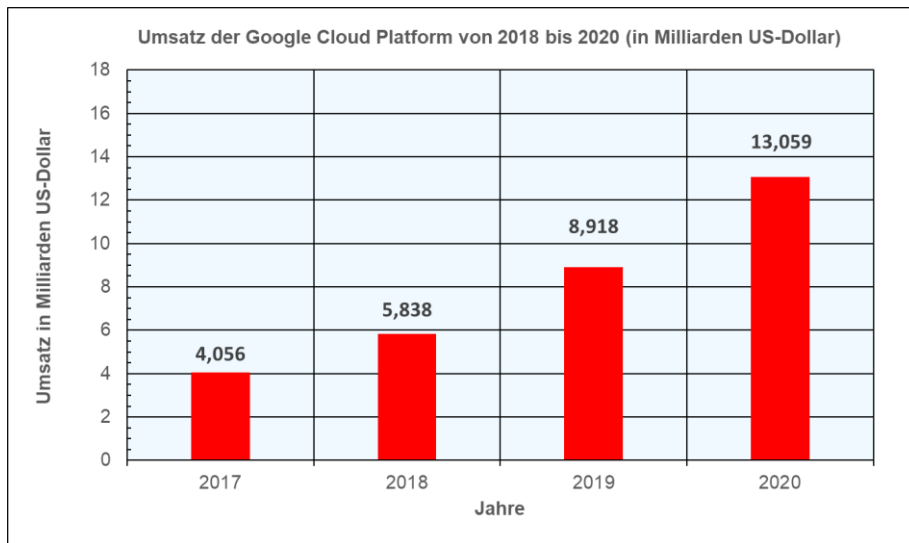
Als nächster großer Mitbewerber im Cloud-Computing-Markt verkündete Google im April 2009, zwei Jahre nach Amazon, mit der damals bezeichneten App Engine ebenfalls eine Cloud Computing Plattform einzuführen. Nutzer konnten ab diesem Zeitpunkt erstmalig eigens entwickelte Webanwendungen innerhalb der Google Infrastruktur ausführen und deren skalierbare Leistung in Anspruch nehmen. Ab einer gewissen Nutzeranzahl ihrer Anwendungen stehen nämlich Entwickler vor der Herausforderung den enormen Datenverkehr auf einer eigenen Infrastruktur zu bewerkstelligen. Darüber hinaus wurde es den Entwicklern ermöglicht, auch eigens von Google erstellte Entwicklungsumgebungen bzw. Bausteine daraus für ihre Anwendungen zu nutzen.¹⁸⁵

Die Google Cloud Plattform lag zwar, wie bereits beschrieben, am Gesamtsatz der Branche im Jahr 2019 nur auf Platz 5, die Entwicklung der letzten Jahre zeigt jedoch, dass sich der Umsatz seit 2017 mehr als verdreifacht hat. Während sich durch den Ausbruch der Corona-Pandemie die Google Muttergesellschaft Alphabet erstmals seit ihrem Börsengang 2004 mit einem Umsatzrückgang konfrontiert sah, was vor allem auf reduzierte Werbeeinnahmen zurückzuführen ist, verzeichnete das Cloud-Geschäft hingegen ein starkes Wachstum, wie in nachstehender Abbildung 5-4 ersichtlich wird.¹⁸⁶

¹⁸⁴ Vgl.: <https://aws.amazon.com/de/textract/>. Datum des Zugriffs: 18.03.2021

¹⁸⁵ Vgl.: <https://googleappengine.blogspot.com/2008/04/introducing-google-app-engine-our-new.html>
Datum des Zugriffs: 10.01.2021

¹⁸⁶ Vgl.: <https://kinsta.com/de/blog/google-cloud-vs-aws/>. Datum des Zugriffs: 17.02.2021

Abbildung 5-4 Umsatz Google Cloud Platform bis 2020^{187,188}

Google liefert, ebenso wie Amazon, einen hauseigenen Cloud-Dienst zur Dokumenten- bzw. Texterkennung. Der „Document AI“ genannte Dienst bedient sich hierbei des maschinellen Lernens, um Texte bzw. Daten aus den hochgeladenen Dokumenten zu extrahieren. Damit sollen die Geschäftsprozesse der Cloud-Nutzer durch die Automatisierung des Prozesses effizienter gestaltet werden. Mit über 200 unterstützten Sprachen und Algorithmen des neuronalen Deep-Learning erhofft sich Google die OCR-Texterkennung präzise anwenden zu können.¹⁸⁹

5.1.3 Microsoft Azure

Der letzte hier vorgestellte Cloud-Anbieter ist die Microsoft Corporation mit seinem Cloud-Dienst „Microsoft Azure“. Jahrzehntlang war Microsoft dem Endbenutzer durch die unterschiedlichsten Versionen seines Betriebssystems Windows und der Office-Pakete bekannt und konzentrierte sich vielmehr auf diese Segmente.

Daher verkündete Microsoft als einer der derzeitigen Global Player im Jahr 2010 den verhältnismäßig späten Einstieg in den Cloud-Computing-Markt mit der noch damals lautenden Plattform „Windows Azure“.¹⁹⁰

Der Funktionsumfang und der Umsatz haben sich seither rasant weiterentwickelt. Microsoft wird in Fachkreisen unter den Top 3 der führenden

¹⁸⁷ Vgl.: Alphabet Announces Fourth Quarter and Fiscal Year 2019 Results. https://abc.xyz/investor/static/pdf/2019Q4_alphabet_earnings_release.pdf?cache=79552b8
Datum des Zugriffs: 03.04.2021

¹⁸⁸ Vgl.: Alphabet Announces Fourth Quarter and Fiscal Year 2020 Results. https://abc.xyz/investor/static/pdf/2020Q4_alphabet_earnings_release.pdf?cache=9e991fd
Datum des Zugriffs: 03.04.2021

¹⁸⁹ Vgl.: <https://cloud.google.com/document-ai?hl=de>. Datum des Zugriffs: 06.04.2021

¹⁹⁰ Vgl.: <https://web.archive.org/web/20101029164008/http://blogs.msdn.com/b/windowsazure/archive/2010/02/01/windows-azure-platform-now-generally-available-in-21-countries.aspx>. Datum des Zugriffs: 01.12.2020

Anbieter des Cloud-Computing-Marktes genannt. Das lässt sich auch an den jährlichen Umsatzzahlen festmachen. Hier liegt Microsoft mit seinen Cloud-Services auf Platz 1 des Gesamtumsatzes der Branche, dicht gefolgt von Amazon. Vor allem im Bereich des Software as a Service und Infrastructure as a Service behauptet Microsoft Platz 1 und Platz 2.^{191,192,193,194}

Die Umsatzentwicklung im Bereich des Cloud Computing legte stetig zu, wie in nachstehender Abbildung 5-5 ersichtlich ist.

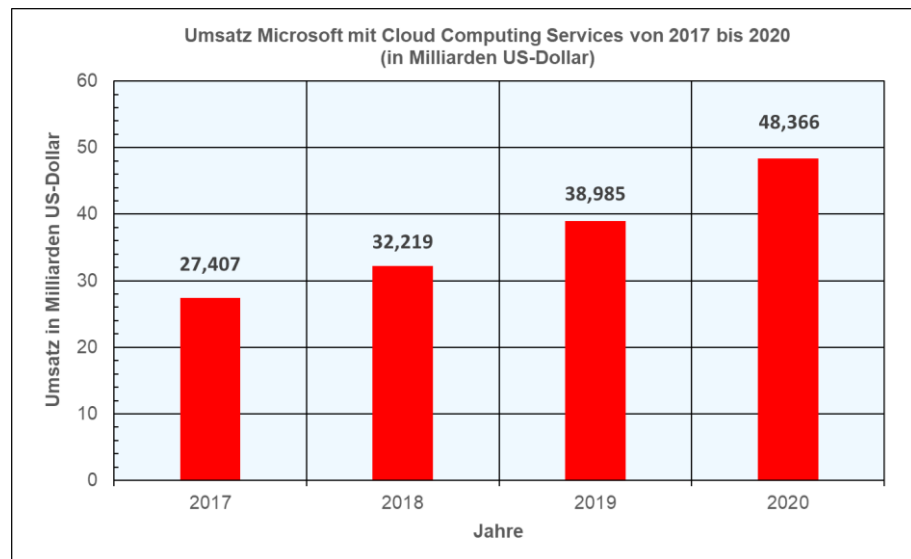


Abbildung 5-5 Umsatz Microsoft mit Cloud Computing von 2017 bis 2020^{195,196}

Auch Microsoft Azure offeriert Möglichkeiten, Informationen aus Texten und Dokumenten automatisch zu extrahieren. Diese durch Künstliche Intelligenz gestützte Software wird unter dem Namen „Form Recognizer“ vertrieben und soll mittels maschinellen Lernens unter anderem Dokumentstrukturen und Texte erkennen können. Ebenfalls stehen hier die Automatisierung der Geschäftsprozesse und damit eine Effizienzsteigerung im Fokus des Benutzers.¹⁹⁷

¹⁹¹ Vgl.: <https://www.gartner.com/doc/reprints?id=1-1ZDZDMTF&ct=200703&st=sb>. Datum des Zugriffs: 05.04.2021

¹⁹² Vgl.: <https://de.statista.com/statistik/daten/studie/150979/umfrage/marktanteile-der-fuehrenden-unternehmen-im-bereich-cloud-computing/>. Datum des Zugriffs: 09.01.2021

¹⁹³ Vgl.: <https://de.statista.com/statistik/daten/studie/817910/umfrage/marktanteile-am-umsatz-mit-software-as-a-service-weltweit/>. Datum des Zugriffs: 06.04.2021

¹⁹⁴ Vgl.: <https://de.statista.com/statistik/daten/studie/754647/umfrage/marktanteile-am-umsatz-mit-infrastructure-as-a-service-weltweit/>. Datum des Zugriffs: 06.04.2021

¹⁹⁵ Vgl.: <https://www.microsoft.com/investor/reports/ar19/index.html>. Datum des Zugriffs: 05.04.2021

¹⁹⁶ Vgl.: <https://www.microsoft.com/investor/reports/ar20/index.html>. Datum des Zugriffs: 05.04.2021

¹⁹⁷ Vgl.: <https://azure.microsoft.com/en-us/services/cognitive-services/form-recognizer/>. Datum des Zugriffs: 06.04.2021

5.2 Aufgabenstellung

Mittels einer Cloud-Computing-Anwendung von Microsoft Azure soll die Praktikabilität sowie die Aussagekraft zur Formularerkennung exemplarisch untersucht werden. Die Entscheidung dafür, in der vorliegenden Arbeit Microsoft Azure auszuwählen, geht von der Annahme aus, dass der Marktführer eine erhöhte Qualität der angebotenen Dienste im Vergleich zu den Mitbewerbern erwarten lässt.

Dabei wird besonders darauf geachtet, die Handschrift-, Text- und Dokumentgliederung auf ihre Praxistauglichkeit für einen Einsatz auf Baustellen zu überprüfen. Die ausgewerteten Daten werden im Anschluss nach der Qualität und der Aussagekraft bewertet. Gegeben falls wird eine notwendige Anpassung der Eingangsdokumente durchgeführt und eine neuerlichen Auswertung mittels Cloud-Computing durchgeführt.

5.3 Aufbau & Inhalt der Dokumente

Bevor mit dem Einlesen der Testinhalte begonnen werden kann, wird in diesem Unterkapitel der schematische Aufbau, sowie der Inhalt der Dokumente erläutert. Zur Veranschaulichung des aktuellen Standes der Handschriften-, Text- und Formularerkennung von Microsoft Azure werden die in Abbildung 5-6 angeführten Lieferscheine „Nr. 977 OK“ der Firma Omega Druck aus Wien verwendet. Solche selbstdurchschlagenden Lieferscheine finden in der Praxis - trotz zunehmender Digitalisierung - weiterhin Anwendung.



Abbildung 5-6 Selbstdurchschlagendes Lieferscheinbuch¹⁹⁸

¹⁹⁸ <https://omega-druck.at/wp-content/uploads/2017/11/977-OK.jpg>. Datum des Zugriffs: 01.02.2021

Diese Lieferscheine werden im Baugewerbe häufig für firmeninterne Transporte zwischen dem Bauhof und der Baustelle verwendet, und sollen exemplarisch auch für ähnlich gegliederte, durchschlagfähige Lieferscheine von externen Lieferanten für Baustoffe wie Beton, Bewehrungsstahl, Ziegel, etc. dienen.

5.3.1 Aufbau der Lieferscheine

Jede Lieferung besteht aus dem originalen, weißen Lieferschein und der rosaroten, durchgeschlagenen Kopie, dem Gegenschein. Der Aufbau der Blankoscheine ist aus der nachstehender Abbildung 5-7 ersichtlich.

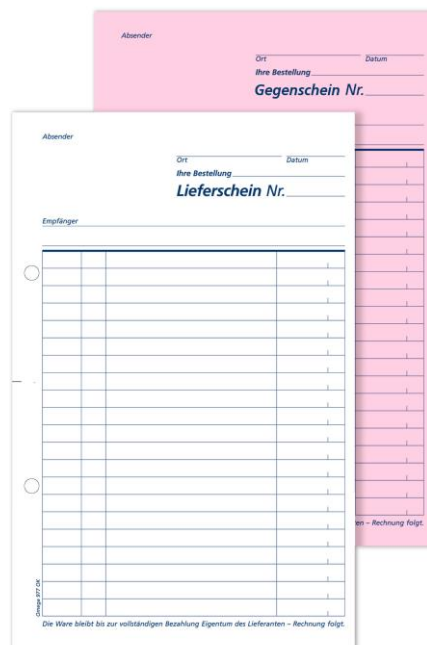


Abbildung 5-7 Aufbau der Lieferscheine¹⁹⁹

Um eine verbesserte Aussagekraft zu erlangen, wurden die Lieferscheine auf zwei unterschiedliche Arten ausgefüllt und für die anschließende Cloud-Analyse mit 300 dpi Auflösung als PDF-Datei eingescannt. Dazu wurden 20 handschriftliche Proben von 10 unterschiedlichen Personen eingeholt.

5.3.2 Inhalt der Lieferscheine

Für das Ausfüllen des ersten Dokuments wurden die Probanden gebeten, einen vorgegebenen Text in Schreibschrift, für das zweite Dokument den identen Text in Blockschrift zu verfassen. Dafür wurde ein beispielhafter

¹⁹⁹ <https://omega-druck.at/wp-content/uploads/2017/11/9777-OK.jpg>. Datum des Zugriffs: 01.02.2021

Lieferschein für einen Transport von Baumaterialien der Baustelleneinrichtung zwischen Bauhof und Baustelle verfasst. Er beinhaltet, wie in nachstehender Abbildung 5-8 ersichtlich ist, verschiedene Baucontainer, Materialien für die Stromversorgung, sowie mobile Bauzäune samt den dafür notwendigen Kleinteilen.

