

Bachelorarbeit

Philip Dreßel

## SPERRVERMERK

Folgende Kapitel unterliegen aufgrund der Verwendung vertraulicher Daten einem Sperrvermerk und sind ausschließlich für die zuständige Fachleiterin oder den zuständigen Fachleiter und betreuende Prüferin/Gutachterin oder betreuenden Prüfer/Gutachter einsichtig zu machen:

**Kapitel 5: Fallstudie**

**Anhang**

**Analyse und Verbesserung des Infrastrukturplans für E-Mobilität mit Hilfe der Erkennung von Nummernschildern und deren Attributen durch spezielle Kameras auf Basis künstlicher Intelligenz - eine Fallstudie für die Firma Fujitsu Technology Solutions GmbH mit Bezug auf das Projekt der ASFINAG (Autobahnen- und Schnellstraßen-Finanzierungs-Aktiengesellschaft Österreichs)**

Bachelorarbeit

Vorgelegt am 10.07.2023

an der  
Hochschule für Wirtschaft und Recht Berlin  
Fachbereich Duales Studium

von	Philip Dreßel
Bereich:	Wirtschaft
Fachrichtung:	Wirtschaftsinformatik
Studienjahrgang:	2020
Studienhalbjahr:	6
Ausbildungsbetrieb	Fujitsu Services GmbH

Erstgutachter:	Herr Prof. Dr. Sebastian Fischer
Zweitgutachter:	Dipl.-Ing. (FH) Jochen Riedisser

## Abstrakt

Die vorliegende Bachelorarbeit legt den Grundstein für eine verbesserte Infrastruktur für Elektromobilität mit Hilfe der Nummernschilderkennung als Werkzeug. Der Fokus liegt auf der Entwicklung eines effizienten Plans, der den Anforderungen der steigenden Anzahl an Elektrofahrzeugen gerecht wird. Zunächst wird die bestehende Infrastruktur und deren Auslastung untersucht. Anschließend wird eine Methode zur automatischen Nummernschilderkennung entwickelt, um Daten über die Nutzung der Ladestationen zu sammeln. Diese Daten dienen dazu, den Bedarf an Ladestationen in bestimmten Gebieten zu ermitteln und den Infrastrukturplan entsprechend anzupassen. Ziel der Anpassung ist es, Engpässe zu minimieren und eine effiziente Verteilung der Ladestationen zu gewährleisten. Durch die Integration der Nummernschilderkennung sollen Standortentscheidungen präziser getroffen werden, um die Ladeinfrastruktur optimal an die Nachfrage anzupassen. Die Ergebnisse dieser Studie sollen eine positive Entwicklung der Elektromobilität unterstützen und einen reibungslosen Übergang zu einer nachhaltigen Verkehrslösung ermöglichen.

*This bachelor thesis lays the foundation for an improved infrastructure for electric mobility using number plate recognition as a tool. The focus is on developing an efficient plan that meets the requirements of the increasing number of electric vehicles. First, the existing infrastructure and its capacity utilisation will be investigated. Then, a method for automatic number plate recognition will be developed to collect data on the use of charging stations. This data will be used to determine the need for charging stations in specific areas and to adapt the infrastructure plan accordingly. The aim of the adjustment is to minimise bottlenecks and ensure an efficient distribution of charging stations. Through the integration of number plate recognition, location decisions should be made more precisely to optimally adapt the charging infrastructure to the demand. The results of this study should support a positive development of electric mobility and enable a smooth transition to a sustainable transport solution.*

# Inhaltsverzeichnis

<b>Abstrakt .....</b>	<b>III</b>
<b>Inhaltsverzeichnis.....</b>	<b>IV</b>
<b>Abkürzungsverzeichnis .....</b>	<b>VI</b>
<b>Abbildungsverzeichnis.....</b>	<b>VI</b>
<b>Tabellenverzeichnis.....</b>	<b>VIII</b>
<b>1 Einleitung.....</b>	<b>1</b>
1.1 Methodische Vorgehensweise .....	3
1.2 Struktur und Aufbau der Arbeit.....	5
<b>2 Theoretische Grundlagen .....</b>	<b>7</b>
2.1 Bedeutung von Elektromobilität in Europa .....	7
2.2 Aufbau und Bewertung eines Infrastrukturplans .....	9
2.2.1 Der Project Canvas-Ansatz .....	10
2.2.2 Regulierung von Technologie und Infrastruktur in der Europäischen Union .....	11
2.2.3 Hardwareauswahlkriterien für den Vergleich von Prozessoren in der Bildverarbeitung .....	14
2.2.4 Fog Computing, Edge Computing und Cloud Computing im Vergleich.....	17
2.2.5 Möglichkeiten zur Fahrzeugerkennung .....	20
2.2.6 Green IT: Nachhaltige Digitalisierung für Unternehmen .....	27
2.2.7 Bewertung eines Infrastrukturplans.....	29
<b>3 Vorstellung von Fujitsu Technology Solutions GmbH und ASFINAG .....</b>	<b>30</b>
<b>4 Beschreibung der Methodik Fallstudie .....</b>	<b>31</b>
<b>5 Fallstudie.....</b>	<b>31</b>
5.1 Vorhandene Infrastruktur auf und an der Autobahn der ASFINAG.....	33
5.2 Hardware .....	34
5.2.1 Geschwindigkeit und Kostenvergleich Server.....	37
5.2.2 Hardwarekonfiguration .....	38
5.3 Optimale Lösung für die Verarbeitung und Übertragung von Daten vor Ort.....	41
5.3.1 Standorte der Kameras und Server.....	42
5.3.2 Kennzeichenerkennung mit vortrainiertem Modell.....	43
5.3.3 Probleme bei der Erfassung der E-Autos mittels Kennzeichen.....	45
5.4 Wiederverwendbarkeit und Umweltverträglichkeit der Hardware.....	47
5.5 Bewertungskriterien des Infrastrukturplan .....	50

5.6	Auswertung der Fallstudie.....	51
<b>6</b>	<b>Fazit .....</b>	<b>52</b>
	<b>Literaturverzeichnis.....</b>	<b>56</b>
	<b>Anhangsverzeichnis .....</b>	<b>71</b>
	<b>Ehrenwörtliche Erklärung .....</b>	<b>118</b>

## Abkürzungsverzeichnis

### A

AFIR ... *Verordnung über den Aufbau der Infrastruktur für alternative Kraftstoffe*

ASFINAG ..... *Autobahnen- und Schnellstraßen-Finanzierungs-Aktiengesellschaft*

### B

BEV ..... *batterieelektrische Fahrzeuge*

### C

CNN ..... *Convolutional Neural Network*

CO<sub>2</sub> ..... *Kohlenstoffdioxid*

CPU ..... *Central Processing Unit (Prozessor)*

### D

DDR ..... *Double Data Rate*

DSGVO ..... *Datenschutz-Grundverordnung*

### E

ECC ..... *Error Correction Code*

EPEAT . *Electronic Product Enviromental Assessment Tool*

EU *Europäische Union*

### G

GDDR ..... *Graphics Double Data Rate*

GEC ..... *Green Electronics Council*

GPGPU ..... *General Purpose Computation on Graphics Processing Unit*

### H

HBM ..... *High Bandwidth Memory*

HWR ..... *Hochschule für Wirtschaft und Recht*

### I

IoT *Internet-of-Things*

ISO ..... *Internationale Organisation für Normung*

IT *Informationstechnik*

### K

Kfz *Kraftfahrzeug*

KIVO-E ..... *Gesetz über künstliche Intelligenz*

### P

PAS ..... *Publicly Available Specification*

PCF ..... *Product Carbon Footprint*

### T

TDP ..... *Thermal Design Power*

### W

WPOD ..... *Warped Planar Object Detection*

### Y

YOLO ..... *You Only Look Once*

## Abbildungsverzeichnis

ABBILDUNG 1: ANZAHL DER LADEPUNKTE FÜR ELEKTROFAHRZEUGE IN EUROPA NACH AUSGEWÄHLTEN

LÄNDERN IN DEN JAHREN 2020 UND 2021 ..... 2

ABBILDUNG 2: AUFBAU DER ARBEIT .....	5
ABBILDUNG 3: ANZAHL SCHNELLLADESTATIONEN IN EUROPA .....	8
ABBILDUNG 4: ANZAHL DER ELEKTROAUTOS IN ÖSTERREICH 2012 - 2022 .....	9
ABBILDUNG 5: PROJEKT CANVAS MIT BESCHREIBUNG DER EINZELNEN ELEMENTE .....	11
ABBILDUNG 6 CLOUD-TO-EDGE ARCHITEKTUR .....	17
ABBILDUNG 7: ABLAUF DER BILDERKENNUNG .....	21
ABBILDUNG 8: BILDERKENNUNG IN GITTERZELLEN .....	22
ABBILDUNG 9: TECHNIKEN ZUR NUMMERNSCHILDERKENNUNG .....	25
ABBILDUNG 10 BESTANDTEILE INFRASTRUKTURPLAN QUELLE: EIGENE DARSTELLUNG .....	32
ABBILDUNG 11: PROJECT CANVAS-DARSTELLUNG.....	33
ABBILDUNG 12: WEBCAM-AUSSCHNITT DES SALZBURGER MESSEZENTRUMS .....	34
ABBILDUNG 13: ANFORDERUNGEN AN DIE HARDWARE .....	39
ABBILDUNG 14: HARDWAREKONFIGURATION DER VERWENDETEN SERVER .....	40
ABBILDUNG 15 VERTEILUNG DER KAMERAS AN DEN AUTOBAHNEN IN ÖSTERREICH.....	42
ABBILDUNG 16: ERKENNUNG VON KENNZEICHEN.....	44
ABBILDUNG 17 EXTRAKTION DER KENNZEICHENATTRIBUTE QUELLE: ANHANG 7 FOLIE 12 .....	45

## Tabellenverzeichnis

TABELLE 1: KOMPONENTEN UND DEREN ATTRIBUTE FÜR DIE AUSWAHL EINES PROZESSORS .....	15
TABELLE 2: VERGLEICH FOG COMPUTING, EDGE COMPUTING UND CLOUD COMPUTING .....	19
TABELLE 3: VERGLEICH PROZESSOR UND GRAFIKKARTE .....	26
TABELLE 4: VERGLEICH DER TECHNISCHEN SPEZIFIKATIONEN DER PROZESSOREN XEON SILVER 4416+, XEON GOLD 6454S UND XEON PLATINUM 8490H .....	36
TABELLE 5: KONFIGURATIONEN DES WPOD-NETZMODELLS.....	37
TABELLE 6: ANNAHMEN FÜR DIE BERECHNUNG DES KOHLENSTOFF-FUßABDRUCKS VON PRODUKTEN.....	49



# 1 Einleitung

*„Schätzungsweise rund 47 Zettabyte an Daten hat die Menschheit ... im Jahr 2020 erzeugt. Das entspricht etwa 47 Milliarden Terabyte, die sowohl online als auch offline mithilfe verschiedenster Endgeräte produziert werden.“<sup>1</sup>*

