

Cloud-Lösungen und KI-as-a-Service – Aktuelle und potenzielle Anwendungsszenarien und Marktentwicklungen

Autoren:
Isabel Gull
Lisa Schrade-Grytsenko
Martin Lundborg

Bad Honnef, Dezember 2020

Impressum

WIK Wissenschaftliches Institut für
Infrastruktur und Kommunikationsdienste GmbH
Rhöndorfer Str. 68
53604 Bad Honnef
Deutschland
Tel.: +49 2224 9225-0
Fax: +49 2224 9225-63
E-Mail: info@wik.org
www.wik.org

Vertretungs- und zeichnungsberechtigte Personen

Geschäftsführerin und Direktorin	Dr. Cara Schwarz-Schilling
Direktor	Alex Kalevi Dieke
Direktor Abteilungsleiter Netze und Kosten	Dr. Thomas Plückebaum
Direktor Abteilungsleiter Regulierung und Wettbewerb	Dr. Bernd Sörries
Leiter der Verwaltung	Karl-Hubert Strüver
Vorsitzende des Aufsichtsrates	Dr. Daniela Brönstrup
Handelsregister	Amtsgericht Siegburg, HRB 7225
Steuer-Nr.	222/5751/0722
Umsatzsteueridentifikations-Nr.	DE 123 383 795

In den vom WIK herausgegebenen Diskussionsbeiträgen erscheinen in loser Folge Aufsätze und Vorträge von Mitarbeitern des Instituts sowie ausgewählte Zwischen- und Abschlussberichte von durchgeführten Forschungsprojekten. Mit der Herausgabe dieser Reihe bezweckt das WIK, über seine Tätigkeit zu informieren, Diskussionsanstöße zu geben, aber auch Anregungen von außen zu empfangen. Kritik und Kommentare sind deshalb jederzeit willkommen. Die in den verschiedenen Beiträgen zum Ausdruck kommenden Ansichten geben ausschließlich die Meinung der jeweiligen Autoren wieder. WIK behält sich alle Rechte vor. Ohne ausdrückliche schriftliche Genehmigung des WIK ist es auch nicht gestattet, das Werk oder Teile daraus in irgendeiner Form (Fotokopie, Mikrofilm oder einem anderen Verfahren) zu vervielfältigen oder unter Verwendung elektronischer Systeme zu verarbeiten oder zu verbreiten.

ISSN 1865-8997

Inhaltsverzeichnis

Abbildungsverzeichnis	II
Tabellenverzeichnis	III
Abkürzungsverzeichnis	IV
Zusammenfassung	V
Summary	VI
1 Ausgangssituation und Hintergrund	1
2 Definitionen	4
2.1 Cloud Computing und darauf aufbauende Dienste	4
2.2 Definition von Künstlicher Intelligenz (KI)	6
2.3 KI-as-a-Service (KaaS)	9
3 Marktstruktur, Angebotsübersicht und Ökosystem	12
3.1 Der Markt für Cloud-Anwendungen als Enabler für XaaS	12
3.2 KaaS ermöglicht einen breiten Einsatz von KI	13
3.3 KaaS-Angebote der großen Cloud-Anbieter	15
3.4 Finanzkraft und Ökosysteme der großen Cloud-Anbieter als Einflussfaktoren auf den KaaS-Markt	24
4 Analyse ausgewählter Dienstleistungsangebote	30
5 Wettbewerbsanalyse	38
5.1 Branchenstrukturanalyse	38
5.2 Funktionsfähigkeit des Marktes	43
6 Schlussfolgerungen und Ausblick	44
Literatur	46
Experteninterviews	52

Abbildungsverzeichnis

Abbildung 1:	Methodik und Vorgehensweise	3
Abbildung 2:	Arten von Cloud-Computing	5
Abbildung 3:	Fünf Stufen der Entscheidungsautomation	8
Abbildung 4:	Chancen und Hemmnisse von KI am Beispiel mittelständischer Unternehmen	9
Abbildung 5:	Aufbau der KI-Use Cases	10
Abbildung 6:	KaaS als Teil des gesamten XaaS-Marktes	11
Abbildung 7:	Wettbewerbspositionen der Cloud-Anbieter (IaaS, PaaS, Hosted Privat Cloud – Q4 2019)	13
Abbildung 8:	Prognose des globalen Marktvolumens von KaaS	14
Abbildung 9:	Ausschnitt aus IBM Watson Visual Recognition	16
Abbildung 10:	Ausschnitt aus Google Speech-to-text	17
Abbildung 11:	Amazon Polly (Text to Speech) in der AWS Console	18
Abbildung 12:	Ausschnitt der Textanalyse-Applikation von Microsoft	20
Abbildung 13:	AWS SageMaker, Anwendungsmöglichkeiten und zugehörige Services	24
Abbildung 14:	Bedeutung der großen Anbieter im Bereich PaaS	25
Abbildung 15:	Ökosystem der KaaS-Anbieter	29
Abbildung 16:	Preisanalyse für die KaaS-Applikation Bilderkennung	31
Abbildung 17:	Preisanalyse für die KaaS-Applikation Speech to Text	32
Abbildung 18:	Preisanalyse für die KaaS-Applikation Text to Speech	33
Abbildung 19:	Preisanalyse für die KaaS-Applikation Übersetzung	34
Abbildung 20:	Ausschnitt der Produktübersicht von AWS	35
Abbildung 21:	Ausschnitt der Produktübersicht von Microsoft Azure	35
Abbildung 22:	Ausschnitt der Produktübersicht von Google Cloud Platform	36
Abbildung 23:	Ausschnitt der Produktübersicht von IBM Watson	37
Abbildung 24:	Branchenstrukturanalyse nach Porter (1980)	38
Abbildung 25:	„Winner takes it all“-Prinzip – die Konzentration ist vielen digitalen Märkten inhärent	40
Abbildung 26:	Ergebnisse der Branchenstrukturanalyse	42

Tabellenverzeichnis

Tabelle 1:	Weltweites Marktvolumen für Cloud-basierte Services in Mrd. US-Dollar	12
Tabelle 2:	Marktaufteilung der großen Cloudanbieter	13
Tabelle 3:	Gewinne, Kassenbestände und Anzahl der Akquisitionen	26
Tabelle 4:	Angebotsschwerpunkte der vier großen Cloud-Anbieter und der deutschen TK-Netzbetreiber	27
Tabelle 5:	In den Anbietervergleich einbezogene Applikationen	31

Abkürzungsverzeichnis

API	-	Application Programming Interface
ASR	-	Automatische Spracherkennung
AWS	-	Amazon Web Services
BPaaS	-	Cloud Business Process Services
CEO	-	Chief Executive Officer (HauptgeschäftsführerIn)
F & E	-	Forschung und Entwicklung
IaaS	-	Cloud System Infrastructure Services
IDE	-	Integrated Development Environment
IT	-	Informationstechnik
JSON	-	JavaScript Object Notation (Datenformat in lesbarer Textform)
KaaS	-	KI-as-a-Service
KMU	-	Kleine und mittlere Unternehmen
KI	-	Künstliche Intelligenz
ML	-	Maschinelles Lernen
NLP	-	Natural Language Processing
NMT	-	Neural Machine Translation
OCR	-	Optical Character Recognition
PaaS	-	Cloud Application Infrastructure Services
SaaS	-	Cloud Application Services
SDK	-	Software Development Kit
USD	-	US-Dollar
XaaS	-	Anything-as-a-Service

Zusammenfassung

Cloud-Dienste (Outsourcing von Speicher- und Rechenkapazitäten und Wartung von Betriebssystemen und Software zu Cloud-Anbietern) haben eine hohe Marktdurchdringung mit weiterhin hohen Wachstumsraten. Durch die Kombination von Cloud-Diensten mit Applikationen mit Künstlicher Intelligenz (KI) ergeben sich neue Potenziale, für Anbieter und Anwender, die einen niedrigschwelligen Einstieg in die Anwendung von KI benötigen.

Ziel der Studie ist es, die aktuelle Marktsituation dieser Applikationen (KI-as-a-Service) zu erfassen, Geschäftsstrategien der bedeutenden Anbieter zu identifizieren und zentrale Einflussfaktoren auf künftige Marktentwicklungen herzuleiten. Wichtige Determinanten des Markterfolgs von KaaS-Anbietern sind deren Ökosysteme sowie Finanzkraft. Ökosysteme ermöglichen es den Anbietern, dem Nutzer umfangreiche Services und Plattformen aus einer Hand zu bieten und so die Wechselbarrieren zu anderen Anbietern zu erhöhen (Lock-in-Effekt). Die finanziellen Ressourcen stammen aus anderen Geschäftsfeldern (Infrastructure-as-a-Service, Platform-as-a-Service, Software-as-a-Service, zusammen bezeichnet als Anything-as-a-Service (XaaS)). Sie erlauben es den großen Anbietern, ihre Startvorteile aus den anderen XaaS-Segmenten in das KaaS-Segment zu übertragen und das eigene Angebot durch Investitionen in Forschung und Entwicklung oder den Zukauf anderer Anbieter stetig zu erweitern. So können sie ihre eigene Position im Ökosystem absichern und ihr Angebot attraktiv halten.

Die vier größten Cloud-Anbieter, die in dieser Studie schwerpunktmäßig betrachtet wurden, haben dabei jeweils eigene Strategien; von Vorreiterrolle (Amazon Web Service) über Preisführerschaft (Microsoft Azure) bis hin zur Kommerzialisierung von innovativen Privatkunden-Anwendungen (Google Cloud Platform) und ein hochpreisiges Full-Service-Angebot (IBM Watson). Die meisten vollständig verwalteten KaaS-Applikationen dieser Anbieter lassen sich den Einsatzfeldern Bilderkennung, Spracherkennung, Sprachausgabe, Übersetzung, Textanalyse und Data Analytics zuordnen.

Diszipliniert werden die einflussreichen Anbieter am Markt durch den Wettbewerb untereinander und die relevanten Skalenerträge und Verbundvorteile in den XaaS-Segmenten, unter denen sie nur durch Kundenzufriedenheit einen ausreichenden Marktanteil erlangen können, um langfristig zu bestehen. Daneben bestehen im KaaS-Segment noch viele unbesetzte Nischen, die hohe Wachstumspotenziale bergen, z. B. für unternehmensspezifische Lösungen. Hier könnten Markteintritte vollzogen werden und weitere Anbieter hohe Wachstumsraten erzielen.

Insgesamt ist die Innovationsfunktion des XaaS-Markts und eine ausreichende Anpassungsflexibilität des Angebots gegeben. Der Wettbewerb führt derzeit zu einem verstärkten Kampf um Marktanteile. Langfristig besteht jedoch durch Skalenerträgen die Gefahr, dass hierdurch die Anbieter mit bereits hohem Marktanteil weiter stark wachsen und kleinere Anbieter aus dem Markt verdrängen.

Summary

Cloud computing, i.e. the outsourcing of storage and computing capacities as well as the maintenance of operating systems and software to cloud providers has already achieved a high level of market penetration with significant growth rates. Cloud services combined with artificial intelligence (AI) applications create new potentials, both for the providers of these services and for users who need a low-threshold access to AI.

The aim of the study is to determine the current market situation of these applications (AI-as-a-Service (AlaaS)), to identify business strategies of major providers and to derive the key factors which will influence further market developments.

Analysis shows that their ecosystems and their financial resources are important determinants of market success of AlaaS providers. Ecosystems enable providers to bundle comprehensive services and platforms and thus they increase the barriers for users to switch to other providers (lock-in effects). The necessary financial resources are mostly provided by other or neighbouring business areas (Infrastructure-as-a-Service, Platform-as-a-Service, Software-as-a-Service, together referred to as Anything-as-a-Service (XaaS)). This allows major providers to transfer their initial advantages from other XaaS segments to the AlaaS segment and to continually expand their own services through investments in research and development or acquisitions of smaller providers. Hence they keep their own ecosystem closed and ensure and even increase the attractiveness of their service offerings.

The four major cloud providers, on which this study focuses, follow their individual strategies, ranging from pioneering (Amazon Web Service) and price leadership (Microsoft Azure) to commercialising innovative consumer applications in the AlaaS segment (Google Cloud Platform) and a high-priced full-service offering (IBM Watson). Most fully managed AlaaS-applications from these providers can be assigned to image recognition, speech to text, text to speech, translation, text analysis and data analytics.

These providers are disciplined by the competition between themselves and the economies of scale and economies of scope. This implies that they can only sustain in the long run by achieving a sufficient market share through creating a high customer satisfaction. In addition, there are still many niches in the AlaaS market to be served. Those hold a high growth potential, e. g. for company-specific solutions and there is a potential for further market entries.

As a conclusion, the XaaS market fulfils an innovation function and is sufficiently flexible to adapt to new requirements. The competition between the major cloud providers leads to increased struggle for market share in the short term. In the long term due to economies of scale though, there is a risk that suppliers with high market shares will pull ahead from the smaller suppliers.

1 Ausgangssituation und Hintergrund

Das Angebot von Cloud-Services (Infrastructure-as-a-Service, IaaS) ist ein Enabler für aufbauende Marktsegmente.¹ Über die Cloud können Services angeboten werden, die es dem Kunden ermöglichen, Betriebssysteme (Platform-as-a-Service, PaaS), Software (Software-as-a-Service, SaaS) und Anwendungen mit künstlicher Intelligenz (KI-as-a-Service, KaaS) mit geringem Vorwissen und ohne Wartungs- und Installationsaufwand über Cloud-Infrastruktur zu nutzen.² Diese Studie zeigt, dass die Koppelung von Angeboten über die Cloud den IaaS-Anbietern gegenüber Anbietern, die ausschließlich in einzelnen Segmenten tätig sind, Vorteile in den drauf aufbauenden Marktsegmenten bieten kann. Daher kann sich für IaaS-Anbieter, die Attraktivität der angrenzenden Marktsegmente erhöhen. Diese Bündelung von Angeboten bietet zwar Verbundvorteile, ist aber keine Voraussetzung für den Markteintritt in den KaaS-Markt. KaaS-Applikationen können auch über die Cloud-Infrastruktur eines anderen Unternehmens zur Verfügung gestellt werden. Allerdings sind es die großen IaaS-Anbieter (Amazon Web Services, Microsoft Azure, Google Cloud und IBM), die über das umfangreichste Angebot an KaaS verfügen, und daher im Fokus dieser Studie stehen.

Das Cloud-Geschäft gehört zu den wichtigsten Wachstumstreibern der weltweit wertvollsten Unternehmen. Amazon, das viertwertvollste Unternehmen im September 2020, verdiente in 2019 35 Mrd. USD mit AWS, eine Steigerung um 37 % seit 2018.³ Mit einer operativen Gewinnmarge von 26 % ist das Cloud-Geschäft das mit Abstand profitabelste Geschäft Amazons. Auch Microsoft, auf Platz zwei in diesem Ranking, hat es mit dem Fokus auf Cloud geschafft, seinen Börsenwert nach oben zu treiben. Microsoft Azure erzielte im Geschäftsjahr 2020 (01.07.2019 bis 30.06.2020) ein Wachstum von 56 %⁴ und Satay Nadella, CEO von Microsoft, sieht eine beispiellose Chance in der Cloud: „These are strong results — and yet the opportunity ahead in a world powered by an intelligent cloud and edge is unprecedented.“⁵

Die Einführung von Applikationen mit künstlicher Intelligenz (KI) bzw. Machine Learning (ML)⁶ sowie von Big Data-Anwendungen birgt neue Wachstumspotenziale für Cloud-basierte Dienste. Um eine Applikation mit KI zu entwickeln sind grundlegende Elemente erforderlich: Infrastruktur, Daten, KI-Tools, Know-how und Use Cases. Mit KI in der Cloud (KI-as-a-Service/KaaS) können Unternehmen halbfertige bzw. fertige Lösungen für die Infrastruktur und KI-Tools beziehen, wodurch weniger eigenes KI-spezifisches Know-how sowie Investitionen erforderlich werden als es bei einer Eigenentwicklung der Fall wäre.

¹ Vgl. Büllingen et al. (2014), S. 9.

² Vgl. Microsoft (2020a).

³ Vgl. Amazon (2019).

⁴ Vgl. Microsoft (2020).

⁵ Microsoft (2018).

⁶ KI ist ein Oberbegriff und umfasst auch Machine Learning. In der Studie werden diese Begriffe synonym genutzt.

Die Einführung von KI-Applikationen in der Cloud bringt neue Fragestellungen rund um innovative Anwendungen, ein neues Ökosystem und die damit verbundenen Marktstrukturen sowie die Bedeutung von Infrastrukturen mit sich.

Das Ziel dieser Studie ist die Erhebung des aktuellen Stands der KI-Applikationen in der Cloud und des damit verbundenen Ökosystems inklusive der Geschäftsmodelle der großen Anbieter, der Marktstrukturen sowie der sich hieraus ergebenden Wettbewerbssituation. Dabei ist zu beachten, dass es sich um eine Momentaufnahme eines sich recht dynamisch entwickelnden Marktes handelt.

Aufgrund der Unternehmensstrukturen der einflussreichen Anbieter von KaaS und der aufeinander aufbauenden Leistungsbeziehungen zwischen Infrastructure-as-a-Service (IaaS), Platform-as-a-Service (PaaS), Software-as-a-Service (SaaS) und KaaS (gemeinsam bezeichnet als Anything-as-a-Service (XaaS)) ist XaaS als Gesamtmarkt zu verstehen. Es soll jedoch hierbei einen besonderen Fokus auf das KaaS-Segment innerhalb dieses Gesamtmarkt gerichtet werden.

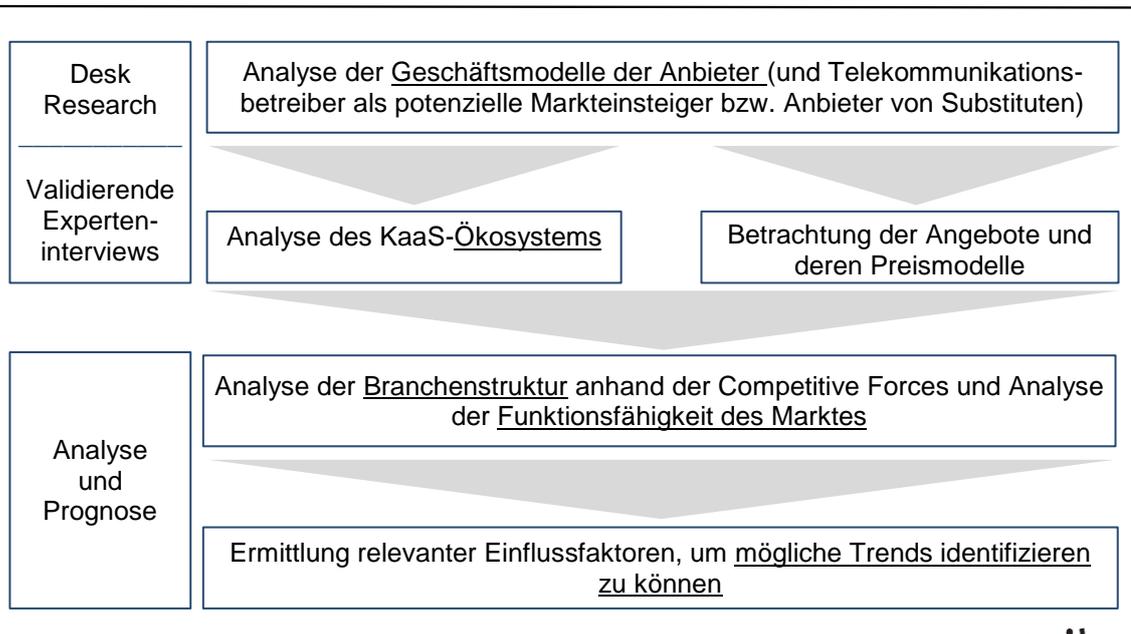
Die Forschungsfragen der Studie sind wie folgt definiert:

- Wie ist die **aktuelle Marktsituation**, welche **Wertschöpfungspotenziale** und welche **Business Modelle** gibt es für KaaS?
- Wie sieht das **Ökosystem** für KaaS aus? Welche Anbieter bieten welche **Leistungen** an, inkl. Netze, IaaS, PaaS und KaaS?
- Welche Implikationen hat KaaS auf das **Gesamtangebot**, auf die **Marktstrukturen** und die **Preismodelle** der großen **Cloud-Anbieter**?
- Was sind die **Implikation** für den Markt von **klassischen Telekommunikationsanbietern**, die ebenfalls Cloud-Dienstleistungen anbieten?

Die angewendete Forschungsmethode lässt sich in drei aufeinanderfolgende Phasen unterteilen, wie in Abbildung 1 dargestellt: In einem ausführlichen Desk Research werden die Geschäftsmodelle der einflussreichen KaaS-Anbieter sowie das entsprechende Angebot der Telekommunikationsnetzbetreiber in Deutschland identifiziert und das KaaS-Ökosystem abgeleitet. Anschließend werden typische Angebote und Preismodelle der KaaS-Anbieter für ausgewählte Applikationen betrachtet, um Hinweise auf deren Marktstrategien zu erhalten. Über Experteninterviews werden die daraus abgeleiteten Ergebnisse ergänzt und validiert. Darauf aufbauend wird die aktuelle Wettbewerbssituation analysiert.

Das KaaS-Segment wird derzeit insbesondere von vier großen Anbietern von Cloud-Services bespielt: Amazon Web Services (AWS), Microsoft Azure, Google Cloud Platform und IBM. Daher fokussiert die Analyse vor allem auf diese Anbieter.

Abbildung 1: Methodik und Vorgehensweise



2 Definitionen

2.1 Cloud Computing und darauf aufbauende Dienste

Cloud Computing stellt einen der am schnellsten wachsenden Teilmärkte im IT-Markt dar. Charakteristisch für Cloud Computing ist die ortsunabhängige und flexibel skalierbare Bereitstellung von IT-Ressourcen.

Der Bundesverband Informationswirtschaft, Telekommunikation und neue Medien e. V., Bitkom, definiert Cloud Computing als

„[...] eine Form der Bereitstellung von gemeinsam nutzbaren und flexibel skalierbaren IT-Leistungen durch nicht fest zugeordnete IT-Ressourcen über Netze. [...] Das ermöglicht den Nutzern eine Umverteilung von Investitions- zu Betriebsaufwand.“⁷

Laut dem Bundesamt für Sicherheit in der Informationstechnik bezeichnet Cloud Computing

„[...] das dynamisch an den Bedarf angepasste Anbieten, Nutzen und Abrechnen von IT-Dienstleistungen über ein Netz. Angebot und Nutzung dieser Dienstleistungen erfolgen dabei ausschließlich über definierte technische Schnittstellen und Protokolle. Die Spannweite der im Rahmen von Cloud Computing angebotenen Dienstleistungen umfasst das komplette Spektrum der Informationstechnik und beinhaltet unter anderem Infrastruktur (z. B. Rechenleistung, Speicherplatz), Plattformen und Software.“⁸

Cloud-Dienste werden grundsätzlich in vier Bereitstellungstypen unterschieden, welche auch in Abbildung 2 dargestellt sind: Die **Private Cloud** stellt eine Cloud-Infrastruktur für lediglich ein Unternehmen bzw. einen Anwender⁹ zur Verfügung. Sie kann von dem Unternehmen direkt oder durch einen Dritten (IT-Dienstleister) implementiert und betrieben werden. Die Private Cloud kann sowohl im Rechenzentrum des eigenen Unternehmens als auch in externen Rechenzentren eingerichtet werden. Man spricht von einer Private Cloud, wenn diese IT-Dienste unternehmensintern „[...] in einer Weise angeboten [werden], dass der Endnutzer im Unternehmen cloud-typische Mehrwerte nutzen kann, wie z. B. eine skalierbare IT-Infrastruktur oder installations- und wartungsfreie IT-Anwendungen, die über den Webbrowser in Anspruch genommen werden können“.¹⁰

⁷ Bitkom e.V. (2010).