Absender		GRAZ	02.03.21
		Ort	Datum
Ihre Bestellung BAUSTELLENEINRICHTUNG			
Lieferschein Nr. 2021/014			
Empfänger		BAUSTELLE 1 - BAU-GmbH	
CONTAINER			
STK	3	BAUBÜRO	
STK	2	MAGAZIN	
STK	2	PAUSENRAUM	
STROM			
STK	1	AGGREGAT 20 kVA	
STR	10	STROMKABEL 10m	
STK	2	SICHERUNGSKASTEN	
BAUZAUN			
STK	20	MOBILZAUN	
STK	40	FUSSPLATTE	
STK	15	VERBINDUNGSSCHELLE	
<small>Die Ware bleibt bis zur vollständigen Bezahlung Eigentum des Lieferanten. – Rechnung folgt.</small>			

Abbildung 5-8 ausgefüllter Lieferschein in Blockschrift

Im Anschluss erfolgte die cloudbasierte Verarbeitung bzw. Analyse der Lieferscheine mittels des Cloud-Dienstes „Form Recognizer“ der Microsoft Cloud „Azure“, welcher zu Beginn des nachfolgenden Kapitels 5.4 beschrieben wird.

5.4 Microsoft Azure – Form Recognizer

Microsoft betreibt als Marktführer²⁰⁰ im Bereich Cloud Computing eine Reihe unterschiedlicher Anwendungen, um seinen Kunden eine Analyse von Texten sowie Bildern ermöglichen zu können.

Aus der Produktfamilie der Cognitive-Service-Anwendungen stehen unter anderem folgende von einer KI unterstützten Dienste für eine Text- und Bildanalyse zur Verfügung:²⁰¹

- Form Recognizer

²⁰⁰ Vgl.: <https://de.statista.com/statistik/daten/studie/150979/umfrage/marktanteile-der-fuehrenden-unternehmen-im-bereich-cloud-computing/>. Datum des Zugriffs: 09.01.2021

²⁰¹ Vgl.: <https://azure.microsoft.com/en-us/services/cognitive-services/>. Datum des Zugriffs: 09.01.2021

- Text Analytics
- Computer Vision
- Cognitive Search

Die Untersuchung der Lieferschein-Formulare erfolgt in diesem Beispiel mit der Anwendung „Form Recognizer“ bzw. ihrer deutschen Bezeichnung „Formularerkennung“.

Die Entwicklung der Anwendung ist speziell auf die Formularerkennung ausgerichtet und ermöglicht somit präzise Ergebnisse. Die Geschäftsprozesse werden durch die automatisierte Extrahierung der Daten, sowie der Möglichkeit den Aufbau des Formulars zu erkennen, wesentlich erleichtert. Mit Hilfe des Einsatzes des maschinellen Lernens ist der Form Recognizer in der Lage Dokumentstrukturen wie Formularfelder oder Tabellen zu erkennen und zu extrahieren. Somit lässt sich mit wenigen Beispieldokumenten das System auf firmenspezifische Dokumente trainieren.²⁰²

Alle weiteren genannten Dienste sind grundsätzlich ebenfalls in der Lage Texte zu analysieren, jedoch gibt es Unterschiede in der Qualität der Ergebnisse bzw. liegen ihre Stärken auf anderen Gesichtspunkten, als jene der spezialisierten Formularerkennung.

So ist „Computer Vision“ in der Lage, neben einer reinen Textextraktion mittels OCR, auch Objekte aus Bildern bzw. Videos zu extrahieren und zu benennen, sowie räumliche Bewegungsanalysen von Personen durchzuführen.²⁰³

Dieser KI-Dienst ist somit vielmehr auf die Analyse und Kategorisierung von Objekten mit Hilfe des maschinellen Sehens spezialisiert und nicht auf die Textanalyse und Handschrifterkennung in Formularen.

Einrichtung der Cloud-Anwendung

Um die Vielzahl an Cloud-Anwendungen von Azure nutzen zu können, muss zu Beginn ein „Microsoft Azure Konto“ eingerichtet werden. Für Testzwecke bietet Microsoft derzeit 25 Dienste kostenlos an, eine Reihe weiterer für den Zeitraum von 12 Monaten. Zusätzlich wird für die Dauer eines 30-tägigen Testzeitraums ein Bonus mit 170 € Guthaben für andere, kostenpflichtige Anwendungen geboten.²⁰⁴

Für die Bearbeitung dieser Masterarbeit wurde das eigens für Bildungseinrichtungen verfügbare „Azure for Students“-Konto gewählt, mit dem es

²⁰² Vgl.: <https://azure.microsoft.com/de-de/services/cognitive-services/form-recognizer/#features>. Datum des Zugriffs: 08.04.2021

²⁰³ Vgl.: <https://azure.microsoft.com/de-de/services/cognitive-services/computer-vision/>. Datum des Zugriffs: 04.03.2021

²⁰⁴ Vgl.: <https://azure.microsoft.com/de-de/free/>. Datum des Zugriffs: 07.04.2021

derzeit nach der Registrierung möglich ist, 100 USD in einem Zeitraum von 12 Monaten auf der Cloud-Plattform zu verwenden.²⁰⁵

Nach erfolgter Registrierung auf der Website von Microsoft Azure unter

<https://azure.microsoft.com/de-de/>

findet der Benutzer, wie in Abbildung 5-9 ersichtlich, das Backend bzw. Portal wie es Microsoft nennt vor, um mit der weiteren Einrichtung der Cloud-Anwendung fortzufahren.

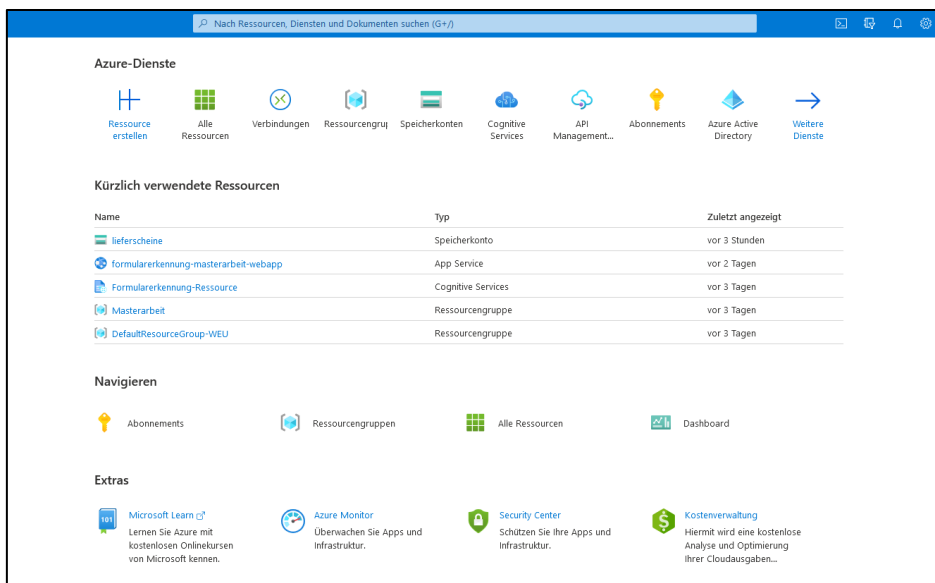


Abbildung 5-9 Azure Portal - Backend²⁰⁶

Die Einrichtung des Form Recognizers bedarf einer Reihe von Abonnements, so genannter Ressourcen, sowie gewisse Einstellungen, um diese miteinander zu verknüpfen. Dazu wurde folgender Leitfaden in Anspruch genommen.

<https://docs.microsoft.com/de-de/azure/cognitive-services/form-recognizer/quickstarts/label-tool?tabs=v2-0>

²⁰⁵ Vgl.: <https://azure.microsoft.com/de-de/free/free-account-students-faq/>. Datum des Zugriffs: 07.04.2021

²⁰⁶ <https://portal.azure.com/#home>. Datum des Zugriffs: 15.04.2021

Für den Betrieb der Formularerkennung mittels einer grafischen Oberfläche und einem Webzugriff werden folgende Ressourcen benötigt, deren Konfiguration im Anschluss erläutert wird:

- Ressourcengruppe
- Formularerkennung aus den Cognitive Services (Form Recognizer)
- Speicherkonto
- Web-App mit Betriebssystem (Linux oder Windows)

5.4.1 Ressourcengruppe

Die Erstellung einer Ressourcengruppe ist notwendig, um eine eindeutige Zuordnung der verwendeten Cloud-Ressourcen zu ermöglichen. Sie stellt somit eine Kategorie für jedes umgesetzte Cloud-Projekt dar. Erstellt wird sie im Portal über den Menüpunkt „Ressource erstellen“. In der nachstehenden Abbildung 5-10 ist die Übersicht der verschiedenen Cloud-Anwendungen angeführt.

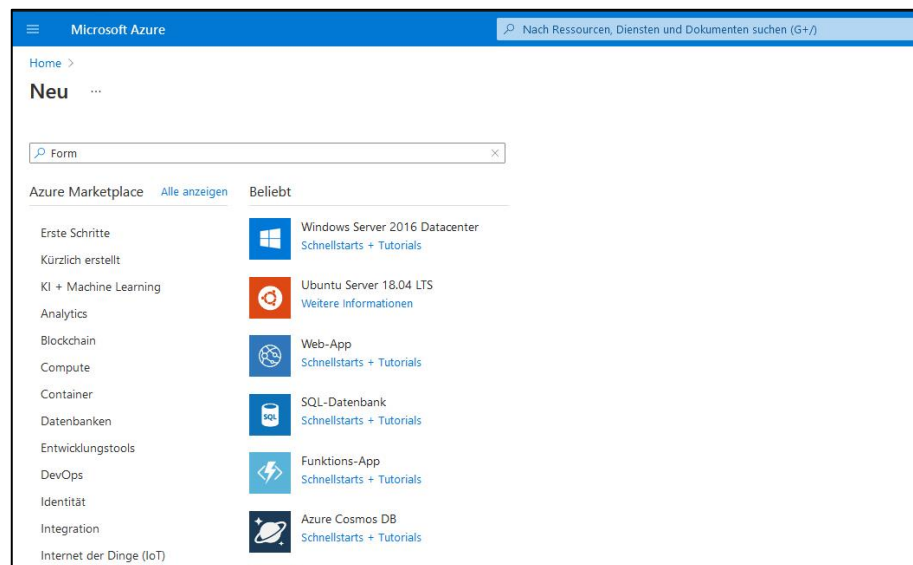


Abbildung 5-10 Ressourcen-Übersicht²⁰⁷

Mittels der vorhandenen Suchfunktion und anschließender Bestätigung der Schaltfläche „Ressourcengruppe erstellen“ konnte die Einrichtung gestartet werden. Wie in Abbildung 5-11 ersichtlich ist, wurde der Name „Masterarbeit für diese Gruppe gewählt, und das Abonnement „Azure für Bildungseinrichtungen“ mit jener verknüpft. Somit können sämtliche Abrechnungen über das genannte Konto erfolgen. In den Ressourcendetails muss der Standort bzw. die Region der Serveranlagen gewählt werden.

²⁰⁷ <https://portal.azure.com/#create/hub>. Datum des Zugriffs: 15.04.2021

Das hat vor allem auch Auswirkungen auf einen möglichen Zugriff der Daten von Behörden und auf die geltenden Datenschutzbestimmungen des jeweiligen Landes.

Abbildung 5-11 Erstellung einer Ressourcengruppe²⁰⁸

5.4.2 Cognitive Services Formularerkennung-Ressource

Nach der Erstellung der Ressourcengruppe wurde, ebenfalls über das Menu „Ressource erstellen“, die eigentliche Formularerkennungssoftware „Form Recognizer“ - im deutschsprachigen Portal „Formularerkennung“ genannt - eingerichtet. Wie in der nachstehenden Abbildung 5-12 ersichtlich, wurde die Ressourcengruppe „Masterarbeit“ mit dem Abonnement „Azure für Bildungseinrichtungen“ verknüpft. Im Anschluss daran wurde die Region bzw. der physische Standort der Datenserver mit „Europa, Westen“ gewählt, der Name „Formularerkennung-Ressource“ als Name eingetragen und für den im Umfang begrenzten Testzweck die Gratisversion „Standard S0“ gewählt.

²⁰⁸ <https://portal.azure.com/#create/Microsoft.ResourceGroup>. Datum des Zugriffs: 15.04.2021

Abbildung 5-12 Erstellung der Formularerkennung²⁰⁹

5.4.3 Speicherkonto

Im Anschluss an die vorherigen Einrichtungen der eigentlichen Cloud-Anwendung zur Formularerkennung, muss in weiterer Folge ein geeignetes Speicherkonto erstellt werden. Über dieses Speicherkonto werden alle notwendigen Datentransfers gesteuert. Dazu gehören einerseits die zu analysierenden Primärdaten, sowie alle von der Cloud-Anwendung erzeugten Ergebnisse.

Für die Einrichtung wurde - ebenso über „Ressource erstellen“ - der Menüpunkt „Speicherkonto“ aufgerufen. Wie in Abbildung 5-13 gezeigt wird, muss auch hier das Speicherkonto mit der Ressourcengruppe „Masterarbeit“ verknüpft werden. Nach der Eingabe eines geeigneten Namens für das Konto, in diesem Fall „lieferscheine“, wurde der Standort der Datenspeicherung auf „Europa, West“ gestellt. Anschließend muss die Kontoart bzw. der Speichertyp ausgewählt werden. In diesem Fall wurde ein so genannter „Blob-Speicher“ bzw. „BlobStorage“ ausgewählt.

Blob-Speicher heißen eigens von Microsoft entwickelte Objektspeicher, die eine hohe Datensicherheit bieten und speziell für unstrukturierte Daten aus dem Cloud-Einsatz entwickelt wurden. Es handelt sich dabei um kein fixes Speicherkontingent, da der Speicher fähig ist sehr flexibel mit der Menge der erzeugten Daten mitzuwachsen.²¹⁰

²⁰⁹ <https://portal.azure.com/#create/Microsoft.CognitiveServicesFormRecognizer>. Datum des Zugriffs: 15.04.2021

²¹⁰ Vgl.: <https://azure.microsoft.com/de-de/services/storage/blobs/#overview>. Datum des Zugriffs: 07.04.2021

The screenshot shows the 'Speicherkonto erstellen' page in the Microsoft Azure portal. The page is titled 'Speicherkonto erstellen' and has a breadcrumb 'Home > Neu >'. Below the title, there are tabs for 'Grundinstellungen', 'Netzwerk', 'Datenschutz', 'Erweitert', 'Tags', and 'Überprüfen + erstellen'. The 'Grundinstellungen' tab is active. The page contains several sections: 'Projektdetails' with a dropdown for 'Abonnement' (set to 'Azure für Bildungseinrichtungen') and 'Ressourcengruppe' (set to 'Masterarbeit'); 'Instanzendetails' with a text input for 'Speicherkontoname' (set to 'Ieferscheine'), a dropdown for 'Standort' (set to 'Europa, Westen'), radio buttons for 'Leistung' (set to 'Standard'), a dropdown for 'Kontart' (set to 'BlobStorage'), and a dropdown for 'Replikation' (set to 'Georedundanter Speicher mit Lesegriff (RA-GRS)'). At the bottom, there are buttons for 'Überprüfen + erstellen', '< Zurück', and 'Weiter: Netzwerk >'. The page also includes a search bar at the top right and a navigation bar at the top left.