Dieses Zitat verdeutlicht das rasante Wachstum der Datenmenge, die in der heutigen vernetzten Welt generiert wird. Angesichts dieser Datenflut gewinnt die effiziente Nutzung und Analyse dieser Informationen zunehmend an Bedeutung. In diesem Kontext steht auch die E-Mobilität vor der Herausforderung, eine optimale Infrastruktur für den nahtlosen Betrieb von Elektrofahrzeugen zu schaffen. Die Einführung von E-Mobilität erfordert eine gut geplante Infrastruktur, um die Aufladung, das Routing und die allgemeine Nutzung von Elektrofahrzeugen zu ermöglichen.<sup>2</sup> Eine effektive Infrastrukturplanung stellt sicher, dass ausreichend Lademöglichkeiten vorhanden sind und eine fehlerlose Integration in das bestehende Verkehrsnetz gewährleistet ist sowie zusätzliche Serviceangebote für Elektroautofahrende etabliert werden können.<sup>3</sup> Auf der anderen Seite hat sich künstliche Intelligenz als leistungsstarke Technologie erwiesen, um komplexe Aufgaben wie die Erkennung von Nummernschildern zu automatisieren. Neue Perspektiven und Chancen ergeben sich aus der Kombination dieser beiden Bereiche, also dem Einsatz von auf Künstlicher Intelligenz (KI) basierenden Nummernschilderkennungssystemen zur Analyse und Verbesserung der Infrastrukturplanung für E-Mobilität.<sup>4</sup>

Konkret bedeutet dies für Österreich, dass die Anzahl der Ladestationen für Elektrofahrzeuge erhöht werden muss, um die E-Mobilitätsziele zu erreichen und eine flächendeckende und verlässliche Versorgung entlang der Autobahnen sicherzustellen.<sup>5</sup> Nach den Vorgaben der Europäischen Union (EU) soll bis 2030 alle 60 Kilometer eine Ladestation entlang der Autobahnen beziehungsweise an wichtigen Verkehrsknotenpunkten zur Verfügung stehen.<sup>6</sup>

---

<sup>1</sup> Moneycab (2022).

<sup>2</sup> Vgl. Neißendorfer, Michael (2023), S. 3f.

<sup>3</sup> Vgl. Bundesnetzagentur (o.J.), S. 1f.

<sup>4</sup> Vgl. Bundesministerium für Digitales und Verkehr (2018), S. 1f.

<sup>5</sup> Vgl. LeasePlan (2022), S. 11.

<sup>6</sup> Vgl. Austria Presse Agentur (2023b), S. 1f.

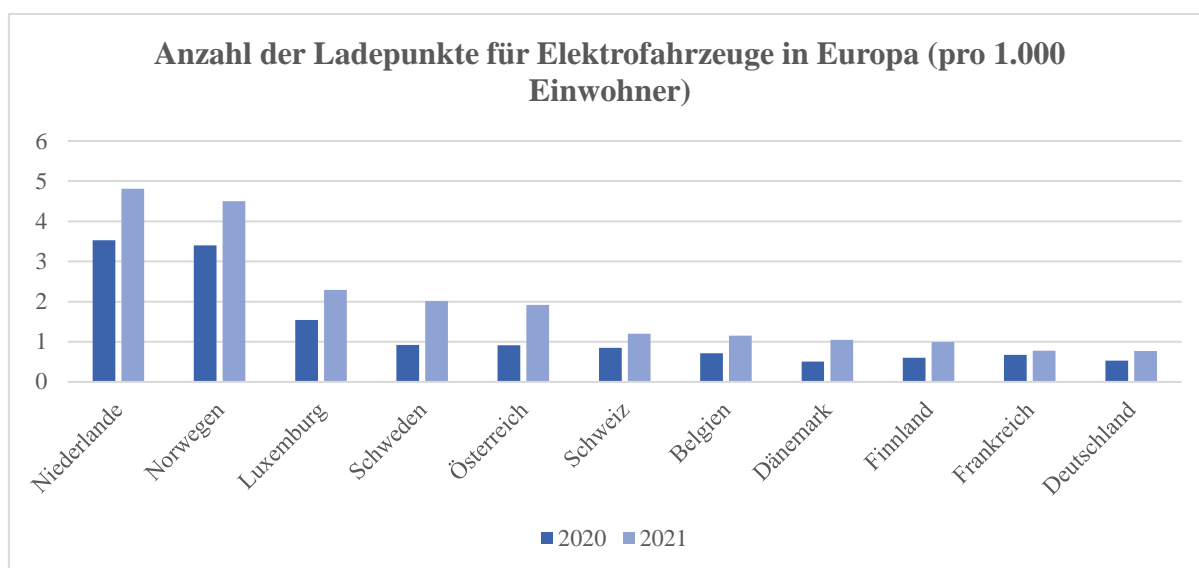


Abbildung 1: Anzahl der Ladepunkte für Elektrofahrzeuge in Europa nach ausgewählten Ländern in den Jahren 2020 und 2021

Quelle: Eigene Abbildung in Anlehnung an LeasePlan (2022, S. 11)

Was die Anzahl der Ladestellen in Österreich betrifft, so hat DERSTANDARD bereits im Jahr 2018 darüber berichtet, dass es bis Ende des Jahres an den österreichischen Autobahnen und Schnellstraßen alle 100 Kilometer eine Schnellladestation geben soll.<sup>7</sup> Die in Abbildung 1 dargestellten Daten zeigen, dass Österreich bei der Anzahl der verfügbaren Ladepunkte für Elektrofahrzeuge pro 1.000 Einwohner im Jahr 2021 zu den fünf führenden Nationen in Europa zählt. Aktuell gibt es 220 Ladepunkte für Elektrofahrzeuge entlang der Autobahnen und Schnellstraßen in Österreich. Klimaministerin Leonore Gewessler hat das Ziel ausgesprochen, die Anzahl der Ladepunkte im Autobahn- und Schnellstraßennetz in Österreich bis 2035 auf 1.500 zu erhöhen. In Österreich sind 197 E-Ladepunkte pro 100.000 Einwohner installiert, was einer Gesamtzahl von 15.663 E-Ladepunkten entspricht. Bei der derzeitigen Entwicklung ist davon auszugehen, dass Österreich die EU-Ziele fast sieben Jahre früher als geplant erreichen wird.<sup>8</sup>

<sup>7</sup> Vgl. Austria Presse Agentur (2018), S. 1.

<sup>8</sup> Vgl. Austria Presse Agentur (2023b), S. 1f.

## 1.1 Methodische Vorgehensweise

Das methodische Vorgehen dieser wissenschaftlichen Arbeit beinhaltet eine umfassende Literaturrecherche, die mithilfe des Literaturrecherchesystems der HWR - HoWeR und der Online-Plattform SpringerLink durchgeführt wird. Dabei werden verschiedene Suchbegriffe wie zum Beispiel "Kennzeichenerkennung" und "IT-Infrastruktur" verwendet, um relevante Literaturquellen zu identifizieren. Die ausgewählten Literaturquellen dienen als theoretische Grundlage der Arbeit.

Die Ergebnisse der Literaturrecherche werden sorgfältig analysiert, um wichtige Informationen und Erkenntnisse zu gewinnen, die die Grundlage für die nächsten Schritte des Projekts bilden. In Zusammenarbeit mit der Fujitsu Technology Solutions GmbH und der Autobahnen- und Schnellstraßen-Finanzierungs-Aktiengesellschaft (ASFINAG) in Österreich wird eine Fallstudie durchgeführt. Für die Datenerfassung werden zunächst spezielle Kameras zur Kennzeichenerkennung auf einer Teststrecke installiert. Die erfassten Daten werden mit KI-Algorithmen analysiert, um Kennzeichen zu erkennen und wichtige Attribute zu extrahieren, welche Elektrofahrzeuge identifizieren. Nach erfolgreicher Testung wird die Kamerainfrastruktur auf das gesamte Straßennetz der ASFINAG ausgeweitet. Die Ergebnisse werden anschließend analysiert und sollen helfen, Schwachstellen und Optimierungspotenziale zu identifizieren und gezielte Verbesserungen der Infrastruktur aufzuzeigen. Die derzeitige Ladeinfrastruktur steht aufgrund der jüngsten EU-Verordnungen vor Herausforderungen. Im Rahmen des Projektauftrages der ASFINAG wird der Umgang mit diesen Regelungen untersucht. Des Weiteren erhalten die Energieversorger Informationen über das Nutzungsverhalten von Elektroautos, um akute Ausbauprobleme zu identifizieren und anzugehen.

Ausgehend von der methodischen Herangehensweise ergeben sich zwei Forschungsfragen, die im Rahmen dieser wissenschaftlichen Arbeit untersucht werden sollen. Diese Fragen zielen darauf ab, die Analyse und Verbesserung der Infrastruktur für Elektromobilität unter Berücksichtigung von Kennzeichenerkennung voranzutreiben.

**Frage 1: Wie kann die Erkennung von Nummernschildern und deren Attributen mithilfe spezieller Kameras auf Basis künstlicher Intelligenz zur Analyse und Verbesserung der Infrastruktur für E-Mobilität beitragen?**

Die Kennzeichenerkennung und Extraktion von Attributen wie das Zulassungsland ermöglicht, eine detaillierte Analyse der E-Mobilitätsinfrastruktur. Dies umfasst Aspekte wie die Nutzung von Ladestationen, Verkehrsmuster und bevorzugte Routen. Die Verbindung dieser Informationen mit dem Infrastrukturplan ermöglicht eine gezieltere Verbesserung und Anpassung der E-Mobilitätsinfrastruktur.

**Frage 2: Welche technischen Herausforderungen müssen bei der Implementierung von KI-basierten Nummernschilderkennungssystemen für die E-Mobilitätsinfrastruktur berücksichtigt werden?**

Die Implementierung von KI-basierten Nummernschilderkennungssystemen in die Infrastruktur der Elektromobilität bringt technische Herausforderungen mit sich. Dazu gehören die Auswahl geeigneter Kamerasysteme, die Anpassung der KI-Algorithmen an die spezifischen Anforderungen und Umgebungen sowie die Gewährleistung von Datenschutz und Datensicherheit bei der Verarbeitung der erfassten Daten. Diese Herausforderungen müssen berücksichtigt werden, um eine erfolgreiche Integration und Nutzung der Kennzeichenerkennungstechnologie zu gewährleisten.