⁸ Bundesamt für Sicherheit in der Informationstechnik (2020).

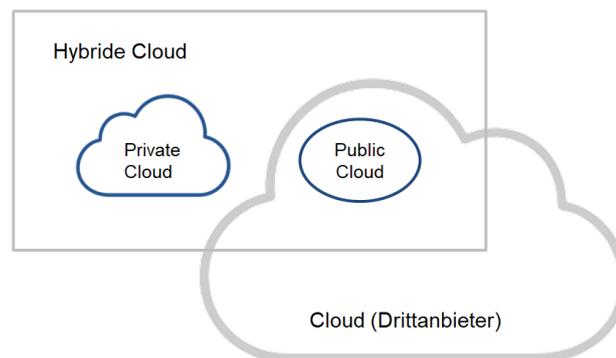
⁹ Dies kann z. B. eine Organisation, eine Institution oder auch ein Privatperson sein.

¹⁰ Fraunhofer-Institut für Arbeitswirtschaft und Organisation IAO (2020).

Eine **Public Cloud** wird von der Allgemeinheit oder einer großen Gruppe, wie beispielsweise einer ganzen Branche, genutzt und von einem Anbieter zur Verfügung gestellt. Die Fraunhofer Allianz für Cloud Computing beschreibt es auch als „[...] ein Angebot eines frei zugänglichen Providers, der seine Dienste offen über das Internet für jedermann zugänglich macht“¹¹. Amazon Web Services, Microsoft Azure und Google Cloud Platform gehören beispielsweise zu den drei größten Public Cloud Anbietern.¹² Die vorliegende Studie bezieht sich insbesondere auf Public Cloud-Angebote und – Anbieter.

Die Infrastruktur einer **Community Cloud** wird von mehreren Unternehmen bzw. Institutionen, die ähnliche Interessen verfolgen, geteilt. Sie wird betrieben von einer der beteiligten Institutionen oder von einem Dritten. Werden mehrere, eigenständige Cloud Infrastrukturen über standardisierte Schnittstellen durch einen Nutzer bzw. eine Anwendung gemeinsam genutzt, handelt es sich um eine **Hybrid Cloud**.¹³

Abbildung 2: Arten von Cloud-Computing



Für Cloud Computing haben sich verschiedene Servicemodelle auf dem Markt etabliert:

- Bei **Infrastructure-as-a-Service** werden IT-Ressourcen wie z. B. Rechenleistung, Datenspeicher oder Netze als Dienst angeboten. Dabei handelt es sich um virtualisierte und standardisierte Services. Ein Cloud-Kunde kann diese als Vorleistung beziehen und darauf eigene Services zum internen oder externen Gebrauch aufbauen. So ist z. B. die Anmietung von Rechenleistung, Arbeitsspeicher und Datenspeicher möglich, worauf der Cloud-Kunde dann ein Betriebssystem mit Applikationen seiner Wahl laufen lassen kann.
- Bei **Platform-as-a-Service** wird eine komplette Infrastruktur mit standardisierten Schnittstellen bereitgestellt, die von Diensten des Kunden genutzt werden.

¹¹ Fraunhofer-Institut für Arbeitswirtschaft und Organisation IAO (2020).

¹² Vgl. Cloud Consulting Europe GmbH (2020).

¹³ Vgl. Bundesamt für Sicherheit in der Informationstechnik (2020).

Verfügbare Dienstleistungen auf der Plattform sind z. B. Mandantenfähigkeit, Zugriffskontrolle, Datenbankzugriffe, etc. Auf die darunterliegenden Schichten, wie Betriebssystem oder Hardware, hat der Kunde keinen Zugriff. Möglich ist es jedoch, auf der Plattform eigene Applikationen laufen zu lassen, für deren Entwicklung der jeweilige Cloudanbieter seinen Kunden meist eigene Werkzeuge anbietet.

- **Software-as-a-Service** umfasst sämtliche Anwendungen, die als Cloud-Dienste angeboten werden. Unter dieses Angebot fallen z. B. Kontaktdatenmanagement, Finanzbuchhaltung, Textverarbeitung, Kollaborationsanwendungen und viele weitere.¹⁴ In diese Cloud-Kategorie fällt auch die Zurverfügungstellung von KI- bzw. Machine Learning-Applikationen. Mittels API genannter Programmierschnittstellen können diese Cloud-Dienste in die eigene IT-Infrastruktur integriert werden. Dies ist auch für die im Folgenden näher beschriebene KaaS der Fall.¹⁵

2.2 Definition von Künstlicher Intelligenz (KI)

„Die künstliche Intelligenz ist ein Teilgebiet der Informatik, welches sich mit der Erforschung von Mechanismen des intelligenten menschlichen Verhaltens befasst“.¹⁶ Um Künstliche Intelligenz definieren zu können, ist also die Betrachtung der allgemeinen Definition von Intelligenz notwendig. Dabei handelt es sich im Wesentlichen um eine schnelle Auffassungsgabe bzw. Problemlösungsfähigkeit in unbekanntem Situationen. Somit entspricht die Intelligenz dem Ausmaß der kognitiven Fähigkeiten von Menschen.¹⁷

Definitionsmerkmale der **Intelligenz**

- (1) Schnelle Auffassungsgabe bzw. Problemlösungsfähigkeit in unbekanntem Situationen.
- (2) Ausmaß der kognitiven Fähigkeiten eines Lebewesens.

Diese Intelligenz gilt es nun auf ein technisches System zu übertragen. Eine vollumfängliche Abbildung der menschlichen Intelligenz wird als **starke KI** bezeichnet. Der Punkt, an dem eine KI so intelligent wie ein Mensch sein wird, bezeichnet man auch als Singularität. Aktuell ist es aufgrund der Komplexität und benötigten Rechenkapazität jedoch nicht abzusehen, dass künstliche Systeme ein eigenes Bewusstsein entwickeln können und die Singularität erreicht wird. Starke KI ist daher – zumindest zum Status quo – eher Science Fiction als eine realistische Option.¹⁸

¹⁴ Vgl. Bundesamt für Sicherheit in der Informationstechnik (2020) und Microsoft (2020a).

¹⁵ Vgl. Red Hat (2020).

¹⁶ Spektrum Akademischer Verlag (2020).

¹⁷ Vgl. Lundborg/Märkel (2019).

¹⁸ Vgl. Gull/Märkel (2019).

Definitionsmerkmale starker künstlicher Intelligenz

- (1) Das System ist mindestens so intelligent wie ein Mensch – in allen Facetten der menschlichen Intelligenz.
- (2) Das System besitzt ein eigenes Bewusstsein und kann sich selbst reflektieren.

Realistischer und bereits in der Anwendung ist hingegen die **schwache KI**. Dabei handelt es sich um die Lösung konkreter einzelner Anwendungsprobleme mittels KI-Technologien. Verschiedene Methoden der Informatik kommen hier zum Einsatz, die bestimmte Aspekte menschlicher Intelligenz nachbilden, um ein formuliertes Ziel zu erreichen. Dies betrifft vor allem Anwendungen, bei denen die Auswertung großer Datenmengen nötig ist.¹⁹

Definitionsmerkmale schwacher künstlicher Intelligenz

- (1) Das System fokussiert auf die Lösung eines einzelnen konkreten Anwendungsproblems unter Rückgriff auf mathematische Methoden, die bestimmte Aspekte der menschlichen Intelligenz nachbilden.
- (2) Das System kann sich selbst optimieren und besitzt daher Lernfähigkeit.

Der Einsatz von technischen Hilfsmitteln bzw. Algorithmen zur Datenauswertung ist jedoch nichts Neues. Da für Intelligenz die schnelle Problemlösungsfähigkeit in unbekanntem Situationen ausschlaggebend ist, erfolgt die Abgrenzung von herkömmlichen Algorithmen zu intelligenten Algorithmen über die **Fähigkeit zur Selbstoptimierung**. Dies bedeutet, dass KI-Systeme lernfähig sein müssen.²⁰ So erläutert auch die Bundesregierung in ihrer „Nationalen Strategie für Künstliche Intelligenz“ die Technologie: „Die (schwache) KI ist fokussiert auf die Lösung konkreter Anwendungsprobleme auf Basis der Methoden aus der Mathematik und Informatik, wobei die entwickelten Systeme zur Selbstoptimierung fähig sind. Dazu werden auch Aspekte menschlicher Intelligenz nachgebildet und formal beschrieben bzw. Systeme zur Simulation und Unterstützung menschlichen Denkens konstruiert.“²¹

Vor allem der Übergang von der Maschinen*lesbarkeit* zur Maschinen*verstehbarkeit* von Daten ist hier gemeint.²² Das macht KI-Applikationen komplex und teilweise schwer nachvollziehbar. Sie werden deshalb auch als Black Boxes bezeichnet, da es für den Anwender oft an Transparenz mangelt.²³ KI kann somit als Übergang von der Maschinenlesbarkeit zur Maschinenverstehbarkeit von Daten umschrieben werden. Es findet also keine reine Verarbeitung und Ausgabe von Daten mehr statt, wie es bei herkömmlichen IT-Systemen der Fall ist. Mit KI-optimierten Systemen ist analog der menschli-

¹⁹ Vgl. Lundborg/Märkel (2019).

²⁰ Vgl. Lundborg/Märkel (2019).

²¹ Vgl. Bundesregierung (2018).

²² Vgl. Burchardt (2018).

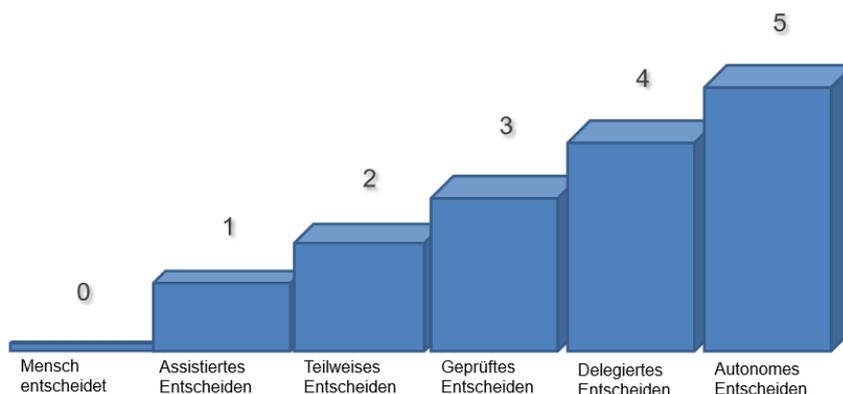
²³ Vgl. Bundesanstalt für Finanzdienstleistungsaufsicht (2018).

chen Fähigkeit ein Wahrnehmen, Verstehen und eigenständiges Handeln auf Basis von Informationen möglich geworden.²⁴

Eine KI wird in technischen Systemen immer in Verbindung mit menschlichen Interaktionen eingesetzt, wobei die KI einen unterschiedlich hohen Autonomiegrad aufweisen kann. Die Steuerung durch die KI kann dabei von einzelnen Parametern bis hin zu kompletten Systemen, wie beispielsweise Telekommunikationsnetzen, variieren. KI kann somit als Kontinuum der Beziehung von Mensch und Maschine in Situationen mit Entscheidungsbedarf gesehen und stufenweise differenziert werden.²⁵

Abbildung 3 zeigt das durch Bitkom entwickelte fünfstufige Modell der Automation des Entscheidens, welches auf dem Grad der Interaktion zwischen Mensch und Maschine basiert. Es knüpft an den Umstand an, dass ein System mit kognitiven Fähigkeiten den Menschen in Entscheidungsprozessen lediglich unterstützen könnte, jedoch auch autonom, also ohne menschliches Zutun, eine Entscheidung einleiten und treffen könnte.²⁶

Abbildung 3: Fünf Stufen der Entscheidungsautomation



Quelle: Bitkom e.V. (2017)

In einer Studie aus dem Jahr 2019 wurden 500 deutsche Unternehmen zum Status quo von künstlicher Intelligenz in Unternehmen befragt. Dabei wurde deutlich, dass erst ein kleiner Anteil von 6 % KI nutzen oder implementieren. Für 28 % ist das Thema KI relevant, jedoch noch nicht in konkreter Planung. 70 % derer, die KI anwenden, nutzen die Technologie hauptsächlich für die Datenanalyse bei Entscheidungsprozessen. Weitere KI-Anwendungen, die von den Befragten genutzt oder vorstellbar sind, sind die Automatisierung bestehender Geschäftsprozesse (63 %), Chatbots (47 %), Speech Processing, also Sprachverarbeitung (42%) oder als KI als Bestandteil von Produkten und Dienstleistungen (39 %).²⁷

²⁴ Vgl. Lundborg/Märkel (2019).

²⁵ Vgl. Bitkom e.V. (2017).

²⁶ Vgl. Bitkom e.V. (2017).

²⁷ Vgl. PricewaterhouseCoopers GmbH (2019).

Dass KI für Unternehmen zahlreiche Chancen bietet, zeigte auch eine von WIK durchgeführte Befragung von Wissenstransferexperten im Netzwerk Mittelstand-Digital, ein Förderschwerpunkt des Bundeswirtschaftsministeriums für Wirtschaft und Energie.²⁸ Demzufolge wird als größte Chance die Optimierung der Distribution und Logistik mit KI genannt. Aus dieser Befragung geht außerdem hervor, dass zielgenauere Werbung und eine Verbesserung im Kundenservice als zweitgrößte Chancen bei der Anwendung von KI gesehen werden (vgl. Abbildung 4). Eine gesteigerte Prozesseffizienz ist ebenso ein vielversprechendes Gebiet für KI.

Abbildung 4: Chancen und Hemmnisse von KI am Beispiel mittelständischer Unternehmen



Einer vollen Entfaltung des KI-Potenzials für mittelständische Unternehmen stehen jedoch noch einige Hemmnisse entgegen. So sind sich die befragten Unternehmen darin einig, dass als die zwei größten Hemmnisse bei der KI-Nutzung im Mittelstand fehlendes Know-how, bzw. fehlende Fachkräfte sowie ein mangelnder Reifegrad der Unternehmen ausgeräumt werden müssen. Ein weiteres signifikantes Hemmnis stellt die mangelnde Datenbasis dar, welche für KI-Technologien unerlässlich ist. Außerdem hindern Datensicherheitsbedenken häufig noch die Nutzung von KI im Mittelstand.²⁹

2.3 KI-as-a-Service (KaaS)

Ein vielversprechender Ansatz, um die dargestellten Hemmnisse für den Einsatz von KI-Anwendungen in KMU zu überwinden, sind KI-as-a-Service (KaaS)-Angebote aus einer Public Cloud. Die Definition von KaaS macht vor allem ihre relativ einfache Nutzung durch den Bezug von dritten Fachanbietern deutlich. So beschreibt es das Angebot für das Outsourcing von künstlicher Intelligenz (KI). Es ermöglicht Einzelpersonen

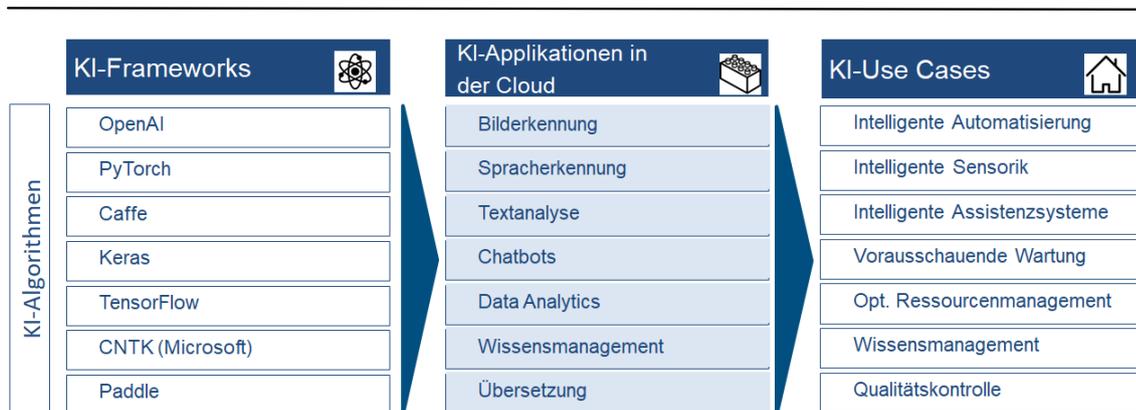
²⁸ Vgl. hier und im Folgenden Lundborg/Märkel (2019).

²⁹ Vgl. ebenda.

und Unternehmen, ohne große Anfangsinvestitionen und mit geringerem Risiko KI für verschiedene Zwecke zu nutzen.³⁰ Meistens ist die Software von der Stange erhältlich: Gekauft wird sie also von einem Drittanbieter, Anpassungen können vereinzelt vorgenommen werden und der Einsatz kann sofort erfolgen.³¹

Somit sind zum einen der Bezug über einen dritten Anbieter und somit Auslagerung von Entwicklung und Weiterentwicklung des Services charakteristisch, zum anderen auch die vorgefertigte Ausgestaltung und Nutzungsmöglichkeiten des Services. Es handelt sich bei KaaS um eine Art Baukasten von Services auf Application Programming Interface (API)-Basis, also geknüpft an eine Programmierschnittstelle.³² Dabei sind KI-Frameworks, also (meist Open Source-) Programmbibliotheken, welche verschiedene Algorithmen beinhaltet, die Basis der KI-Tools. In Kombination mit den Unternehmensprozessen ergeben sich daraus die KI-Use-Cases, wie Abbildung 5 dargelegt.

Abbildung 5: Aufbau der KI-Use Cases



Quelle: Eigene Darstellung aufbauend auf Bertram (2019) und Angebot von Microsoft/AWS/Google Cloud/IBM Watson

Auf Basis der KI-Frameworks entwickeln verschiedene Anbieter KI-Applikationen wie Bildererkennung, Spracherkennung, etc. und stellen sie als KaaS-Angebote zur Verfügung. Für gängige KI-Applikationen häufig verwendete Frameworks sind z. B. Open AI, TensorFlow oder Keras. Die daraus entwickelten KI-Applikationen, wie die Bildererkennung oder die Textanalyse, werden beispielsweise in der vorausschauenden Wartung oder der Qualitätskontrolle in der Produktion eingesetzt. Je nach Anbieter unterscheiden sich die KaaS-Angebote in Qualität, Integrationsmöglichkeiten in andere Services, Preis sowie Anpassungsmöglichkeiten.³³

³⁰ Vgl. IT-BUSINESS (2018).

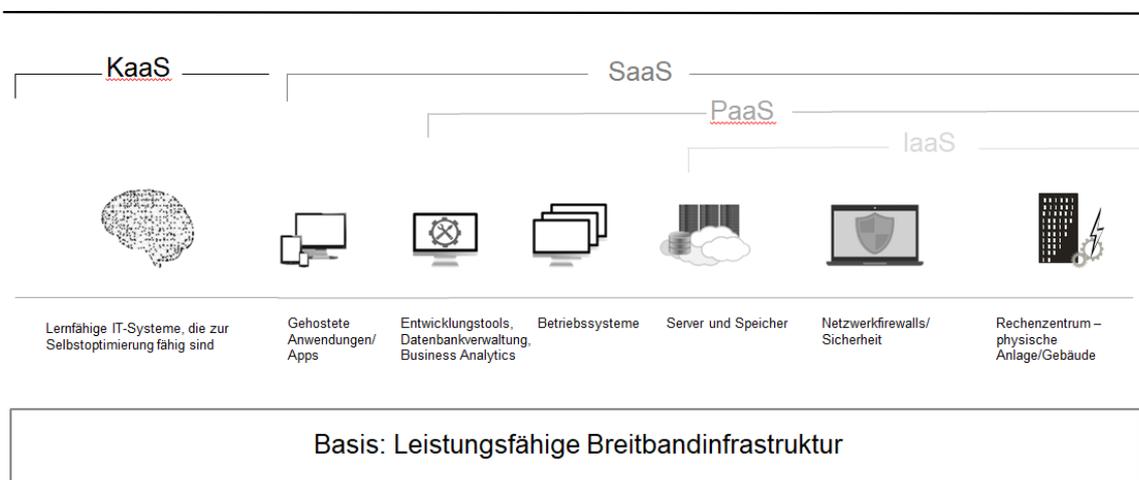
³¹ Vgl. TechTarget (2020).

³² Quelle: Experteninterviews.

³³ Vgl. hierzu die im folgenden dargestellten Anbieter und Services.

Wie in Abbildung 6 verdeutlicht, stellen KaaS-Angebote ein neues Segment im XaaS-Markt dar und ergänzen somit den SaaS-Markt. Die Basis für sowohl KaaS als auch alle weiteren XaaS-Angebote bildet eine leistungsfähige Breitbandinfrastruktur. Die benachbarten Segmente bauen jeweils aufeinander auf. Eine Analyse des Absatzes sowie der Umsatzentwicklung der gegenwärtig am Markt verfügbaren KaaS-Angebote der vier großen Cloud-Anbieter ist angesichts unterschiedlicher Angebotsbündelungen sowie entsprechender Darstellungen in den Geschäftsberichten dieser Unternehmen nicht möglich. Ebenso ist diesen Berichten keine regionale Aufschlüsselung der Umsätze zu entnehmen. Von daher wird im Folgenden der globale XaaS-Markt analysiert und soweit möglich auf das KaaS-Segment eingegangen.³⁴

Abbildung 6: KaaS als Teil des gesamten XaaS-Marktes



Quelle: Erweiterung von Microsoft (2020a)

³⁴ Vgl. die Jahresberichte der jeweiligen Anbieter sowie Experteninterviews.

3 Marktstruktur, Angebotsübersicht und Ökosystem

3.1 Der Markt für Cloud-Anwendungen als Enabler für XaaS

Der gesamte Cloud-Markt befindet sich derzeit auf einem starken Wachstumspfad. Bis 2022 prognostiziert Gartner für Cloud-Services eine drei Mal höhere Wachstumsrate als für die gesamte IT-Services-Branche.³⁵ Das stärkste jährliche Wachstum wird mit ca. 26 % für die Infrastruktur (IaaS) sowie mit 19 % für die Cloud-Anwendungen (PaaS) erwartet (vgl. Tabelle 1).