Abbildung 5-13 Erstellung eines Speicherkontos²¹¹

5.4.4 App Service für Web-Anwendung

Die letzte hier angeführte Ressource ist nicht zwingend für den Einsatz der Formularerkennung notwendig. Sie wird benötigt, um eine von Microsoft vorgefertigte grafische Benutzeroberfläche (GUI) anwenden zu können. Diese wird über das Menü „Web-App erstellen“ eingerichtet. Wie aus der nachstehenden Abbildung 5-14 ersichtlich ist, muss nach der Verknüpfung mit der Ressourcengruppe „Masterarbeit“ ein Name für den Weblink erstellt werden. In diesem Fall „formularerkennung-masterarbeit-webapp“. Neben der bekannten Regionseinstellung „Europa-West“ muss außerdem ein Betriebssystem gewählt werden, auf dem die Web-App betrieben wird. Für den Testbetrieb wurde die Gratisversion von Linux mit 1 GB Arbeitsspeicher gewählt.

²¹¹ <https://portal.azure.com/#create/Microsoft.StorageAccount-ARM>. Datum des Zugriffs: 15.04.2021

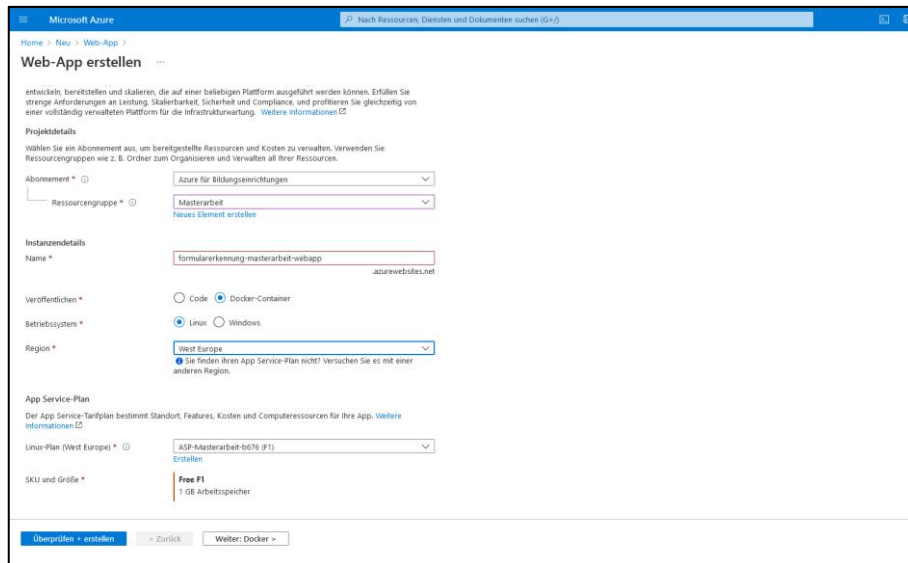


Abbildung 5-14 Erstellung einer Web-App-Anwendung²¹²

Im Menüpunkt „Alle Ressourcen“ befindet sich eine Auflistung aller zuvor erstellten Ressourcen, wie in Abbildung 5-15 ersichtlich. Bei geänderten Rahmenbedingungen kann hier ebenfalls eine weitere Anpassung vorgenommen werden.

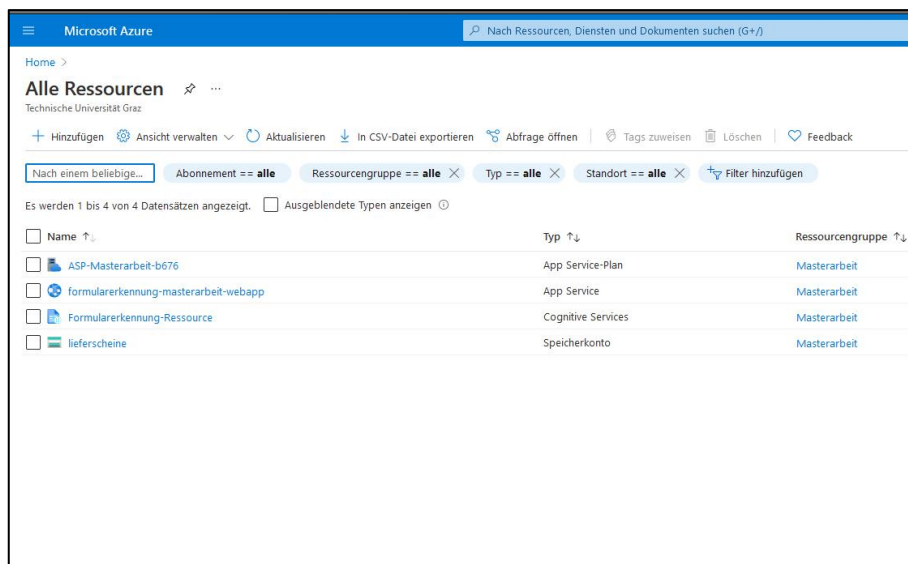


Abbildung 5-15 Ressourcenübersicht für den Betrieb der Formularerkennung²¹³

²¹² <https://portal.azure.com/#create/Microsoft.WebSite>. Datum des Zugriffs: 15.04.2021

²¹³ <https://portal.azure.com/#blade/HubsExtension/BrowseAll>. Datum des Zugriffs: 15.04.2021

Nach der erfolgten Aktivierung der Abonnements lässt sich die Web-App zur Formularerkennung starten. Dazu kommt der zuvor erstellte Link

<https://formularerkennung-masterarbeit-webapp.azurewebsites.net/>

zur Anwendung, der dann die in Abbildung 5-16 ersichtliche Oberfläche anzeigt.

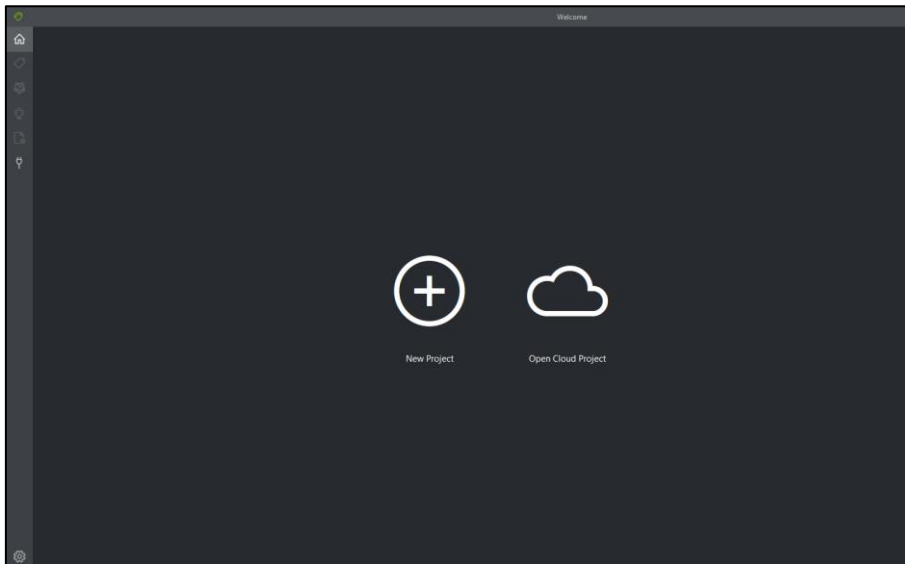


Abbildung 5-16 Microsoft Azure Formularerkennung Web-App²¹⁴

In weiterer Folge wird der Web-App Zugang zu den abonnierten Cloud-Ressourcen gefordert. Wie in Abbildung 5-17 verdeutlicht wird, muss dafür eine Verbindung zum Blob-Speicher aufgebaut werden. Nach der Benennung der Verbindung, hier „Verbindung-Masterarbeit“, und nach der Eingabe der so genannten „Shared Access Signature“ (SAS) aus den Blob-Speicher-Einstellungen, wird die Verbindung aufgebaut.

²¹⁴ <https://formularerkennung-masterarbeit-webapp.azurewebsites.net/>. Datum des Zugriffs: 15.04.2021

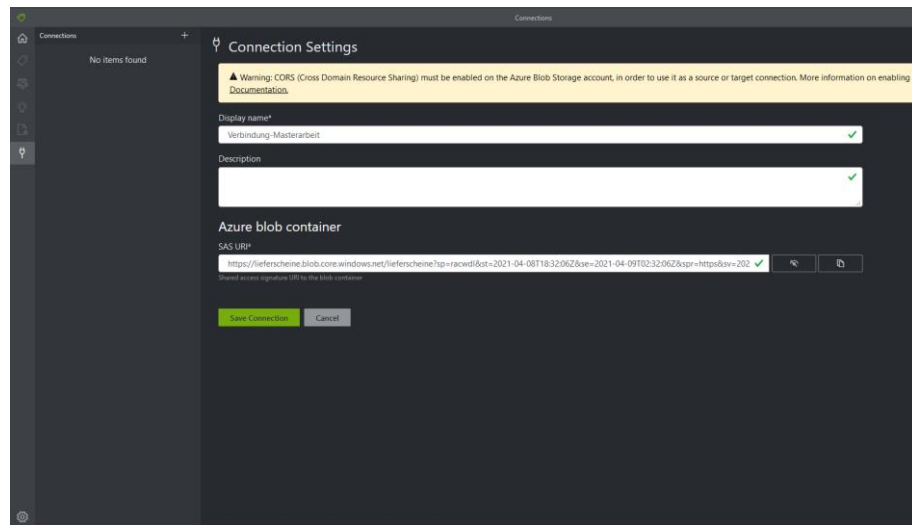


Abbildung 5-17 Verbindungseinstellungen²¹⁵

Im nächsten Schritt wurde für die beiden Testläufe ein so genannter Security Token generiert. Die dafür notwendigen Sicherheitsschlüssel finden sich im Backend der Formularerkennungs-Ressource (Form Recognizer). Wie in Abbildung 5-18 dargestellt ist, bedarf es dafür auch eine Namensgebung, die mit „Test-Schreibschrift“ und „Test-Blockschrift“ vorgenommen wurde.

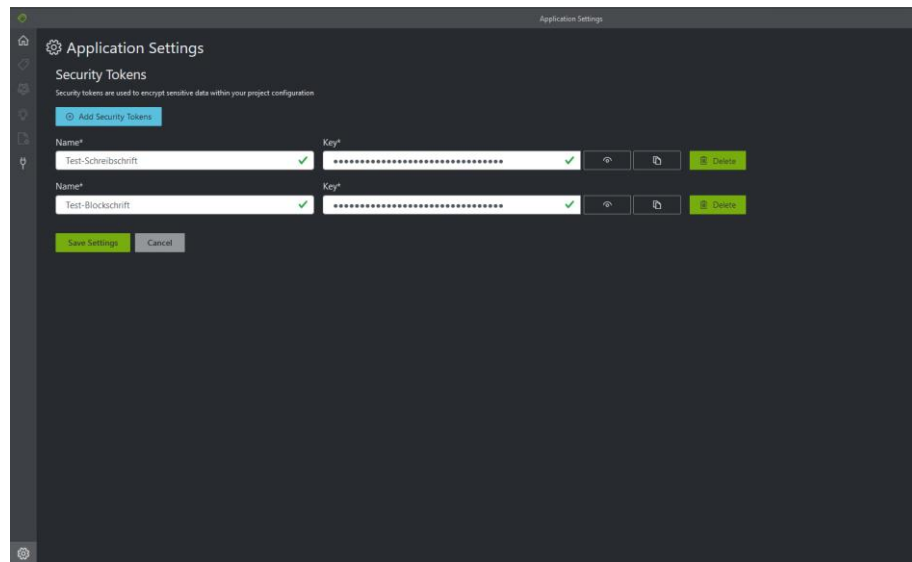


Abbildung 5-18 Einstellung Security Tokens²¹⁶

Als letzten Schritt der Web-App-Konfiguration müssen nun zwei eigenständige Projekte erstellt werden. Dazu wurde auf der Startseite der Web-

²¹⁵ <https://formularerkennung-masterarbeit-webapp.azurewebsites.net/connections/6c6MmpttD>
Datum des Zugriffs: 15.04.2021

²¹⁶ <https://formularerkennung-masterarbeit-webapp.azurewebsites.net/settings>. Datum des Zugriffs: 15.04.2021

App der Punkt „New Project“ ausgewählt. Wie aus Abbildung 5-19 ersichtlich ist, müssen neben einem Projektanten, hier „Test-Schreibschrift“, auch der zuvor erstellte Security Token, sowie die Verbindung-Masterarbeit mittels Drop-Down-Feld ausgewählt werden.

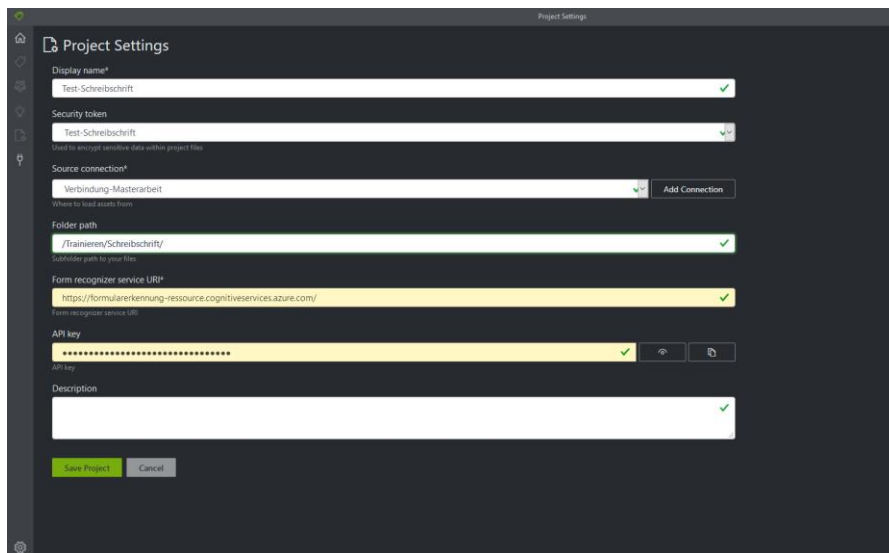


Abbildung 5-19 Projekteinrichtung für Schreibschrift²¹⁷

Der erforderliche Ordner-Pfad ist jener Pfad, der auf die gespeicherten Lieferscheine im erstellten Blob-Speicher verweist. Dieser Link ist im Programm, „Microsoft Azure Storage Explorer“, oder auch über das Azure-Portal abrufbar. Wie nachstehende Abbildung 5-20 aufzeigt, wird dazu zuerst der Blob-Speicher „lieferzscheine“ ausgewählt, und im Anschluss mittels Rechtsklick auf den bereits erstellten Ordner „Schreibschrift“ unter „URL kopieren“ ausgelesen.