## 1.2 Struktur und Aufbau der Arbeit

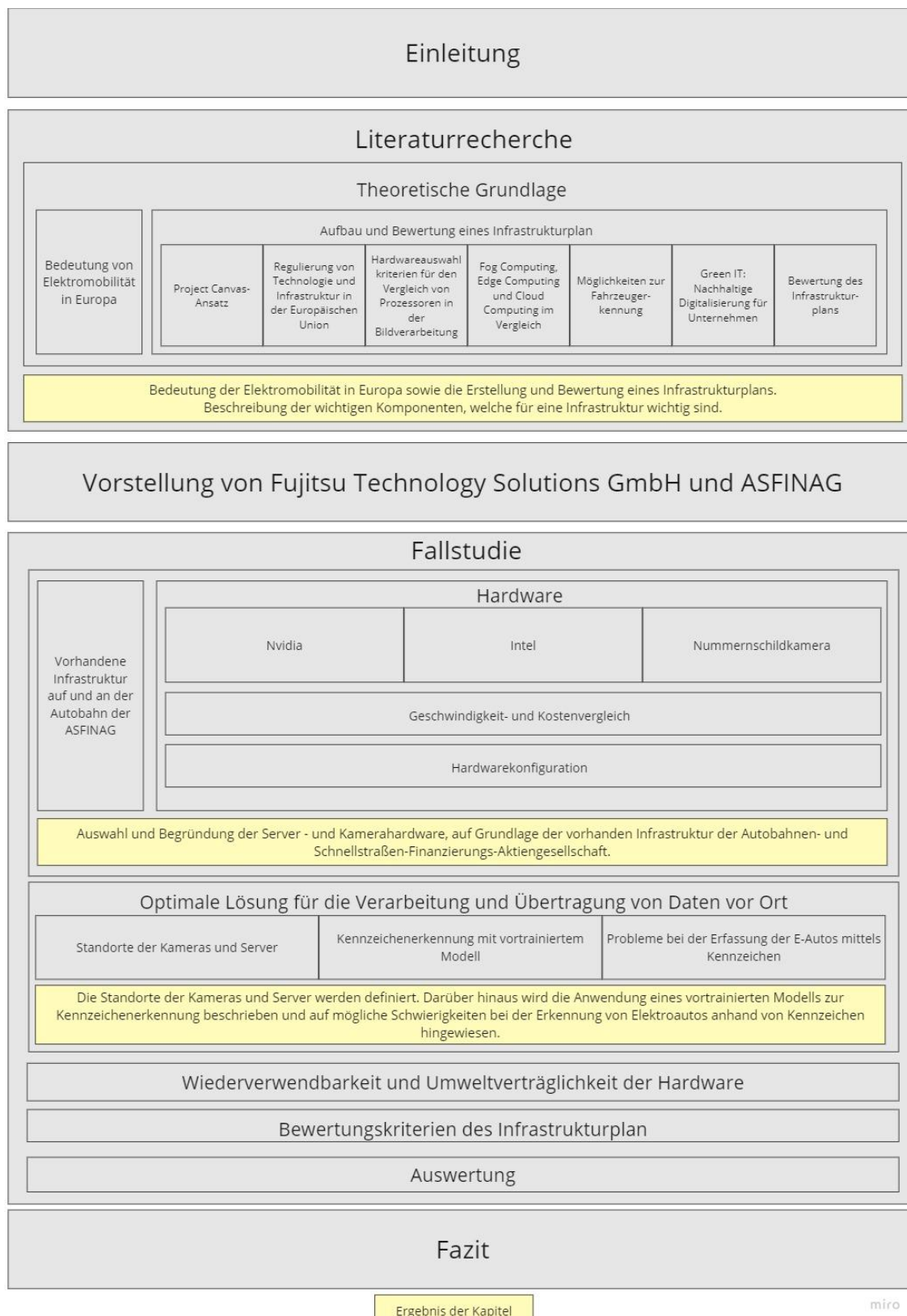


Abbildung 2: Aufbau der Arbeit  
Quelle: Eigene Darstellung

In der Einleitung wird ein Überblick über das Thema Ladeinfrastruktur gegeben sowie das methodische Vorgehen und der Aufbau der Arbeit erläutert. Das methodische Vorgehen gibt einen Überblick, wie die Recherche durchgeführt wurde, während die Beschreibung von Struktur und Aufbau der Arbeit den Leser auf den weiteren Verlauf der Arbeit vorbereitet.

Die theoretischen Grundlagen umfassen verschiedene Aspekte im Zusammenhang mit der Elektromobilität in Europa und dem Aufbau sowie der Bewertung eines Infrastrukturplans. Es wird auf die Bedeutung der Elektromobilität in Europa eingegangen und der Project Canvas Ansatz vorgestellt. Die Regulierung von Technologie und Infrastruktur in der Europäischen Union wird ebenfalls behandelt. Weitere Themen sind Auswahlkriterien für Prozessoren in der Bildverarbeitung, der Vergleich von Fog Computing, Edge Computing und Cloud Computing sowie Möglichkeiten der Fahrzeugerkennung. Darüber hinaus wird die Bedeutung von Green IT für eine nachhaltige Digitalisierung in Unternehmen diskutiert und ein Infrastrukturplan bewertet.

Im Kapitel "Vorstellung der Fujitsu Technology Solutions GmbH und der ASFINAG" werden die beiden Unternehmen vorgestellt, um dem Leser einen Einblick in ihre Rolle und Bedeutung im Kontext der Fallstudie zu geben.

Die Beschreibung der Methodik der Fallstudie erläutert die Vorgehensweise der Fallstudie.

Die Fallstudie selbst besteht aus mehreren Unterkapiteln. Die bestehende Infrastruktur auf und entlang der ASFINAG-Autobahn wird ebenso vorgestellt wie die verwendete Hardware, darunter Nvidia Converged Accelerators, Intel Xeon Prozessoren und die AXIS Q1700-LE License Plate Camera. Des Weiteren wird auf einen Geschwindigkeits- und Kostenvergleich der Server sowie auf die Hardwarekonfiguration eingegangen. Darüber hinaus wird die optimale Lösung für die Datenverarbeitung und -übertragung vor Ort einschließlich der Standorte von Kameras und Servern erläutert. Die Kennzeichenerkennung mit einem vortrainierten Modell und die damit verbundenen Probleme bei der Erkennung von Elektroautos anhand von Kennzeichen werden ebenfalls diskutiert. Weitere Themen, die näher erläutert werden, sind die Wiederverwendbarkeit und die Umweltverträglichkeit der Hardware. Abgerundet wird das Kapitel durch die Vorstellung der Bewertungskriterien für den Infrastrukturplan und die Auswertung der Fallstudie.

Im Fazit werden die Ergebnisse der Arbeit zusammengefasst und mögliche Schlussfolgerungen gezogen. Es wird ein abschließender Überblick über die wichtigsten Erkenntnisse und Ergebnisse gegeben, die sich aus der Durchführung der Fallstudie und der Analyse der theoretischen Grundlagen ergeben haben.

## **2 Theoretische Grundlagen**

Dieses Kapitel behandelt die theoretischen Grundlagen zur Bedeutung der Elektromobilität in Europa und wie ein Infrastrukturplan erstellt und bewertet wird. Es werden verschiedene Aspekte beleuchtet, darunter der Project Canvas-Ansatz, die Regulierung von Technologie und Infrastruktur in der Europäischen Union, Hardware-Auswahlkriterien für Prozessoren in der Bildverarbeitung, der Vergleich von Fog Computing, Edge Computing und Cloud Computing, Möglichkeiten der Fahrzeugerkennung, Green IT für eine nachhaltige Digitalisierung und schließlich die Bewertung des Infrastrukturplans. Diese theoretischen Grundlagen ermöglichen ein umfassendes Verständnis der Elektromobilität in Europa und die Gestaltung einer effizienten Infrastruktur.

### **2.1 Bedeutung von Elektromobilität in Europa**

**Elektromobilität** bezeichnet den Einsatz von Elektrofahrzeugen, die mit elektrischer Energie anstelle von fossilen Brennstoffen betrieben werden und umfasst sowohl batterieelektrische Fahrzeuge (BEV), die ausschließlich mit Batterien betrieben werden, als auch Hybridfahrzeuge, die sowohl einen Verbrennungsmotor als auch einen Elektromotor nutzen.<sup>9</sup>

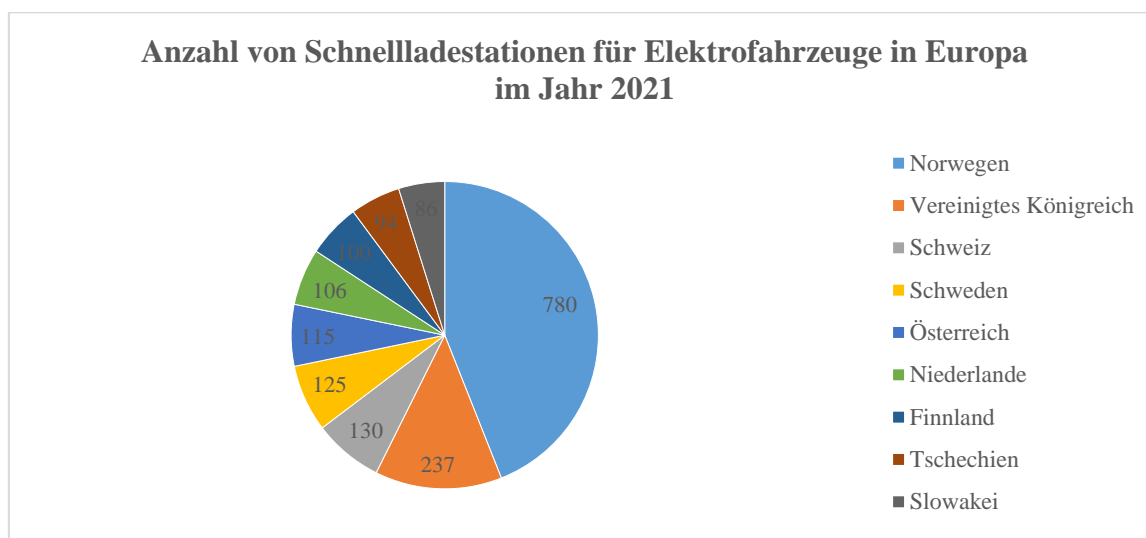
Laut ecomento.de steht die Elektromobilität in Europa noch vor einigen Herausforderungen und hat sich noch nicht in dem Maße durchgesetzt, wie es wünschenswert wäre. Die Verkaufszahlen von Elektrofahrzeugen sind im Vergleich zum Gesamtfahrzeugmarkt noch gering und viele europäische Länder stehen vor Hindernissen wie einer unzureichenden Ladeinfrastruktur und hohen Anschaffungskosten. Dennoch gibt es positive Entwicklungen, wie die zunehmende Vielfalt an Elektrofahrzeugmodellen und Initiativen zur Förderung der Elektromobilität, die auf eine Verbesserung der Situation in der Zukunft hoffen lassen.<sup>10</sup>

---

<sup>9</sup> Vgl. Bundesministerium für Wirtschaft und Klimaschutz Deutschland (2022).

<sup>10</sup> Vgl. ecomento.de (2023), S. 1.