Tabelle 1: Weltweites Marktvolumen für Cloud-basierte Services in Mrd. US-Dollar

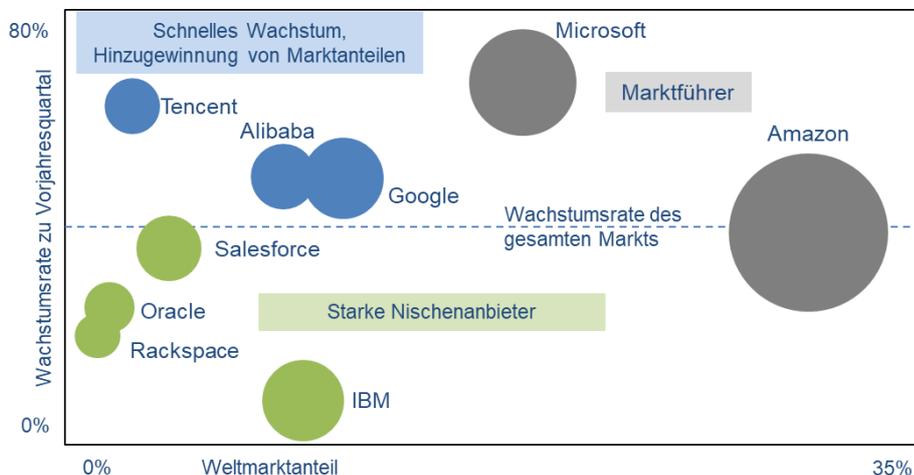
	2018	2019	2020*	2021*	2022*	CAGR 2018-2022
Cloud Business Process Services (BPaaS)	45,8	49,3	53,1	57,0	61,1	7%
Cloud Application Infrastructure Services (Paas)	15,6	19,0	23,0	27,5	31,8	19%
Cloud Application Services (SaaS)	80,0	94,8	110,5	126,7	143,7	16%
Cloud Management and Security Services	10,5	12,2	14,1	16,0	17,9	14%
Cloud System Infrastructure Services (IaaS)	30,5	38,9	49,1	61,9	76,6	26%
Total	182,4	214,3	249,8	289,1	331,2	16%

Quelle: NetMediaEurope Deutschland GmbH (2019)

Ein größerer Teil des Marktes für Cloud-Dienste wird von wenigen großen Anbietern versorgt. Die Abbildung 7 zeigt die Marktverhältnisse: Marktführer sind Amazon mit 33 % und Microsoft mit 18 %, wobei Microsoft aktuell über einen geringeren Anteil, aber über höhere Wachstumsraten verfügt. Es folgt Google mit einem geringeren Marktanteil (8%) und einer überdurchschnittlichen Wachstumsrate sowie IBM mit einem Marktanteil von 6% und einer relativ geringen Wachstumsrate.

³⁵ Vgl. NetMediaEurope Deutschland GmbH (2019).

Abbildung 7: Wettbewerbspositionen der Cloud-Anbieter (IaaS, PaaS, Hosted Privat Cloud – Q4 2019)



Quelle: Synergie Research Group (2020)

Während insbesondere die großen vier unterschiedlich dynamisch wachsen, verlieren die weiteren Anbieter Marktanteile auf dem Markt für IaaS, PaaS und Hosted Privat Cloud, was auch im Vergleich mit 2018 deutlich wird (siehe Tabelle 2). In der Folge können die vier großen Cloud-Anbieter ihre Marktanteile kontinuierlich ausbauen.³⁶

Tabelle 2: Marktaufteilung der großen Cloudanbieter

Anbieter	2019 Umsatz in Mrd. \$*	Q4 2019 Marktanteil	Q4 2018 Marktanteil
AWS	35,0	33 %	33 %
Microsoft Azure	38,1	18 %	15 %
Google Cloud	8,9	8 %	5 %
IBM Cloud & Data Platforms	9,5	6 %	4 %
Sonstige		35 %	43 %

Quelle: Müller (2020)

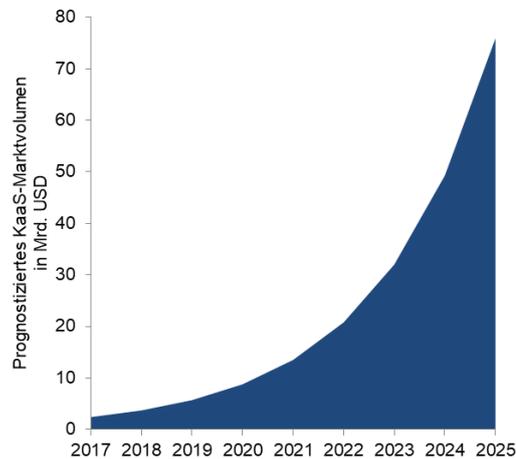
3.2 KaaS ermöglicht einen breiten Einsatz von KI

Der KaaS-Markt befindet sich derzeit noch in einer frühen Phase. Das hat zur Konsequenz, dass vergleichsweise wenig spezifische Daten zu Umsätzen, Marktvolumina und Marktanteilen verfügbar sind. Eine der wenigen Veröffentlichungen zum globalen Marktvolumen von KaaS stammt von Research and Markets, die im Jahr 2018 eine Prognose zum globalen Marktvolumen von KaaS durchführten. Von 2017-2025 wurde darin eine durchschnittliche jährliche Wachstumsrate von knapp 57 % prognostiziert

³⁶ Vgl. Müller (2020).

(vgl. Abbildung 8). Als Hauptwachstumstreiber werden von Research and Markets die steigende Verbreitung von Cloud-Anwendungen und die technischen Fortschritte im Bereich KI genannt.³⁷

Abbildung 8: Prognose des globalen Marktvolumens von KaaS



Quelle: Research and Markets (2018)

wik

KaaS-Angebote bieten Unternehmen eine gute Chance, bestehende Hemmnisse für einen profitablen KI-Einsatz zu überwinden. Eine aktuelle Deloitte-Studie bestätigt diese Einschätzung.³⁸ Hiernach verwenden deutsche Unternehmen, die KI-Use Cases umgesetzt haben, häufig Algorithmen, Applikationen oder komplette KI-Lösungen „von der Stange“. Nur 15 % der Unternehmen implementieren KI primär mit firmeneigenen Kräften.

Diese vorgefertigten Lösungen von KaaS ebnen zudem den Weg zu einer größeren Verbreitung von KI allgemein. Vor allem die große Masse an kleineren Unternehmen werden durch Cloud-basierte Lösungen auch ohne einschlägig qualifizierte Fachkräfte und Mittel für Eigenentwicklungen in die Lage versetzt KI einzusetzen. Deutsche Unternehmen zeigen sich grundsätzlich gegenüber KaaS offen und schätzen den damit verbundenen schnellen und kostengünstigen Zugang, um neue intelligente Produkte, Services und Geschäftsmodelle entwickeln zu können.

³⁷ Vgl. Research and Markets (2018).

³⁸ Vgl. Deloitte GmbH (2019) Hinweis: In Deutschland wurden für die Studie 100 Interviews durchgeführt. Alle Befragten stammen aus Unternehmen, die bereits mindestens einen AI-Prototypen oder eine AI-Anwendung umgesetzt haben.

3.3 KaaS-Angebote der großen Cloud-Anbieter

Die großen Cloud-Anbieter haben ihre XaaS-Plattformen mit einer Vielzahl an vollständig verwalteten KaaS-Applikationen erweitert, die niedrigere Einstiegshürden darstellen als die Eigenentwicklung von KI. KaaS-Applikationen werden vornehmlich für Einsatzfelder angeboten, in denen Anwendungen nach einem gewissen Standard aufgebaut und wiederkehrend einzusetzen sind.³⁹ Denn hier bieten sie für den Anwender den größten Nutzen. Klassische KaaS-Applikationen sind vollständig verwaltet, d. h. es müssen keine Server bereitgestellt und keine Machine-Learning Modelle entwickelt oder trainiert werden. Gezahlt wird nach tatsächlichem Gebrauch, z. B. nach der Anzahl analysierter Bilder. Spezifischere Anwendungen bedürften eines individuell trainierten Algorithmus oder Datensatzes, der etwas höheren Aufwand und mehr Vorkenntnisse beim Anwender voraussetzt.

Die meisten klassischen KaaS-Applikationen lassen sich den folgenden Einsatzfeldern zuordnen:

- Bilderkennung
- Spracherkennung/Speech to Text
- Sprachausgabe/Text to Speech
- Übersetzung
- Textanalyse
- Data Analytics

Darüber hinaus werden auch Tools zur Implementierung von Chatbots angeboten, die jedoch nicht als vollständig verwaltete Services zu bezeichnen sind, da diese individuell konfiguriert werden müssen und nicht direkt ohne weiteren Entwicklungsaufwand und Training der Algorithmen einsatzbereit sind.

Bilderkennung

Die Bilderkennungs-Applikationen erleichtern Bild- und Videoanalysen mithilfe von Deep Learning-Algorithmen. Objekte, Text, Menschen und Aktivitäten in Stand- und Bewegtbildern sowie nicht zulässige Inhalte können identifiziert werden.⁴⁰ Des Weiteren werden Gesichtsanalyse- und Gesichtssuchfunktionen angeboten. Auch das Labeling von Bildern ist möglich. Spezielle Modelle gibt es z. B. für Lebensmittelerkennung bei IBM Watson oder eine Celebrity-Erkennung bei AWS. Grundmodelle sowie Erweiterungen zur Bilderkennung gibt es z. B. von Amazon (Amazon Rekognition), von Microsoft (Azure mit den Applikationen Maschinelles Sehen, Custom Vision, Gesichtserkennung, Content Moderator und Videoindizierung), Google (Google Cloud Platform mit Vision) sowie von IBM Watson mit Watson Visual Recognition.⁴¹

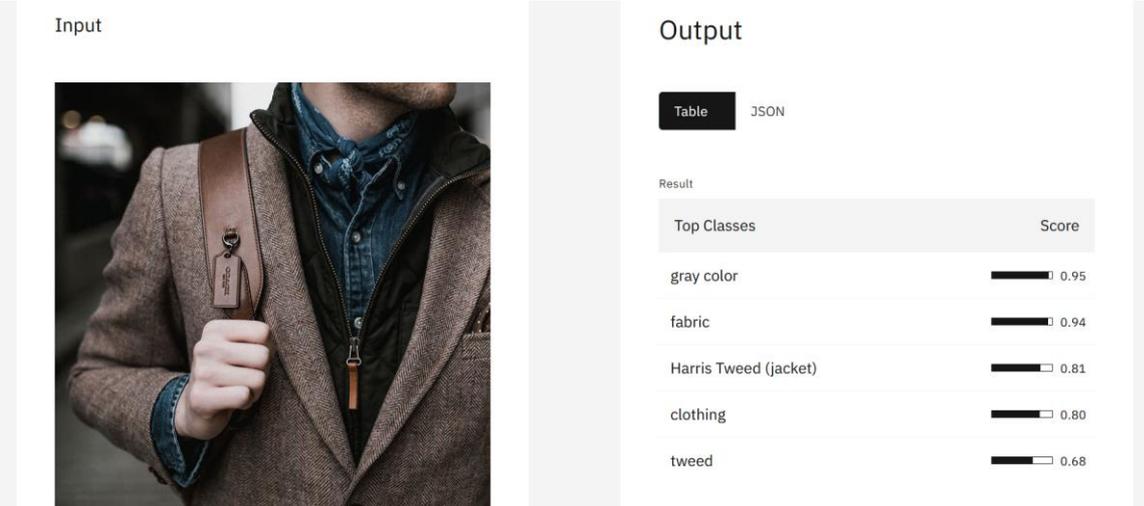
³⁹ Quelle: Experteninterviews.

⁴⁰ Vgl. Amazon Web Services (2020b).

⁴¹ Vgl. Amazon Web Services (2020d), Google (2020b), IBM (2020a), Microsoft (2020c).

Zur Verwendung der Bilderkennungs-Services werden grundsätzlich Bild-, bzw. Video-dateien benötigt. Je nach Ausgestaltung des Services können diese dann per drag-and-drop direkt analysiert werden (siehe AWS Rekognition, Microsoft Maschinelles Sehen, Google Vision). Falls eigene Anwendungsmodelle trainiert werden sollen (z.B. individuelle Labels), werden je nach Anbieter bis zu 1.000 Bilder für optimale Ergebnisse benötigt (siehe AWS Rekognition Custom Labels, Microsoft Custom Vision, Google Vision ML, IBM Visual Recognition).⁴² Das dafür am häufigsten verwendete Framework ist TensorFlow.⁴³ Nach dem Einspielen eines Bildes werden für die Bildmerkmale jeweils die passenden Charakteristika, sprich Labels angezeigt. Auf einem Bild, welches einen Apfel darstellt, würde also ein Label „Apfel“ als Beschreibung erscheinen. Wie dies auf der Benutzeroberfläche aussieht, zeigt Abbildung 9.⁴⁴ Die für das hochgeladene Bild (links) gefundenen Charakteristika/Labels werden rechts in Form von Stichworten angezeigt und jeweils mit einem Score versehen.

Abbildung 9: Ausschnitt aus IBM Watson Visual Recognition



The screenshot shows the IBM Watson Visual Recognition interface. On the left, under 'Input', there is a photograph of a person wearing a brown tweed jacket over a blue shirt. On the right, under 'Output', there is a table showing the detected classes and their scores. The table is titled 'Table' and 'JSON'. The 'Result' section shows the following data:

Top Classes	Score
gray color	0.95
fabric	0.94
Harris Tweed (jacket)	0.81
clothing	0.80
tweed	0.68

Quelle: IBM (2020h)

Verwendung finden diese Bilderkennungs-Applikationen zum Beispiel bei der Produktion von Filmen und Werbevideos, wo mit großen Mengen an Filmmaterial gearbeitet wird. Mit Amazon Recognition Video können diese Inhalte beispielsweise in ihre einzelnen Aufnahmen zerlegen werden, was die Auswahl der besten Clips für die endgültige Schnittfassung eines Films vereinfacht.⁴⁵ Auch die über die Bilderkennung verfügbare Gesichtserkennung ist ein mögliches Anwendungsszenario, wie es auch die Firma Uber bereits implementiert hat. Hier müssen sich Tausende von Fahrern stündlich auf der

⁴² Vgl. Amazon Web Services (2020v) und Microsoft (2020c) und Google (2020b) und Amazon Web Services (2020w) und Microsoft (2020q) und Google (2020i) und IBM (2020h).

⁴³ Vgl. z. B. Google (2020i) und Microsoft (2020i).

⁴⁴ Vgl. IBM (2020h).

⁴⁵ Vgl. Amazon Web Services (2020j).

firmeninternen Plattform anmelden und verifizieren. Durch die AWS Gesichtserkennung geht dieser Prozess selbst bei hoher Auslastung schneller und einfacher.⁴⁶

Spracherkennung und Sprachverschriftlichung

Spracherkennung/Speech to Text wandelt gesprochene Sprache (Audio) in Text um, zur weiteren maschinellen Verarbeitung und zur schriftlichen Dokumentation. Anwendungsfälle sind beispielsweise die Generierung von Untertiteln in Filmen, die Transkriptionen von Kundenanrufen oder auch von Fachsprache, wie bei medizinischer Dokumentation (z. B. durch Amazon Transcribe Medical).⁴⁷ Die derzeit bedeutendsten Applikationen der großen Cloud-Anbieter im Bereich Spracherkennung sind Amazon Transcribe, Azure Spracherkennung, Google Cloud Speech-to-Text und IBM Watson Speech to Text.⁴⁸ Diesen Services liegen unter anderem Deep-Learning-Prozesse zur Automatische Spracherkennung (ASR) zugrunde, wie beispielsweise das Software-Toolkit KALDI.⁴⁹

Für die Verwendung der Spracherkennungsservices werden Audio- oder Videodateien (mit Audiospur) in Form von beispielsweise .mp3/.mp4-Dateien (siehe beispielhaft Abbildung 10) oder über direkte Einspielungen mit einem Mikrofon oder API benötigt. Je nach Service kann bei der Transkriptionsleistung auch ein Punktations- oder Akzenterkennungsdienst genutzt werden.⁵⁰ Ausgegeben wird im Anschluss ein Skript (z.B. im JSON-Format), welches dann wiederum in ein gängiges Textdokument (z.B. Word-Format) umgewandelt werden kann.⁵¹ Anwendung findet dieser Service zum Beispiel bei der Firma KPMG, welche damit Tausende von Anrufen transkribiert und katalogisiert, womit die Compliance-Kosten für Kunden um bis zu 80 % reduziert werden.⁵² Ein weiteres Anwendungsbeispiel für schnelle bzw. Echtzeit-Untertitelung von Videoinhalten findet sich bei YouTube.⁵³

Abbildung 10: Ausschnitt aus Google Speech-to-text

Input type
 Microphone File upload

Language
English (United States)

Speaker diarization BETA
Off

Speakers
1 speaker

Punctuation

Show JSON ▼

Quelle: Google (2020c)

⁴⁶ Vgl. Microsoft (2020j).

⁴⁷ Vgl. Amazon Web Services (2020b).

⁴⁸ Vgl. Amazon Web Services (2020e), Google (2020c), IBM (2020d), Microsoft (2020d).

⁴⁹ Vgl. Towards Data Science (2019) und Kaldi (2019).

⁵⁰ Vgl. Google (2020c).

⁵¹ Vgl. für eine beispielhafte Anwendung Youtube (2020).

⁵² Vgl. Microsoft (2020d).

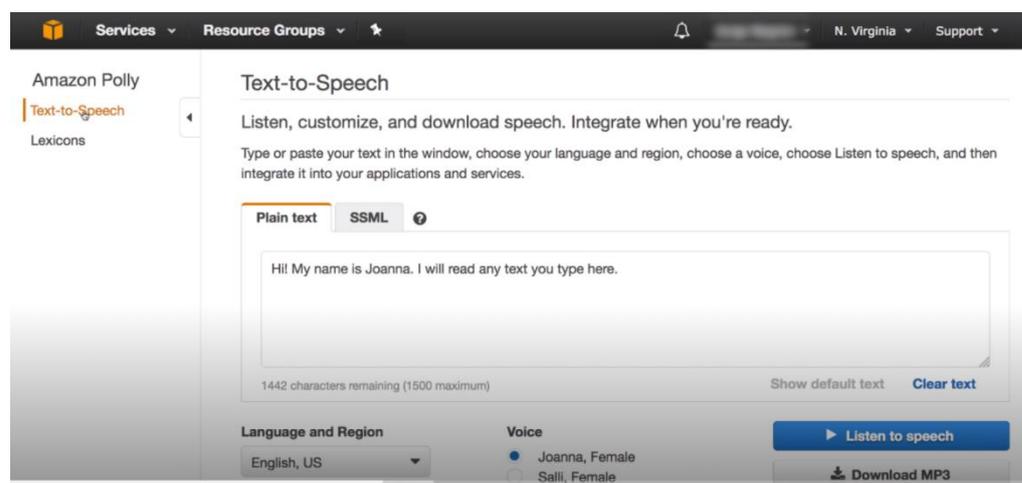
⁵³ Vgl. Google (2020c).

Sprachausgabe und Text in Sprache-Umwandlung

Die Applikationen für Sprachausgabe/Text to Speech konvertiert Text in natürlich klingende Sprache. Verschiedene Sprachen, Stimmen und Sprachstile stehen zu Auswahl. Sprachausgabe kommt beispielsweise bei E-Learning-Apps für das Lernen von Fremdsprachen oder das Lesen in der Muttersprache zum Einsatz, um dem Lernenden die richtige Aussprache beizubringen. Bedeutende Sprachausgabe-Applikationen sind unter anderem Amazon Polly, Azure Plastischer Reader, Google Cloud Text-to-Speech und IBM Watson Text to Speech.⁵⁴

Um diese Applikation zu nutzen, wird lediglich ein vorgefertigter Text benötigt und die Entscheidung, um welche Zielsprache es sich handeln soll. Die Cloud-Anbieter bieten unterschiedliche Sprachen und Dialekte an. So bietet Microsoft mit dem Plastischen Reader beispielsweise auch verschiedene Erweiterungen für den Ausgangstext an, wie das Hervorheben bestimmter Wortarten oder das Übersetzen in Echtzeit.⁵⁵ Die Ausgabe erfolgt meist in gängigen Audiodateien, wie.mp3, was Abbildung 11 mit dem Anwendungsbeispiel Amazon Polly zeigt.⁵⁶

Abbildung 11: Amazon Polly (Text to Speech) in der AWS Console



Quelle: Amazon Web Services (2020k)

Anwendung finden die Text-to-Speech-Applikationen im Kundenservice. Das Softwareunternehmen HansaWorld nutzt beispielsweise in seinem globalen Kundenservice einen virtuellen Assistenten von IBM Watson. Mitarbeiter und Kunden können über diesen Talkbot genannten Assistenten direkt mit den ERP-Lösungen von HansaWorld interagieren. Wenn ein Benutzer mit dem Talkbot verbunden ist, kann dieser mittels

⁵⁴ Vgl. Amazon Web Services (2020f), Google (2020d), IBM (2020b), Microsoft (2020e).

⁵⁵ Vgl. Microsoft (2020k).

⁵⁶ Vgl. Amazon Web Services (2020k).

Watson Text to Speech in natürlicher Sprache dem Benutzer antworten.⁵⁷ Sinnvoll ist die Applikation auch für den Anwendungsfall, dass Geräte (z.B. Bankautomaten) mit menschenähnlicher Stimmgenerierung ausgestattet werden sollen und zur Schaffung von Barrierefreiheit für solche Geräte.⁵⁸

Sprachübersetzung

Ein weiteres Einsatzfeld ist die Nutzung von KaaS um Texte zu übersetzen. Übersetzungs-Applikationen auf KI-Basis nutzen Deep-Learning-Modelle, um im Vergleich zu regelbasierten Übersetzungsalgorithmen eine genauere und natürlicher klingende Übersetzung zu liefern. Sie bieten mittlerweile eine schnelle und genaue Übersetzung großer Textmengen und unterschiedlicher Dateiformate in Echtzeit. Durch Echtzeit-Übersetzungen zu Chat- oder E-Mail-Anwendungen kann z. B. ein englischsprachiger Mitarbeiter in mehreren Sprachen mit Kunden kommunizieren. Die Übersetzungs-Applikationen der großen Cloud-Anbieter heißen Amazon Translate, Azure Übersetzer, Cloud Translation (Google) und Watson Language Translator.⁵⁹ Alle vier betrachteten Anbieter stellen den Übersetzungsdienst auf Basis von Neuronaler maschineller Übersetzung (Neural Machine Translation, NMT) zur Verfügung, ein Ansatz für hochwertige KI-basierte Übersetzungen.⁶⁰

Für die Übersetzung wird ein Ausgangstext entweder direkt in die jeweilige Anbieterkonsole eingegeben und übersetzt oder der Nutzer integriert die Übersetzungs-Applikation auf Basis der zur Verfügung gestellten Software-Development-Kits (SDK) in seine eigene Umgebung (z.B. ein Chatprogramm). Die Ausgabe erfolgt dann in Form des übersetzten Texts.⁶¹ Zum Einsatz kommen diese Applikationen insbesondere dort, wo schnelle und auch umfangreiche Übersetzungen erforderlich sind. Die Firma Zencity nutzt die Übersetzungs-Applikation, um Daten aus sozialen Medien sowie aus Online-Kundenunterhaltungen, Nachrichten-Websites und anderen Online-Quellen zu analysieren. Die daraus resultierenden Erkenntnisse werden dann den behördlichen Instanzen zur Verfügung gestellt, damit diese datengestützte Entscheidungen treffen können.⁶²

Textanalyse

Ein häufiges Einsatzfeld von KaaS ist auch die Analyse von Texten. Textanalyse nutzt das Natural Language Processing (NLP) um Zusammenhänge in Texten, also in unstrukturierten Daten, zu finden. Es wird die Sprache des Textes identifiziert sowie Schlüsselwörter, wie z. B. Orte, Personen, Marken oder Ereignisse extrahiert. Die Applikation analysiert, ob der Text einen positiven oder negativen Tenor hat (z. B. in Rezensionen) und erfasst Textdateien geordnet nach Themen. So kann innerhalb von kurzer Zeit eine Vielzahl von Dokumenten kategorisiert werden. Angebote dieser Appli-

⁵⁷ Vgl. IBM (2020b).