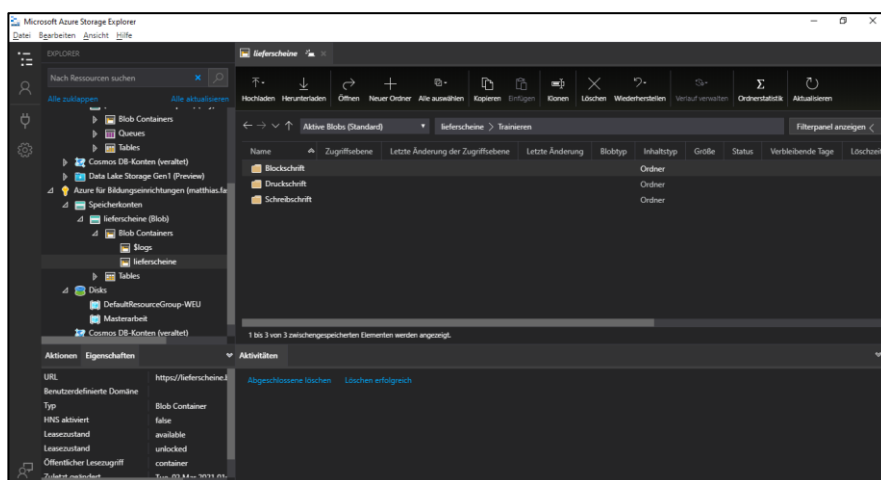


Abbildung 5-20 Azure Storage Explorer²¹⁸

²¹⁷ <https://formularenerkennung-masterarbeit-webapp.azurewebsites.net/projects/create>. Datum des Zugriffs: 15.04.2021

²¹⁸ Microsoft Azure Storage Explorer

Die noch beiden notwendigen Inhalte für den „Form recognizer service URL“ sowie der „API Key“ befinden sich im Azure-Portal in der Formularerkennungsressource. Analog zu den bisherigen Einstellungen wurde ein Projekt mit dem Namen „Test-Blockschrift“ erstellt wie in Abbildung 5-21 angezeigt wird.

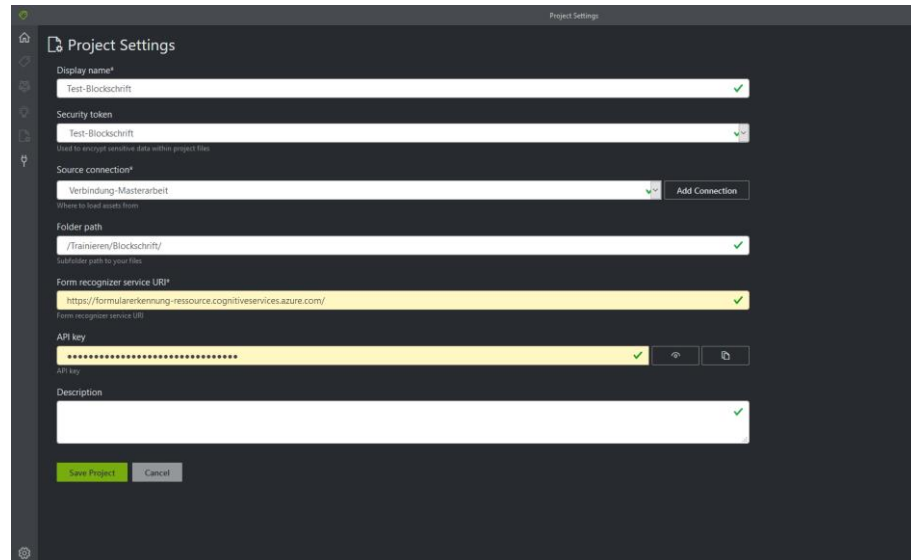


Abbildung 5-21 Projekteinrichtung für Blockschrift²¹⁹

5.5 Trainieren der Formularerkennung

Die Installation der Formularerkennungssoftware ist mit den zuvor beschriebenen Einstellungen abgeschlossen und es kann nun mit dem Training und mit der anschließenden Auswertung der Lieferscheine begonnen werden.

Azure bietet dem Kunden dafür zwei Möglichkeiten an. Entweder werden vordefinierte Formularmodelle verwendet, oder es kommen so genannte „Benutzerdefinierte Modelle“ zur Anwendung. Bei letzterem ist der Benutzer in der Lage firmenspezifische Formulare zu nutzen. Beim Trainieren erlernt die Formularerkennung das Lieferschein-Layout sowie die Verknüpfungen zwischen den Feldern und den Formularinhalten zu erkennen. Die hierfür verwendete Layout-API von Microsoft lernt dabei Position und Größe der Textelemente, so auch Tabellen, zu verstehen und auszuwerten. Es können hierfür gedruckte, aber auch händisch ausgefüllte Formulare verwendet werden. Im Anschluss daran, muss der Benutzer die Beschriftung der erkannten Felder vornehmen und ihnen zusätzlich Schlüssel-Werte wie zum Beispiel ein Datumsformat zuordnen.²²⁰

²¹⁹ <https://formularerkennung-masterarbeit-webapp.azurewebsites.net/projects/create>. Datum des Zugriffs: 15.04.2021

²²⁰ Vgl.: <https://docs.microsoft.com/de-de/azure/cognitive-services/form-recognizer/overview?tabs=v2-1>
Datum des Zugriffs: 16.04.2021

Microsoft empfiehlt für einen durchschnittlich Genauigkeitsgrad der Formularerkennung fünf verschiedene Dateien für das Training hochzuladen.²²¹

Entsprechend dieser Empfehlung wurden fünf verschiedene Schriftproben für Block- und Schreibschrift eingeholt, drei weitere für die nachfolgende Analyse. Um auch den Genauigkeitsgrad bei den Durchschlägen zu erhöhen, wurden ebenso die dazugehörigen fünf Lieferscheine in das Training mitaufgenommen.

Zu Beginn lädt die Formularerkennung die im Blob-Speicher enthaltenen Trainingsdateien in die Cloud und analysiert, mit der von Microsoft zur Verfügung gestellten OCR-Software, den darin enthaltenen Text. Wie aus nachfolgender Abbildung 5-22 ersichtlich ist, weist die Handschrifterkennung in der Analyse der Schreibschrift offensichtliche Schwächen bei der Erfassung der ausgefüllten Inhalte auf. Die Stückzahlen der Pausenraum-Container, der Stromaggregate, sowie der Mobilzäune konnten, ebenso wie der Ort oder die Abkürzung „Stk“ vor den Rubriken Stromkabel und Sicherungskasten, nicht erkannt werden. Dies belegt Abbildung 5-22, da keine Umrandung der genannten Stellen erfolgte.

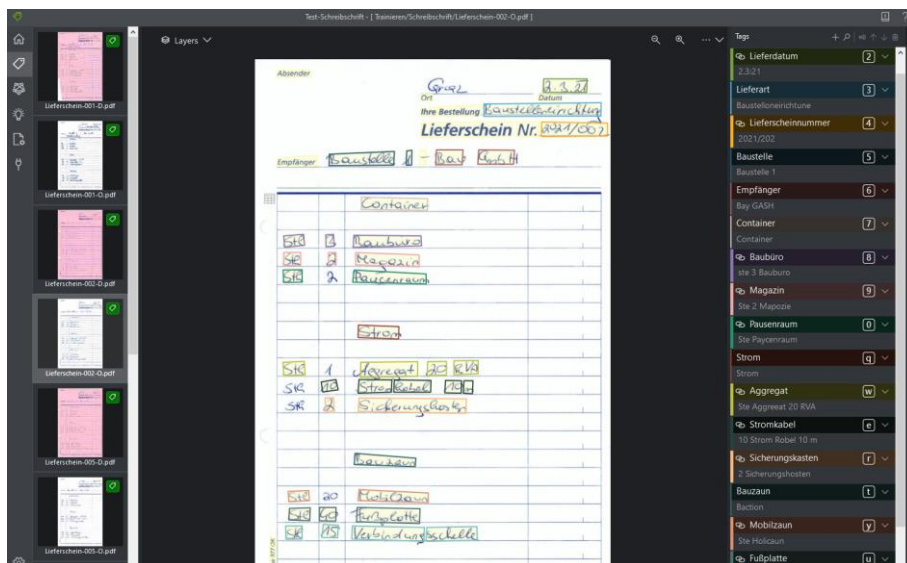


Abbildung 5-22 Schreibschrift – Beispiel 1²²²

Die einzelnen Felder wurden anschließend auf der rechten Bildschirmseite, siehe Abbildung 5-22, mit sogenannten Tags versehen. Sie sind nötig, um der Software den Aufbau des Dokumentes näherzubringen. So wurde zum Beispiel das Datum mit dem Tag „Lieferdatum“, der Lieferort Graz mit dem Tag „Lieferort“ versehen.

²²¹ Vgl.: <https://docs.microsoft.com/de-de/azure/cognitive-services/form-recognizer/quickstarts/label-tool?tabs=v2-0>
Datum des Zugriffs: 08.04.2021

²²² https://formularerkennung-masterarbeit-webapp.azurewebsites.net/projects/YTE8_CIWC/edit
Datum des Zugriffs: 15.04.2021

Aus den beiden Abbildungen 5-22 und 5-23 sind die unterschiedlichen Ergebnisse der Handschrifterkennung zu entnehmen. Die Baustelleneinrichtung wurde zum Beispiel in Abbildung 5-22 mit „**Baustelleneinrichtune**“ erkannt. Abbildung 5-33 dokumentiert, dass eine Vorlage mit einer schlechteren Handschrift noch weniger Aussagekraft liefert. Die erkannten Informationen weichen in fast allen Feldern weit von den tatsächlichen Inhalten ab: Der Empfänger „Bau GmbH“ wurde etwa als „**Bewu GM BH**“ erkannt, das Stromaggregat „Aggregat 20 kVA“ mit „**Aggrepal 20 K VA**“.

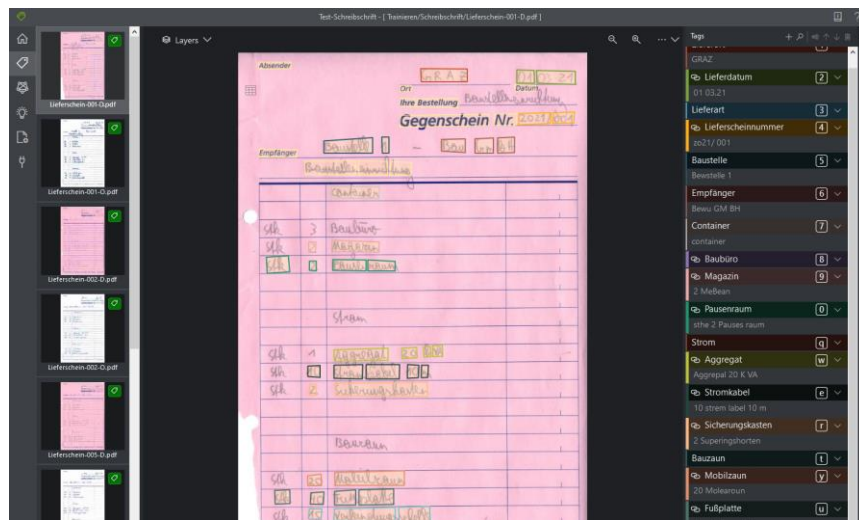


Abbildung 5-23 Schreibschrift – Beispiel 2²²³

Nachdem alle zehn im Ordner enthaltenen Lieferscheine mit den Tags versehen wurden, konnte auf der linken Seite im Menüpunkt „Train“ die Formularerkennung für den Aufbau der verwendeten Lieferscheine trainiert werden. Während des Trainings war lediglich eine Verbesserung der Strukturerkennung der Lieferscheine festzustellen, jedoch wie zu erwarten keine Verbesserung der Handschrifterkennung. Wenige Sekunden nach der Bestätigung der Schaltfläche „Train“ wirft die Cloud-Anwendung eine Analyse der erwarteten Genauigkeit aus. Neben der Durchschnittsgenauigkeit werden für jeden zuvor erstellten Tag die jeweiligen Werte ausgegeben. Das Ergebnis wird in Abbildung 5-24 angeführt.

²²³ https://formularerkennung-masterarbeit-webapp.azurewebsites.net/projects/YTE8_CIWC/edit
Datum des Zugriffs: 15.04.2021

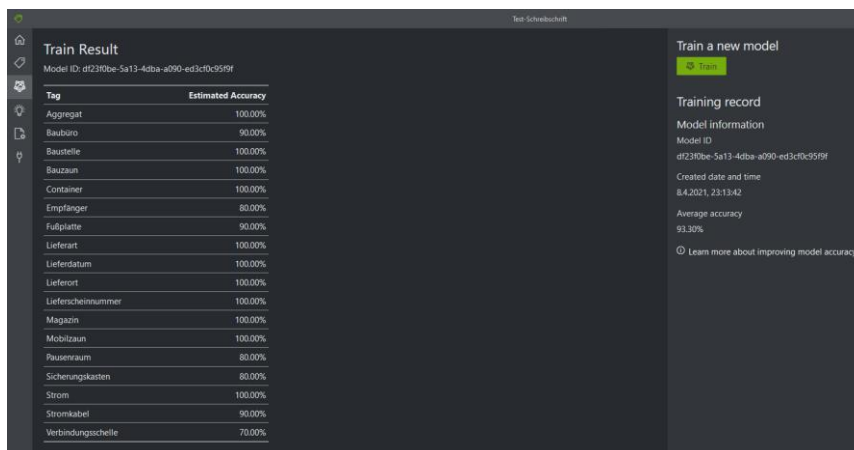


Abbildung 5-24 Trainingsergebnis Schreibschrift²²⁴

Die Cloud-Anwendung spricht sich zu 93,30% die richtige Erkennung des Aufbaus bzw. der Struktur zukünftiger Lieferscheine bei Schreibschriftvorlage zu. Dieser Wert erhöht sich mit einer steigenden Anzahl an Trainingsätzen.

5.6 Einlesen der Lieferscheine & Analyse

Im Anschluss an das Training ist das System in der Lage alle weiteren Lieferscheine und deren Inhalte zu analysieren. Dazu wird im Menüpunkt „Analyse“ entweder ein Datei-Upload über eine lokal gespeicherte Datei durchgeführt oder eine Verbindung mittels URL zum Blob-Speicher hergestellt. Auch eine Programmierschnittstelle wäre hier anwendbar. Die Möglichkeiten werden in Abbildung 5-25 angeführt.

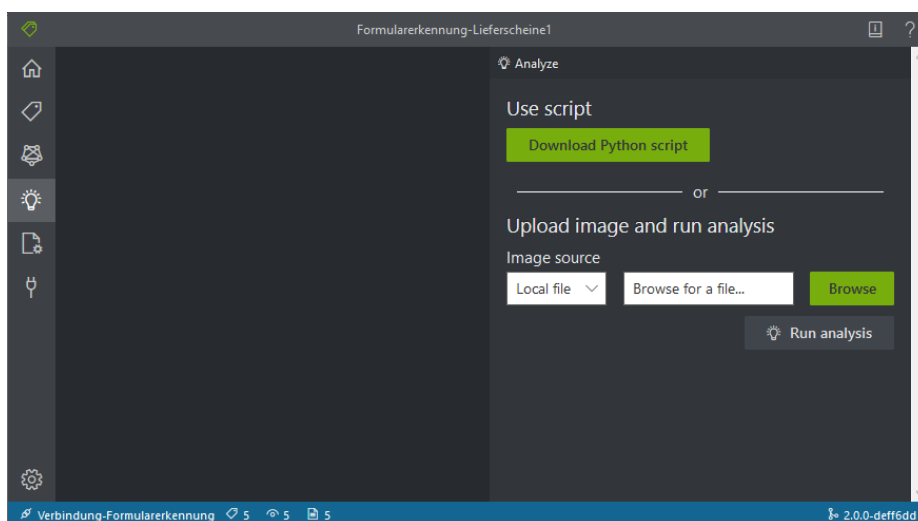


Abbildung 5-25 Analyse des Lieferscheins mittels Datei-Upload²²⁵

²²⁴ https://formularerkennung-masterarbeit-webapp.azurewebsites.net/projects/YTE8_CIWC/train
 Datum des Zugriffs: 15.04.2021

²²⁵ https://formularerkennung-masterarbeit-webapp.azurewebsites.net/projects/YTE8_CIWC/predict
 Datum des Zugriffs: 15.04.2021

Für die Bearbeitung dieser Masterarbeit wurde der Weg über den URL des Blob-Speichers gewählt. In Abbildung 5-26 ist exemplarisch der Link für den ersten zu analysierenden Lieferschein eingetragen. Dieser Vorgang muss für jeden weiteren Lieferschein mit dem zugehörigen Link vorgenommen werden.