Norwegen ist ein führendes Land im Bereich der Elektromobilität mit einem Marktanteil von über 50 Prozent bei Elektroautos.<sup>11</sup> Jedes fünfte Auto in Norwegen fährt elektrisch.<sup>12</sup> Diese Entwicklung ist auf eine umfassende Ladeinfrastruktur, vorteilhafte steuerliche Regelungen für Elektrofahrzeuge und andere Anreize zurückzuführen, die den Kauf und die Nutzung von Elektroautos attraktiv machen.



*Abbildung 3: Anzahl Schnellladestationen in Europa  
Quelle: Eigene Abbildung in Anlehnung an LeasePlan (2022, S. 11)*

Norwegen hat die dichteste **Ladeinfrastruktur** an Autobahnen aller untersuchten europäischen Länder im Jahr 2021. Mit rund 780 Schnellladestationen pro 100 Autobahnkilometer verfügt das nordische Land über die höchste Dichte in der Region. Andere europäische Länder wie Deutschland haben einen vergleichsweise geringen Marktanteil von Elektrofahrzeugen. Gründe hierfür sind u.a. eine weniger gut ausgebaute Ladeinfrastruktur, geringe politische Unterstützung und fehlende Anreize für den Kauf von Elektrofahrzeugen.<sup>13</sup> In Österreich hingegen dominieren Elektroautos den Markt und stellen mit rund 21.000 Fahrzeugen im Jahr 2020 den größten Anteil an Elektrofahrzeugen, gefolgt von Elektromotorrädern mit knapp 2.000 Fahrzeugen und Elektrofahrrädern mit rund 800 Fahrzeugen. Elektrobusse sind mit rund 200 Fahrzeugen am geringsten vertreten.

<sup>11</sup> Vgl. Heymann, Eric (2022), S. 1f.

<sup>12</sup> Vgl. Wimmelbücker, Stefan (2022), S. 1.

<sup>13</sup> Vgl. Heymann, Eric (2022), S. 1f.



Es zeigt sich ein kontinuierlicher Wachstumstrend bei Elektrofahrzeugen in Österreich. Abbildung 4 zeigt einen deutlichen Anstieg der Anzahl der Elektrofahrzeuge. Ein bemerkenswerter Unterschied zu 2015, als nur rund 5.000 Fahrzeuge zugelassen wurden.<sup>14</sup>

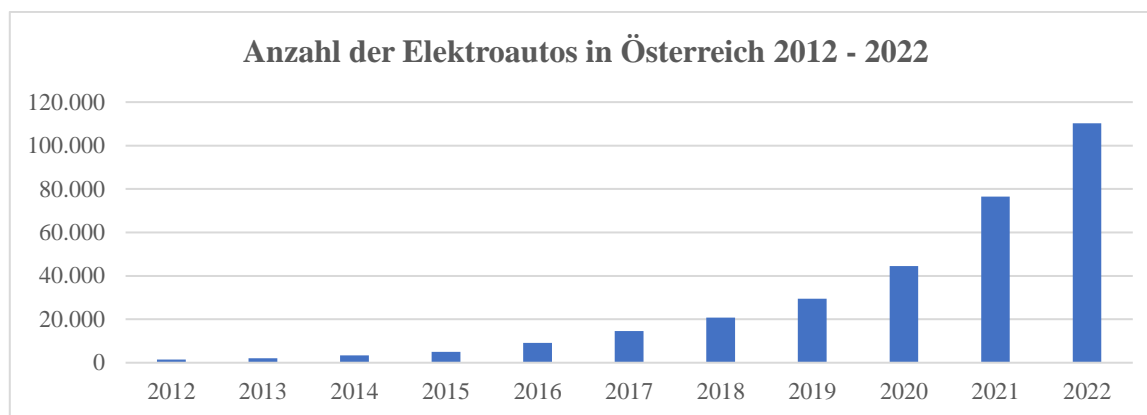


Abbildung 4: Anzahl der Elektroautos in Österreich 2012 - 2022  
 Quelle: Eigene Abbildung in Anlehnung an Statistik Austria (2023, S. 1)

## 2.2 Aufbau und Bewertung eines Infrastrukturplans

Aufgrund fehlender Literatur wurde die Infrastrukturplanerstellung abstrahiert und mit der Projektdurchführung verglichen. Deshalb wird in diesem Kapitel die Erstellung eines Infrastrukturplans mithilfe des Project Canvas-Ansatzes beschrieben. Dieser ermöglicht eine strukturierte Methode zur Entwicklung und Bewertung von Projektplänen. Fujitsu Technology Solutions setzt Project Canvas als agile Projektmanagementmethode ein, um eine effiziente Projektabwicklung zu ermöglichen.<sup>15</sup> Grund für die Wahl dieser Methode ist ihre Einfachheit, Flexibilität und gute Eignung.<sup>16</sup>

Der Infrastrukturplan dient als umfassender Leitfaden für den Aufbau, die Verwaltung und die Weiterentwicklung einer Infrastruktur. Er enthält eine detaillierte Analyse der aktuellen Infrastruktur, identifiziert verbesserungswürdige Bereiche und definiert spezifische Maßnahmen, um diese Ziele zu erreichen.<sup>17</sup>

<sup>14</sup> Vgl. Bundesministerium für Klimaschutz, Umwelt, Energie, Mobilität, Innovation und Technologie Österreich (2023), S. 1.

<sup>15</sup> Vgl. Brunner, Philip (2022), S. 30.

<sup>16</sup> Vgl. Habermann, Frank (2017), S. 125.

<sup>17</sup> Vgl. ComputerFutures (2020), S. 1f.

Der Infrastrukturplan sollte gut strukturiert und klar definiert sein, um eine effektive Umsetzung zu ermöglichen.<sup>18</sup> Eine gut geplante und verwaltete (IT)-Infrastruktur kann die Produktivität steigern, Kosten senken und Wettbewerbsvorteile bieten.<sup>19</sup>

### 2.2.1 Der Project Canvas-Ansatz

Der Canvas-Ansatz von Osterwalder und Pigneur wurde ursprünglich für Geschäftsvorschläge entwickelt, aber lässt sich ebenfalls auf Forschungsvorhaben anwenden.<sup>20</sup> Das Project Model Canvas ist in Abbildung 5 dargestellt und basiert auf dem Business Model Canvas<sup>21</sup>. Für ein Forschungsprojekt kann ein Canvas-Modell erstellt werden und besteht aus mehreren Abschnitten, darunter Projektnutzen, Zielgruppe, Projektergebnisse, Projektphasen, Ressourcen, Beteiligte, Risiken und Chancen sowie Projektkosten.

Der Projektnutzen beschreibt den Mehrwert, den das Projekt erbringen soll, während die Zielgruppe diejenigen identifiziert, die direkt oder indirekt von dem Projekt betroffen sind. Die Projektergebnisse beschreiben die spezifischen Ergebnisse oder Produkte, die aus dem Projekt hervorgehen sollen, und die Projektphasen geben einen Überblick über die verschiedenen Phasen und Etappen des Projekts. Außerdem werden die für das Projekt erforderlichen Ressourcen, die an dem Projekt interessierten Akteure sowie potenzielle Risiken und Chancen ermittelt. Diese Elemente können in einem Canvas mittels Boxen dargestellt werden. Durch die Anwendung des Ansatzes kann ein Infrastrukturplan systematisch entwickelt, bewertet und kommuniziert werden.<sup>22</sup> Es bietet somit eine Grundlage für die detaillierte Projektplanung und hilft dabei, die Projektumsetzung effektiv zu verwalten.<sup>23</sup>

---

<sup>18</sup> Vgl. d-velop.de (2023), S. 1f.

<sup>19</sup> Vgl. ComputerFutures (2020), S. 1f.

<sup>20</sup> Vgl. Erika Isomura Hirata/Wagner Wilson Bortoletto (2019), S. 19f.

<sup>21</sup> Das Business Model Canvas ist ein von Osterwalder und Pigneur entwickeltes Werkzeug, mit dem Unternehmen Werte schaffen, liefern und erfassen können. Dieser Rahmen fällt in den Bereich des visuellen und gestalterischen Denkens, und sein nicht-linearer Ansatz ermöglicht den Aufbau eines visuellen Systems, das für jeden zugänglich, leicht verständlich und lesbar ist, und das alles auf einer einzigen Seite. (Vgl. Marbaise, Magali/Probert, Carly (2016), S. 2f.)

<sup>22</sup> Vgl. Kor, Rudy u.a. (2018), S. 16f.

<sup>23</sup> Vgl. ebenda, S. 34.

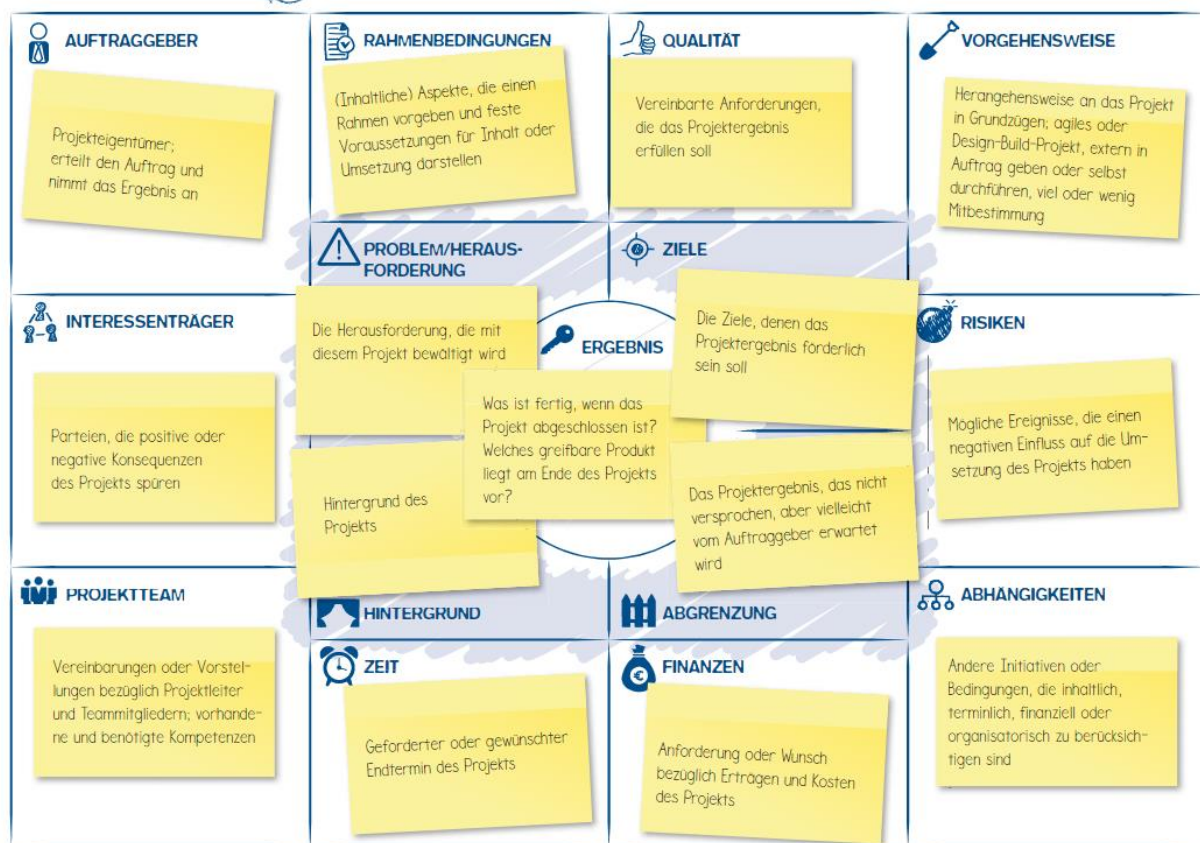


Abbildung 5: Projekt Canvas mit Beschreibung der einzelnen Elemente  
Quelle: Kor, Rudy u.a. (2018, S. 34)

## 2.2.2 Regulierung von Technologie und Infrastruktur in der Europäischen Union

In den letzten Jahren hat die Europäische Union (EU) eine zunehmende Bedeutung auf dem Gebiet der Regulierung von Technologie und Infrastruktur gezeigt. Der Ausbau der Infrastruktur für alternative Kraftstoffe sowie die Regulierung von künstlicher Intelligenz haben dabei im Fokus gestanden. Dieser Abschnitt widmet sich drei wichtigen Richtlinien, die jeweils einen Meilenstein in der Entwicklung der entsprechenden Regelungen repräsentieren.