⁵⁸ Vgl. Google (2020d).

⁵⁹ Vgl. Amazon Web Services (2020g), Google (2020e), IBM (2020c), Microsoft (2020f).

⁶⁰ Vgl. IBM (2020c) und Microsoft (2020f) und Google (2020j) und Amazon Web Services (2020u).

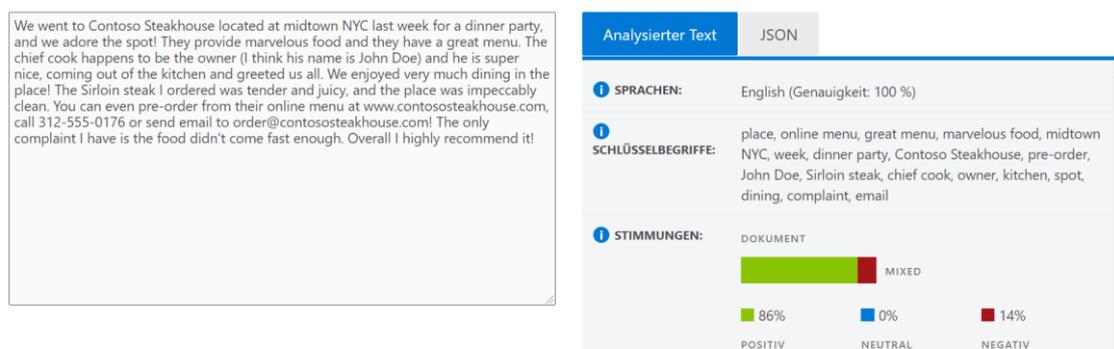
⁶¹ Vgl. Amazon Web Services (2020l) und Microsoft (2020l) und IBM (2020j).

⁶² Vgl. Microsoft (2020r).

kationen sind z. B. Amazon Comprehend und Amazon Textract, Azure Textanalysen, Googles AutoML Natural Language und Watson Natural Language Understanding.⁶³ Die Anbieter legen jeweils Schwerpunkte auf unterschiedliche Aspekte. In Amazon Comprehend kann zusätzlich ein benutzerdefiniertes Modell nach individuellen Anforderungen erstellt werden. Microsoft Azure hebt indes das Opinion Mining hervor, mit dem Stimmungen zu bestimmten Themen erkannt werden können. Anwenden lassen sich diese Applikationen z. B. für Marketinganalysen in sozialen Medien oder Kundenrezensionen. Auch hier gibt es spezielle Modelle, wie Amazon Comprehend Medical, um medizinische Informationen aus unstrukturierten Notizen zu extrahieren und zu ordnen.⁶⁴

Bei der Textanalyse kann das zu untersuchende Textobjekt sowohl eine E-Mail, ein Social-Media-Post oder aber auch ein eingescanntes, handschriftliches Dokument sein. Bei letzterem werden durch eine optische Zeichenerkennung (Optical Character Recognition, OCR) die (handschriftlichen) Informationen erfasst und als Daten zur Weiterverarbeitung digital bereitgestellt. Eine Anwendung aus der Praxis ist z. B. das Erfassen von handschriftlich ausgefüllten Fallakten, deren Informationen am Computer von einem Mitarbeiter weiterverarbeitet werden sollen.⁶⁵ Die vorhandenen Textobjekte können jedoch auch auf spezifische Charakteristika wie Stimmung, bestimmte Schlagworte oder Beziehungen untersucht werden. Hierzu wird, wie Abbildung 12 am Beispiel von Microsoft zeigt, ein Ausgangstext bezüglich spezifischen Charakteristika wie Sprache, Schlüsselbegriffe und Stimmung analysiert (Beispiel: positiv → 86 %).⁶⁶

Abbildung 12: Ausschnitt der Textanalyse-Applikation von Microsoft



Quelle: Microsoft (2020m)

Ein praktisches Anwendungsbeispiel liefert die amerikanische Genehmigungsbehörde FINRA. Sie erhält Millionen von Dokumenten mit unstrukturierten Daten zur Unterstützung von Ermittlungs-, Prüfungs- und Compliance-Prozessen. Die angestellten Ermittler

⁶³ Vgl. Amazon Web Services (2020b), Google (2020a), IBM (2020d), Microsoft (2020b).

⁶⁴ Vgl. Amazon Web Services (2020b), auch Azure und Google Cloud Platform bietet diesen fachspezifischen Service an, vgl. Microsoft (2020b) und Google (2020a).

⁶⁵ Vgl. Amazon Web Services (2020n).

⁶⁶ Vgl. Microsoft (2020m) und IBM (2020k) und Amazon Web Services (2020n).

und Prüfer mussten bislang die Dokumente Seite für Seite manuell durchgehen oder sehr gezielt suchen, um das zu finden, was sie brauchten. Mittels Amazon Comprehend können nun Personen und Unternehmen schnell extrahiert, extrahierte Entitäten mit FINRA-Datensätzen abgeglichen und Ähnlichkeiten mit anderen Dokumenten erkannt werden.⁶⁷

Datenauswertung

Ein breites Einsatzfeld für KaaS stellt die Datenauswertung dar. Data Analytics-Applikationen werden für zahlreiche Anwendungen genutzt, wie beispielsweise

- a) dem Erstellen von Prognosen auf Basis von Zeitreihenanalysen. (Bsp. Amazon Forecast),
- b) der Anomalieerkennung z. B. zur Aufdeckung von Betrugsfällen (Bsp. Amazon Fraud Detector oder Anomalieerkennung von Azure),
- c) dem Wissensmanagement über die Zentralisierung des Wissenszugangs und Suchfunktionen mit natürlicher Spracherkennung (Bsp. Amazon Kendra oder Azure QnA Maker) sowie
- d) der Personalisierung von Nutzererfahrungen wie bei persönlichen Produktempfehlungen (Bsp. Amazon Personalize oder Personalisierung von Azure)⁶⁸

Zur Datenauswertung bieten AWS und Azure die größte Auswahl an Applikationen. IBM bietet hingegen umfassende Branchen-Lösungen für Gesundheits-, Finanz-, Business Operation- und Supply Chain-Anwendungen an.⁶⁹

- a) Prognosen

Für Prognosen mit Amazon Forecast werden Datensets benötigt, welche zur Auswertung eingespielt werden müssen. Diese können für unterschiedliche Dataset-Domänen, zum Beispiel INVENTORY_PLANNING-Domäne für Lieferketten- und Lagerbestandsplanung oder WORK_FORCE-Domäne für die Mitarbeiterplanung, angewandt werden.⁷⁰ Nach dem Upload der Daten können verschiedene Vorhersage-Modelle ausprobiert werden. Die fertigen Prognosen können im Anschluss über APIs abgerufen, im CSV-Format exportiert oder in der Konsole visualisiert werden.⁷¹ Anwendung findet es zum Beispiel beim amerikanischen Energiekonzern Puget Sound Energy: Amazon Forecast wurde hier verwendet, um den Strom- und Gasverbrauch in einem typischen Wohnhaus zu prognostizieren. Mit den verbesserten Analysefähigkeiten wird das Unternehmen PSE in der Lage versetzt, maßgeschneiderte Energiesparprogramme und -dienstleistungen zu identifizieren und damit letztlich die Kundenrechnungen zu reduzieren.⁷²

⁶⁷ Vgl. Amazon Web Services (2020n).

⁶⁸ Vgl. Amazon Web Services (2020b), Google (2020a), Microsoft (2020b).

⁶⁹ Vgl. IBM (2020i).

⁷⁰ Vgl. Amazon Web Services (2020o).

⁷¹ Vgl. ebenda.

⁷² Vgl. Amazon Web Services (2020p).

b) Anomalieerkennung

Die Anomalieerkennung identifiziert Ausnahmen aus einer vorhandenen Datenbasis. Zum Einsatz kommt das z. B. Betrug wie Fake-Accounts auf einer Social Media-Plattform zu identifizieren. Für die Anomalieerkennung ist die Auswahl eines Maschine Learning-Modells notwendig, welches auf den jeweiligen Anwendungsfall ausgelegt ist. Darauf basierend werden historische Betrugsdaten benötigt, um automatisch ein individuelles Betrugserkennungsmodell basierend auf den individuellen Informationen zu trainieren, zu testen und bereitzustellen. Ausgegeben wird eine Vorhersage in Form eines Scores von 0 bis 1.000, der die Wahrscheinlichkeit eines Betrugsrisikos vorher-sagt. Im letzten Schritt kann eine Entscheidungslogik (z. B. Regeln) eingerichtet werden, um den Score des Modells zu interpretieren und eventuell eine Überprüfung durch einen menschlichen Prüfer einzuleiten. Microsoft bietet in dem Zusammenhang durch einen so genannten Rückschluss-Engine die direkte Auswahl des am besten geeigneten Überprüfungsalgorithmus an.⁷³ Der erstellte Modellrahmen kann nun mithilfe einer API in die Transaktionsfunktionen einer Website integrieren werden. Ein Anwendungsfall dafür ist die Überprüfung bei einer Kontoanmeldung oder während einer Bestellabwicklung. Hierüber werden dann Aktivitäten in Echtzeit verarbeitet und Betrugsvorher-sagen in Millisekunden geliefert.⁷⁴

c) Wissensmanagement

Ein wichtiger Einsatzbereich von KI in Unternehmen stellt das Wissensmanagement dar. Für die Erstellung und Durchsuchbarkeit einer Wissensdatenbank, werden aufzu-bereitende (Wissens-)Daten wie Anleitungen, Produktdokumentationen und -präsentationen, Marktdaten, Handbücher, FAQ-Seiten, etc. benötigt. Daraus werden sogenannte Frage-Antwort-Paare erstellt, die das spätere Verfassen von Suchanfragen in der Wissensdatenbank ermöglichen.⁷⁵ Über die Verknüpfung von Schlüsselwörtern und vordefinierten Fragen zu den jeweiligen Inhalten kann dann der Inhalt durch eine Sucheingabe (ähnlich wie in die Google-Suchmaschine) gefunden werden.⁷⁶ Beim Un-ternehmen 3M wird diese Applikation verwendet, um das Wissen aus diversen For-schungsprojekten einiger Jahre zu sammeln und durch eine einfache Suche auf Basis natürlicher Sprache/Formulierungen für die Mitarbeiter schnell und einfach verfügbar zu machen.⁷⁷

⁷³ Vgl. Microsoft (2020n).

⁷⁴ Vgl. Amazon Web Services (2020q).

⁷⁵ Vgl. Microsoft (2020o).

⁷⁶ Vgl. Amazon Web Services (2020r) und Microsoft (2020o).

⁷⁷ Vgl. Amazon Web Services (2020r).

d) Personalisierung

Personalisierungs-Applikationen werden eng mit ihrer Zielanwendung wie ein Online-shop verknüpft. Die Personalisierungs-Applikation von Microsoft kann beispielsweise direkt über eine API und zwei zusätzliche Codezeilen in eine Websites eingebettet werden. Durch die im Laufe der Zeit gewonnen Daten (beim Onlineshop zum Beispiel Produktkauf und verwandte Produktkäufe sowie Käuferinformationen) verfeinert sich die Relevanzbewertung und auch die dem Kunden angezeigten personalisierten Inhalte bzw. Waren.⁷⁸ Für Amazon Personalize werden Datasets - so genannte Schulungsdaten - für das Trainieren der Modelle benötigt. Diese enthalten Informationen zum Benutzer (z.B. Alter oder Geschlecht), zum Element (z.B. Preis oder Verfügbarkeit) und der Interaktion (historische und Echtzeitdaten aus Interaktionen zwischen Benutzern und Elementen).⁷⁹ Bei der Omnichannel Modemarke Pomelo Fashion kommt beispielsweise Amazon Personalize zum Einsatz, um den Kunden dieser Firma auf der ganzen Welt personalisierte Angebote unterbreiten zu können. Amazon Personalize ermöglicht es Pomelo Fashion, diese Personalisierung nahtlos und umfassend Umfang anzubieten.⁸⁰

Einige Cloud-Anbieter stellen eine integrierte Entwicklungsumgebung, eine so genannten Integrated Development Environment (IDE), für die Nutzer zur Verfügung, in der diese ihre Modelle entwickeln, trainieren und einsetzen können.⁸¹ Die gängigsten Frameworks für KaaS in den IDEs der betrachteten Anbieter sind TensorFlow, PyTorch, Apache MXNet, Chainer und Keras.⁸² Alle diese Frameworks nutzen standardmäßig Python und teilweise Java und C++ als Programmiersprachen, bieten aber die Möglichkeit der Verwendung anderer Programmiersprachen wie C, Haskell, Julia, R, Scala, Rust, OCaml, Crystal.⁸³ Alle Frameworks für KaaS laufen auf den Betriebssystemen Linux, Windows und macOS mit Ausnahme von Chainer, der auf Linux begrenzt ist.⁸⁴ Die gängigsten oben genannten Frameworks zielen darauf ab, künstliche neuronale Netze zu entwickeln, die dann zur Selbstoptimierung („Lernen“) durch Training mit einer Vielzahl von Daten fähig sind.⁸⁵

AWS bietet mit Amazon SageMaker Studio eine eigene Entwicklungsumgebungen an. Entwickler und Datenwissenschaftler haben hier die Möglichkeit, alle für Machine Learning verwendeten Komponenten in einem einzigen Toolset wiederzufinden, was die Erstellung der Modelle mit weniger Aufwand ermöglichen soll. Mit dem SageMaker Studio ist sowohl die Entwicklung, das Trainieren sowie das Bereitstellen und Verwalten von Modellen möglich (vgl. Abbildung 13).⁸⁶

⁷⁸ Vgl. Microsoft (2020p).

⁷⁹ Vgl. Amazon Web Services (2020s).

⁸⁰ Vgl. Amazon Web Services (2020t).

⁸¹ Vgl. DevInsider (2017), Amazon Web Services (2020i), [_hm informatik AG \(2019\)](#) und Red Hat (2020a).

⁸² Vgl. Amazon Web Services (2020h).

⁸³ Vgl. TensorFlow (2020) PyTorch (2020), MXNet (2020), Keras (2020).

⁸⁴ Vgl. Chainer (2020).

⁸⁵ Vgl. Kapitel 2.2.

⁸⁶ Vgl. Amazon Web Services (2020i).

Abbildung 13: AWS SageMaker, Anwendungsmöglichkeiten und zugehörige Services



Quelle: Amazon Web Services (2020i)

Microsoft bietet eine angepasste Version ihres IDEs unter dem Namen Visual Studio Tools for AI an. Es ist eine Erweiterung zum Erstellen, Trainieren, Testen und Bereitstellen von KI-Lösungen, die nahtlos in Azure Machine Learning integriert ist. Visual Studio for AI unterstützt die Programmierung mit Python und R sowie die gängigsten Frameworks wie CNTK, PyTorch, Caffe2, Theano, TensorFlow, Keras, Chainer, mxnet, scikit-learn oder das offene Austauschformat ONNX.⁸⁷

Google stellt keine eigene integrierte Entwicklungsumgebung zur Verfügung. Stattdessen werden IDE-Unterstützungen für die Dienste Kubernetes (Open-Source-System, Service „Cloud Code“) und die IDE IntelliJ (Service „Cloud Code for IntelliJ“) angeboten⁸⁸, sowie Tools für das im Vorfeld beschriebene Microsoft-Angebot Visual Studio.⁸⁹ Somit bietet Googles Cloud Tools for Visual Studio die Möglichkeit, Google-APIs zu nutzen, Cloud-Ressourcen zu verwalten und .NET-Anwendungen in der Windows-Umgebung bereitzustellen.⁹⁰

3.4 Finanzkraft und Ökosysteme der großen Cloud-Anbieter als Einflussfaktoren auf den KaaS-Markt

Hauptunterscheidungskriterien zwischen den vier großen Cloud-Anbietern (Amazon Web Services (AWS), Microsoft Azure, Google Cloud Platform und IBM) und den kleineren Anbietern von KaaS sind deren Finanzkraft und der Grad des Ausbaus ihrer Ökosysteme. Der Begriff „Ökosystem“ impliziert, dass KaaS nicht als singuläres Ge-

⁸⁷ Vgl. Microsoft (2020g).

⁸⁸ Vgl. Google (2020f).

⁸⁹ Vgl. Google (2020g).

⁹⁰ Vgl. Google (2020h).

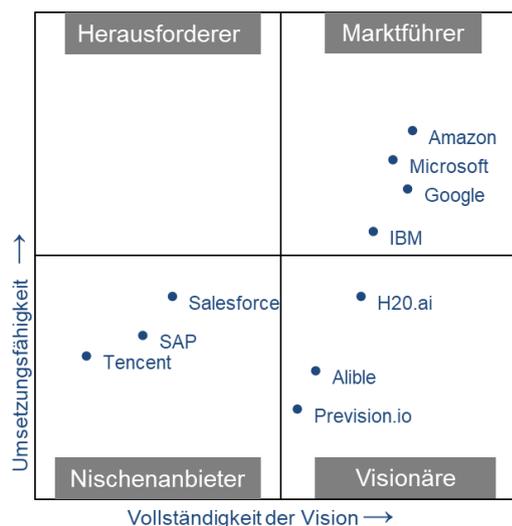
schäftsmodell verstanden werden kann. Ein Ökosystem bezeichnet ein dynamisches Netzwerk von Akteuren, die durch gemeinsame Technologien interagieren. Ihr Ziel ist es, durch eine gegenseitige Nutzung der materiellen und immateriellen Ressourcen der beteiligten Partner in einem gemeinsamen Geschäftsmodell Werte für alle beteiligten Akteure zu schaffen. Dabei entwickeln sie verschiedene aufeinander abgestimmte Dienstleistungen.⁹¹

Ein umfangreiches Ökosystem ermöglicht es den Cloud-Anbietern, dem Kunden eine niedrighschwellige Nutzerfreundlichkeit, einen großen Umfang des Gesamtangebots (auch kompatible Angebote anderer Anbieter) und die Verfügbarkeit von passenden Endgeräten zu bieten. Dadurch wird der Kunde an ein möglichst geschlossenes System mit hohen Wechselbarrieren gebunden (Lock-in-Effekte).

Ursache für die Finanzkraft und Ökosysteme der großen Cloud-Anbieter ist deren Größe und Erfahrung in angrenzenden XaaS-Marktsegmenten (siehe Kap. 3.1). In diesem Unterkapitel werden zunächst die Marktpositionen im angrenzenden PaaS-Segment und die Finanzkraft der vier großen Cloud-Anbieter betrachtet. Anschließend wird das Gesamtangebot dargestellt und das Ökosystem daraus abgeleitet.

Abbildung 14 zeigt die Situation in PaaS-Segment nach Einschätzung von Gartner (2020). Gemäß Vollständigkeit der Vision (Strategie) und Umsetzungsfähigkeit (finanzielle und personelle Ressourcen) sind die vier größten Cloud-Anbieter auch bei PaaS führend.

Abbildung 14: Bedeutung der großen Anbieter im Bereich PaaS



Quelle: Gartner (2020)

⁹¹ Vgl. Gabler Bank Lexikon (2020).

Die Unternehmen könnten ihre Vorteile im PaaS-Segment in das angrenzende KaaS-Segment übertragen, soweit sie über hinreichende finanzielle Ressourcen verfügen, um ihr Angebot durch eigene Forschung und Entwicklung selbst auszubauen oder entsprechende Angebote durch Akquisitionen hinzuzugewinnen. Darüber hinaus deuten eine zunehmende Unternehmenskonzentration und langfristig hohe Gewinne darauf hin, dass der Einfluss dieser Anbieter auf den gesamten XaaS-Markt weiter steigen könnte.⁹² Tabelle 2 zeigt einen Vergleich der Gewinne und Kassenbestände von 2009 und 2019 der vier schwerpunktmäßig betrachteten Anbieter sowie die Anzahl ihrer Akquisitionen im Zeitraum Q1 2019 bis Q2 2020.

Tabelle 3: Gewinne, Kassenbestände und Anzahl der Akquisitionen⁹³

Angaben in Mrd. USD	Gewinne 2009	Gewinne 2019	Kassenbestände 2009	Kassenbestände 2019	Anzahl Akquisitionen Q1 2019-Q2 2020
Amazon	6	115	6	55	10
Microsoft	46	83	31	134	14
Alphabet	13	90	24	120	11
IBM	44	36	14	9	3

Langfristig hohe Gewinne und steigende Kassenbestände lassen sich bei Amazon, Microsoft und Alphabet (Mutterkonzern der Marke Google) verzeichnen. Eine zunehmende Marktkonzentration kann zum einen durch überproportionales Wachstum einzelner Unternehmen und zum anderen durch Akquisitionen erfolgen. Letztere sind mit 10 bis 14 Unternehmenskäufen innerhalb von eineinhalb Jahren insbesondere bei ebendiesen drei Anbietern zu beobachten.⁹⁴ Die Finanzkraft der großen Anbieter ermöglicht es ihnen, kleine Anbieter mit komplementären oder konkurrierenden Services aufzukaufen.

Auch Telekommunikationsnetzbetreiber betreiben traditioneller Weise Rechenzentren und bieten Cloud-Dienste an. Dadurch bringen auch sie bestimmte Voraussetzungen für den Aufbau eines KaaS-Ökosystems mit. In der Tabelle unten haben wir die IaaS-Angebote der größten deutschen Breitbandanbieter, Deutsche Telekom AG (im Folgenden Telekom) und Vodafone GmbH (im Folgenden Vodafone), zur Vergleich in die Betrachtung einbezogen. Tabelle 3 zeigt, dass die Telekommunikationsunternehmen und die vier großen Cloud-Anbieter unterschiedliche Angebotsschwerpunkte haben. Keiner der sechs betrachteten Unternehmen integriert bisher den Betrieb von Netzinfrastruktur und das Angebot von XaaS.