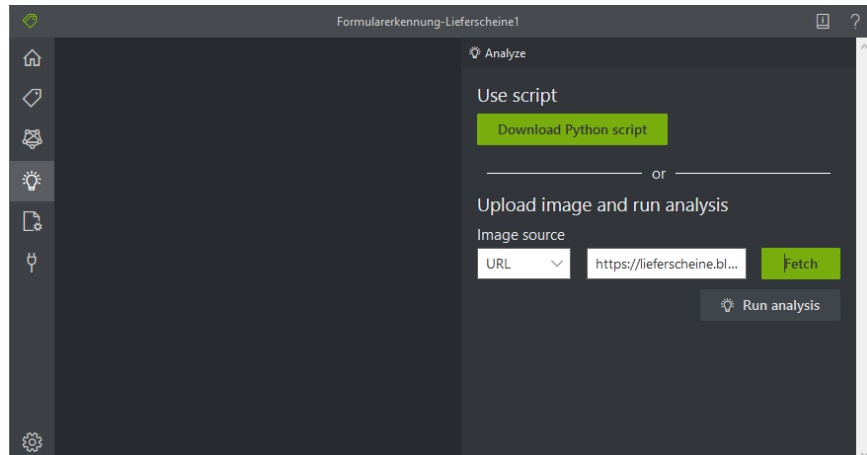


Abbildung 5-26 Analyse des Lieferscheins mittels BLOB-Speicherzugriff²²⁶

Nach der Bestätigung mit „Fetch“ und der anschließenden Analyse mittels der Taste „Run analysis“ wird dem Benutzer die in Abbildung 5-27 abgebildete Ansicht angezeigt. Neben der bekannten Umrandung der erkannten Inhalte werden an der rechten Seite die ausgelesenen Daten samt einer Einschätzung der Genauigkeit ausgegeben. In weiterer Folge können die Ergebnisse heruntergeladen werden.

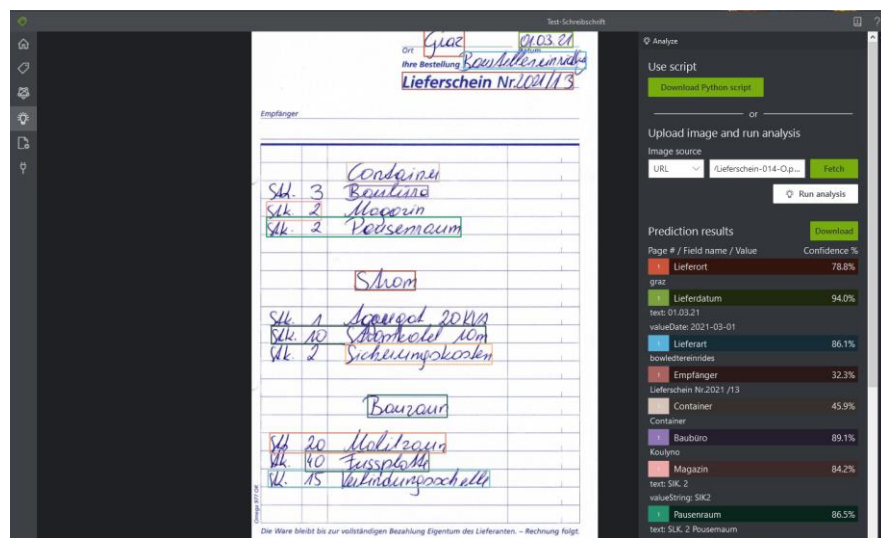


Abbildung 5-27 Resultat der Lieferscheinanalyse 1 (Schreibschrift)²²⁷

²²⁶ https://formularerkennung-masterarbeit-webapp.azurewebsites.net/projects/YTE8_CIWC/predict
Datum des Zugriffs: 15.04.2021

²²⁷ https://formularerkennung-masterarbeit-webapp.azurewebsites.net/projects/YTE8_CIWC/predict
Datum des Zugriffs: 15.04.2021

Wie die nachstehende Abbildung 5-28 veranschaulicht, sind die Ergebnisse der Schreifschrift-Erkennung durchwachsen. So werden zwar **Lieferort**, **Datum**, **Lieferscheinnummer** und die Überschrift **Container** richtig ausgelesen, die überwiegende Mehrheit der Ergebnisse weisen jedoch teils gravierende Mängel auf.

Page # / Field name / Value	Confidence %
1 Lieferort	78.8%
graz	
1 Lieferdatum	94.0%
text: 01.03.21	
valueDate: 2021-03-01	
1 Lieferart	86.1%
bowledtereinrides	
1 Empfänger	32.3%
Lieferschein Nr.2021 /13	
1 Container	45.9%
Container	
1 Baubüro	89.1%
Koulyno	
1 Magazin	84.2%
text: SIK. 2	
valueString: SIK2	
1 Pausenraum	86.5%
text: SLK. 2 Pouseaum	
valueString: SLK2Pouseaum	
1 Strom	88.2%
Shom	
1 Stromkabel	85.5%
text: SLK. NO Stomkoled Nom	
valueString: SLKNOStomkoledNom	
1 Sicherungskasten	81.9%
Sichelumpokoplen	
1 Bauzaun	85.9%
Bouzaun	
1 Mobilzaun	88.8%
text: \$ 20 Mollizgun	
valueString: 20Mollizgun	
1 Fußplatte	84.3%
text: 40 Jussplatte	
valueString: 40Jussplatte	
1 Verbindungsschelle	79.3%
text: \$4. 15 Veekindunpochelle	
valueString: 415Veekindunpochelle	

Abbildung 5-28 Resultat Lieferscheinanalyse 1 (Schreifschrift)²²⁸

Im nächsten Schritt folgte daher eine Analyse der Blockschrift-Proben. Dafür muss auf die Startseite der Web-App gewechselt werden. Im Anschluss daran wurde das zuvor beschriebene Projekt „Test-Blockschrift“ für die weitere Analyse ausgewählt und analog zur Schreifschrift die Benennung der Tags durchgeführt. Das anschließende Trainingsergebnis ist in Abbildung 5-29 angeführt. Die durchschnittliche Genauigkeit der Felderkennung wird hierbei mit 91,70% angegeben.

²²⁸ https://formularerkennung-masterarbeit-webapp.azurewebsites.net/projects/YTE8_CIWC/predict
Datum des Zugriffs: 15.04.2021

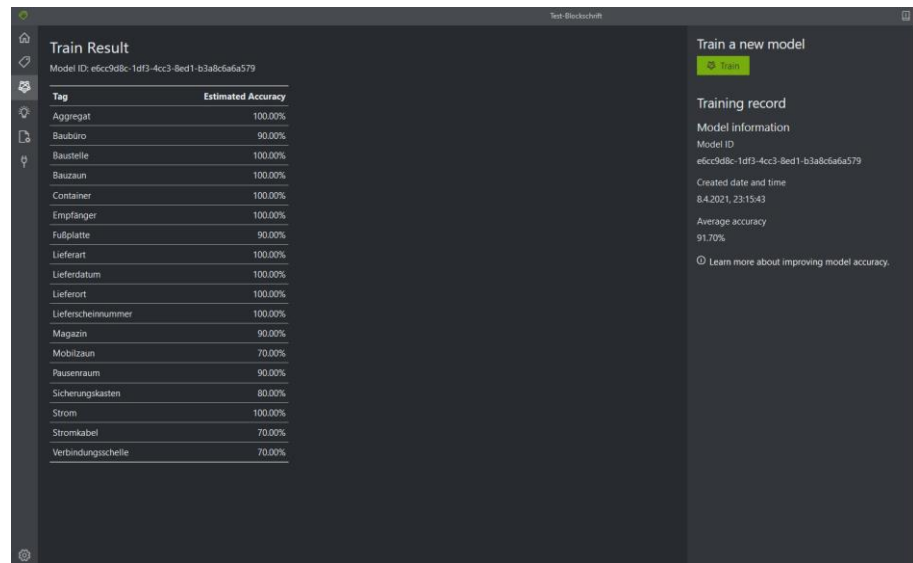


Abbildung 5-29 Trainingsergebnis Blockschrift²²⁹

Analog zur vorherigen Analyse wurde im Menüpunkt „Analyse“ der Datei-Upload über eine Verknüpfung zum Blob-Speicher der Blockschrift-Proben hergestellt und mit „Fetch“ bestätigt. Die darauffolgenden Analysen der einzelnen Dateien erfolgten über „Run analysis“. Eines der Ergebnisse der Lieferschein-Analyse in Blockschrift ist in den Abbildungen 5-30 und 5-31 angeführt.



Abbildung 5-30 Resultat der Lieferscheinanalyse 2 (Blockschrift)²³⁰

²²⁹ https://formularerkennung-masterarbeit-webapp.azurewebsites.net/projects/Cr_gubAFn/edit
Datum des Zugriffs: 15.04.2021

²³⁰ https://formularerkennung-masterarbeit-webapp.azurewebsites.net/projects/Cr_gubAFn/predict
Datum des Zugriffs: 15.04.2021

Wie aus nachstehender Abbildung 5-31 ersichtlich, liefern die Schreibproben in Blockschrift bessere Ergebnisse als jene in Schreibschrift. In diesem speziellen Beispiel sind die Tags für **Lieferort**, **Baustelle**, **Container**, **Strom** und **Fussplatte** in der Schreibweise und in der Stückanzahl korrekt ausgewiesen. Weitere Tags wie jene von **Magazin-** und **Pausenraum-container** wurden von der Formularerkennung bis auf die fehlende Stückanzahl ebenfalls korrekt erkannt. Dennoch wird eine Reihe an völlig falsch interpretierten Datensätzen ausgewiesen. So wird zum Beispiel das **Datum** mit „83.21“ angegeben, die **Lieferart** Baustelleneinrichtung mit „Roustellaveinvicht“ usw.

Page #	Field name	Value	Confidence %
1	Lieferort	GRAZ	88.9%
1	Lieferdatum	83.21	92.6%
1	Lieferart	Roustellaveinvicht.	79.5%
1	Lieferscheinnummer	2021/M	86.1%
1	Baustelle	BAUSTELLE 1	72.3%
1	Empfänger	-	47.4%
	Container	Container	89.6%
1	Baubüro	text: stk 3 Baubeivo valueString: stk3Baubeivo	77.2%
	Magazin	text: Stk Magazin valueString: StkMagazin	87.6%
1	Pausenraum	text: stk Pausenraum valueString: stkPausenraum	82.3%
1	Strom	Strom	84.7%
1	Aggregat	text: SIK 1 Apprepat, 20 KUT valueString: SIK1Apprepat20KUT	64.4%
1	Stromkabel	text: Sik 10 Stromkabel Mom valueString: Sik10StromkabelMom	73.8%
	Sicherungskasten	text: S 2 Sicherungskasten valueString: S2Sicherungskasten	80.8%

Abbildung 5-31 Resultat Lieferscheitanalyse 2 (Blockschrift)²³¹

²³¹ https://formularerkennung-masterarbeit-webapp.azurewebsites.net/projects/Cr_gubAFn/predict
Datum des Zugriffs: 15.04.2021

5.7 Anpassung der Textdatei

Da die Handschriftenerkennung mittels Schreib- und Blockschrift je nach der Qualität des Schriftbildes teils starke Abweichungen von den tatsächlichen Inhalten ergab, wurden einige Anpassungen mit neuerlichen Analysen durchgeführt. So wurde, analog zu den beiden anderen Testläufen wie in Kapitel 5.4.4 beschrieben, ein neues Projekt für die Druckschrifterkennung mit dem Titel „Test-Druckschrift“, samt den dafür notwendigen Security Token und Blob-Speicher-Ordner installiert.

Mit Hilfe von Photoshop wurde im Anschluss eine gleich große Anzahl an Lieferscheinen für das Training, sowie die Auswertung mit den unterschiedlichsten Druckschriften befüllt. In nachstehender Abbildung 5-28 ist einer dieser Lieferscheine exemplarisch angeführt.

Absender		GRAZ	01.03.21
Ort		Datum	
Ihre Bestellung		BAUSTELLENEINRICHTUNG	
		Lieferschein Nr.	2021/016
Empfänger		BAUSTELLE 1 - BAU GmbH	
CONTAINER			
STK	3	BAUBÜRO	
STK	2	MAGAZIN	
STK	2	PAUSENRAUM	
STROM			
STK	1	AGGREGAT 20kVA	
STK	10	STROMKABEL 10m	
STK	2	SICHERUNGSKASTEN	
BAUZAUN			
STK	20	MOBILZAUN	
STK	40	FUSSPLATTE	
STK	15	VERBINDUNGSSSCHELLE	

Die Ware bleibt bis zur vollständigen Bezahlung Eigentum des Lieferanten. - Rechnung folgt.

Abbildung 5-32 ausgefüllter Lieferschein in Druckschrift

Abermals wurden die Trainings-Lieferscheine mit den notwendigen Tags versehen, wie in Abbildung 5-33 ersichtlich.

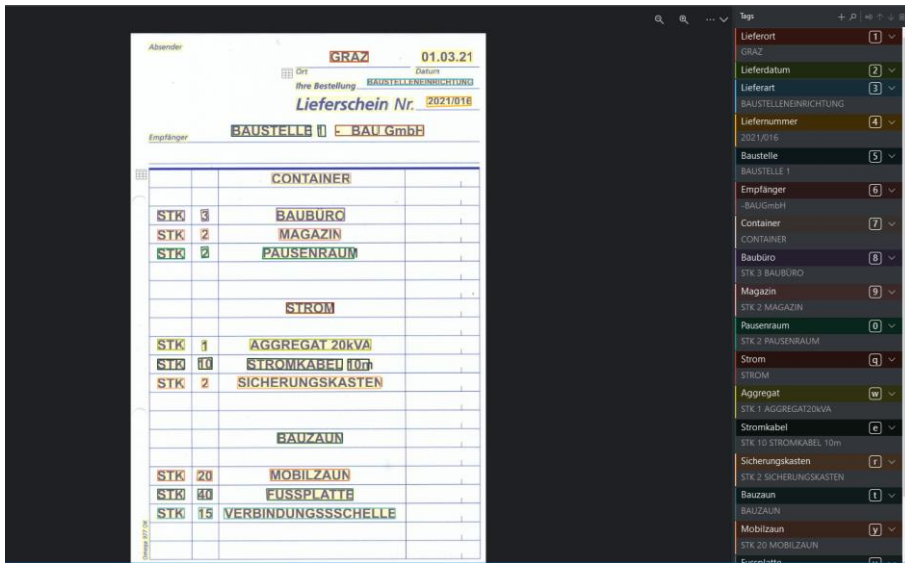


Abbildung 5-33 Druckschrift – Beispiel 3²³²

Die durchschnittliche Genauigkeit der Felderkennung wurde nach dem Training, wie in Abbildung 5-34 angeführt, mit 96,70% angegeben.