Am 27. März 2023, wurde ein Kompromissvorschlag für die "**Verordnung über die Infrastruktur für alternative Kraftstoffe**" (AFIR) erzielt. Dieser Vorschlag stellt eine Weiterentwicklung der bisherigen Richtlinie 2014/94/EU dar. Das Ziel besteht darin, die Infrastruktur für alternative Kraftstoffe in der EU deutlich auszubauen.

Insbesondere der Ausbau von E-Ladesäulen steht im Fokus, da die Anzahl der Elektrofahrzeuge in den letzten Jahren stark zugenommen hat, während die Anzahl der Ladestationen nicht im gleichen Maße gewachsen ist. Ein weiterer Aspekt des Kompromisses ist die Errichtung einer EU-Datenbank für alternative Kraftstoffe bis zum Jahr 2027, um eine bessere Transparenz hinsichtlich der Verfügbarkeit, Wartezeiten und Preise zu gewährleisten.

Dieser Kompromissvorschlag markiert somit einen wichtigen Schritt in Richtung einer umfassenden und effizienten Infrastruktur für alternative Kraftstoffe in der EU.<sup>24</sup> Die Europäische Union hat sich zum Ziel gesetzt, bis 2030 alle 60 Kilometer entlang der Autobahnen und an großen Kreuzungen eine Ladestation zu errichten.<sup>25</sup> Die Richtlinie zielt darauf ab, die Abhängigkeit von fossilen Brennstoffen sowie die Umweltauswirkungen der Transportindustrie zu verringern und eine ausreichende Infrastruktur für alternative Kraftstoffe bereitzustellen. Dieses Ziel soll durch eine Kombination aus Anreizen, Forschungsfinanzierung, Sensibilisierungskampagnen und Koordinierung zwischen den Mitgliedstaaten erreicht werden.<sup>26</sup>

Die Europäische Union hat die **Datenschutz-Grundverordnung (DSGVO)** erlassen, um die Privatsphäre von Einzelpersonen zu schützen. Der zunehmende Einsatz von künstlicher Intelligenz erfordert die Einhaltung der Bestimmungen der DSGVO hinsichtlich verschiedener Aspekte. Ein wichtiger Aspekt ist die Zustimmung zur Datenverarbeitung, wenn KI-Anwendungen eingesetzt werden. Gemäß der DSGVO ist eine gültige Einwilligung der betroffenen Personen erforderlich, bevor personenbezogene Daten verarbeitet werden können. Diese Einwilligung muss freiwillig, spezifisch und in Kenntnis der Sachlage erfolgen und einen klaren Zweck verfolgen. Es müssen wesentliche Informationen über den Zweck, für den die Daten verwendet werden sollen, und über die Art der Verarbeitung mitgeteilt werden.<sup>27</sup>

Bei der Videoüberwachung hingegen kann die Art der Aufzeichnung variieren. Entscheidend ist jedoch, dass die Aufzeichnung nur in dem Umfang erfolgt, der zur Erreichung des Zwecks erforderlich ist, ohne die Interessen der betroffenen Personen zu beeinträchtigen. Schutzwürdige Interessen dürfen durch die Aufzeichnung nicht beeinträchtigt werden.

---

<sup>24</sup> Vgl. European Commission (2023), S. 1f.

<sup>25</sup> Vgl. Austria Presse Agentur (2023a), S. 1.

<sup>26</sup> Vgl. Europäisches Parlament/Rat der Europäischen Union (2014), 2–19.

<sup>27</sup> Vgl. Mühlbauer, Holger (2018), S. 33.

Wichtig ist, dass die erhobenen Videodaten nur so lange gespeichert werden, wie dies erforderlich ist und gelöscht werden müssen, wenn sie ihren Zweck nicht mehr erfüllen oder die Interessen der Betroffenen eine Löschung erfordern.<sup>28</sup>

Die Europäische Kommission hat das KIVO-E oder "**Gesetz über künstliche Intelligenz**" veröffentlicht, welches eine Reihe von Vorschriften zur Schaffung vertrauenswürdiger KI vorschlägt. Dieser Entwurf baut auf der im April 2018 vorgestellten europäischen KI-Strategie auf und beinhaltet einen risikobasierten Ansatz.<sup>29</sup> Das Gesetz folgt dem Grundsatz der Technologieutralität mit einer gewissen Spezifität für einzelne Anwendungsbereiche und enthält dynamische Elemente, die weiteren technologischen Fortschritten Rechnung tragen können. Das Hauptziel besteht darin, ein Gleichgewicht zwischen der Notwendigkeit des Schutzes einer neuen und unerprobten Technologie und der Ermöglichung von Innovationen herzustellen.<sup>30</sup>

Gemäß Art. 59 I KIVO-E wird darüber hinaus mit dem Gesetz eine unabhängige Aufsichtsbehörde eingerichtet, die für die Überwachung der Einhaltung der Vorschriften und die Verhängung von Sanktionen bei Verstößen zuständig ist.<sup>31</sup> Die Einhaltung des Gesetzes wird sowohl auf nationaler als auch auf EU-Ebene überwacht. Dies gilt für Anbieter und Nutzer von KI-Systemen sowohl innerhalb als auch außerhalb der EU, solange ein KI-System in der EU in Verkehr gebracht, in Betrieb genommen oder von Privatpersonen genutzt wird.<sup>32</sup>

Das Gesetz befindet sich derzeit im legislativen Trilog und wird voraussichtlich nicht vor 2024 in Kraft treten, wobei es ab 2026 anwendbar sein wird.<sup>33</sup>

Ergänzend dazu gibt es bei Fujitsu die "**Fairness by Design**" Initiative. In dieser steht die Thematik der Integration ethischer Aspekte in Künstlicher Intelligenz im Vordergrund. Das internationale Forschungsteam von Fujitsu Laboratories, bestehend aus Experten aus Japan, den USA und Europa, arbeitet gemeinsam an der Entwicklung von KI-Technologien, die fairer und ethisch verantwortungsvoller sind.

---

<sup>28</sup> Vgl. Mein-Datenschutzbeauftragter.de (o.J.), S. 2.

<sup>29</sup> Vgl. Neuwirth, Rostam J. (2023), S. 10.

<sup>30</sup> Vgl. Ebert, Andreas/Spiecker gen. Döhmman, Indra (2021), S. 1.

<sup>31</sup> Vgl. ebenda, S. 10.

<sup>32</sup> Vgl. Neuwirth, Rostam J. (2023), S. 12f.

<sup>33</sup> Vgl. tagesschau.de (2023), S. 2.

Die Forscher betonen die mögliche Vorurteilsbildung und Diskriminierung, die aus der Verwendung voreingenommener Daten in KI-Systemen resultieren kann. Es ist von großer Bedeutung, diese Voreingenommenheit zu erkennen und entsprechende Maßnahmen zur Korrektur zu ergreifen. Das Ziel besteht darin, KI-Systeme zu gestalten, die gerechte und ethische Entscheidungen treffen können, um potenzielle negative Auswirkungen zu vermeiden.<sup>34</sup>

### 2.2.3 Hardwareauswahlkriterien für den Vergleich von Prozessoren in der Bildverarbeitung

Im Rahmen der Hardwareauswahl für den Vergleich wurden bestimmte Kriterien herangezogen, um eine fundierte Entscheidungsgrundlage zu schaffen. Die Auswahlkriterien orientieren sich an einer Marktübersicht, die auf der Website des Handelsblatts<sup>35</sup> veröffentlicht wurde.

Die Tabelle enthält Informationen zu den Central Processing Unit (CPU)-Komponenten und den CPU-Attributen. CPU-Komponenten umfassen Rechenkerne, Acceleratoren und den Grafikprozessor (GPU), die für Datenverarbeitung und Aufgaben zuständig sind und Parallelverarbeitungsfähigkeit, Effizienz und Leistung beeinflussen. Zu den CPU-Attributen gehören Taktfrequenz, Cache-Größe, thermische Designleistung, unterstützte Speichertypen und maximale Speichergeschwindigkeit. Diese Attribute beschreiben die technischen Eigenschaften und die Leistung der CPU, einschließlich Verarbeitungsgeschwindigkeit, Leistungsaufnahme, Effizienz und Speicherunterstützung.

Die Wichtigkeiten in der Tabelle 1 sind wie folgt beschrieben und ergeben sich auf Grundlage der durchgeführten Literaturrecherche:

- **Gering** bedeutet, dass die Komponente einen gewissen Einfluss haben kann, aber weniger wichtig ist als andere Komponenten. Die Auswirkung auf die Leistung oder Funktionalität des Systems ist relativ gering.
- **Mittel** bedeutet, dass die Komponente die Leistung oder Funktionalität des Systems wesentlich beeinflusst, aber unkritisch ist. Einige Anpassungen oder Aufmerksamkeit können erforderlich sein, aber andere Komponenten können größere Auswirkungen haben.

---

<sup>34</sup> Vgl. Nakao, Yuri u.a. (2021), S. 1f.

<sup>35</sup> Vgl. Handelsblatt (2023), S. 1f.

- **Hohe** Wichtigkeit bedeutet, dass die Komponente für die Systemleistung oder Funktionalität wichtig ist. Ihre Auswirkungen sind erheblich, und die optimale Konfiguration oder Verwendung dieser Komponente ist entscheidend für die optimale Leistung des Systems.