⁹² Vgl. Krisch A, Plank L. (2019), S. 33.

⁹³ Vgl. Jahresabschlüsse von Amazon.com, Inc., Microsoft Corporation, Alphabet Inc. und International Business Machines Corporation über www.macrotrends.net; Wikipedia: List of mergers and acquisitions by Amazon/Microsoft/Alphabet/IBM; Eine qualitative Prüfung durch die Autoren hat keine offensichtlichen Falschinformationen in diesen Daten identifiziert.

⁹⁴ IBM hatte im Jahr 2018, was jedoch nicht in diese Betrachtung eingeht, eine größere Akquisition mit dem Kauf von Red Hat, einem Open-Source-Spezialisten, getätigt.

Tabelle 4: Angebotsschwerpunkte der vier großen Cloud-Anbieter und der deutschen TK-Netzbetreiber

	Amazon	Microsoft	Google	IBM	Telekom	Vodafone
KI Services (KaaS)	✓	✓	✓	✓	Vertrieb von Azure	Vertrieb von IBM Watson
Cloud Application Services (SaaS)	Verkaufsplattform: AWS Marketplace	✓	Vertrieb von SAP	✓ (IBM Cloud SaaS)	Vertrieb von Microsoft und Salesforce	Vertrieb von Microsoft 365
Cloud Application Infrastructure Services (PaaS)	✓	✓	✓	✓ (IBM Bluemix)	AppAgile (T-Systems) und Microsoft Azure	-
Cloud System Infrastructure Services (IaaS)	✓	✓	✓	✓ (IBM Cloud)	✓	Vertrieb von Alibaba Cloud/ ehemalige Vodafone Cloud wird seit 2019 von IBM betrieben
Netzinfrastuktur	-	-	-	-	✓	✓

Quelle: Vgl. Amazon Web Services (2020b), Microsoft (2020b), Google (2020a), IBM (2020), Deutsche Telekom AG (2020), Vodafone GmbH (2020)

Bei den großen Cloud-Anbietern haben Microsoft und IBM das umfangreichste XaaS-Angebot und der eigenen Marke. Bei Microsoft laufen alle XaaS-Angebote unter dem Markennamen Azure, IBM hat die Marken IBM Cloud (IaaS und SaaS), IBM Bluemix (PaaS) und IBM Watson (KaaS) etabliert. Amazon und Google bieten jeweils IaaS, PaaS und KaaS aus dem eigenen Haus an. Bezüglich SaaS vertreibt Amazon externe Produkte über die Verkaufsplattform AWS Marketplace und Google vertreibt SaaS von SAP.

Die Deutsche Telekom betreibt Netzinfrastuktur und bietet IaaS und PaaS sowohl über AppAgile als eigenes Angebot, gemanagt von T-Systems, als auch über den Vertrieb von Microsoft Azure. Vodafone konzentriert sich nach der Verpachtung des Betriebs seiner Cloud-Infrastruktur (ehemals Vodafone Cloud) an IBM auf den Netzbetrieb und vertreibt Leistungen anderer Anbieter, wie Alibaba Cloud (IaaS), Microsoft 365 (SaaS) und IBM Watson (KaaS).

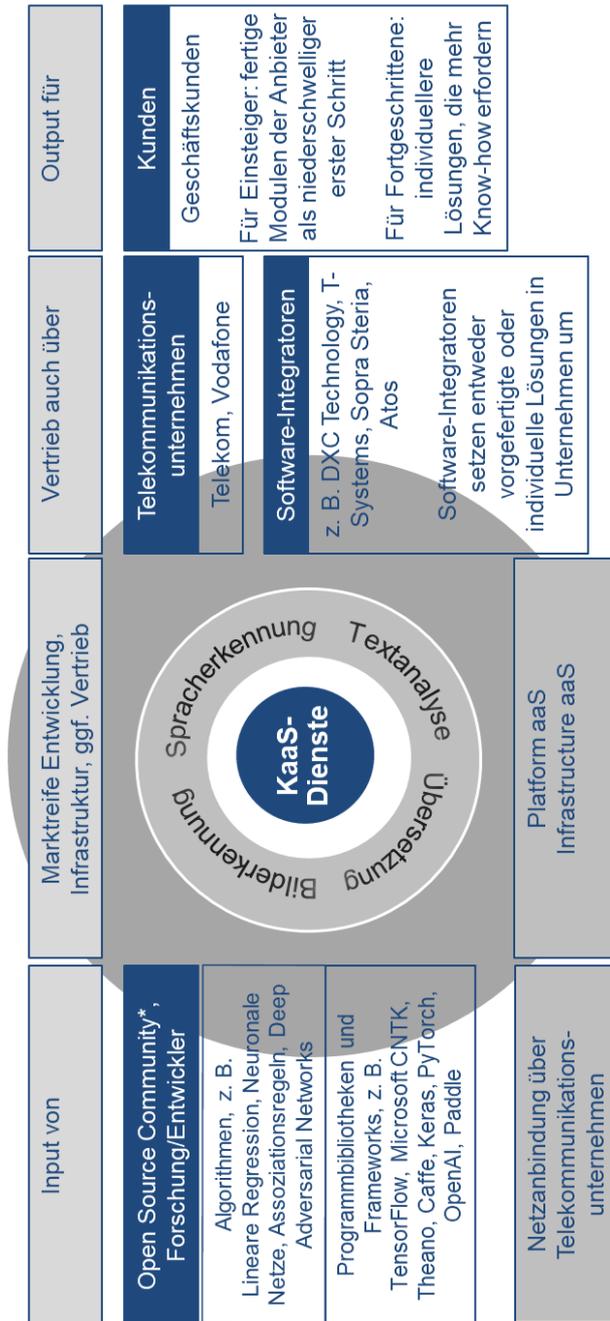
Die Telekommunikationsnetzbetreiber sind also beim Aufbau von XaaS-Angeboten zurückhaltend, obwohl sie eigene Cloud-Infrastruktur aufgebaut haben – im Fall von Vodafone jedoch seit 2019 an IBM verpachtet. Die im Rahmen dieser Studie interviewten Experten sind sich darin einig, dass die großen Cloud-Anbieter im Vergleich zu den Netzbetreibern besser darin waren, ihre Angebote weltweit schneller und stärker zu skalieren. Ihre bestehenden Ökosysteme ermöglichten es ihnen, den Umfang ihrer Services aus einer Hand schneller auszubauen. Telekom und Vodafone haben bei ihren Cloud-Angeboten hingegen lange auf das reine Hosting gesetzt. Bei der Wahl eines Anbieters hat der Kunde die Erwartung, dass dieser auch zukünftig zu den Anbietern mit dem für ihn besten Angebot (Umfang und Qualität) gehört und er keinen aufwändigen Wechsel in Kauf nehmen muss. Hier ist das Vertrauen, insbesondere in die beiden ältesten Anbieter AWS und Microsoft Azure, am größten.

Abbildung 15 zeigt das Ökosystem der KaaS-Anbieter. Die Anbieter bauen ihr jeweiliges Ökosystem immer weiter aus und nutzen es, um den Kunden viele Services aus einer Hand zu bieten und ihn an ein möglichst geschlossenes System mit hohen Wechselbarrieren zu binden (Lock-in-Effekte). Dies geschieht durch Eigenentwicklungen oder durch den Zukauf von Unternehmen. Microsoft hat beispielsweise im Jahr 2018 die Entwickler-Plattform Github für ca. 6,4 Mrd. Euro in Microsoft-Aktien gekauft⁹⁵ und durch die Integration der Plattform in seine Entwicklungsumgebung Microsoft Visual Studio optimiert. Innerhalb ihres Ökosystems sind Leistungen der KaaS-Anbieter der Mittelpunkt. Sie agieren als Mediatoren zwischen den Softwareentwicklern für KI-Software auf der einen Seite und den Applikationsentwicklern von KI-Use Cases (Integratoren und Kunden) auf der anderen Seite. KaaS-Anbieter greifen Algorithmen und Programmbibliotheken, häufig Open Source, als Input auf und entwickeln eine marktreife Applikation, die über ihre bestehende Infrastruktur läuft und mit deren Schnittstellen kompatibel ist. Über verschiedene Vertriebskanäle, wie die eigene Website, Telekommunikationsunternehmen und Software-Integratoren, werden den Kunden, meist Geschäftskunden, die Services zur Verfügung gestellt. Einsteiger wählen dabei eher die betriebsbereiten Module als niederschweligen ersten Schritt. Fortgeschrittene oder Kunden mit besonderen Ansprüchen wählen individuellere Lösungen, durchaus auch von kleineren Anbietern, die mehr Know-how auf der Anwenderseite erfordern.

Diese umfangreichen Ökosysteme verschaffen den großen Cloud-Anbietern einen Vorteil gegenüber kleineren Anbietern und damit gute Voraussetzungen für organisches Wachstum. Darüber hinaus bieten hohe Kassenbestände ihnen die Möglichkeit, fehlende oder konkurrierende Services aufzukaufen und damit eine Voraussetzung für externes Wachstum. Somit könnte im KaaS-Segment die Konzentration von Marktanteilen zunehmen.

⁹⁵ Vgl. Microsoft (2020h).

Abbildung 15: Ökosystem der KaaS-Anbieter



* Gilt für viele Frameworks, Ausnahmen sind z. B. häufig Geschäftsgrundlagen wie der Google-Such-Algorithmus

Quelle: Eigene Darstellung

4 Analyse ausgewählter Dienstleistungsangebote

Um einen Überblick über die Angebotsstruktur im KaaS-Segment zu bekommen, werden die Services und Preise der vier großen KaaS-Anbieter verglichen. Es lassen sich auf Basis einer Gartner-Studie die folgenden allgemeinen Zuordnungen treffen:

- AWS gilt als tendenziell hochpreisiger Anbieter mit dem größten Partnernetzwerk und einer großen Produktvielfalt. Diese wird durch eigene Entwicklungen sowie durch Akquisitionen kontinuierlich erweitert.⁹⁶ Eine Analyse der Pressemitteilungen vom 1. Januar bis 8. Dezember 2020 zeigt, dass Amazon in diesem Jahr 35 neue Applikationen, Erweiterungen von Funktionen oder Verfügbarkeiten bestehender Applikationen per Pressemitteilung angekündigt hat. 28 Pressemitteilungen berichten über den Abschluss oder die Erweiterung strategischer Partnerschaften und bekannten Unternehmen, die AWS-Services nutzen, wie BMW, Siemens, die Bundesliga oder die Formel 1. Fünf Pressemitteilungen berichten über den Aufbau von Rechenzentren in neuen Regionen.⁹⁷
- Microsoft Azure war der zweite Anbieter, der in das KaaS-Segment eingestiegen ist. Marktanteile konnte Microsoft vor allem mit einer Niedrigpreisstrategie sowie auf Basis seines großen Kundenstamms gewinnen.⁹⁸
- Google hat bisher unter den vier großen Cloud-Anbietern das kleinste Angebot an KaaS-Applikationen, ist aber sehr innovativ darin, Applikationen aus dem Privatkundenbereich hin zu KaaS-Anwendungen für Unternehmen zu übertragen.⁹⁹
- IBM hat im Cloud-Segment im Vierervergleich die geringsten Marktanteile und Wachstumsraten. Mit dem Produkt Watson gilt IBM eher als hochpreisiger Nischenanbieter.¹⁰⁰

Die Anzahl der angebotenen KaaS-Applikationen ist hoch. AWS bietet 869 unterschiedliche Machine Learning-Applikationen an.¹⁰¹ Die Entwicklungsdynamik konzentriert sich zunehmend auf KaaS-Applikationen, die einfach aufgebaut, niederschwellig zugänglich und direkt nutzbar sind. Beispielsweise wird für die Einsatzfelder Bild- und Spracherkennung und Text to Speech sowie Übersetzung eine wachsende Zahl von Commodity-Anwendungen mit für den Anwender mit geringem Implementierungsaufwand per KaaS angeboten.¹⁰²

Tabelle 4 zeigt die betrachteten Applikationen. Aufgrund der besseren Vergleichbarkeit konzentriert sich die Analyse jeweils auf die Basisangebote.

⁹⁶ Vgl. Gartner (2019), Amazon Web Services (2020b).

⁹⁷ Vgl. Amazon (2020).

⁹⁸ Vgl. Gartner (2019), Microsoft (2020b).

⁹⁹ Vgl. Gartner (2019), Google (2020a).

¹⁰⁰ Vgl. Gartner (2019), IBM (2020).

¹⁰¹ Vgl. Amazon Web Services (2020b).

¹⁰² Quelle: Experteninterviews.

Tabelle 5: In den Anbietervergleich einbezogene Applikationen

	Bildererkennung ¹⁰³	Spracherkennung	Text to Speech	Übersetzung
Amazon Web Services	Amazon Rekognition	Amazon Transcribe	Amazon Polly	Amazon Translate
Google Platform	Vision	Cloud Speech-to-text	Cloud Text-to-Speech	Translation
IBM Watson	Watson Visual Recognition	Watson Speech to Text	Watson Text to Speech	Watson LanguageTranslator
Microsoft Azure	Maschinelles Sehen	Spracherkennung	Text-to-Speech	Translator Text

Quelle: Vgl. Amazon Web Services (2020b), Microsoft (2020b), Google (2020a), IBM (2020)

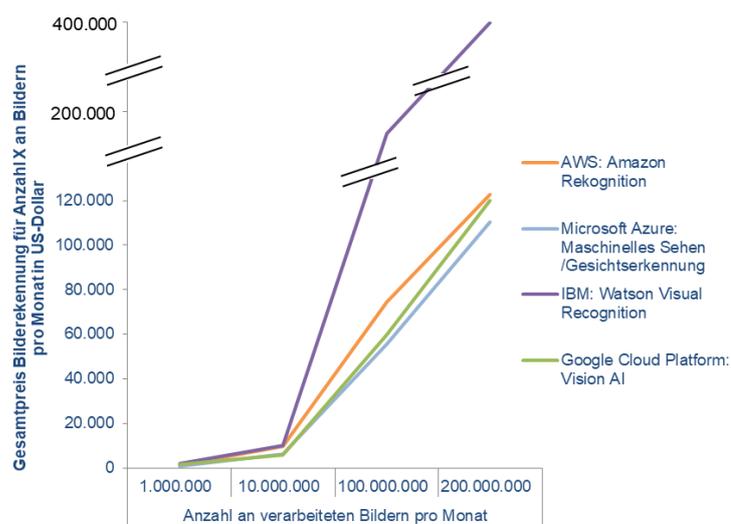
Für diese 4 Cloud-Anbieter und vier Dienste wurden die Konditionen verglichen:

Bildererkennung

Die Applikationen für Bildererkennung bieten eine automatisierte Bildanalyse mit Funktionen wie Gesichtserkennung, Texterkennung im Bild und Labelanzeige. Dieser Dienst wird von allen untersuchten Anbietern angeboten. Besondere Funktionen, anhand derer sich die Angebote differenzieren, sind z. B. spezielle Modelle für Lebensmittelerkennung vom IBM Watson oder eine Celebrity-Erkennung von AWS.

Die unterschiedlichen Preiskurven für die KaaS-Applikation Bildererkennung der vier großen Cloud-Anbieter ist in Abbildung 16 dargestellt. Die Skala der Anzahl der verarbeiteten Bilder ergibt sich durch die Preissetzung der Anbieter für unterschiedliche Mengen. In die nachfolgend aufgeführten Preisanalysen werden für eine bessere Vergleichbarkeit die Basisangebote ohne Sonderfunktionen einbezogen.

Abbildung 16: Preisanalyse für die KaaS-Applikation Bildererkennung



Quelle: Eigene Darstellung basierend auf Preisangaben von Amazon Web Services (2020d), Google (2020b), IBM (2020a), Microsoft (2020c)

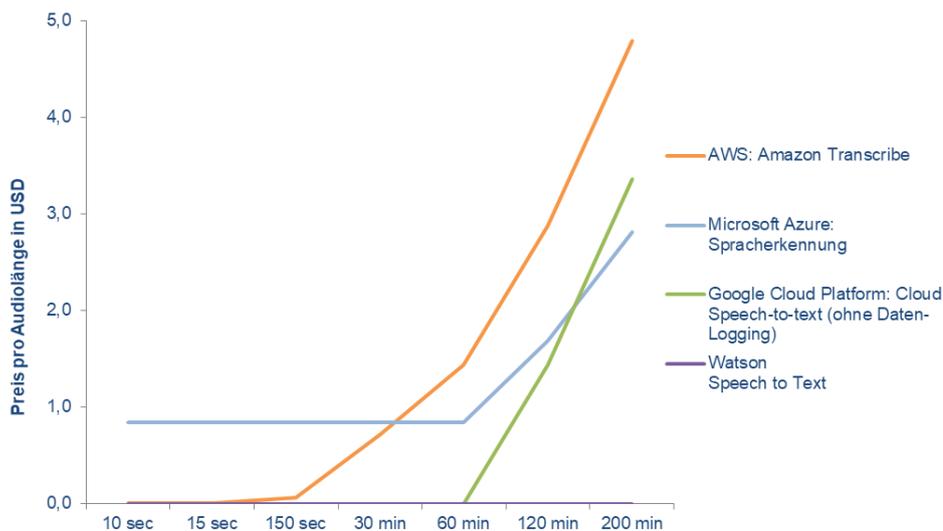
¹⁰³ Der Vergleichbarkeit halber liegt der Fokus auf Standbildern, keine Videos/Videobilder.

Die Preisanalyse für die Bildererkennung zeigt, dass IBM Watson das teuerste Angebot ist, während die Preise der drei anderen Anbieter ähnlich hoch sind. Die höheren Preise für IBM Watson sind durch ein Full Service-Angebot begründet. Microsoft Azure ist vor allem für eine hohe Anzahl von Bildern am günstigsten. Der Preis pro Bild ist bei IBM Watson konstant bei 0,002 USD, bei den andern Anbietern sinkt er mit steigender Abnahmemenge. Microsoft, IBM und Google haben kostenfreie Angebote für eine geringe Bildanzahl pro Monat (1.000 bzw. 5.000 bei Microsoft), die vor allem für preissensible Kunden wie Entwickler von Pilotprojekten, Startups und KMU interessant sind.

Spracherkennung

Die Speech to Text/Spracherkennung bietet eine automatisierte Umwandlung von Sprache in Text. Als Besonderheit herausgestellt wird von AWS hier beispielsweise die automatische Interpunktion und Grammatikprüfung. Die preisliche Aufstellung der betrachteten Anbieter wird in Abbildung 17 deutlich.

Abbildung 17: Preisanalyse für die KaaS-Applikation Speech to Text



Quelle: Eigene Darstellung basierend auf Preisangaben von Amazon Web Services (2020e), Google (2020c), Microsoft (2020d), IBM (2020b)

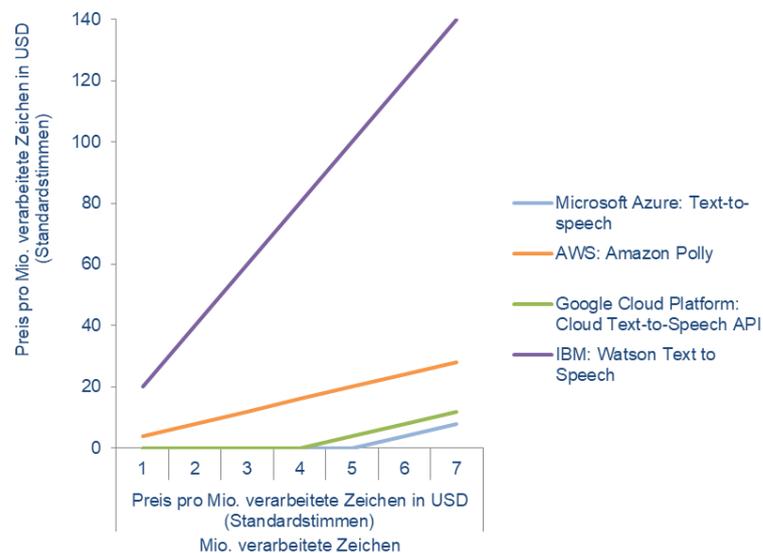
In der Speech to Text Spracherkennung ist Microsoft Azure ebenfalls am günstigsten für große Abnahmemengen (0,014 USD/min). Ab 144 Minuten Nutzungsdauer wird Azure günstiger als Google. Der Google Cloud Platform-Service adressiert auch hier preissensible Kunden, indem die ersten 60 Minuten kostenlos sind, danach 0,024 USD/min. Der Preis von AWS liegt konstant bei AWS bei 0,024 USD/min. Bei der Speech to Text-Applikation bietet IBM Watson ein auffällig großes Kontingent an Freiminuten im Basismodell an. Bis zu 500 Minuten monatlich sind kostenlos nutzbar. Im erweiterten Modell liegt der Preis bei 0,02 USD/min für bis zu 999.999 Minuten und damit unter den Preisen von AWS und Google. Für größere Mengen sinkt der Minutenpreis

auf 0,01 USD, sodass bei sehr großen Mengen (>2.500.000 min) Watson Speech to Text der günstigste Anbieter ist.

Text to Speech

Text to Speech ist eine automatisierte Konvertierung von geschriebenem Text in natürlich klingende Sprache. Diese Applikation wird von allen einbezogenen Anbietern angeboten. Diese unterscheiden sich in der Anzahl der zur Verfügung stehenden Sprachen sowie im Stimm- und Zusatzleistungsangebot (z. B. besondere Stimmen).

Abbildung 18: Preisanalyse für die KaaS-Applikation Text to Speech



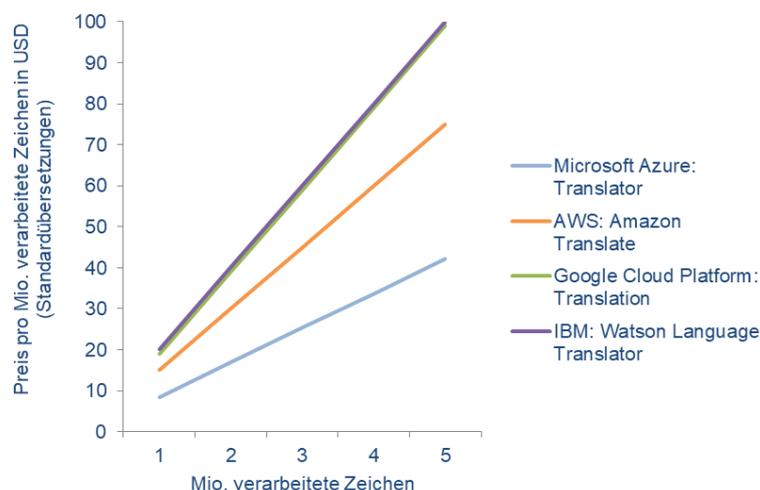
Quelle: Eigene Darstellung basierend auf Preisangaben von Amazon Web Services (2020f), Google (2020d), IBM (2020b), Microsoft (2020e)

Auch in Text to Speech hat IBM Watson mit Abstand das teuerste Angebot und bietet pro Monat 10.000 verarbeitete Zeichen kostenlos an, wie Abbildung 18 zeigt. AWS bietet 12 Monate lang 5 Mio. Zeichen/Monat kostenlos an, anschließend kosten 1 Mio. Zeichen 4 USD. In dieser Abbildung wird das erste Anwendungsjahr nicht berücksichtigt. Microsoft Azure und Google sind durch ihre hohe Anzahl an kostenlosen Zeichen günstig. Dies lässt weiterhin auf eine Niedrigpreisstrategie der beiden Anbieter schließen.