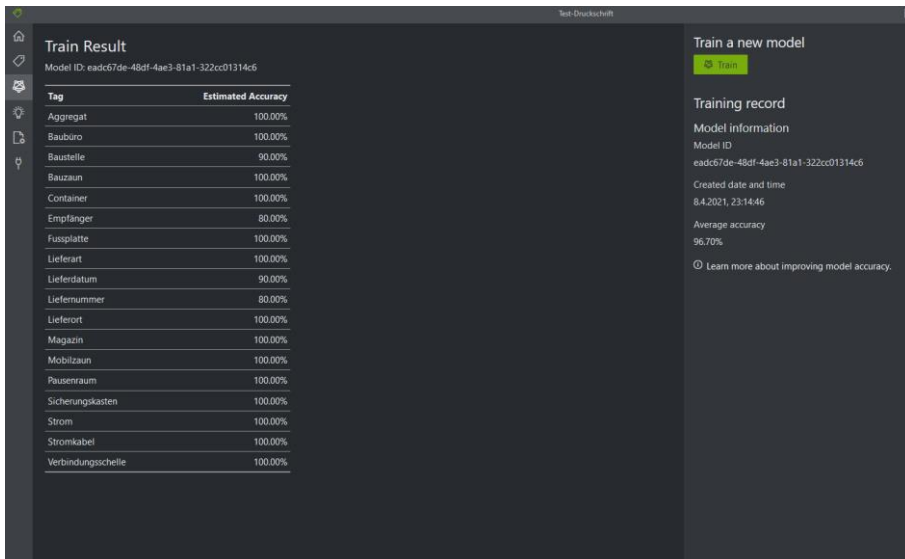


Abbildung 5-34 Trainingsergebnis Druckschrift²³³

²³² <https://formularerkennung-masterarbeit-webapp.azurewebsites.net/projects/ThdEIKT58/edit>
 Datum des Zugriffs: 15.04.2021

²³³ <https://formularerkennung-masterarbeit-webapp.azurewebsites.net/projects/ThdEIKT58/train>
 Datum des Zugriffs: 15.04.2021

Im Anschluss erfolgten wiederum die Analysen der Test-Lieferscheine im Menü „Analyse“, angeführt in nachstehender Abbildung 5-35.

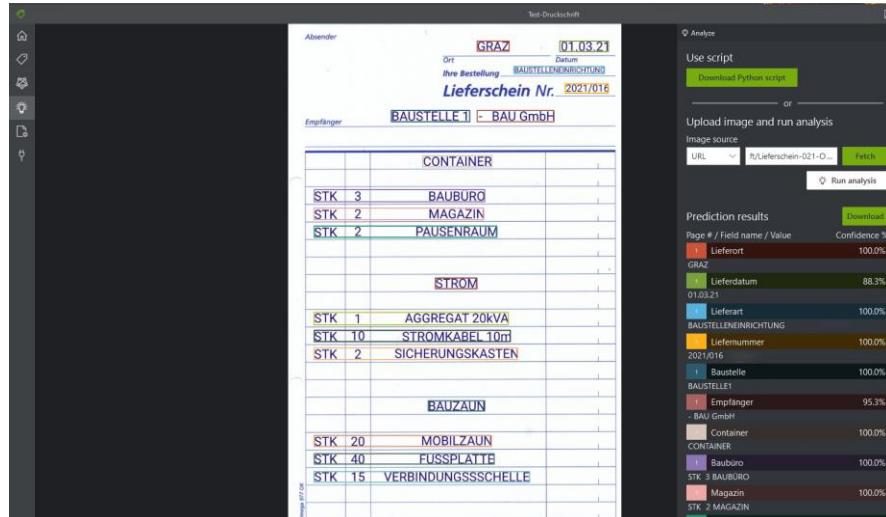


Abbildung 5-35 Resultat der Lieferscheinanalyse 3 (Druckschrift)²³⁴

Die Testergebnisse zeigen ein klares Ergebnis. In der nachstehend angeführten Abbildung 5-36 ist zu erkennen, dass nur in drei Fällen Fehler aufgetreten sind. Die Buchstaben der Tags für den **Baustellennamen** sowie des **Stromaggregats** wurden zwar richtig erkannt, jedoch jeweils die Leerzeichen übersehen. Der dritte, ebenfalls geringe Fehler, ergab sich im **Empfängernamen**. Vor dem Namen Bau GmbH wurde ein Bindestrich eingefügt.

²³⁴ <https://formularerkennung-masterarbeit-webapp.azurewebsites.net/projects/ThdEIKT58/predict>
 Datum des Zugriffs: 15.04.2021

Field name / Value	Confidence %
Lieferort	100.0%
GRAZ	
Lieferdatum	88.3%
01.03.21	
Lieferart	100.0%
BAUSTELLEEINRICHTUNG	
Liefernummer	100.0%
2021/016	
Baustelle	100.0%
BAUSTELLE1	
Empfänger	95.3%
- BAU GmbH	
Container	100.0%
CONTAINER	
Baubüro	100.0%
STK 3 BAUBÜRO	
Magazin	100.0%
STK 2 MAGAZIN	
Pausenraum	99.8%
STK 2 PAUSENRAUM	
Strom	100.0%
STROM	
Aggregat	100.0%
STK 1 AGGREGAT20kVA	
Stromkabel	100.0%
STK 10 STROMKABEL10m	
Sicherungskasten	100.0%
STK 2 SICHERUNGSKASTEN	
Bauzaun	100.0%
BAUZAUN	
Mobilzaun	100.0%
STK 20 MOBILZAUN	

Abbildung 5-36 Resultat Lieferscheinanalyse 2 (Druckschrift)²³⁵

5.8 Resümee der Schriftprobenanalyse

Die in der vorliegenden Arbeit analysierten Schriftproben, jeweils in Schreib-, Block- und Druckschrift verfasst, führen im Hinblick auf die Texterkennung durch die Cloud zu klar unterschiedlichen Ergebnissen:

Sowohl in der Schreibschrift-, als auch in der Blockschriftvorlage werden grobe Mängel in der Texterkennung offensichtlich, die den Einsatz einer cloudbasierten Formularerkennung derzeit als nicht praxistauglich ausweisen. Gerade auf Baustellen mit hohem Zeitdruck, sowie hoher Staub- und Schmutzbelastung, ist es fraglich, ob die ausgefüllten Lieferscheine jemals die erforderliche Qualität für eine korrekte Formularerkennung aufweisen. Eine zusätzliche Kostenstelle für eine nötige Nachkontrolle der Ergebnisse führt den Einsatz einer cloudbasierten Handschriftenerkennung ad absurdum. Die Druckschrifterkennung zeigt hingegen sehr vielversprechende Ergebnisse: nur kleinere, nicht sinnverdrehende Fehlinterpretationen. Es empfiehlt sich daher, gänzlich auf den Einsatz handschriftlicher Textvorlagen(Lieferscheine) zu verzichten und stattdessen alle Dokumente in einer vollständig digitalisierten Form zu übermitteln.

²³⁵ <https://formularerkennung-masterarbeit-webapp.azurewebsites.net/projects/ThdEIKT58/predict>
Datum des Zugriffs: 15.04.2021

6 Zusammenfassung und Ausblick

Im abschließenden Kapitel folgt eine Zusammenfassung der gesammelten Erkenntnisse sowie ein Ausblick auf künftig zu erwartende Entwicklungen.

6.1 Zusammenfassung

Der stetig steigende Digitalisierungsgrad in Unternehmen macht auch vor der Bauindustrie nicht Halt. Baufirmen sehen sich diesbezüglich seit einigen Jahren zunehmend mit großen Herausforderungen konfrontiert. Durch neuartige Bauverfahren und vernetzte Baumaschinen werden immer größere Datenmengen generiert, die eine zusätzliche Bearbeitung erfordern. Nur durch eine weiterführende Verwendung dieser bearbeiteten Datensätze erzeugt die digitale Baustelle einen Mehrwert für alle beteiligten Akteure. Die große Herausforderung dabei ist es, diese Daten zu sortieren, zu analysieren und in weiterer Folge für die erforderlichen Prozesse auch zu verwenden. Die Verknüpfung von Geräten und Maschinen untereinander, aber auch die automatisierte Datenübertragung samt der Datenspeicherung und der anschließenden Bearbeitung bzw. Analyse stellt hohe Anforderungen an die gesamte Infrastruktur eines Bauunternehmens.

Eine vielversprechende Technologie, um den gestellten Anforderungen Herr zu werden, stellt das so genannte Cloud Computing dar. In der IT-, Finanz- oder Automobilbranche sind cloudbasierte Anwendungen bereits fester Bestandteil des Arbeitsalltags. Auch für die Bauwirtschaft eröffnet der Cloud-Computing-Einsatz große Chancen, um eine noch weit verbreitete analoge, und damit gewinnarme Branche fit für die Zukunft zu machen. Ein Cloud-Computing-Einsatz auf Baustellen stellt jedoch die Baubranche vor erhebliche Herausforderungen. Der ständig wechselnde Einsatzort von Mensch und Maschine, die raue Baustellenumgebung aber auch der unikale Stellenwert der Baustelle an sich, erschweren seit jeher eine weitreichende Digitalisierung in der Bauwirtschaft. Vor der Umsetzung müssen sich die Entscheidungsträger im Klaren sein, auf welches Cloud-Bereitstellungsmodell (public, private, hybrid, community) und auf welches Servicemodell (IaaS, PaaS, SaaS) sie setzen wollen. Das hat insbesondere Auswirkungen auf die Menge der selbst zu verwaltenden Infrastruktur sowie der benötigten Größe der Service- und Entwicklungsabteilung im eigenen Unternehmen für den Betrieb einer Cloud.

Die Untersuchung der Anforderungen für einen Cloud-Betrieb auf Baustellen hat ergeben, dass es, vor allem für die vielen KMUs, nicht praktikabel ist, einen eigenhändigen Cloud-Betrieb vorzunehmen. Neben den hohen Anschaffungskosten für die schnell alternde Serverinfrastruktur, entstehen den Unternehmen für die notwendigen Anlagen und Softwarelösungen

hohe Bereitstellungs-, Wartungs- und Entwicklungskosten. Darüber hinaus können die Gesamtkosten nicht, wie in anderen Branchen, auf einen 24-Stunden Betrieb umgelegt werden, da ein Arbeitstag auf Baustellen im Regelfall nur acht bis zwölf Stunden beträgt.

Den Geschäftsmodellen der Cloud-Anbieter liegt eine sehr flexible dem Verursacherprinzip unterstellte Abrechnung zu Grunde. Damit sind die Baufirmen in der Lage, auf die jeweils vorherrschenden Bedürfnisse der einzelnen Baustellen einzugehen. Benötigt eine Baustelle kurzzeitig hohe Rechenleistungen, Speichermengen oder Analysewerkzeuge, können diese flexibel abonniert werden. Baustellenseitig stellt der Einsatz von Geräten mit eingebauten Sim-Karten den praktikabelsten Weg dar, um so mit der Cloud und mit den Programmen zu interagieren. Eine stationäre Verbindung mittels Netzkabel, aber auch die Installation von WLAN-Routern am gesamten Gelände ist auf Grund der sich ständig durch Bauarbeiten ändernden Umgebung nicht praktikabel genug. Smartphones, Tablets und Laptops sowie Sensoren und Kameras garantieren auf Baustellen die geforderte Flexibilität in ihren jeweiligen Einsatzorten. Die drei erstgenannten Eingabegeräte zählen seit Jahren zur Standardausrüstung von Bauleitern und Bautechnikern. Die Anschaffungskosten für einen Cloud-Einsatz am Baugelände reduzieren sich somit auf die eventuell benötigten Sensoren, Kameras sowie auf die vernetzten Baumaschinen.

Der Einsatz von Cloud Computing ermöglicht es, Daten aus diesen, sowie anderen Anwendungsgebieten automatisiert und zentral in einer Cloud zu speichern und für weitere Analysen zu verarbeiten. Fakt ist, dass der Einsatz von vernetzten Baumaschinen mit einer gleichzeitigen Verwendung von Cloud Computing keine Zukunftsvision darstellt. In der gegenständigen Masterarbeit wurden mehrere, reale Anwendungsszenarien angeführt. Die hierfür verwendeten wissenschaftlichen Publikationen zeugen von einer diesbezüglichen regen Forschungsaktivität. Dazu gibt es bereits funktionierende Anwendungen, wie beispielsweise die Kontrolle der Zugangsberechtigungen zum Baustellengelände samt einer automatisierten Prüfung der persönlichen Schutzausrüstung der Arbeitskräfte. Wesentliche Verbesserungen zeigen sich auch im Bereich des Arbeitsschutzes zur Sicherung gegen Abstürze bzw. gegen das Überrollen durch Fahrzeuge. Ein zentraler Mehrwert eröffnet sich in der Möglichkeit, Arbeitsaufträge direkt aus dem Baubüro an die Arbeitskräfte zu senden und deren Status live mitverfolgen zu können.

Die Masterarbeit schließt nach der Vorstellung von drei großen Cloud-Anbietern mit einem exemplarischen Anwendungsbeispiel zur Textbearbeitung ab. Darin wurde untersucht, wie praktikabel sich der Ist-Stand einer cloudbasierten Formularerkennung von Lieferscheinen samt den zugehörigen Durchschlägen erweist. Nach der Installation der Formularerkennungssoftware „Form Recognizer“ der Cloud-Plattform „Microsoft Azure“ wurden handschriftlich verfasste Lieferscheine von zehn Probanden in Schreib- und Blockschrift analysiert und auf ihre Richtigkeit überprüft. Die

durchgeführten Überprüfungen zeigten nach einem vorangegangenen Training der künstlichen Intelligenz sehr durchwachsene Ergebnisse. Je nach Qualität des vorherrschenden Schriftbildes lieferte die Cloud-Anwendung hohe Fehlerquoten in der Handschrifterkennung. Daraufhin wurden die Lieferscheine in Druckschrift angefertigt und einer neuerlichen Verarbeitung zugeführt. Nach nur zehn Trainingsexemplaren wurde der Aufbau der Lieferscheine inklusive der darin enthaltenen Informationen nahezu zu 100 % richtig verarbeitet. Mit steigender Anzahl an Datensätzen würden jedoch die Ergebnisse genauer ausfallen. Nach den Ergebnissen der durchgeführten Untersuchungen lässt sich resümierend feststellen, dass ein praktikabler Ansatz darin liegt, Lieferscheine nur in digitaler Form oder, wenn sie physisch weitergegeben werden, nur in Druckschrift zu verfassen, um einen Mehrwert eines Cloud-Einsatzes zu generieren.