Es ist wichtig zu beachten, dass die Bewertung der Wichtigkeit in der Tabelle eine subjektive Einschätzung ist und auf den angegebenen Quellen basiert. Die Bedeutung eines bestimmten CPU-Attributs oder einer Komponente kann je nach spezifischen Anforderungen und Anwendungsfällen variieren. Einige Faktoren, die bei der Bestimmung der Signifikanz berücksichtigt werden können, sind:

- Auswirkungen auf die Leistung: Welchen Einfluss hat die Komponente auf die Systemleistung? Hat sie einen signifikanten Einfluss auf Geschwindigkeit, Effizienz oder Kapazität?
- Anwendungsabhängigkeit: Wie wichtig ist die spezifische Funktion oder Aufgabe, die die Komponente für die Anwendung oder das System ausführt? Ist sie unverzichtbar oder kann sie durch eine andere Komponente oder Technologie ersetzt werden?
- Abhängigkeiten von anderen Komponenten: Hängt die Leistung oder Funktionalität anderer Komponenten von der betrachteten Komponente ab? Ist sie entscheidend für das reibungslose Funktionieren des Systems?

**Tabelle 1: Komponenten und deren Attribute für die Auswahl eines Prozessors**

Komponente/Attribut	Beschreibung	Wichtigkeit
<b>Anzahl der Rechenkerne</b>	Beeinflussen die Parallelverarbeitungsfähigkeit und beschleunigen die Bildverarbeitung. Eine höhere Anzahl ermöglicht gleichzeitige Ausführung und verbesserte Systemleistung bei rechenintensiven Aufgaben. vgl. Torres, Sebastián Romero (2023, S. 1f.)	Hoch vgl. Benjamin Kraft (2020, S. 71)
<b>Acceleratoren</b>	Spezielle Hardwarekomponenten zur effizienteren Ausführung bestimmter Aufgaben. Einsatz von Beschleunigern wie Nvidia Gen 4 Grafikprozessoren kann Effizienz und Geschwindigkeit von rechenintensiven Anwendungen steigern. vgl. Torres, Sebastián Romero (2023, S. 1f.)	Hoch vgl. Bolhasani, Hamidreza u.a. (2023, S. 433f.)

<b>Graphics Processing Unit (GPU)</b>	Leistungsstarker Beschleuniger für parallele Datenverarbeitung und rechenintensive Aufgaben. Optimal für große Datenmengen und komplexe Berechnungen im Vergleich zur herkömmlichen CPU. vgl. Steele, Colin (2020, S. 1f.)	Hoch vgl. Valladares Cereceda, Ignacio (S. 91f.)
<b>General Purpose Computation on Graphics Processing Unit (GPGPU)</b>	Unter GPGPU versteht man die Nutzung der Rechenleistung von Grafikprozessoren für nichtgrafische Aufgaben, die es ermöglicht, komplexe Berechnungen in kürzerer Zeit durchzuführen, indem die parallelen Verarbeitungsmöglichkeiten des Grafikprozessors genutzt werden. vgl. Segura, Albert u.a. (2023, S. 765f.)	Hoch vgl. Owens, John D. u.a. (2007, S. 80f.)
<b>Taktfrequenz</b>	Gibt an, wie viele Berechnungen pro Zeiteinheit durchgeführt werden. Höhere Frequenz ermöglicht schnellere Einzelbildverarbeitung und Echtzeitreaktionen, aber kann höhere Wärmeentwicklung und Energieverbrauch zur Folge haben. vgl. Intel Corporation (o.J.f, S. 1f.)	Mittel vgl. Maier, Harald (2023, S. 60f.)
<b>Cache</b>	Schneller Zwischenspeicher für häufig verwendete Daten. Größerer Cache ermöglicht schnelleren Zugriff und verbesserte Verarbeitungsgeschwindigkeit, besonders wichtig bei wiederholtem Zugriff auf Bilddaten. vgl. Ehneß, Jürgen/Luber, Stefan (2019, S. 1f.)	Hoch vgl. Thambawita, Vajira u.a. (2018, S. 1f.)
<b>Thermal Design Power (TDP)</b>	Maßeinheit für maximale Wärmeabgabe einer Komponente oder eines Systems. Niedrige TDP weist auf energieeffiziente Komponente hin, hohe TDP auf leistungsstärkere, aber möglicherweise stromhungrigere Komponente. vgl. Rüdiger, Ariane/Ostler, Ulrike (2021, S. 1f.)	Mittel vgl. Guermouche, Amina/Orgerie, Anne-Cécile (2022, S. 1f.)
<b>Unterstützter Speichertyp</b>	Speichertypen, die von einem Gerät oder einer Komponente unterstützt werden. Kann Auswirkungen auf Systemleistung, -geschwindigkeit und -kapazität haben. Wichtig, um Kompatibilität sicherzustellen. vgl. Gillis, Alexander (o.J., S. 1f.)	Mittel vgl. Oukid, Ismail/Lersch, Lucas (2018, S. 122)
<b>Maximale Speicher-geschwindigkeit</b>	Geschwindigkeit der Datenübertragung zwischen Gerät und Speicher. Höhere Geschwindigkeit ermöglicht schnellere Datenübertragungen und verbesserte Systemleistung. vgl. Dell (o.J., S. 1f.)	Niedrig vgl. Baun, Christian/Kunze, Marcel (2010, S. 28f.)

Im Folgenden werden die Speichertypen Graphics Double Data Rate (GDDR), Double Data Rate (DDR) und High Bandwidth Memory (HBM) näher betrachtet.



Graphics Double Data Rate Speicher wird vor allem in Grafikkarten verwendet. Er bietet eine Übertragungsrate von 8 Gbit/s pro Pin und wird hauptsächlich für Spiele und Grafikanwendungen verwendet.<sup>36</sup>

Der Speichertyp Double Data Rate wird als Arbeitsspeicher verwendet und bietet eine Übertragungsrate von 2 Gbit/s pro Pin.<sup>37</sup> Er wird in allgemeiner Computerhardware verwendet.<sup>38</sup>

High Bandwidth Memory wird in Hochleistungssystemen und High-End-Grafikkarten verwendet.<sup>39</sup> Die Übertragungsrate beträgt 6,4 Gbit/s pro Pin. HBM hat einen niedrigen Stromverbrauch und wird hauptsächlich in Supercomputing, künstlicher Intelligenz und Datenzentren verwendet.<sup>40</sup>

## 2.2.4 Fog Computing, Edge Computing und Cloud Computing im Vergleich

Wie in Abbildung 6 dargestellt, besteht die Architektur aus drei Ebenen: der Edge-Ebene, der Fog-Ebene und der Cloud-Ebene. Die Endgeräte, die die zu verarbeitenden Daten sammeln und bereitstellen, bilden die Edge-Ebene, die mit der nächsthöheren Ebene, der Fog-Ebene, kommuniziert. Beim Edge Computing sind die Endgeräte in der Lage, einen Teil der Daten selbst zu verarbeiten.<sup>41</sup>

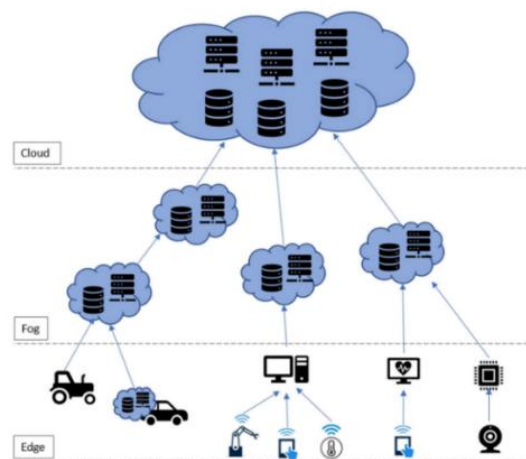


Abbildung 6 Cloud-to-Edge Architektur  
Quelle: Ullah, Amjad u.a. (2021, S. 47)

<sup>36</sup> Vgl. Kolokythas, Panagiotis (2018), S. 1.

<sup>37</sup> vgl. Kingston Technology (2014), S. 1

<sup>38</sup> Vgl. Luben, Stefan (2019), S. 1.

<sup>39</sup> Vgl. Ehneß, Jürgen/Luben, Stefan (2022), S. 2f.

<sup>40</sup> vgl. Mantel, Mark (2021), S. 1f.)

<sup>41</sup> Vgl. Karlstetter, Florian/Luben, Stefan (2018), S. 2.

**Edge Computing** ist ein IT-Paradigma, das als Antwort auf die Herausforderungen des Cloud Computing entstanden ist. Während Cloud Computing eine Reihe von Funktionen wie On-Demand-Dienste, Skalierbarkeit und effiziente Datenspeicherung bietet, hat es Einschränkungen in Bezug auf Latenz, Mobilitätsunterstützung, Kontextbewusstsein, Datenübermittlung, Datenschutz und Konnektivität zwischen der Cloud und den Endgeräten. Edge Computing ergänzt Cloud Computing und ersetzt es nicht.<sup>42</sup> Es ermöglicht eine lokal verteilte Datenverarbeitung durch die Nutzung von Geräten in der Nähe und geht über die einfache Auslagerung von Berechnungen in die Cloud hinaus. Edge Computing zielt darauf ab, die Servicequalität und das Nutzererlebnis zu verbessern, die Reaktionszeiten zu verkürzen, Echtzeitanwendungen und -dienste zu ermöglichen und die Skalierbarkeit, Zuverlässigkeit und Ausfallsicherheit zu erhöhen. Edge Computing zielt auch darauf ab, den Datenschutz und die Sicherheit zu verbessern und die Rechenleistung an den Rand des Netzes zu verlagern, um die Probleme einer zentralisierten Architektur zu überwinden.<sup>43</sup>

**Fog Computing** ist eine Technologie, die die Prinzipien des Cloud Computing auf Geräte am Netzwerkrand und innerhalb des Netzwerks anwendet. Die Grundidee besteht darin, virtualisierte IT-Ressourcen im gesamten Netzwerk zu nutzen, zum Beispiel Cloud-basierte virtuelle Maschinen, Sensorknoten, Router und Basisstationen.<sup>44</sup> Fog Computing ist eine virtualisierte Plattform, die Rechen-, Speicher- und Netzwerkdienste zwischen Endpunkten und herkömmlichen Cloud-Rechenzentren bereitstellt. Sie bringt die Cloud näher an den Ort, an dem IoT-Daten erzeugt und verarbeitet werden. Die Technologie nutzt Infrastrukturressourcen für eine effiziente Datenverarbeitung, Analyse und skalierbare Datenspeicherung zwischen der Cloud und dem Nutzer. Zeitkritische Daten werden am Netzwerkrand verarbeitet, während die übrige Datenverarbeitung in der Cloud stattfindet.<sup>45</sup>

**Cloud Computing** ist ein innovativer IT-Ansatz, der als Lösung für Kapazitäts- und Leistungseingpässe angesehen wird. Es umfasst eine flexible und skalierbare Infrastruktur, die den Zugriff auf eine Vielzahl von Ressourcen ermöglicht.

---

<sup>42</sup> Vgl. Carvalho, Gonçalo u.a. (2021), S. 995f.