Übersetzung

Die Übersetzungs-Applikation bietet Übersetzungen in Echtzeit in unterschiedliche Sprachen. Dieser Dienst wird von allen einbezogenen Anbietern angeboten. Diese unterscheiden sich in der Anzahl der zur Verfügung stehenden Sprachen sowie durch die Möglichkeit von Sprachidentifizierung.

Abbildung 19: Preisanalyse für die KaaS-Applikation Übersetzung



Quelle: Eigene Darstellung basierend auf Preisangaben von Amazon Web Services (2020g), Google (2020e), IBM (2020c), Microsoft (2020f)

Bei den Übersetzungsangeboten haben IBM Watson und Google Cloud Platform vergleichbare Preise, die deutlich höher sind als für die Dienste von Microsoft und AWS (siehe Abbildung 19). Im Vergleich zu den anderen untersuchten Applikationen stellt das eine Ausnahme für Google dar, das in den anderen Bereichen eher kostengünstig ist und auch kostenlose Kontingente zur Verfügung stellt.

Die Analyse der ausgewählten KaaS-Angebote zeigt, dass der Preis von IBM Watson in allen Services deutlich über dem der anderen Anbieter liegt. Microsoft Azure ist insbesondere bei großen Mengen am günstigsten. Der Google Cloud Platform Service adressiert preissensible Kunden wie Start-ups und KMU, indem es gewisse Kontingente kostenlos anbietet. AWS liegt preislich meist höher als Google und Azure.

AWS bietet das vielfältigste und ausgereifteste Angebot an KaaS. Es wirbt mit erfolgreichen Start-ups bzw. Unternehmen (z. B. Netflix¹⁰⁴) und wichtigen Behörden als Kunden, für die es auch einen eigenen Kundenservice gibt. Es wird häufig von Nutzern für die strategische Umsetzung gewählt, sowohl für innovative digitale Geschäftsprojekte als auch für die Migration traditioneller Rechenzentren in eine Cloud/laaS-Umgebung.¹⁰⁵ AWS zeichnet sich aus Kundensicht besonders durch sein großes Ökosystem aus, was die große Produktvielfalt ermöglicht, welche in Abbildung 20 dargestellt ist.¹⁰⁶

¹⁰⁴ Vgl. Amazon Web Services (2020c).

¹⁰⁵ Vgl. Gartner (2020).

¹⁰⁶ Quelle: Experteninterviews.

Abbildung 20: Ausschnitt der Produktübersicht von AWS



Quelle: Amazon Web Services (2020b)

Microsoft Azure hat den zweithöchsten Marktanteil, die niedrigsten Preise und wird von Kunden bevorzugt, die bereits Microsoft-Produkte nutzen. Dadurch verstärkt es den Vendor Lock-in. Abbildung 21 bietet einen Einblick in das Angebot von KI und Machine Learning-Produkten. Es gilt als weniger ausgereift als AWS, bietet jedoch auch innovative und offene Leistungs- und Einsatzmöglichkeiten.¹⁰⁷

Abbildung 21: Ausschnitt der Produktübersicht von Microsoft Azure

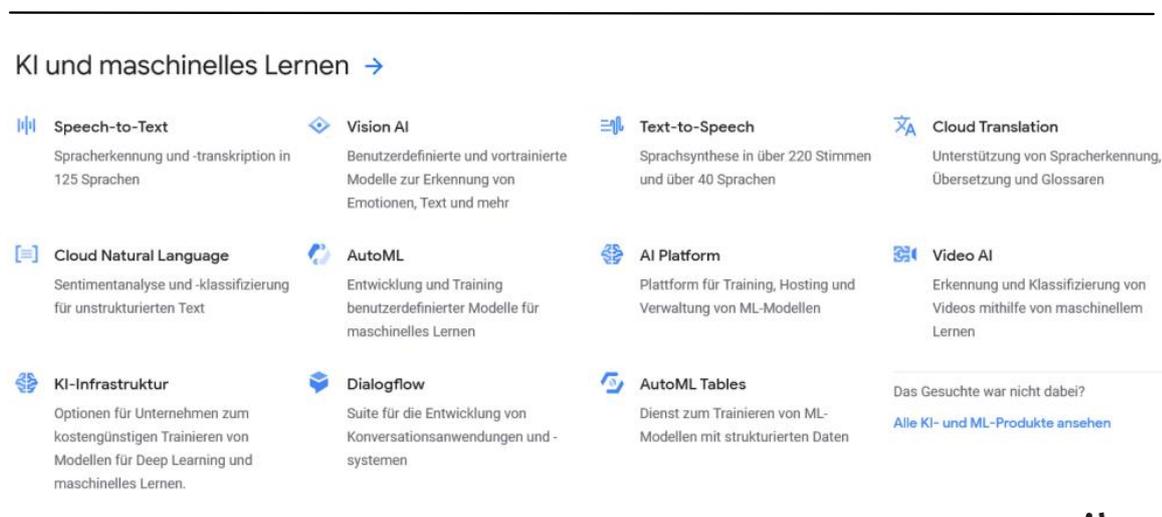


Quelle: Microsoft (2020b)

¹⁰⁷ Vgl. Gartner (2020).

Google transferiert seine Kompetenzen aus den Privatkundengeschäft auf das KaaS-Segment. Es verfügt über das kleinste Leistungsspektrum unter den großen Cloud-Anbietern (siehe Abbildung 22), bietet allerdings eine wachsende Zahl innovativer Features im KaaS-Bereich durch die Kommerzialisierung von innovativen Anwendungen, die für das eigene Privatkundengeschäft entwickelt wurden.¹⁰⁸ Eine eindeutige Preisstrategie lässt sich nicht identifizieren. Es gibt kostenfreie Kontingente, was das Angebot vor allem für Kunden mit geringer Nachfragemenge und Projekte in der Pilotierungsphase attraktiv macht. In der Übersetzung ist das Angebot allerdings deutlich teurer als das von Microsoft Azure und AWS.¹⁰⁹

Abbildung 22: Ausschnitt der Produktübersicht von Google Cloud Platform



Quelle: Google (2020a)

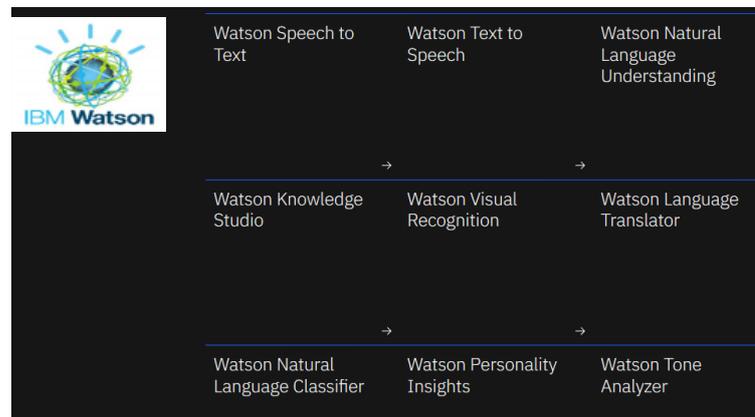
IBM bietet ein hochpreisiges Full-Service-Angebot mit einer Reihe verschiedener IBM Watson-Produkte (siehe Abbildung 23). Es ist nach Marktanteilen der kleinste der vier großen Cloud-Anbieter und hat Cloud-Segment geringere Marktanteile und Wachstumsraten als die übrigen betrachteten Anbieter. Im PaaS-Segment gilt IBM anhand der Vollständigkeit der Vision und der Umsetzungsfähigkeit zusammen mit Amazon, Microsoft und Google als Marktführer.¹¹⁰

¹⁰⁸ Vgl. Gartner (2020).

¹⁰⁹ Quelle: eigene Analyse der Dienstleistungsangebote.

¹¹⁰ Vgl. Gartner (2020).

Abbildung 23: Ausschnitt der Produktübersicht von IBM Watson



Quelle: IBM (2020i)

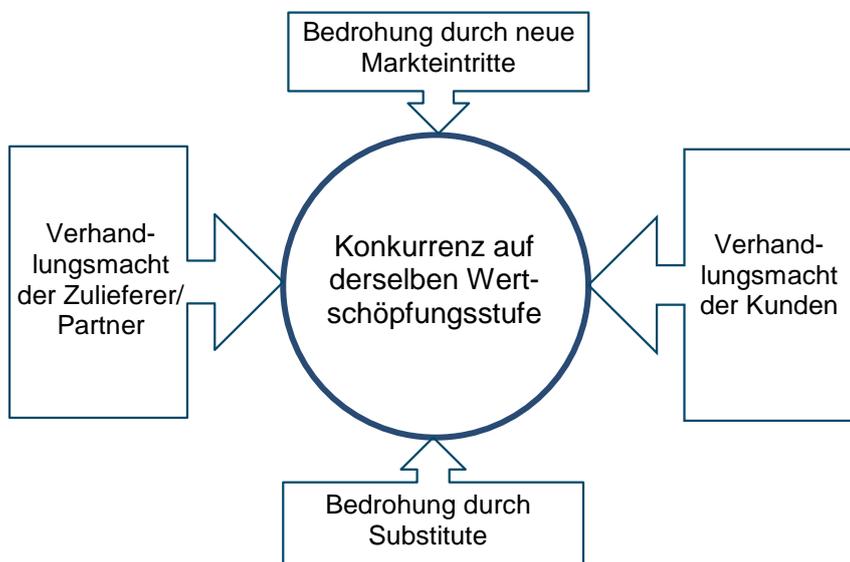
Die großen Cloud-Anbieter bieten vor allem den Einsatz von KI in „Container-Lösungen“ mit geringen Anfangsinvestitionen, geringem Risiko, geringem Fachkräftebedarf und ohne Notwendigkeit an großen Datenbasen zum Training der Algorithmen. Die Analyse der Dienstleistungsangebote gibt Hinweise darauf, dass sie jedoch versuchen, sich in diesem Rahmen voneinander differenzieren, z. B. durch niedrige Preise (Microsoft Azure), umfangreiches Angebot und Ökosystem (AWS), innovative Services aus dem Privatkundengeschäft (Google) oder durch die Etablierung eines Hochpreissegments (IBM Watson). Die großen Cloud-Anbieter lassen die Nischen auf dem Markt frei, die ein Angebot für fortgeschrittene Nachfrager bieten, die individuellere Lösungen nachfragen, die mehr Know-how in der Anwendung erfordern.

5 Wettbewerbsanalyse

5.1 Branchenstrukturanalyse

Um die Branchenstruktur zu erfassen, wurden die Einflussfaktoren auf die Wettbewerbssituation des KaaS-Ökosystems anhand von Porter's Five Forces analysiert.¹¹¹ Dabei wurde die Wettbewerbsintensität zwischen den Anbietern auf derselben Wertschöpfungsstufe, die Verhandlungsmacht der Kunden sowie der Zulieferer und Partner, der Bedrohung durch Substitute sowie durch neue Markteintritte betrachtet.

Abbildung 24: Branchenstrukturanalyse nach Porter (1980)



Quelle: Porter (1980)

wik 

Bei der Analyse handelt es sich um eine Zeitpunktbetrachtung auf einem sich dynamisch entwickelnden Markt, sodass die Entwicklungen der hier identifizierten Einflussfaktoren kontinuierlich weiter zu beobachten sind.

Wettbewerbsintensität für die vier großen Cloud-Anbieter:

Bezüglich der Konkurrenz auf derselben Wertschöpfungsstufe sind Indikatoren für Wettbewerbsintensität, die für nicht digitale Märkte entwickelt wurden, im KaaS-Segment nicht sehr hoch ausgeprägt:¹¹²

¹¹¹ Vgl. Porter (1980), 38 ff.

¹¹² Siehe Kapitel 3.

- Es gibt nur wenig ähnlich geartete Konkurrenten, da nur wenige Unternehmen über das Ökosystem und die Finanzkraft verfügen bzw. diese in absehbarer Zeit erreichen können, wie die vier großen Cloud-Anbieter.
- Aufgrund der bereits erreichten Größe und der (zumindest derzeitig) hohen Wachstumsraten ist davon auszugehen, dass sich die Abstände zwischen den vier großen Cloud-Anbietern und den übrigen Anbietern künftig noch vergrößern.
- Die Branche wächst sehr dynamisch, sodass die Anbieter weniger stark um Kunden kämpfen müssen, um ihre Auslastung zu erhöhen.

Prinzipiell bestehen für viele Anbieter im KaaS-Segment Wachstumspotenziale. Allerdings sind Lock-in-Effekte, Skalenerträge und Verbundvorteile (in Verbund mit anderen XaaS-Segmenten) zu beobachten, die dazu führen können, dass das Unternehmen, das am frühesten den höchsten Marktanteil erreicht, sich einen Wettbewerbsvorteil sichert.¹¹³

Lock-in-Effekte entstehen dadurch, dass für Kunden ein Systemwechsel mit finanziellem und zeitlichem Aufwand auf technischer und organisatorischer Seite sowie mit einer Umgewöhnung in der Bedienung für den Nutzer selbst verbunden ist. Dies bremst die Wechselbereitschaft, sobald einmal ein Anbieter gewählt wurde und dessen Angebote genutzt werden. Laut den Experteninterviews, die für diese Studie durchgeführt wurden, wird diese Wechselbarriere auch von Geschäftskunden wahrgenommen, sodass zumindest für einen bedeutenden Teil des Marktsegmentes von Lock-in-Effekten ausgegangen werden kann.

Die Kostenstruktur auf digitalen Märkten zeichnet sich meist durch relativ hohe Fixkosten, z. B. für die Entwicklung von Applikationen, und geringe zusätzliche Kosten für einzelne Transaktionen aus, was zu steigenden Skalenerträgen führt.¹¹⁴ Insbesondere in den benachbarten Marktsegmenten IaaS und PaaS, die bei den vier großen Cloud-Anbietern als Basis für das KaaS-Ökosystem bedeutend sind, führen hohe Fixkosten für die technische Infrastruktur zu steigenden Skalenerträgen.

Ein zunehmendes Angebot an komplementären und interoperablen Angeboten für große Anbieter führen zu Verbundvorteilen.¹¹⁵ Im Vergleich zu anderen Märkten wird in dynamischen, schnelllebigen Technologiemarkten zudem die Wettbewerbsposition oft weniger über den Preis als über Innovationsstrategien und Innovationsführerschaft definiert. Schließlich werden finanzielle Ressourcen, die es erlauben, massive Investitionen in F&E zu tätigen, zu einem entscheidenden Wettbewerbsvorteil gegenüber Neueinsteigern.¹¹⁶

¹¹³ Vgl. hier und im Folgenden Clement und Schreiber (2016), S. 24 ff.

¹¹⁴ Vgl. Monopolkommission (2015), S. 84.

¹¹⁵ Dazu gehört die u.a. die Bündelung der IaaS, PaaS und SaaS sowie die Vielzahl an SaaS-Applikationen.

¹¹⁶ Vgl. Dolata und Schrape (2018), S. 91.

Diese drei Kräfte speisen das sogenannte „Winner takes it all“-Prinzip (siehe Abbildung 25). Sie verstärken sich gegenseitig und führen zunächst kurzfristig zu einer verstärkten Konkurrenz um Marktanteile. Langfristig besteht jedoch die Gefahr, dass diese Kräfte dazu führen, dass Anbieter mit bereits hohem Marktanteil weiter stark wachsen und kleinere Anbieter gegebenenfalls aus dem Markt verdrängen.

Abbildung 25: „Winner takes it all“-Prinzip – die Konzentration ist vielen digitalen Märkten inhärent



Quelle: In Anlehnung an Clement und Schreiber (2016), S. 218

Ebendiese Markteigenschaften, Lock-in-Effekte, Skalenerträge und Verbundvorteile, sorgen auch für Markteintrittsbarrieren und eine verringerte Gefahr neuer Markteintritte. Die bereits erwähnten vorhandenen finanziellen Ressourcen der großen Cloud-Anbieter sind hier ebenfalls ein wichtiges Mittel zur Absicherung ihres eigenen Ökosystems. Denn sie ermöglichen es, potenzielle Konkurrenz aufzukaufen, damit ihren Marktanteil weiter zu erhöhen sowie komplementäre Angebote durch Übernahmen zu erschließen.¹¹⁷ Gleichzeitig bestehen im KaaS-Segment noch viele Nischen, die auch von Anbietern besetzt werden können, die über keine eigene Cloud-Infrastruktur verfügen und diese von anderen Anbietern nutzen. Diese Nischen bergen hohe Wachstumspotenziale. In den Experteninterviews wurden diesbezüglich vor allem unternehmensspezifische Lösungen genannt, für die über das bestehende Angebot hinaus künftige Nachfrage erwartet wird. Dies bietet Spielraum für Markteintritte und die Erzielung von hohen Wachstumsraten für weitere Anbieter. Die bestehenden Marktanteile der etablierten

¹¹⁷ Vgl. Staab und Nachtwey (2016), S. 24-31.

Anbieter werden sich dadurch aber nicht signifikant verringern. Sobald neue Anbieter eine weitere Nische erschlossen haben, stellen sie attraktive Übernahmekandidaten für die großen etablierten Akteure dar.

Verhandlungsmacht der Kunden

Die Verhandlungsmacht der Kunden ist relativ gering, da sie im Vergleich zu den großen Cloud-Anbietern wenig konzentriert sind,¹¹⁸ hohe Umstellungskosten und in der Regel unvollständige Informationen über die Produkte haben.¹¹⁹ Zudem handelt es sich bei KaaS-Diensten um innovative Angebote, für deren Nutzung bei den Nachfragern noch geringe Erfahrungswerte bestehen. Allerdings kann die Verhandlungsposition der etablierten Anbieter aufgrund der Verbundvorteile und Skalenerträge im XaaS-Ökosystem relativiert werden. Denn die Anbieter profitieren in Anbetracht der Skalenerträge davon, einen möglichst hohen Marktanteil zu halten, was nur mit einem qualitativ, umfänglich und preislich guten Angebot zu schaffen ist.

Substitute

Substitute im KaaS-Markt können Private Clouds oder die direkte Implementierung von KI-Algorithmen in Software (vertikale Integration) sein. Beim Wechsel in eine Private Cloud sind Hürden durch Lock-in-Effekte, wie einmalige Umstellungskosten, sowie zusätzliche Kosten für das künftige Hosting zu kalkulieren. Somit bestehen Substitute zu Cloud-Diensten, sie sind für die Kunden aber nicht unbedingt wirtschaftlich attraktiv.¹²⁰

Verhandlungsmacht der Zulieferer und Partner

Zulieferer und Partner der Cloud-Anbieter sind vor allem Entwickler von Applikationen, Software-Integratoren sowie Netzbetreiber. Die Entwickler sind in der Regeln deutlich kleiner und verfügen nicht über die relevante IaaS- und PaaS-Infrastruktur. Die Netzbetreiber könnten auf Basis ihrer Infrastruktur und Finanzkraft in das KaaS-Marktsegment einsteigen. Bislang wurden aber keine erfolgreichen Markteintritte durch die Netzbetreiber beobachtet. Laut den Experteninterviews sind die Netzbetreiber allerdings bisher nicht in der Lage gewesen, vergleichbar attraktive Angebote wie die der großen Cloud-Anbieter auf dem Markt zu bringen. Die Softwareintegratoren nutzen die Dienste der großen Cloud-Anbieter unter anderem aus Kostengründen und wegen des dynamischen Angebotsportfolios,¹²¹ können aber auch eigene KaaS-Angebote unterbreiten und sind als potentielle Wettbewerber relevant.

Die Branchenstrukturanalyse zeigt, dass die Attraktivität des XaaS-Marktes und des KaaS-Segments vor allem für die großen Cloud-Anbieter, die ihre Startvorteile aus benachbarten Segmenten übertragen können, hoch ist. Die Bedrohung durch Substitute

¹¹⁸ Siehe Marktanteile in Kapitel 3.

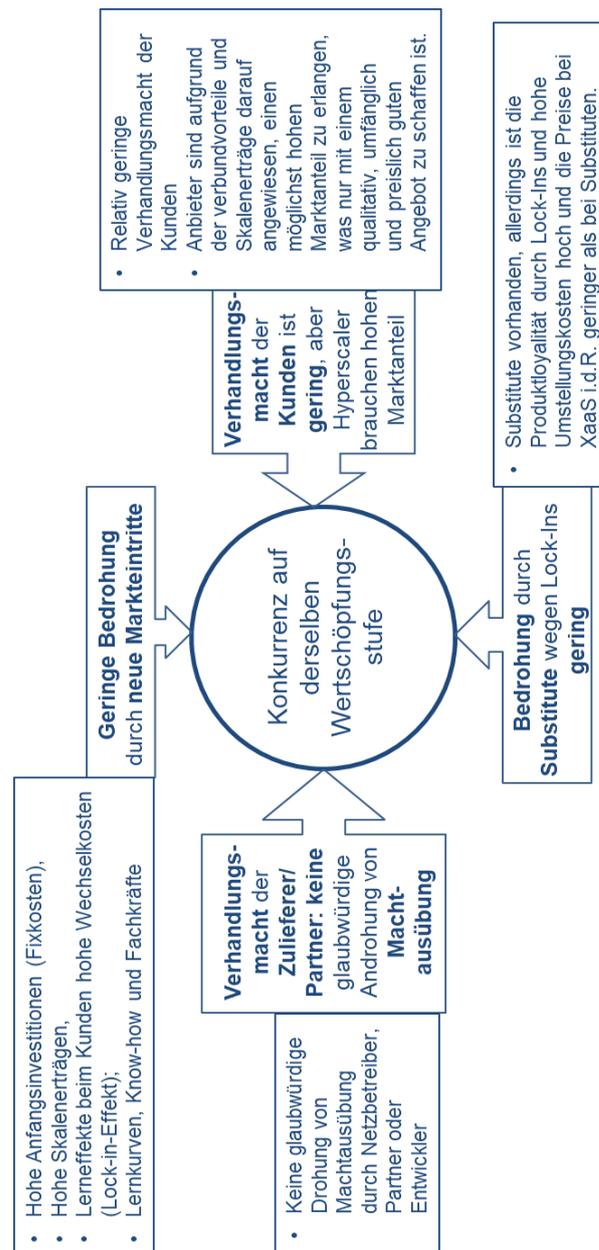
¹¹⁹ Quelle: Experteninterviews.