6.2 Ausblick

Die Digitalisierung wird in den kommenden Jahren weiter an Bedeutung gewinnen und sämtliche Unternehmensbereiche durchdringen. Daher ist es notwendig, eine koordinierte Gesamtlösung zu erarbeiten, und nicht nur auf einzelne Insellösungen bzw. so genannte Leuchtturmprojekte zu setzen. Insbesondere Unternehmen in der Bauwirtschaft können es sich im harten Wettbewerb der Branche nicht leisten, sich diesem Thema zu verschließen. Jene Unternehmen, die ihre Geschäftsprozesse digitalisieren, werden Wettbewerbsvorteile zu den Mitbewerbern generieren.

Vor allem große Baukonzerne erproben bereits seit einigen Jahren die unterschiedlichsten Cloud-Anwendungen im Echtbetrieb. So wird gegenwärtig im STRABAG-Konzern zur digitalen und vollautonomen Baustellendokumentation der Roboter „Spot“ der amerikanischen Firma Boston Dynamics erprobt. Er orientiert sich anhand von gespeicherten Gebäudemodellen, eingebauten Kameras und Sensoren, sowie QR-Codes, die an neuralgischen Punkten angebracht sind. Diese vollkommen autonom angefertigte Baustellendokumentation ist im Anschluss auf mobilen Endgeräten wie zum Beispiel Tablets mit Hilfe einer Cloud-Verknüpfung abrufbar.²³⁶

Ein bereits weit fortgeschrittenes Beispiel für einen Cloud-Einsatz auf Baustellen ist das Betonbautool „Betty“. Es kommt ebenfalls im STRABAG-Konzern zur Anwendung. Vom Mischwerk bis hin zum Einbau des Frischbetons mittels eines Betondeckenfertigers auf Autobahnen ist der Prozess der Anfertigung und Verarbeitung von Lieferscheinen und Bau-Dokumentationen vollautomatisiert. Poliere und Bauleiter erhalten aktuelle Leistungsdaten des Fertigers, Tagesberichte sowie die verwendeten Betonrezepturen werden zur weiteren Verwendung angezeigt.²³⁷

²³⁶ Vgl.: <https://www.youtube.com/watch?v=NQEKQwm1iR0>. Datum des Zugriffs: 17.04.2021

²³⁷ Vgl.: <https://www.youtube.com/watch?v=4osDfG9Cov4>. Datum des Zugriffs: 17.04.2021

Die beiden genannten Anwendungen stehen nur exemplarisch für unzählige weitere Möglichkeiten einen Cloud-Einsatz in Baufirmen zu etablieren.

Zurzeit vollzieht sich in der Bauwirtschaft ein entscheidender Umbruch hin zu einer nachhaltigen Digitalisierung. Einhergehend kommen neue, zukunftsfähige Konzepte zur Anwendung, die durch den Einsatz digitaler Lösungen in allen betrieblichen Abläufen mehr Effizienz erwarten lassen.

Für die gesamte Bauwirtschaft stehen jedenfalls große Herausforderungen an, die es dringend umzusetzen gilt, ganz nach einem Zitat von Johann Wolfgang von Goethe:

„Was nicht vorwärts gehen kann, schreitet zurück.“

Johann Wolfgang von Goethe

(1749 - 1832)

7 Literaturverzeichnis

Das Literaturverzeichnis ist in folgende Abschnitte unterteilt:

- Bücher
- Fachartikel
- Internetquellen

7.1 Bücher

ABBADI, I.: Cloud Management and Security. Chichester. John Wiley & Sons, Ltd, 2014.

ADELMEYER; PETRICK; TEUTEBERG: IT-Risikomanagement von Cloud-Services in Kritischen Infrastrukturen. Wiesbaden. Springer Vieweg, 2018.

BARTON, T.: E-Business mit Cloud Computing. Wiesbaden. Springer Vieweg, 2014.

BAUN et al.: Cloud Computing. Berlin. Springer, 2011.

BÖK, P.-B. et al.: Computernetze und Internet of Things. Wiesbaden. Springer Vieweg, 2020.

ERL, T.; MAHMOOD, Z.; PUTTINI, R.: Cloud Computing - Concepts, Technology & Architecture. Arcitura Education Inc., 2013.

FEHLING, C. et al.: Cloud Computing Patterns. Wien. Springer, 2014.

FRANK, R.; SCHUMACHER, G.; TAMM, A.: Cloud-Transformation. Wiesbaden. Springer Gabler, 2019.

HELMUS, M. et al.: RFID – Bauglogistikleitstand. Wiesbaden. Springer Vieweg+Teubner, 2011.

JAMSA, K.: Cloud Computing. Burlington. Jones & Bartlett Learning LLC, 2013.

JÄGER, H.; RIEKEN, R.: Manipulationssichere Cloud-Infrastruktur. Wiesbaden. Springer Vieweg, 2020.

KAVIS, M.: Architecting the Cloud: Design Decisions for Cloud Computing Service Models (SaaS, PaaS, and IaaS). Hoboken, New Jersey. John Wiley & Sons, Inc., 2014.

KOHNE, A.: Cloud - Föderationen. Wiesbaden. Springer Vieweg, 2018.

KAUFMANN, T.; SERVATIUS, H.-G.: Das Internet der Dinge und Künstliche Intelligenz als Game Changer. Wiesbaden. Springer Vieweg, 2020.

LOTH, A.: Datenvisualisierung mit Tableau. Frechen. mitp, 2018.

LEESER, D. C.: Digitalisierung in KMU kompakt. Berlin. Springer Vieweg, 2020.

LINDNER; NIEBLER; WENZEL: Der Weg in die Cloud. Wiesbaden. Springer Gabler, 2020.

LISSEN, N.; BRÜNGER, C.; DAMHORST, S.: IT-Services in der Cloud und ISAE 3402. Berlin. Springer Gabler, 2014.

MÜNZL; PAULY; RETI: Cloud Computing als neue Herausforderung für Management und IT. Berlin. Springer Vieweg, 2015.

REINHEIMER, S.: Cloud Computing. Wiesbaden. Springer Vieweg, 2018.

ROUNTREE, D.; CASTRILLO, I.; JIANG, H.: The Basics of Cloud Computing. Waltham. Elsevier Inc, 2014.

WANG, L. et al.: Cloud Computing - Methodology, Systems, and Applications. Boca Raton. Taylor & Francis Group, LLC, 2012.

WINFRIED, S.: Access 2016 - Praxiswissen für Einsteiger. Bonn. mitp Verlags GmbH & Co. KG, 2016.

7.2 Fachartikel

AZAMBUJA, M. et al.: Enabling lean supply with a cloud computing platform – an exploratory case study.

https://www.researchgate.net/publication/283625970_Enabling_lean_supply_with_a_cloud_computing_platform_-_An_exploratory_case_study.

Datum des Zugriffs: 22.02.2021.

CHELLAPPA, R. K.; GUPTA, A.: Managing computing resources in active intranets. In: International Journal of Network Management, 12/2002.

KUMAR, V. et al.: Cloud computing components, services, tools and its roadmap to organization.

https://www.researchgate.net/publication/338965765_CLOUD_COMPUTING_COMPONENTS_SERVICES_TOOLS_AND_ITS_ROADMAP_TO_ORGANIZATION. Datum des Zugriffs: 05.02.2021.

JIN, R. et al.: IoT-based detecting, locating and alarming of unauthorized intrusion on construction sites.

<https://doi.org/10.1016/j.autcon.2020.103278>. Datum des Zugriffs: 22.02.2021.

KIM, C. et al.: On-site construction management using mobile computing technology. <https://doi.org/10.1016/j.autcon.2013.05.027>. Datum des Zugriffs: 22.02.2021.

PARK, J.; KIM, K.; CHO, Y. K.: Framework of Automated Construction-Safety Monitoring Using Cloud-Enabled BIM and BLE Mobile Tracking Sensors. <https://ascelibrary.org/doi/10.1061/%28ASCE%29CO.1943-7862.0001223>. Datum des Zugriffs: 22.02.2021.

KANAN, R.; ELHASSAN, O.; BENSALEM, R.: An IoT-based autonomous system for workers' safety in construction sites with real-time alarming, monitoring, and positioning strategies. <https://doi.org/10.1016/j.autcon.2017.12.033>. Datum des Zugriffs: 22.02.2021.

HOFSTADLER, C.; SCHÜTZ, M.: Anwendung des Systems Engineering auf die Arbeitsvorbereitung von Bauprojekten. In: Bautechnik, 11/2012.

7.3 Internetquellen

Microsoft Azure

<https://web.archive.org/web/20101029164008/http://blogs.msdn.com/b/windowsazure/archive/2010/02/01/windows-azure-platform-now-generally-available-in-21-countries.aspx>. Datum des Zugriffs: 01.12.2020.

<https://web.archive.org/web/20101029164008/http://blogs.msdn.com/b/windowsazure/archive/2010/02/01/windows-azure-platform-now-generally-available-in-21-countries.aspx>. Datum des Zugriffs: 10.01.2021.

<https://azure.microsoft.com/en-us/services/cognitive-services/>. Datum des Zugriffs: 09.01.2021.

<https://azure.microsoft.com/de-de/services/virtual-desktop/>. Datum des Zugriffs: 04.01.2021.

<https://docs.microsoft.com/de-de/archive/blogs/xdot509/getting-started-with-windows-azure-part-2-what-are-cloud-services>. Datum des Zugriffs: 05.02.2021.

<https://azure.microsoft.com/de-de/overview/ai-platform/>. Datum des Zugriffs: 19.02.2021.

<https://azure.microsoft.com/de-de/services/cognitive-services/computer-vision/>. Datum des Zugriffs: 04.03.2021.

<https://azure.microsoft.com/de-de/services/virtual-desktop/>. Datum des Zugriffs: 18.03.2021.

<https://azure.microsoft.com/de-de/features/storage-explorer/>. Datum des Zugriffs: 28.03.2021.

<https://docs.microsoft.com/de-de/azure/media-services/previous/media-services-portal-upload-files>. Datum des Zugriffs: 28.03.2021.

<https://docs.microsoft.com/de-de/azure/storage/blobs/storage-quickstart-blobs-portal>. Datum des Zugriffs: 28.03.2021.

<https://azure.microsoft.com/de-de/pricing/>. Datum des Zugriffs: 01.04.2021.

<https://www.microsoft.com/investor/reports/ar19/index.html>. Datum des Zugriffs: 05.04.2021.

<https://www.microsoft.com/investor/reports/ar20/index.html>. Datum des Zugriffs: 05.04.2021.

<https://azure.microsoft.com/en-us/services/cognitive-services/form-recognizer/>. Datum des Zugriffs: 06.04.2021.

<https://azure.microsoft.com/de-de/free/free-account-students-faq/>. Datum des Zugriffs: 07.04.2021.

<https://azure.microsoft.com/de-de/free/>. Datum des Zugriffs: 07.04.2021.

<https://azure.microsoft.com/de-de/services/storage/blobs/#overview>. Datum des Zugriffs: 07.04.2021.

<https://docs.microsoft.com/de-de/azure/cognitive-services/form-recognizer/quickstarts/label-tool?tabs=v2-0>. Datum des Zugriffs: 08.04.2021.

<https://azure.microsoft.com/de-de/services/cognitive-services/form-recognizer/#features>. Datum des Zugriffs: 08.04.2021.

<https://portal.azure.com/#create/Microsoft.WebSite>. Datum des Zugriffs: 15.04.2021.

<https://portal.azure.com/#blade/HubsExtension/BrowseAll>. Datum des Zugriffs: 15.04.2021.

<https://portal.azure.com/#create/Microsoft.StorageAccount-ARM>. Datum des Zugriffs: 15.04.2021.

<https://portal.azure.com/#create/Microsoft.CognitiveServicesFormRecognizer>. Datum des Zugriffs: 15.04.2021.

<https://portal.azure.com/#create/Microsoft.ResourceGroup>. Datum des Zugriffs: 15.04.2021.

<https://portal.azure.com/#create/hub>. Datum des Zugriffs: 15.04.2021.

<https://portal.azure.com/#home>. Datum des Zugriffs: 15.04.2021.

https://portal.azure.com/#blade/Microsoft_Azure_Storage/ContainerMenuBlade/overview/storageAccountId/%2Fsubscriptions%2Fd169f415-4aae-48ff-98ae-161727100e7d%2FresourceGroups%2FMasterarbeit%2Fproviders%2FMicrosoft.Storage%2FstorageAccounts%2Flieferscheine/. Datum des Zugriffs: 15.04.2021.

<https://docs.microsoft.com/de-de/azure/cognitive-services/form-recognizer/overview?tabs=v2-1>. Datum des Zugriffs: 16.04.2021.

<https://formularerkennung-masterarbeit-webapp.azurewebsites.net/>.

Datum des Zugriffs: 15.04.2021.

<https://formularerkennung-masterarbeit-webapp.azurewebsites.net/connections/6c6MmpttD>. Datum des Zugriffs: 15.04.2021.

<https://formularerkennung-masterarbeit-webapp.azurewebsites.net/settings>. Datum des Zugriffs: 15.04.2021.

<https://formularerkennung-masterarbeit-webapp.azurewebsites.net/projects/create>. Datum des Zugriffs: 15.04.2021.

<https://formularerkennung-masterarbeit-webapp.azurewebsites.net/projects/create>. Datum des Zugriffs: 15.04.2021.

https://formularerkennung-masterarbeit-webapp.azurewebsites.net/projects/YTE8_CIWC/edit. Datum des Zugriffs: 15.04.2021.

https://formularerkennung-masterarbeit-webapp.azurewebsites.net/projects/YTE8_CIWC/train. Datum des Zugriffs: 15.04.2021.

https://formularerkennung-masterarbeit-webapp.azurewebsites.net/projects/YTE8_CIWC/predict. Datum des Zugriffs: 15.04.2021.

https://formularerkennung-masterarbeit-webapp.azurewebsites.net/projects/Cr_gubAFn/edit. Datum des Zugriffs: 15.04.2021.

https://formularerkennung-masterarbeit-webapp.azurewebsites.net/projects/Cr_gubAFn/predict. Datum des Zugriffs: 15.04.2021.

<https://formularerkennung-masterarbeit-webapp.azurewebsites.net/projects/ThdEIKT58/edit>. Datum des Zugriffs: 15.04.2021.

<https://formularerkennung-masterarbeit-webapp.azurewebsites.net/projects/ThdEIKT58/train>. Datum des Zugriffs: 15.04.2021.

<https://formularerkennung-masterarbeit-webapp.azurewebsites.net/projects/ThdEIKT58/predict>. Datum des Zugriffs: 15.04.2021.

Amazon Web Services

<https://ir.aboutamazon.com/annual-reports-proxies-and-shareholder-letters/default.aspx>. Datum des Zugriffs:

05.04.2021. <https://aws.amazon.com/de/about-aws/whats-new/2006/08/24/announcing-amazon-elastic-compute-cloud-amazon-ec2---beta/>. Datum des Zugriffs: 01.12.2020.

https://aws.amazon.com/de/industries/?nc2=h_ql_sol_ind_id. Datum des Zugriffs: 09.01.2021.

<https://aws.amazon.com/de/about-aws/whats-new/2006/08/24/announcing-amazon-elastic-compute-cloud-amazon-ec2---beta/>. Datum des Zugriffs: 10.01.2021.

<https://aws.amazon.com/de/big-data/what-is-big-data/>. Datum des Zugriffs: 14.02.2021.

https://aws.amazon.com/de/machine-learning/?nc2=h_ql_sol_use_ml. Datum des Zugriffs: 19.02.2021.