<sup>43</sup> Vgl. Appius, Dominik u.a. (2021), S. 308f.

<sup>44</sup> Vgl. Costa, Breno u.a. (2023), S. 2f.

<sup>45</sup> Vgl. Fazel, Elham u.a. (2023), S. 5165f.

Der Begriff „Cloud“ bezeichnet die Bereitstellung von Diensten über das Internet oder ein Intranet.<sup>46</sup> Eine weit verbreitete Definition des National Institute of Standards and Technology (NIST) beschreibt Cloud Computing als ein Modell, das den allgegenwärtigen Zugriff auf gemeinsam genutzte Ressourcen ermöglicht. Aus technologischer Sicht beruht Cloud Computing auf Virtualisierung und bietet mehrere Ebenen von Diensten wie Software as a Service (SaaS), Platform as a Service (PaaS) und Infrastructure as a Service (IaaS).<sup>47</sup> Wirtschaftlich gesehen handelt es sich um eine Form des IT-Outsourcing, bei dem ein dedizierter Anbieter den Betrieb und die Wartung des Dienstes übernimmt.<sup>48</sup>

**Tabelle 2: Vergleich Fog Computing, Edge Computing und Cloud Computing**

Aspekt	Edge Computing	Fog Computing	Cloud Computing
<b>Ort der Datenverarbeitung</b>	Dezentrale Datenverarbeitung nahe am Gerät oder an der Netzwerkkante. vgl. Shaw, Keith (2020, S. 3)	Verarbeitung von Daten am Rande der Cloud vgl. Luben, Stefan (2021, S. 1)	Zentrale Datenverarbeitung in entfernten Rechenzentren. vgl. Duso, Tomaso/Schiersch, Alexander (2023, S. 2)
<b>Latenz</b>	Geringe Latenz durch lokale Verarbeitung von einer Millisekunde. vgl. Peter, Ulrike (2019, S. 1)	Moderate Latenz durch lokale Verarbeitung von 100 bis 200 Millisekunden. vgl. Pagel, Peter/Schulte, Stefan (2019, S. 233)	Variable Latenz abhängig von der Entfernung zum Rechenzentrum. vgl. o.V. (2021a, S. 1f.)
<b>Skalierbarkeit</b>	leichte Skalierbarkeit durch die Nutzung mehrerer Geräte parallel vgl. Tyagi, Sanjay (2020, S. 11)	Begrenzte Skalierbarkeit vgl. Luben, Stefan (2021, S. 2)	Hohe Skalierbarkeit durch zentrale Ressourcen. vgl. o.V. (2021b, S. 1f.)
<b>Sicherheit</b>	Höhere Sicherheit als in der Cloud, aber geringeres Niveau als Fog Computing. vgl. o.V. (2022a, S. 16)	Höhere Sicherheit durch lokale Datenverarbeitung und -speicherung. vgl. Luben, Stefan (2021, S. 1)	Sicherheit hängt von Cloud-Dienstleistern ab und bietet fortschrittliche Mechanismen. vgl. Jones, Edward (2020, S. 1f.)

<sup>46</sup> Vgl. Reinheimer, Stefan (2018), S. 4f.

<sup>47</sup> Vgl. Lui, Fang (2011), S. 3f.

<sup>48</sup> Vgl. ebenda, S. 10f.

<b>Netzwerk-anforderungen</b>	Einsatz in Netzwerken mit begrenzter Bandbreite vgl. Edwards, John (2018, S. 1)	Einsatz in verteilten und intermittierenden Netzwerken. vgl. KnowHow (2019, S. 1)	Zuverlässige Breitbandverbindung ab 25 Mbit erforderlich. vgl. Kilchmann, Simon (2020, S. 1f.)
<b>Anwendungsgebiete</b>	Industriearomatisierung, autonomes Fahren, Echtzeit-Analytik. vgl. Donner, Andreas/Luber, Stefan (2019, S. 4)	Internet of Things, Intelligente Fabrik, intelligente Verkehrssteuerung vgl. Pietras, Jake (2019, S. 3)	Webanwendungen, Big Data-Analytik, Unternehmensanwendungen. vgl. Dieker, Nicole (2022, S. 1f.)

### 2.2.5 Möglichkeiten zur Fahrzeugerkennung

Die KI-gestützte Erkennung von Elektrofahrzeugen ist eine Technologie, die mehrere Ansätze zur Erkennung von Elektrofahrzeugen bietet. **Bilderkennung** ist ein Ansatz, bei dem KI-Algorithmen Bilder oder Videos verwenden, um Elektrofahrzeuge zu identifizieren. Bei der **sensorbasierten Erkennung** werden Sensoren wie Radarsignale oder Lidar-Scanner eingesetzt, um Umgebungsinformationen zu erfassen und zu analysieren und so Elektrofahrzeuge von anderen Fahrzeugen zu unterscheiden. Mit Hilfe von KI können Fahrzeuge, einschließlich Elektrofahrzeuge, nach Typ klassifiziert werden, indem Modelle mit Daten verschiedener Fahrzeugtypen trainiert werden. Sensoren, insbesondere 3D-LiDAR-Sensoren, liefern geometrische Informationen über die Form von Objekten, während Kamerasensoren hochauflösende Bilder zur genauen Klassifizierung von Objekten liefern.<sup>49</sup> Für die Erkennung von Kfz-Kennzeichen bietet sich daher die Erkennung mit Hilfe von Kameras an und wird im Folgenden beschrieben.

#### 2.2.5.1 Bilderkennung mittels künstlicher Intelligenz

Bei der Klassifizierung von Daten, insbesondere von grafischen Inhalten wie Bildern und Videos, geht es darum, bestimmte Merkmale oder Kategorien in den Daten zu erkennen.

Neuronale Netze, insbesondere Convolutional Neural Networks (CNNs), sind eine weit verbreitete Methode zur Klassifikation von Bild- und Videomaterial. Diese mathematischen Modelle basieren auf der Struktur der Sehrinde im Gehirn und bestehen aus Neuronen und Gewichten, die ein Aktivierungspotenzial darstellen.<sup>50</sup>

<sup>49</sup> Vgl. Arikumar, K. S. u.a. (2022), S. 1f.

<sup>50</sup> Vgl. Litzel, Nico/Luber, Stefan (2019), S. 1f.

Für die Klassifikation von Bildern und Videos werden CNNs verwendet, die mit einer großen Menge klassifizierter Trainingsdaten trainiert werden.<sup>51</sup> Dabei ist es wichtig, sowohl Bilder der gesuchten Kategorien als auch irrelevante Beispiele einzubeziehen. Transfer Learning, bei dem ein bereits trainiertes CNN als Ausgangspunkt verwendet wird und nur die obersten Schichten für die spezifische Klassifikationsaufgabe trainiert werden, kann den Trainingsaufwand erheblich reduzieren.<sup>52</sup>

Die nachfolgende Grafik bietet eine klare und prägnante Darstellung des Bilderkennungsprozesses und hebt die verschiedenen Schritte und Prozesse hervor, die an der Erfassung und Verarbeitung visueller Daten beteiligt sind.

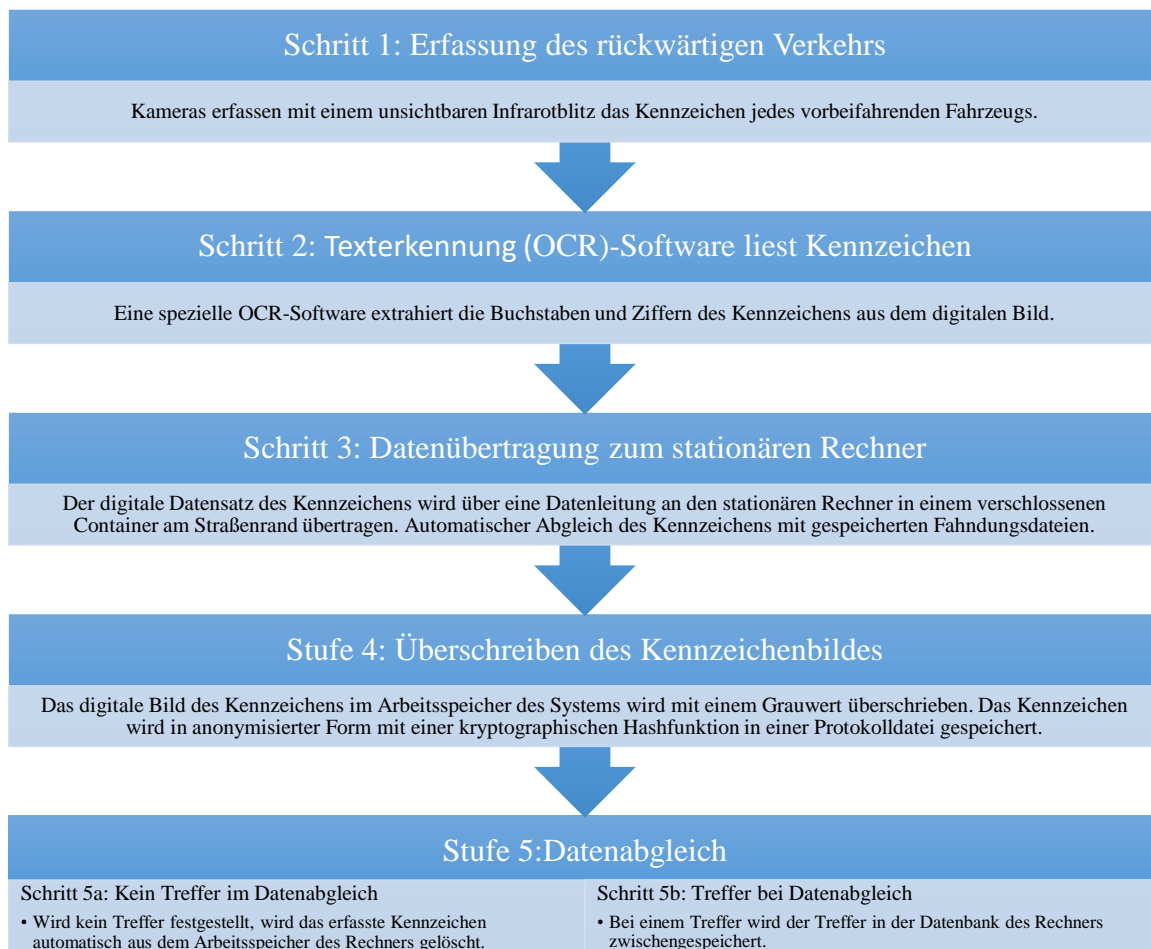


Abbildung 7: Ablauf der Bilderkennung

Quelle: Eigene Darstellung in Anlehnung an vgl. Müller, Dieter (2020, S. 5f.)

<sup>51</sup> Vgl. Saha, Sumit (2018), S. 1f.

<sup>52</sup> Vgl. Prella, Sacha (2021).