¹²⁰ Dies wurde in den Experteninterviews bestätigt.

¹²¹ Quelle: Experteninterviews.

und Markteintritte ist bisher relativ gering, ebenso wie die Verhandlungsmacht der Kunden sowie der Zulieferer und Partner. Diszipliniert werden die Anbieter allerdings zumindest kurzfristig durch das „Winner takes it all“-Prinzip, unter dem sie nur durch ein attraktives Angebot einen ausreichenden Marktanteil erlangen können, um langfristig zu bestehen. Eine zusammengefasste Darstellung der Branchenstrukturanalyse ist in Abbildung 26 zu finden.

Abbildung 26: Ergebnisse der Branchenstrukturanalyse



5.2 Funktionsfähigkeit des Marktes

Wettbewerb kann als funktionsfähig erachtet werden, wenn er folgende Funktionen sicherstellt: leistungsgerechte Einkommensverteilung, optimale Faktorallokation, Kundensouveränität, Anpassungsflexibilität und technischen Fortschritt.¹²² In einem aufgrund des raschen technischen Fortschritts sehr dynamischen Markt mit hohen Skalenerträgen und vernachlässigbaren Kapazitätsbeschränkungen, wie dem XaaS-Markt, sind Einkommensverteilung und Faktorallokation eher vernachlässigbar. IT-Unternehmen stehen im Wettbewerb um Fachkräfte, sodass von einer leistungsgerechten Entlohnung und einem produktiven Faktoreinsatz auszugehen ist.

Auch die Kundensouveränität ist anhand der derzeitigen Angebotsvielfalt auf dem XaaS-Markt, insbesondere auf dem dynamischen, wachstumsstarken KaaS-Markt, als sichergestellt anzunehmen. Zwar gibt es wenige Anbieter, die über einen großen Anteil am Markt verfügen, jedoch ist die Anzahl der Angebote¹²³ hoch und die Kunden haben neben den großen Cloud-Anbietern auch die Möglichkeit, zwischen weiteren kleineren KaaS-Anbietern zu wählen. Hier ist es notwendig, die Entwicklung in Zeitverlauf zu beobachten, da diese Angebotsvielfalt aufgrund der Konzentrationstendenzen nicht langfristig sichergestellt ist. Das Angebot wird eher durch neue technische Entwicklungen bestimmt als durch die Nachfrage (Technology Push statt Market Pull). Das heißt, die Anbieter betreiben selbst Forschung und Entwicklung, um neue Applikationen anbieten zu können. Sie haben dadurch einen Informationsvorsprung vor dem Kunden und ein Interesse daran, der erste Anbieter zu sein, der eine bestimmte Funktion anbietet, um die Nachfrage hiernach auf sich zu vereinen.¹²⁴ Dadurch besteht die Tendenz, dass die neuen Entwicklungen auch auf den Markt gebracht werden. Da Kapazitätsbeschränkungen vernachlässigt werden können, sind auch von den Anbietern gesteuerte Mengenverknappungen nicht zu befürchten.

Entscheidende Indizien für einen funktionierenden Wettbewerb sind auf dem XaaS-Markt die Anpassungsflexibilität und der technischen Fortschritt. Die Produkte, Dienstleistungen und Kapazitäten werden ständig weiterentwickelt und ausgebaut (Technology Push bestimmt das Angebot), da der erste Anbieter eines Produkts zunächst die gesamte Nachfrage auf sich konzentriert und die Nachfrager aufgrund von Lock-in-Effekten eine Präferenz für den Verbleib bei einem Anbieter haben. Somit gibt es Argumente, dass der Markt, trotz relativ hoher Marktanteile der wenigen großen Cloud-Anbieter, die Anforderungen an einen funktionsfähigen Wettbewerb ganz oder zumindest überwiegend erfüllt. Entscheidend ist hierfür vor allem die zumindest kurzfristig disziplinierende Wirkung des „Winner takes it all“-Wettbewerbs.

¹²² Vgl. Kantzenbach (1966), Clark (1940).

¹²³ Z. B. 869 Produkte im Machine Learning-Bereich bei AWS.

¹²⁴ Quelle: Experteninterviews.

6 Schlussfolgerungen und Ausblick

In der vorliegenden Studie wird eine Zeitpunkt Betrachtung des XaaS-Marktes und insbesondere KaaS-Segments vorgenommen. Dieser Markt wird zu einem großen Anteil durch die vier großen Player AWS, Microsoft Azure, Google Cloud Platform und IBM Watson voran getrieben. Der Markt für XaaS-Angebote entwickelt sich allgemein sehr dynamisch, wobei dem KaaS-Segment eine besonders hohe durchschnittliche jährliche Wachstumsrate von knapp 57 %¹²⁵ bis 2025 prognostiziert wird.

Die verschiedenen Angebotsebenen von XaaS bauen wie Wertschöpfungsstufen aufeinander auf und entwickeln sich stark interdependent. Sie können daher auch nicht unabhängig voneinander analysiert werden. Es zeigt sich, dass der Cloud-Markt zur Entwicklung von Ökosystemen tendiert, bei denen die vier großen Cloud-Anbieter eine führende Rolle einnehmen und daher gegebenenfalls die Möglichkeit besteht, die bestehende Marktposition in angrenzende Segmente wie KaaS zu übertragen.

Diese vier Akteure übertragen ihre Startvorteile aus den Segmenten IaaS- und PaaS- in das relativ neue Segment der KaaS-Dienste. So werden weitere Skaleneffekte und Verbundvorteile erzeugt und die Lock-in-Effekte weiter verstärkt. Gemessen an den Umsatzzahlen konnten sich die großen Vier bereits von den übrigen Anbietern absetzen. Telekommunikationsnetzbetreiber konnten das KaaS-Angebot der großen Cloud-Anbieter bisher nicht bieten. Telekom und Vodafone haben zwar auch eine eigene Cloud-Infrastruktur zum Angebot von IaaS aufgebaut. Die vier großen Cloud-Anbieter konnten ihre Angebote jedoch schneller skalieren und über ihre Ökosysteme den Umfang und den Kundennutzen ihrer Services steigern. Damit haben sie schnell hohe Marktanteile im IaaS-Segment erreicht. In der Folge verpachtet Vodafone seine Cloud-Infrastruktur seit 2019 an IBM und strebt somit nicht mehr an, XaaS-Anbieter zu werden.¹²⁶

Die großen Cloud-Anbieter schaffen durch ihre KaaS-Angebote niedrighschwellige Einstiege in KI-Anwendungen, indem sie vor allem den Einsatz von KI in „Container-Lösungen“ anbieten. Dies hat für die Nutzer den Vorteil geringer Anfangsinvestitionen und somit eines geringeren Risikos, einem geringeren Fachkräftebedarf und keine Notwendigkeit an großen Datenbasen zum Training der KI-Algorithmen. Zugleich bieten diese KaaS-Dienste für die Nutzer zahlreiche Ansätze zur Effizienzsteigerung, Verbesserung ihrer Applikationen und sind obendrein problemlos skalierbar.

Die vier großen Cloud-Anbieter sind bezüglich KaaS-Angeboten unterschiedlich aufgestellt und verfolgen verschiedene Geschäftsmodelle.

AWS hat mit 33 % den größten Marktanteil und das größte und ausgereifteste Angebot, was durch sein großes Ökosystem begünstigt und ermöglicht wird.

¹²⁵ Siehe Abbildung 8.

¹²⁶ Vgl. Handelsblatt (2019).

Microsoft Azure hat den zweithöchsten Marktanteil, bezüglich den hier betrachteten Angeboten Bilderkennung, Spracherkennung, Textanalyse und Übersetzung die niedrigsten Preise und wird tendenziell von Kunden bevorzugt, die bereits Microsoft-Produkte nutzen. Dadurch wird der Vendor Lock-in noch verstärkt.

Google hat das kleinste Leistungsspektrum unter den Marktführern, bietet allerdings eine wachsende Zahl innovativer Leistungsmerkmale durch die Kommerzialisierung von innovativen Anwendungen, die zunächst für das eigene Privatkundengeschäft entwickelt wurden. Eine eindeutige Preisstrategie lässt sich nicht identifizieren. Es gibt kostenfreie Kontingente, was das Angebot vor allem für Kunden mit geringer Nachfragemenge und Pilotprojekte attraktiv macht und somit den Einstieg erleichtert.

IBM bietet ein hochpreisiges Full-Service-Angebot und ist nach Marktanteilen der kleinste der vier großen XaaS-Anbieter. Das Cloud-Segment von IBM weist geringere Marktanteile und Wachstumsraten als die der übrigen betrachteten Anbieter auf.

Die meisten vollständig verwalteten KaaS-Applikationen dieser Anbieter lassen sich den Einsatzfeldern Bilderkennung, Spracherkennung/Speech to Text, Sprachausgabe/Text to Speech, Übersetzung, Textanalyse und Data Analytics zuordnen.

Neben diesen großen Cloud-Anbietern sind viele Nischenanbieter aktiv, die eher individualisierte Produkte für fortgeschrittene KI-Anwender anbieten. Hier bestehen weiterhin Chancen für kleinere Anbieter, unternehmens- oder branchenspezifische Lösungen anzubieten, beispielsweise im industriellen Umfeld. Software-Integratoren können mit ihrem Know-how bei der Umsetzung und Implementierung der KaaS-Lösungen im Unternehmen unterstützen und übernehmen so zugleich eine Vertriebsfunktion für die großen Anbieter.

Es besteht Wettbewerb zwischen den großen Cloud-Anbietern, von denen jeder versucht, seine Nische zu finden und seine vorteilhafte Position von oder in andere Marktsegmente zu übertragen. Kurzfristig werden die großen Anbieter durch einen „Winner takes it all“-Wettbewerb diszipliniert. Aufgrund hoher Wachstumsraten sowie der hohen Marktanteile weniger Anbieter und deren starker Rolle in ihren Ökosystemen sollten die Marktentwicklungen weiter beobachtet werden, da sich aus der aktuellen Situation einflussreiche Marktpositionen entwickeln könnten.

Literatur

Amazon (2018): Annual Report. Seattle 2018

Amazon (2019): Annual Report. Seattle 2019

Amazon (2020): Press Releases <https://press.aboutamazon.com/press-releases>, Zuletzt abgerufen am 08.12.2020

Amazon Web Services (2020a): AWS Marketplace.
<https://aws.amazon.com/marketplace/search/results?page=1> Zuletzt abgerufen am 20.11.2020

Amazon Web Services (2020b): Entdecken Sie unsere Produkte. <https://aws.amazon.com/de/> Zuletzt abgerufen am 26.11.2020

Amazon Web Services (2020c): Netflix auf AWS. <https://aws.amazon.com/de/solutions/case-studies/netflix/> Zuletzt abgerufen am 19.11.2020

Amazon Web Services (2020d): Amazon Rekognition – Preise Europa (Frankfurt).
<https://aws.amazon.com/de/rekognition/pricing/?nc=sn&loc=4>, Zuletzt abgerufen am 19.11.2020

Amazon Web Services (2020e): Amazon Transcribe – Preise Europa (Frankfurt).
<https://aws.amazon.com/de/transcribe/pricing/?nc=sn&loc=3>, Zuletzt abgerufen am 19.11.2020

Amazon Web Services (2020f): Amazon Polly– Preise Europa (Frankfurt).
https://aws.amazon.com/de/polly/pricing/?nc2=type_a, Zuletzt abgerufen am 19.11.2020

Amazon Web Services (2020g): Amazon Translate – Preise Europa (Frankfurt).
https://aws.amazon.com/de/translate/pricing/?nc2=type_a, Zuletzt abgerufen am 19.11.2020

Amazon Web Services (2020h): Amazon Sage Maker Developer Resources.
<https://aws.amazon.com/de/sagemaker/developer-resources/>, Zuletzt abgerufen am 08.12.2020

Amazon Web Services (2020i): Amazon Sage Maker. <https://aws.amazon.com/de/sagemaker/>, Zuletzt abgerufen am 08.12.2020

Amazon Web Services (2020j): Amazon Rekognition Video for Media Analysis.
<https://aws.amazon.com/de/rekognition/media-analysis/>, Zuletzt abgerufen am 08.12.2020

Amazon Web Services (2020k): Amazon Polly Entwicklerhandbuch
https://docs.aws.amazon.com/de_de/polly/latest/dg/getting-started-console.html, Zuletzt abgerufen am 08.12.2020

Amazon Web Services (2020l): Amazon Translate – FAQ <https://aws.amazon.com/de/translate/faqs/>, Zuletzt abgerufen am 08.12.2020

Amazon Web Services (2020m): Amazon Textract
<https://aws.amazon.com/de/textract/#:~:text=Amazon%20Textract%20is%20a%20service%20that%20automatically%20extracts,fields%20in%20forms%20and%20information%20stored%20in%20tables>, Zuletzt abgerufen am 08.12.2020

Amazon Web Services (2020n): Amazon Comprehend. <https://aws.amazon.com/de/comprehend/>, Zuletzt abgerufen am 08.12.2020

- Amazon Web Services (2020o): Amazon Forecast Entwicklerhandbuch
https://docs.aws.amazon.com/de_de/forecast/latest/dg/howitworks-domains-ds-types.html,
Zuletzt abgerufen am 08.12.2020
- Amazon Web Services (2020p): Amazon Forecast customers
<https://aws.amazon.com/de/forecast/customers/>, Zuletzt abgerufen am 08.12.2020
- Amazon Web Services (2020q): Häufig gestellte Fragen zu Amazon-Betrugserkennung
<https://aws.amazon.com/de/fraud-detector/faqs/>, Zuletzt abgerufen am 08.12.2020
- Amazon Web Services (2020r): Amazon Kendra. <https://aws.amazon.com/de/kendra/>, Zuletzt abgerufen am 08.12.2020
- Amazon Web Services (2020s): Amazon Personalize Entwicklerhandbuch
https://docs.aws.amazon.com/de_de/personalize/latest/dg/gs-prerequisites.html, Zuletzt abgerufen am 08.12.2020
- Amazon Web Services (2020t): Amazon Personalize customers.
<https://aws.amazon.com/de/personalize/customers/>, Zuletzt abgerufen am 08.12.2020
- Amazon Web Services (2020u): Amazon Translate. <https://aws.amazon.com/de/translate/> Zuletzt abgerufen am 10.12.2020
- Amazon Web Services (2020v): Was ist Amazon Rekognition?
https://docs.aws.amazon.com/de_de/rekognition/latest/dg/what-is.html Zuletzt abgerufen am 10.12.2020
- Amazon Web Services (2020w): Amazon Rekognition Custom Labels.
<https://aws.amazon.com/de/rekognition/custom-labels-features/> Zuletzt abgerufen am 10.12.2020
- Bertram, S. (2019): Vergleich von Machine-Learning-Frameworks. In: iX 1/2019
- Bitkom e.V. (2010): Cloud Computing – Was Entscheider wissen müssen. Leitfaden. Berlin 2010
- Bitkom e.V. (2017): Künstliche Intelligenz verstehen als Automation des Entscheidens - Leitfaden, Berlin 2017
- Büllingen, F., Hillebrand, A., Stamm, P. (2014): Die Marktentwicklung für Cloud-Dienste – mögliche Anforderungen an die Netzinfrastruktur, WIK- Diskussionsbeitrag Nr. 385
- Bundesamt für Sicherheit in der Informationstechnik (2020): Cloud Computing Grundlagen.
https://www.bsi.bund.de/DE/Themen/DigitaleGesellschaft/CloudComputing/Grundlagen/Grundlagen_node.html;jsessionid=6BAF211B7A2203A2E8069B4779B92378.2_cid503 Zuletzt abgerufen am 13.11.2020
- Bundesanstalt für Finanzdienstleistungsaufsicht (2018): Big Data trifft auf künstliche Intelligenz: Herausforderungen und Implikationen für Aufsicht und Regulierung von Finanzdienstleistungen, Bonn, Juni 2018
- Bundesregierung (2018): Strategie Künstliche Intelligenz der Bundesregierung, Berlin, November 2018
- Burchardt, A. (2018): Begriffsklärung Künstliche Intelligenz, Vortrag im Rahmen der Klausurtagung Enquete-Kommission des Deutschen Bundestages „Künstliche Intelligenz – Gesellschaftliche Verantwortung und wirtschaftliche, soziale und ökologische Potenziale“ am 15.10.2018 in Berlin
- Chainer (2020): Recommended Environments.
<https://docs.chainer.org/en/stable/install.html?highlight=linux#recommended-environments>, Zuletzt abgerufen am 08.12.2020

- Google (2020g): Cloud-Entwicklertools <https://cloud.google.com/products/tools/?hl=de>, Zuletzt abgerufen am 08.12.2020
- Google (2020h): Cloud Tools for Visual Studio <https://cloud.google.com/visual-studio?hl=de>, Zuletzt abgerufen am 08.12.2020
- Google (2020i): Dokumentation zu AutoML Vision <https://cloud.google.com/vision/automl/docs?hl=de>, Zuletzt abgerufen am 08.12.2020
- Google (2020j): Translate Preise. <https://cloud.google.com/translate/pricing> Zuletzt abgerufen am 10.12.2020
- Gull, I. und Märkel, C. (2019): „Keine Science Fiction – Künstliche Intelligenz im Mittelstand“; in: Handelsblatt Journal (2019/03/20)
- Handelsblatt (2019): Vodafone gibt Cloud-Betrieb an IBM ab <https://www.handelsblatt.com/unternehmen/it-medien/netzbetreiber-vodafone-gibt-cloud-betrieb-an-ibm-ab/23897556.html?ticket=ST-153689-Uml5lvo3K9Pvkpxm1Oud-ap3> Zuletzt abgerufen am 24.11.2020
- Hildebrandt, C. und Nett L. (2016): Die Marktanalyse im Kontext von mehrseitigen Online-Plattformen, WIK Diskussionsbeitrag Nr. 410
- hm informatik AG (2019): Integrierte Entwicklungsumgebung. <https://www.hm-ag.de/blog-integrierte-entwicklungsumgebung/> Zuletzt abgerufen am 04.12.2020
- IBM (2020): The world is going hybrid with IBM. <https://www.ibm.com> Zuletzt abgerufen am 26.11.2020
- IBM (2020a): Watson Visual Recognition. <https://www.ibm.com/cloud/watson-visual-recognition/pricing>, Zuletzt abgerufen am 19.11.2020
- IBM (2020b): Watson Text to Speech. <https://www.ibm.com/cloud/watson-text-to-speech>, Zuletzt abgerufen am 19.11.2020
- IBM (2020c): Watson Language Translator. https://www.ibm.com/cloud/watson-language-translator/pricing?mhsrc=ibmsearch_a&mhq=Language%20Translator%20pricing, Zuletzt abgerufen am 19.11.2020
- IBM (2020d): Watson Speech to Text. <https://www.ibm.com/cloud/watson-speech-to-text>, Zuletzt abgerufen am 19.11.2020
- IBM (2020e): IDE von IBM [https://www.ibm.com/search?lang=de&cc=de&q=IDE&tabType\[0\]=Products](https://www.ibm.com/search?lang=de&cc=de&q=IDE&tabType[0]=Products), Zuletzt abgerufen am 07.12.2020
- IBM (2020f): IBM Z Development and Test Environment, https://www.ibm.com/de-de/products/z-development-test-environment?mhsrc=ibmsearch_p&mhq=IDE, Zuletzt abgerufen am 07.12.2020
- IBM (2020g): Planned availability date Z Development and Test Environment [https://www-01.ibm.com/common/ssi/ShowDoc.wss?docURL=/common/ssi/rep_ca/5/877/ENUSZP18-0135/index.html&request_locale=en#:~:text=Z%20Development%20and%20Test%20Environment%20can%20be%20used%20with%20IBM,Integrated%20development%20environments%20\(IDE\),](https://www-01.ibm.com/common/ssi/ShowDoc.wss?docURL=/common/ssi/rep_ca/5/877/ENUSZP18-0135/index.html&request_locale=en#:~:text=Z%20Development%20and%20Test%20Environment%20can%20be%20used%20with%20IBM,Integrated%20development%20environments%20(IDE),) Zuletzt abgerufen am 07.12.2020
- IBM (2020h): Watson Visual Recognition, <https://visual-recognition-code-pattern.ng.bluemix.net/>, Zuletzt abgerufen am 08.12.2020

- IBM (2020i): Produktinformationen Watson Language Translator. <https://www.ibm.com/watson/products-services> Zuletzt abgerufen am 19.11.2020
- IBM (2020j): IBM Watson Products. <https://cloud.ibm.com/docs/language-translator?topic=language-translator-about>, Zuletzt abgerufen am 08.12.2020
- IBM (2020k): Natural Language Understanding <https://natural-language-understanding-demo.ng.bluemix.net/>, Zuletzt abgerufen am 08.12.2020
- IT-BUSINESS (2018): Was ist Artificial Intelligence- (AlaaS) oder Machine Learning as a Service (MLaaS)? <https://www.it-business.de/was-ist-artificial-intelligence-aias-oder-machine-learning-as-a-service-mlaas-a-790408/> Zuletzt abgerufen am 13.11.2020
- Kaldi (2019): ASpiRE Chain Model <https://kaldi-asr.org/models/m1>, Zuletzt abgerufen am 08.12.2020
- Kantzenbach, E.: Die Funktionsfähigkeit des Wettbewerbs, Göttingen 1966.
- Keras (2020): About Keras. <https://keras.io/about/>, Zuletzt abgerufen am 08.12.2020
- Krisch, A., Plank, L. 2019. Internet-Plattformen als Infrastrukturen des digitalen Zeitalters - Eine Studie im Auftrag der Kammer für Arbeiter und Angestellte Wien durchgeführt von der Technischen Universität Wien, TU Wien, Wien
- Lundborg, M. und Märkel, C. (2019): Künstliche Intelligenz im Mittelstand – Relevanz, Anwendungen, Transfer, Erhebung der Mittelstand-Digital Begleitforschung am WIK für das Bundesministerium für Wirtschaft und Energie, Bad Honnef 2019
- Microsoft (2018): Annual Report 2018. <https://www.microsoft.com/en-us/annualreports/ar2018/annualreport>. Zuletzt abgerufen am 04.09.2019
- Microsoft (2019): Annual Report 2019
- Microsoft (2020): Annual Report 2020. <https://www.microsoft.com/investor/reports/ar20/index.html>, Zuletzt abgerufen am 20.11.2020
- Microsoft (2020a): Was ist SaaS? <https://azure.microsoft.com/de-de/overview/what-is-saas/> Zuletzt abgerufen am 18.11.2020
- Microsoft (2020b): Microsoft Azure. <https://azure.microsoft.com/de-de/> Zuletzt abgerufen am 26.11.2020
- Microsoft (2020c): Microsoft Azure Maschinelles Sehen. <https://azure.microsoft.com/de-de/pricing/details/cognitive-services/computer-vision/>, Zuletzt abgerufen am 19.11.2020
- Microsoft (2020d): Microsoft Azure Spracherkennung. <https://azure.microsoft.com/de-de/pricing/details/cognitive-services/speech-services/>, Zuletzt abgerufen am 19.11.2020
- Microsoft (2020e): Microsoft Azure Text-to-Speech. <https://azure.microsoft.com/de-de/pricing/details/cognitive-services/speech-services/>, Zuletzt abgerufen am 19.11.2020
- Microsoft (2020f): Microsoft Azure Translator Text <https://azure.microsoft.com/de-de/pricing/details/cognitive-services/translator/>, Zuletzt abgerufen am 19.11.2020
- Microsoft (2020g): Microsoft Azure Machine Learning Documentation <https://azure.microsoft.com/de-de/services/machine-learning/#documentation>, Zuletzt abgerufen am 08.12.2020
- Microsoft (2020h): Microsoft Microsoft hat Übernahme von GitHub für 7,5 Milliarden US-Dollar angekündigt <https://news.microsoft.com/de-de/microsoft-github/>, Zuletzt abgerufen am 08.12.2020