<https://aws.amazon.com/de/textract/>. Datum des Zugriffs: 18.03.2021.

<https://aws.amazon.com/de/streaming-data/>. Datum des Zugriffs: 18.03.2021.

<https://aws.amazon.com/de/quicksight/?c=a&sec=srv>. Datum des Zugriffs: 28.03.2021.

https://s2.q4cdn.com/299287126/files/doc_financials/2020/q4/Amazon-Q4-2020-Earnings-Release.pdf. Datum des Zugriffs: 05.04.2021.

https://s2.q4cdn.com/299287126/files/doc_financials/2020/ar/2019-Annual-Report.pdf. Datum des Zugriffs: 05.04.2021.

<https://aws.amazon.com/de/what-is-aws/>. Datum des Zugriffs: 06.04.2021.

Google Cloud Platform

<https://cloud.google.com/document-ai?hl=de>. Datum des Zugriffs: 06.04.2021.

<https://www.google.com/press/podium/ses2006.html>. Datum des Zugriffs: 1.12.2020.

<https://googleappengine.blogspot.com/2008/04/introducing-google-app-engine-our-new.html>. Datum des Zugriffs: 01.12.2020.

<https://googleappengine.blogspot.com/2008/04/introducing-google-app-engine-our-new.html>. Datum des Zugriffs: 10.01.2021.

<https://cloud.google.com/solutions/build-and-use-ai?hl=de>. Datum des Zugriffs: 19.02.2021.

Alphabet Announces Fourth Quarter and Fiscal Year2019 Results.
https://abc.xyz/investor/static/pdf/2019Q4_alphabet_earnings_release.pdf?cache=79552b8. Datum des Zugriffs: 03.04.2021.

Alphabet Announces Fourth Quarter and Fiscal Year2020 Results.
https://abc.xyz/investor/static/pdf/2020Q4_alphabet_earnings_release.pdf?cache=9e991fd. Datum des Zugriffs: 03.04.2021.

Statista

<https://de.statista.com/statistik/daten/studie/48553/umfrage/marktvolumen-fuer-das-internet-der-dinge-iot-in-oesterreich>. Datum des Zugriffs: 14.02.2021.

<https://de.statista.com/statistik/daten/studie/195760/umfrage/umsatz-mit-cloud-computing-weltweit/>. Datum des Zugriffs: 14.12.2020.

<https://de.statista.com/themen/562/cloud-computing/>. Datum des Zugriffs: 14.12.2020.

<https://de.statista.com/statistik/daten/studie/194117/umfrage/umsatz-mit-software-as-a-service-weltweit-seit-2010/>. Datum des Zugriffs: 14.12.2020.

<https://de.statista.com/statistik/daten/studie/284706/umfrage/prognose-zum-umsatz-mit-cloud-computing-weltweit-nach-segment/>. Datum des Zugriffs: 14.12.2020.

<https://de.statista.com/statistik/daten/studie/307025/umfrage/umsatz-mit-infrastructure-as-a-service-weltweit-seit-2010/>. Datum des Zugriffs: 14.12.2020.

<https://de.statista.com/statistik/daten/studie/307023/umfrage/umsatz-mit-platform-as-a-service-weltweit-seit-2010/>. Datum des Zugriffs: 14.12.2020.

<https://de.statista.com/statistik/daten/studie/307028/umfrage/umsatz-mit-business-process-as-a-service-weltweit/>. Datum des Zugriffs: 14.12.2020.

<https://de.statista.com/statistik/daten/studie/150979/umfrage/marktanteile-der-fuehrenden-unternehmen-im-bereich-cloud-computing/>. Datum des Zugriffs: 09.01.2021.

<https://de.statista.com/statistik/daten/studie/1065063/umfrage/umsatz-der-microsoft-corporation-mit-cloud-computing-services-weltweit/>. Datum des Zugriffs: 27.01.2021.

<https://de.statista.com/statistik/daten/studie/537093/umfrage/anzahl-der-vernetzten-geraete-im-internet-der-dinge-iot-weltweit/>. Datum des Zugriffs: 14.02.2021.

<https://de.statista.com/infografik/22267/marktanteile-auf-dem-markt-fuer-iot-baumaschinen/>. Datum des Zugriffs: 14.02.2021.

<https://de.statista.com/statistik/daten/studie/447932/umfrage/umsatz-von-amazon-web-services-weltweit/>. Datum des Zugriffs: 17.02.2021.

<https://de.statista.com/statistik/daten/studie/817910/umfrage/marktanteile-am-umsatz-mit-software-as-a-service-weltweit/>. Datum des Zugriffs: 06.04.2021.

<https://de.statista.com/statistik/daten/studie/754647/umfrage/marktanteile-am-umsatz-mit-infrastructure-as-a-service-weltweit/>. Datum des Zugriffs: 06.04.2021.

Allgemein

<https://techcrunch.com/2010/08/04/schmidt-data/>. Datum des Zugriffs: 16.04.2021.

<https://www.youtube.com/watch?v=NQEKQwm1iR0>. Datum des Zugriffs: 17.04.2021.

<https://www.youtube.com/watch?v=4osDfG9Cov4>. Datum des Zugriffs: 17.04.2021.

<https://www.nist.gov/about-nist>. Datum des Zugriffs: 25.11.2020.

: <https://nvlpubs.nist.gov/nistpubs/Legacy/SP/nistspecialpublication800-145.pdf>. Datum des Zugriffs: 25.11.2020.

<https://csrc.nist.gov/publications/detail/sp/800-145/final>. Datum des Zugriffs: 25.11.2020.

<https://www.nist.gov/about-nist/our-organization/mission-vision-values>. Datum des Zugriffs: 25.11.2020.

<https://www.nist.gov/about-nist>. Datum des Zugriffs: 25.11.2020.

<https://www.technologyreview.com/2011/10/31/257406/who-coined-cloud-computing/>. Datum des Zugriffs: 17.12.2020.

<https://nimbusprof.com/research/>. Datum des Zugriffs: 01.12.2020.

https://www.fit.fraunhofer.de/de/fb/cscw/projects/bscw_20-Jahre.html. Datum des Zugriffs: 01.12.2020.

<https://www.dropbox.com/de/features>. Datum des Zugriffs: 24.12.2020.

<https://www.gartner.com/en/newsroom/press-releases/2020-11-17-gartner-forecasts-worldwide-public-cloud-end-user-spending-to-grow-18-percent-in-2021>. Datum des Zugriffs: 04.01.2021.

<https://www.ionos.at/digitalguide/server/knowhow/saas-software-as-a-service-im-ueberblick-vor-und-nachteile/>. Datum des Zugriffs: 20.01.2021.

<https://www.ionos.at/digitalguide/server/knowhow/paas-platform-as-a-service/>. Datum des Zugriffs: 20.01.2021.

<https://www.ionos.at/digitalguide/server/knowhow/iaas-infrastructure-as-a-service/>. Datum des Zugriffs: 20.01.2021.

<https://www.itwissen.info/BPaaS-business-process-as-a-service.html>. Datum des Zugriffs: 08.01.2021.

<https://omega-druck.at/wp-content/uploads/2017/11/977-OK.jpg>. Datum des Zugriffs: 01.02.2021.

<https://omega-druck.at/wp-content/uploads/2017/11/977-OK-Innenteil.jpg>. Datum des Zugriffs: 01.02.2021.

<https://de.cleanpng.com/png-r2wuqz/>. Datum des Zugriffs: 05.02.2021.

<https://nvlpubs.nist.gov/nistpubs/Legacy/SP/nistspecialpublication500-292.pdf>. Datum des Zugriffs: 05.02.2021.

<https://www.counterpointresearch.com/6-8-million-connected-heavy-construction-machines-shipped-till-2025/>. Datum des Zugriffs: 14.02.2021.

<https://kinsta.com/de/blog/google-cloud-vs-aws/>. Datum des Zugriffs: 17.02.2021.

<https://kinsta.com/de/blog/google-cloud-vs-azure/>. Datum des Zugriffs: 17.02.2021.

http://trl.trimble.com/docushare/dsweb/Get/Document-953526/SiteVision_3.0_Windows_UserGuide.pdf. Datum des Zugriffs: 18.02.2021.

<http://trl.trimble.com/docushare/dsweb/Get/Document-921637/Trimble%20SiteVision%20Customer%20FAQs%20-%20Dec%202019.pdf>. Datum des Zugriffs: 18.02.2021.

<https://construction.trimble.com/en/>. Datum des Zugriffs: 13.04.2021.

https://www.sitech.de/fileadmin//sitech-content/Broschueren/Bagger/DE_Earthworks-for-Excavators_DS_A4_0317_LR.pdf. Datum des Zugriffs: 18.02.2021.

<https://www.redhat.com/de/topics/api/what-are-application-programming-interfaces>. Datum des Zugriffs: 28.03.2021.

<https://www.infoworld.com/article/2666921/linuxworld--amazon-s-two-faces-present-it-challenge.html>. Datum des Zugriffs: 01.04.2021.

<https://www.gartner.com/en/newsroom/press-releases/2019-07-29-gartner-says-worldwide-iaas-public-cloud-services-market-grew-31point3-percent-in-2018>. Datum des Zugriffs: 05.04.2021.

<https://www.gartner.com/doc/reprints?id=1-1ZDZDMTF&ct=200703&st=sb>. Datum des Zugriffs: 05.04.2021.

Abkürzungsverzeichnis

API	Application Programming Interface
DSGVO	Datenschutzgrundverordnung
GPS	Global Positioning System
GSM	Global System for Mobile Communications
GUI	Graphical User Interface
IaaS	Infrastructure as a Service
IoT	Internet of Things
KI	Künstliche Intelligenz
KMU	kleine und mittlere Unternehmen
LAN	Local Area Network
ML	Machine Learning
NIST	National Institute of Standards and Technology
OCR	Optical Character Recognition
PaaS	Platform as a Service
PSA	Persönliche Schutzausrüstung (PSA)
QR-Code	Quick Response
RAID	Redundant Array of Independent Disks
RFID	Radio-Frequency Identification
SaaS	Software as a Service
SE	System Engineering
SLA	Service Level Agreements
WLAN	Wireless Local Area Network

Abbildungsverzeichnis

Abbildung 1-1 Ziele der Arbeit.....	2
Abbildung 1-2 Aufbau der Masterarbeit.....	4
Abbildung 2-1 - Aufbau Grid Computing	9
Abbildung 2-2 Cloud-Servicemodelle	10
Abbildung 2-3 Weltweiter Jahresumsatz Cloud Computing	11
Abbildung 2-4 Weltweiter Jahresumsatz IaaS.....	13
Abbildung 2-5 Weltweiter Jahresumsatz PaaS	15
Abbildung 2-6 Weltweiter Jahresumsatz SaaS	16
Abbildung 2-7 Umsatz mit Cloud Computing weltweit nach Segmenten.....	18
Abbildung 2-8 Darstellung Public Cloud.....	20
Abbildung 2-9 Darstellung Private Cloud	22
Abbildung 2-10 Darstellung Hybrid Cloud	24
Abbildung 2-11 Darstellung Community Cloud.....	25
Abbildung 3-1 Prognose der IoT-Ausgaben in Österreich bis 2030	28
Abbildung 3-2 Funksystem zur Steigerung der Arbeitssicherheit.....	36
Abbildung 3-3 Smarterer Schutzhelm.....	37
Abbildung 3-4 Baustellenüberwachung.....	38
Abbildung 4-1 Cloud Computing Bestandteile.....	40
Abbildung 4-2 Zuständigkeiten beim Betrieb der Cloud	41
Abbildung 4-3 Sterntopologie	44
Abbildung 4-4 Entwicklung der Mobilfunkgenerationen.....	46
Abbildung 4-5 WLAN-Mesh-Netz	49
Abbildung 4-6 Datei-Upload über Azure-Webinterface	59
Abbildung 4-7 Dashboard Beispiel Amazon Web Services	60
Abbildung 4-8 Azure Speicher Explorer	61
Abbildung 4-9 API-Schnittstelle.....	63
Abbildung 5-1 „Magic Quadrant“ der weltweiten Marktführer IaaS & PaaS.....	71
Abbildung 5-2 Marktanteile nach Umsatz im Bereich Cloud Computing	72
Abbildung 5-3 Umsatz von Amazon Web Services von 2017 bis 2020·	73
Abbildung 5-4 Umsatz Google Cloud Platform bis 2020·.....	75
Abbildung 5-5 Umsatz Microsoft mit Cloud Computing von 2017 bis 2020·	76
Abbildung 5-6 Selbstdurchschlagendes Lieferscheinbuch	77

Abbildung 5-7 Aufbau der Lieferscheine	78
Abbildung 5-8 ausgefüllter Lieferschein in Blockschrift	79
Abbildung 5-9 Azure Portal - Backend	81
Abbildung 5-10 Ressourcen-Übersicht	82
Abbildung 5-11 Erstellung einer Ressourcengruppe.....	83
Abbildung 5-12 Erstellung der Formularerkennung.....	84
Abbildung 5-13 Erstellung eines Speicherkontos.....	85
Abbildung 5-14 Erstellung einer Web-App-Anwendung	86
Abbildung 5-15 Ressourcenübersicht für den Betrieb der Formularerkennung	86
Abbildung 5-16 Microsoft Azure Formularerkennung Web-App	87
Abbildung 5-17 Verbindungseinstellungen.....	88
Abbildung 5-18 Einstellung Security Tokens.....	88
Abbildung 5-19 Projekteinrichtung für Schreibschrift	89
Abbildung 5-20 Azure Storage Explorer.....	89
Abbildung 5-21 Projekteinrichtung für Blockschrift.....	90
Abbildung 5-22 Schreibschrift – Beispiel 1	91
Abbildung 5-23 Schreibschrift – Beispiel 2.....	92
Abbildung 5-24 Trainingsergebnis Schreibschrift.....	93
Abbildung 5-25 Analyse des Lieferscheins mittels Datei-Upload	93
Abbildung 5-26 Analyse des Lieferscheins mittels BLOB-Speicherzugriff	94
Abbildung 5-27 Resultat der Lieferscheinanalyse 1 (Schreibschrift)	94
Abbildung 5-28 Resultat Lieferscheinanalyse 1 (Schreibschrift)	95
Abbildung 5-29 Trainingsergebnis Blockschrift	96
Abbildung 5-30 Resultat der Lieferscheinanalyse 2 (Blockschrift)	96
Abbildung 5-31 Resultat Lieferscheinanalyse 2 (Blockschrift)	97
Abbildung 5-32 ausgefüllter Lieferschein in Druckschrift	98
Abbildung 5-33 Druckschrift – Beispiel 3	99
Abbildung 5-34 Trainingsergebnis Druckschrift.....	99
Abbildung 5-35 Resultat der Lieferscheinanalyse 3 (Druckschrift).....	100
Abbildung 5-36 Resultat Lieferscheinanalyse 2 (Druckschrift).....	101

Tabellenverzeichnis

Tabelle 3-1 KI-Technologien seit 1950.....	31
Tabelle 4-1 Netzwerk-Komponenten für Cloud-Betrieb auf einer Baustelle	68
Tabelle 4-2 Ein- und Ausgabegeräte für Cloud-Betrieb auf einer Baustelle	69