- Microsoft (2020i): Ausführen eines TensorFlow-Modells in Python <https://docs.microsoft.com/de-de/azure/cognitive-services/custom-vision-service/export-model-python>, Zuletzt abgerufen am 08.12.2020
- Microsoft (2020j): Azure Cognitive Services Customer Stories <https://azure.microsoft.com/de-de/services/cognitive-services/face/#customer-stories>, Zuletzt abgerufen am 08.12.2020
- Microsoft (2020k): Worum handelt es sich beim plastischen Reader? <https://docs.microsoft.com/de-de/azure/cognitive-services/immersive-reader/overview>, Zuletzt abgerufen am 08.12.2020
- Microsoft (2020l): How to work with the Azure Translator Text API | Azure Developer Streams. <https://www.youtube.com/watch?v=TuKXlpJhsp4>, Zuletzt abgerufen am 08.12.2020
- Microsoft (2020m): Textanalysen. <https://azure.microsoft.com/de-de/services/cognitive-services/text-analytics/>, Zuletzt abgerufen am 08.12.2020
- Microsoft (2020n): Anomalieerkennung. <https://azure.microsoft.com/de-de/services/cognitive-services/anomaly-detector/>, Zuletzt abgerufen am 08.12.2020
- Microsoft (2020o): QnA Maker. <https://azure.microsoft.com/de-de/services/cognitive-services/qna-maker/>, Zuletzt abgerufen am 08.12.2020
- Microsoft (2020p): Personalisierung. <https://azure.microsoft.com/de-de/services/cognitive-services/personalizer/>, Zuletzt abgerufen am 08.12.2020
- Microsoft (2020q): Custom Vision. <https://azure.microsoft.com/de-de/services/cognitive-services/custom-vision-service/> Zuletzt abgerufen am 10.12.2020.
- Microsoft (2020r): Übersetzer. <https://azure.microsoft.com/de-de/services/cognitive-services/face/#customer-stories> Zuletzt abgerufen am 10.12.2020
- Monopolkommission (2015): Sondergutachten 68, Wettbewerbspolitik: Herausforderung digitaler Märkte, Sondergutachten der Monopolkommission gemäß § 44 Abs. 1 Satz 4 GWB
- Müller, D. (2020): Umsätze mit Cloud-Infrastrukturdiensten explodieren. <https://www.cloudcomputing-insider.de/umsaetze-mit-cloud-infrastrukturdiensten-explodieren-a-906981/> Zuletzt abgerufen am 29.11.2020
- NetMediaEurope Deutschland GmbH (2019): Gartner: Umsatz mit Public Cloud wird im Jahr 2020 um 17 Prozent wachsen. <https://www.zdnet.de/88373121/gartner-umsatz-mit-public-cloud-wird-im-jahr-2020-um-17-prozent-wachsen/> Zuletzt abgerufen am 13.11.2020
- MXNet (2020): MXNet Features. <https://mxnet.apache.org/versions/1.7.0/features>, Zuletzt abgerufen am 08.12.2020
- Porter, M. E. (1980): Competitive Strategy, New York Free Press, New York 1980
- PricewaterhouseCoopers GmbH (2019): Künstliche Intelligenz in Unternehmen – Befragung. Frankfurt am Main 2019
- PyTorch (2020): PyTorch Tutorials https://pytorch.org/tutorials/advanced/cpp_extension.html, Zuletzt abgerufen am 08.12.2020
- Red Hat (2020): API – Einsatz und Funktionsweise. [https://www.redhat.com/de/topics/api/what-are-application-programming-inter-faces#:~:text=Eine%20API%20selbst%20bietet%20eine,Kunden%20und%20anderen%20externen%20Nutzern.](https://www.redhat.com/de/topics/api/what-are-application-programming-faces#:~:text=Eine%20API%20selbst%20bietet%20eine,Kunden%20und%20anderen%20externen%20Nutzern.) Zuletzt abgerufen am 20.11.2020
- Red Hat (2020a): MIDDLEWARE: Was ist eine IDE? <https://www.redhat.com/de/topics/middleware/what-is-ide> Zuletzt abgerufen am 04.12.2020

Research and Markets (2018): Artificial Intelligence as a Service (AlaaS) Market by Technology, Organization Size and Industry Vertical - Global Opportunity Analysis and Industry Forecast, 2017-2025

Spektrum Akademischer Verlag (2020): Künstliche Intelligenz.
<https://www.spektrum.de/lexikon/neurowissenschaft/kuenstliche-intelligenz/6810> Zuletzt abgerufen am 16.11.2020

Staab, P. und Nachtwey, O. (2016): Digitalisierung der Dienstleistungsarbeit, in: Aus Politik und Zeitgeschichte (APuZ), 18-19. S. 24-31

Synergy Research Group (2020): Wettbewerbspositionen der Cloud-Anbieter (IaaS, PaaS, Hosted Private Cloud – Q4 2019)

TensorFlow (2020): TensorFlow API Documentation https://www.tensorflow.org/api_docs/, Zuletzt abgerufen am 10.12.2020

TechTarget (2020): Artificial Intelligence as a Service (AlaaS).
<https://searchenterpriseai.techtarget.com/definition/Artificial-Intelligence-as-a-Service-AlaaS> Zuletzt abgerufen am 13.11.2020

Towards Data Science (2019): Automatic Speech Recognition as a Microservice on AWS.
<https://towardsdatascience.com/automatic-speech-recognition-as-a-microservice-on-aws-6da646631fdb>, Zuletzt abgerufen am 10.12.2020

Vodafone GmbH (2020): Startseite. <https://www.vodafone.de/> Zuletzt abgerufen am 26.11.2020

Youtube (2020): Converting Speech to Text in 10 Minutes with Python and Watson.
https://www.youtube.com/watch?v=A9_0OgW1LZU, Zuletzt abgerufen am 08.12.2020

Experteninterviews

Elmar Arunov, Deutsche Telekom AG

Prof. Dr. Peter Fettke, Deutsches Forschungszentrum für Künstliche Intelligenz

Dirk Gehrman, DXCs Analytics Practise

Dr. Leenard Hörauf, Zentrum für Mechatronik und Automatisierungstechnik gGmbH/
Universität des Saarlandes

Fred Jopp, USU Software AG

Sebastian Kloeser, DXC Technology

Prof. Dr. Christoph Meinel, Hasso-Plattner-Institut/Universität Potsdam

Prof. Dr. Martin Ruskowski, Deutsches Forschungszentrum für Künstliche Intelligenz

Hauke Timmermann, Eco/ Service-Meister

Sven Wissmann, Sopra Steria

Als "Diskussionsbeiträge" des Wissenschaftlichen Instituts für Infrastruktur und Kommunikationsdienste sind zuletzt erschienen:

- Nr. 392: Dieter Elixmann, J. Scott Marcus, Thomas Plückebaum:
IP-Netzzusammenschaltung bei NGN-basierten Sprachdiensten und die Migration zu All-IP: Ein internationaler Vergleich, November 2014
- Nr. 393: Stefano Lucidi, Ulrich Stumpf:
Implikationen der Internationalisierung von Telekommunikationsnetzen und Diensten für die Nummernverwaltung, Dezember 2014
- Nr. 394: Rolf Schwab:
Stand und Perspektiven von LTE in Deutschland, Dezember 2014
- Nr. 395: Christian M. Bender, Alex Kalevi Dieke, Petra Junk, Antonia Niederprüm:
Produktive Effizienz von Postdienstleistern, November 2014
- Nr. 396: Petra Junk, Sonja Thiele:
Methoden für Verbraucherbefragungen zur Ermittlung des Bedarfs nach Post-Universaldienst, Dezember 2014
- Nr. 397: Stephan Schmitt, Matthias Wissner:
Analyse des Preissetzungsverhaltens der Netzbetreiber im Zahl- und Messwesen, März 2015
- Nr. 398: Annette Hillebrand, Martin Zauner:
Qualitätsindikatoren im Brief- und Paketmarkt, Mai 2015
- Nr. 399: Stephan Schmitt, Marcus Stronzik:
Die Rolle des generellen X-Faktors in verschiedenen Regulierungsregimen, Juli 2015
- Nr. 400: Franz Büllingen, Solveig Börnsen:
Marktorganisation und Marktrealität von Machine-to-Machine-Kommunikation mit Blick auf Industrie 4.0 und die Vergabe von IPv6-Nummern, August 2015
- Nr. 401: Lorenz Nett, Stefano Lucidi, Ulrich Stumpf:
Ein Benchmark neuer Ansätze für eine innovative Ausgestaltung von Frequenzgebühren und Implikationen für Deutschland, November 2015
- Nr. 402: Christian M. Bender, Alex Kalevi Dieke, Petra Junk:
Zur Marktabgrenzung bei Kurier-, Paket- und Expressdiensten, November 2015
- Nr. 403: J. Scott Marcus, Christin Gries, Christian Wernick, Imme Philbeck:
Entwicklungen im internationalen Mobile Roaming unter besonderer Berücksichtigung struktureller Lösungen, Januar 2016
- Nr. 404: Karl-Heinz Neumann, Stephan Schmitt, Rolf Schwab unter Mitarbeit von Marcus Stronzik:
Die Bedeutung von TAL-Preisen für den Aufbau von NGA, März 2016
- Nr. 405: Caroline Held, Gabriele Kulenkampff, Thomas Plückebaum:
Entgelte für den Netzzugang zu staatlich geförderter Breitband-Infrastruktur, März 2016
- Nr. 406: Stephan Schmitt, Matthias Wissner:
Kapazitätsmechanismen – Internationale Erfahrungen, April 2016
- Nr. 407: Annette Hillebrand, Petra Junk:
Paketshops im Wettbewerb, April 2016
- Nr. 408: Tseveen Gantumur, Iris Henseler-Unger, Karl-Heinz Neumann:
Wohlfahrtsökonomische Effekte einer Pure LRIC - Regulierung von Terminierungsentgelten, Mai 2016
- Nr. 409: René Arnold, Christian Hildebrandt, Martin Waldburger:
Der Markt für Over-The-Top Dienste in Deutschland, Juni 2016
- Nr. 410: Christian Hildebrandt, Lorenz Nett:
Die Marktanalyse im Kontext von mehrseitigen Online-Plattformen, Juni 2016
- Nr. 411: Tseveen Gantumur, Ulrich Stumpf:
NGA-Infrastrukturen, Märkte und Regulierungsregime in ausgewählten Ländern, Juni 2016

- Nr. 412: Alex Dieke, Antonia Niederprüm, Sonja Thiele:
UPU-Endvergütungen und internationaler E-Commerce, September 2016 (in deutscher und englischer Sprache verfügbar)
- Nr. 413: Sebastian Tenbrock, René Arnold:
Die Bedeutung von Telekommunikation in intelligent vernetzten PKW, Oktober 2016
- Nr. 414: Christian Hildebrandt, René Arnold:
Big Data und OTT-Geschäftsmodelle sowie daraus resultierende Wettbewerbsprobleme und Herausforderungen bei Datenschutz und Verbraucherschutz, November 2016
- Nr. 415: J. Scott Marcus, Christian Wernick:
Ansätze zur Messung der Performance im Best-Effort-Internet, November 2016
- Nr. 416: Lorenz Nett, Christian Hildebrandt:
Marktabgrenzung und Marktmacht bei OTT-0 und OTT-1-Diensten, Eine Projektskizze am Beispiel von Instant-Messenger-Diensten, Januar 2017
- Nr. 417: Peter Kroon:
Maßnahmen zur Verhinderung von Preis-Kosten-Scheren für NGA-basierte Dienste, Juni 2017
- Nr. 419: Stefano Lucidi:
Analyse marktstruktureller Kriterien und Diskussion regulatorischer Handlungsoptionen bei engen Oligopolen, April 2017
- Nr. 420: J. Scott Marcus, Christian Wernick, Tseveen Gantumur, Christin Gries:
Ökonomische Chancen und Risiken einer weitreichenden Harmonisierung und Zentralisierung der TK-Regulierung in Europa, Juni 2017
- Nr. 421: Lorenz Nett:
Incentive Auctions als ein neues Instrument des Frequenzmanagements, Juli 2017
- Nr. 422: Christin Gries, Christian Wernick:
Bedeutung der embedded SIM (eSIM) für Wettbewerb und Verbraucher im Mobilfunkmarkt, August 2017
- Nr. 423: Fabian Queder, Nicole Angenendt, Christian Wernick:
Bedeutung und Entwicklungsperspektiven von öffentlichen WLAN-Netzen in Deutschland, Dezember 2017
- Nr. 424: Stefano Lucidi, Bernd Sörries, Sonja Thiele:
Wirksamkeit sektorspezifischer Verbraucherschutzregelungen in Deutschland, Januar 2018
- Nr. 425: Bernd Sörries, Lorenz Nett:
Frequenzpolitische Herausforderungen durch das Internet der Dinge - künftiger Frequenzbedarf durch M2M-Kommunikation und frequenzpolitische Handlungsempfehlungen, März 2018
- Nr. 426: Saskja Schäfer, Gabriele Kulenkampff, Thomas Plückebaum unter Mitarbeit von Stephan Schmitt:
Zugang zu gebäudeinterner Infrastruktur und adäquate Bepreisung, April 2018
- Nr. 427: Christian Hildebrandt, René Arnold:
Marktbeobachtung in der digitalen Wirtschaft – Ein Modell zur Analyse von Online-Plattformen, Mai 2018
- Nr. 428: Christin Gries, Christian Wernick:
Treiber und Hemmnisse für kommerziell verhandelten Zugang zu alternativen FTTB/H-Netzinfrastrukturen, Juli 2018
- Nr. 429: Serpil Taş, René Arnold:
Breitbandinfrastrukturen und die künftige Nutzung von audiovisuellen Inhalten in Deutschland: Herausforderungen für Kapazitätsmanagement und Netzneutralität, August 2018
- Nr. 430: Sebastian Tenbrock, Sonia Strube Martins, Christian Wernick, Fabian Queder, Iris Henseler-Unger:
Co-Invest Modelle zum Aufbau von neuen FTTB/H-Netzinfrastrukturen, August 2018
- Nr. 431: Johanna Bott, Christian Hildebrandt, René Arnold:
Die Nutzung von Daten durch OTT-Dienste zur Abschöpfung von Aufmerksamkeit und Zahlungsbereitschaft: Implikationen für Daten- und Verbraucherschutz, Oktober 2018

- Nr. 432: Petra Junk, Antonia Niederprüm:
Warenversand im Briefnetz, Oktober 2018
- Nr. 433: Christian M. Bender, Annette Hillebrand:
Auswirkungen der Digitalisierung auf die Zustellogistik, Oktober 2018
- Nr. 434: Antonia Niederprüm:
Hybridpost in Deutschland, Oktober 2018
- Nr. 436: Petra Junk:
Digitalisierung und Briefsubstitution: Erfahrungen in Europa und Schlussfolgerungen für Deutschland, Oktober 2018
- Nr. 437: Peter Kroon, René Arnold:
Die Bedeutung von Interoperabilität in der digitalen Welt – Neue Herausforderungen in der interpersonellen Kommunikation, Dezember 2018
- Nr. 438: Stefano Lucidi, Bernd Sörries:
Auswirkung von Bündelprodukten auf den Wettbewerb, März 2019
- Nr. 439: Christian M. Bender, Sonja Thiele:
Der deutsche Postmarkt als Infrastruktur für europäischen E-Commerce, April 2019
- Nr. 440: Serpil Taş, René Arnold:
Auswirkungen von OTT-1-Diensten auf das Kommunikationsverhalten – Eine nachfrageseitige Betrachtung, Juni 2019
- Nr. 441: Serpil Taş, Christian Hildebrandt, René Arnold:
Sprachassistenten in Deutschland, Juni 2019
- Nr. 442: Fabian Queder, Marcus Stronzik, Christian Wernick:
Auswirkungen des Infrastrukturwettbewerbs durch HFC-Netze auf Investitionen in FTTP-Infrastrukturen in Europa, Juni 2019
- Nr. 443: Lorenz Nett, Bernd Sörries:
Infrastruktur-Sharing und 5G: Anforderungen an Regulierung, neue wettbewerbliche Konstellationen, Juli 2019
- Nr. 444: Pirmin Puhl, Martin Lundborg:
Breitbandzugang über Satellit in Deutschland – Stand der Marktentwicklung und Entwicklungsperspektiven, Juli 2019
- Nr. 445: Bernd Sörries, Marcus Stronzik, Sebastian Tenbrock, Christian Wernick, Matthias Wissner:
Die ökonomische Relevanz und Entwicklungsperspektiven von Blockchain: Analysen für den Telekommunikations- und Energiemarkt, August 2019
- Nr. 446: Petra Junk, Julia Wielgosch:
City-Logistik für den Paketmarkt, August 2019
- Nr. 447: Marcus Stronzik, Matthias Wissner:
Entwicklung des Effizienzvergleichs in Richtung Smart Grids, September 2019
- Nr. 448: Christian M. Bender, Antonia Niederprüm:
Berichts- und Anzeigepflichten der Unternehmen und mögliche Weiterentwicklungen der zugrundeliegenden Rechtsnormen im Postbereich, September 2019
- Nr. 449: Ahmed Elbanna unter Mitwirkung von Fabian Eltges:
5G Status Studie: Herausforderungen, Standardisierung, Netzarchitektur und geplante Netzentwicklung, Oktober 2019
- Nr. 450: Stefano Lucidi, Bernd Sörries:
Internationale Vergleichsstudie bezüglich der Anwendung und Umsetzung des Nachbildbarkeitsansatzes, Dezember 2019
- Nr. 451: Matthias Franken, Matthias Wissner, Bernd Sörries:
Entwicklung der funkbasierten Digitalisierung in der Industrie, Energiewirtschaft und Landwirtschaft und spezifische Frequenzbedarfe, Dezember 2019
- Nr. 452: Bernd Sörries, Lorenz Nett:
Frequenzmanagement: Lokale/regionale Anwendungsfälle bei 5G für bundesweite Mobilfunknetzbetreiber sowie für regionale und lokale Betreiber unter besonderer Betrachtung der europäischen Länder sowie von China, Südko-

- rea und den Vereinigten Staaten von Amerika, Dezember 2019
- Nr. 453: Martin Lundborg, Christian Märkel, Lisa Schrade-Grytsenko, Peter Stamm:
Künstliche Intelligenz im Telekommunikationssektor – Bedeutung, Entwicklungsperspektiven und regulatorische Implikationen, Dezember 2019
- Nr. 454: Fabian Eltges, Petra Junk:
Entwicklungstrends im Markt für Zeitungen und Zeitschriften, Dezember 2019
- Nr. 455: Christin Gries, Julian Knips, Christian Wernick:
Mobilfunkgestützte M2M-Kommunikation in Deutschland – zukünftige Marktentwicklung und Nummerierungsbedarf, Dezember 2019
- Nr. 456: Menessa Ricarda Braun, Christian Wernick, Thomas Plückebaum, Martin Ockenfels:
Parallele Glasfaserausbauten auf Basis von Mitverlegung und Mitnutzung gemäß DigiNetzG als Möglichkeiten zur Schaffung von Infrastrukturwettbewerb, Dezember 2019
- Nr. 457: Thomas Plückebaum, Martin Ockenfels:
Kosten und andere Hemmnisse der Migration von Kupfer- auf Glasfasernetze, Februar 2020
- Nr. 458: Andrea Liebe, Jonathan Lennartz, René Arnold:
Strategische Ausrichtung bedeutender Anbieter von Internetplattformen, Februar 2020
- Nr. 459: Sebastian Tenbrock, Julian Knips, Christian Wernick:
Status quo der Abschaltung der Kupfernetzinfrastruktur in der EU, März 2020
- Nr. 460: Stefano Lucidi, Martin Ockenfels, Bernd Sörries:
Anhaltspunkte für die Replizierbarkeit von NGA-Anschlüssen im Rahmen des Art. 61 Abs. 3 EKEK, März 2020
- Nr. 461: Fabian Eltges, Gabriele Kulenkampff, Thomas Plückebaum, Desislava Sabeva:
SDN/NFV und ihre Auswirkungen auf die Kosten von Mobilfunk und Festnetz im regulatorischen Kontext, März 2020
- Nr. 462: Lukas Wiewiorra, Andrea Liebe, Serpil Taş
Die wettbewerbliche Bedeutung von Single-Sign-On- bzw. Login-Diensten und ihre Relevanz für datenbasierte Geschäftsmodelle sowie den Datenschutz, Juni 2020
- Nr. 463: Bernd Sörries, Lorenz Nett, Matthias Wissner
Die Negativauktion als ein Instrument zur Versorgung weißer Flecken mit Mobilfunkdiensten, Dezember 2020
- Nr. 464: Sebastian Tenbrock, Christian Wernick:
Incumbents als Nachfrager von Vorleistungen auf FTTB/H-Netzen, Dezember 2020
- Nr. 465: Marcus Stronzik, Gonzalo Zuloaga:
Empirische Untersuchung der FTTB/H-Ausbauaktivität im europäischen Vergleich, Dezember 2020
- Nr. 466: Antonia Niederprüm mit Unterstützung von Gonzalo Zuloaga und Willem van Lienden:
Verbundproduktion im Zustellmarkt: Briefnetze mit Paketen oder Paketnetze mit Briefen?, Dezember 2020
- Nr. 467: Serpil Taş, Lukas Wiewiorra (in Zusammenarbeit mit dem Weizenbaum-Institut):
Multihoming bei Plattformdiensten – Eine nachfrageseitige Betrachtung, Dezember 2020
- Nr. 468: Menessa Ricarda Braun, Julian Knips, Christian Wernick:
Die Angebotsentwicklung auf dem deutschen Mobilfunkmarkt 2017-2020, Dezember 2020
- Nr. 469: Isabel Gull, Lisa Schrade-Grytsenko, Martin Lundborg:
Cloud-Lösungen und KI-as-a-Service – Aktuelle und potenzielle Anwendungsszenarien und Marktentwicklungen, Dezember 2020

ISSN 1865-8997