**Bildererkennung mit Gitterzellen** ist eine Technik, bei der das Eingabebild in eine standardisierte Gitterstruktur aufgeteilt wird, wobei jede Zelle als Gitterzelle bezeichnet wird. Diese Methode wird häufig bei der Echtzeit-Objekterkennung mit dem YOLO-Algorithmus (You Only Look Once) verwendet.<sup>53</sup> Beim YOLO-Algorithmus wird das Eingabebild in ein Gitter mit vordefinierten Abmessungen segmentiert, wobei jede Gitterzelle Objekte in dem ihr zugewiesenen Bereich erkennt und kategorisiert. Für jede Zelle werden mehrere Bounding Boxes und entsprechende Wahrscheinlichkeiten für verschiedene Objektklassen projiziert.<sup>54</sup>

Eine Bounding Box ist im Wesentlichen ein Rechteck, das ein Objekt umgibt und seine Position, seine Klasse (Auto, Person, ...) und seine Zuverlässigkeit (die Wahrscheinlichkeit, dass es sich an dieser Position befindet) angibt.<sup>55</sup> Jede Zelle kann mehrere Objekte in ihrem Bereich identifizieren und ihnen Bounding Boxes und Kategorien zuweisen, was eine schnelle und effiziente Objekterkennung in Echtzeit ermöglicht.<sup>56</sup>

Mit Grid Cells, wie in Abbildung 8 zu erkennen, kann der YOLO-Algorithmus das gesamte Bild in einem Durchgang analysieren und die Bounding Boxes und Kategorien für alle erkannten Objekte vorhersagen. Diese Methode wird in verschiedenen Anwendungen wie dem autonomen Fahren, in Überwachungssystemen und in der Videoanalyse eingesetzt und ist daher eine beliebte Technik, um Objekte in Echtzeit zu erkennen.<sup>57</sup>

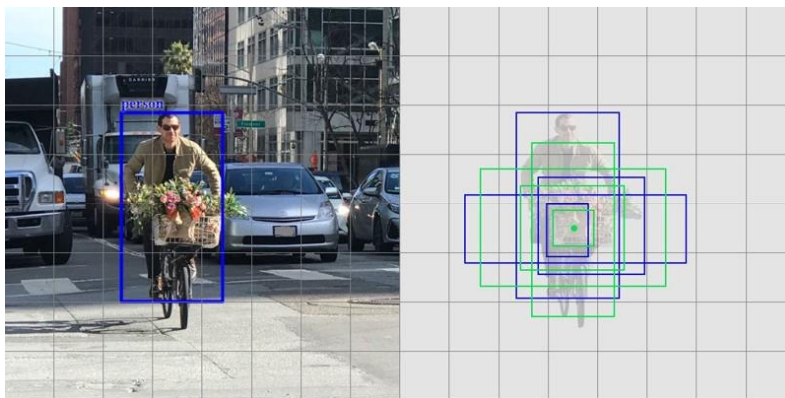


Abbildung 8: Bildererkennung in Gitterzellen  
Quelle: Hui, Jonathan (2018, S. 1f.)

<sup>53</sup> Vgl. Landwehr, Jesko (2020), S. 3.

<sup>54</sup> Vgl. Daglioglu, Mehmet Ali (16.2021), S. 1f.

<sup>55</sup> Vgl. Subramanyam, Vineeth S. (2021), S. 1.

<sup>56</sup> Vgl. Scanbot SDK (2022), S. 2f.

<sup>57</sup> Vgl. Handuo (2018), S. 1f.

Bildererkennung ist ein vielfältiger Prozess, bei dem verschiedene Aspekte eine Rolle spielen. Der für die Bildererkennung verwendete **Gerätetyp** kann variieren. Dies kann eine herkömmliche Kamera sein, die Bilder aufnimmt, oder eine spezielle Bildererkennungskamera, die auf bestimmte Funktionen oder Anwendungen abzielt. Darüber hinaus kann die Bildererkennung auch auf mobilen Geräten wie Smartphones oder Tablets durchgeführt werden.<sup>58</sup>

Der **Standort** kann sich auf die Art des erkannten Objekts auswirken. So können beispielsweise in einer Produktionsanlage bestimmte Inhaltsstoffe identifiziert werden, während in einem Einzelhandelsgeschäft Produktetiketten erkannt werden können.<sup>59</sup>

Die Erkennbarkeit von Bildern hängt stark von den **Lichtverhältnissen** ab. Um klare und scharfe Bilder zu erhalten, ist eine ausreichende Beleuchtung erforderlich. Die Genauigkeit der Bildererkennung kann durch zu viel oder zu wenig Licht beeinträchtigt werden.<sup>60</sup> Um die Bildqualität zu verbessern, kann in einigen Fällen eine zusätzliche Beleuchtung wie Blitzlicht oder spezielle Lichtquellen erforderlich sein. Insbesondere bei schlechten Lichtverhältnissen, zum Beispiel bei Nachtaufnahmen, kann der Einsatz von Infrarot-Beleuchtungstechnik die Bildererkennung erheblich verbessern. Mit Infrarot-Scheinwerfern können Kameras detailliertere Informationen erfassen und bei Dunkelheit besser sehen. Dies wiederum verbessert die Bilderkennungsleistung in dunklen Umgebungen.<sup>61</sup>

Der **Winkel**, in dem das Bild aufgenommen wird, kann die Bildererkennung beeinflussen. Verschiedene Winkel können unterschiedliche Ansichten und Informationen über das erkannte Objekt liefern. Es kann erforderlich sein, Bilder aus verschiedenen Winkeln aufzunehmen, um die Genauigkeit der Bildererkennung zu verbessern und eine robuste Erkennung aus verschiedenen Winkeln zu ermöglichen.<sup>62</sup>

---

<sup>58</sup> Vgl. Würtz, Udo (2021), 8:12 - 13:30.

<sup>59</sup> Vgl. ebenda, 8:12 - 13:30.

<sup>60</sup> Vgl. Schreiner, Maximilian (2019), S. 1f.

<sup>61</sup> Vgl. Pluta, Werner (2022), S. 1f.

<sup>62</sup> Vgl. Aptex (2023), S. 1f.

Ein **klar definierter Prozess** ist entscheidend für die effiziente und genaue Durchführung der KI-Bilderkennung. Dazu gehören Schritte wie Bilderfassung, Bildvorverarbeitung, Merkmalsextraktion, Auswahl des richtigen KI-Modells, Training des Modells mit den richtigen Daten und Anwendung des Modells auf das neue Bild.<sup>63</sup>

**Reproduzierbarkeit** ist wichtig für den Einsatz einer zuverlässigen KI-Bilderkennung. Dies bedeutet, dass der Nachweisvorgang unter ähnlichen Bedingungen wiederholt werden kann und zu ähnlichen Ergebnissen führt.<sup>64</sup> Die Reproduzierbarkeit kann durch standardisierte Vorgehensweisen, ausreichende Trainingsdaten und eine klare Dokumentation des Prozesses gewährleistet werden.

### **2.2.5.2 Techniken zur automatischen Nummernschilderkennung**

Die Techniken können zu Beginn grob in zwei Kategorien eingeteilt werden, basierend auf der Anzahl der Hauptstufen im Kennzeichenerkennungsprozess.

Die mehrstufige Kennzeichenerkennung ist der am weitesten verbreitete Ansatz und trennt den Kennzeichenerkennungsprozess in zwei Hauptstufen, die als Kennzeichenerkennung und Kennzeichenerfassung bekannt sind. Es gibt jedoch auch einige erfolgreiche Versuche, einstufige Kennzeichenerkennungssysteme zu entwickeln, die derzeit den Stand der Technik im Bereich der automatischen Kennzeichenerkennung darstellen. In jüngster Zeit werden Techniken des maschinellen Sehens und des Deep Learning zur Erkennung von Kfz-Kennzeichen eingesetzt.<sup>65</sup> Diese Techniken nutzen globale Kennzeichenmerkmale wie Form, Farbe, Textur und das Vorhandensein von Zeichen.

In Abbildung 9 werden vier verschiedene Arten von Erkennungsverfahren für die Nummernschilderkennung vorgestellt: kantenbasierte, farbbasierte, texturbasierte und zeichenbasierte Ansätze. Jeder Ansatz verwendet unterschiedliche Merkmale und Methoden, um Kfz-Kennzeichen in Bildern zu identifizieren. Die verschiedenen Ansätze können wie folgt zusammengefasst werden:

---

<sup>63</sup> Vgl. Würtz, Udo (2021), 8:12 - 13:30.

<sup>64</sup> Vgl. Steinhaus, Ingo (2018), S. 1f.

<sup>65</sup> Vgl. Khan, Khurram u.a. (2021), S. 3.



### Kantenbasierte Erkennungsverfahren

- Rechteckige Forminformationen des Nummernschilds werden genutzt.
- Der Sobel-Filter ist eine gängige Technik in der Bildverarbeitung zur Nummernschilderkennung.

### Farbbasierte Erkennungsverfahren

- Farbbasierte Techniken nutzen die Unterschiede in der Farbe zwischen dem Nummernschild und dem Fahrzeug.
- Das Nummernschild wird anhand seiner Farbe von der Umgebung unterschieden.
- Diese Methode ist robust gegenüber geneigten oder deformierten Nummernschildern.
- Farbbasierte Ansätze werden oft in Kombination mit anderen Techniken verwendet, um die Genauigkeit zu verbessern.

### Texturbasierte Ansätze

- Texturbasierte Ansätze verwenden die einzigartige Verteilung der Pixelintensität in der Region des Kennzeichens.
- Durch Analyse der Pixelintensitäten kann das Kennzeichen identifiziert werden.
- Diese Methode ist besonders nützlich bei geneigten oder deformierten Kennzeichen.
- Die Pixelintensitätsverteilung ermöglicht eine zuverlässige Erkennung des Kennzeichens unabhängig von seiner Farbe.

### Zeichenbasierte Ansätze

- Zeichenbasierte Ansätze basieren auf der Annahme, dass das Kennzeichen aus einzelnen Zeichen besteht.
- Diese Ansätze suchen nach Regionen im Bild, die potentielle Kennzeichenregionen mit Zeichen enthalten.
- Durch die Analyse der visuellen Merkmale und Muster der Zeichen wird das Kennzeichen erkannt.
- Dieser Ansatz ist besonders effektiv, da er gezielt nach charakteristischen Merkmalen der Zeichen sucht.
- Zeichenbasierte Ansätze ermöglichen eine genaue Lokalisierung des Kennzeichens und zeigen eine gute Leistung bei gut sichtbaren und gut strukturierten Kennzeichen.

*Abbildung 9: Techniken zur Nummernschilderkennung  
Quelle: Eigene Darstellung in Anlehnung an vgl. Ritter, Marc (2015)*

#### 2.2.5.3 Hardwareoptionen für die KI-basierte Bildauswertung: Grafikkarte vs. Prozessor

Künstliche Intelligenz bietet die Möglichkeit, Bilder entweder mit Hilfe von Grafikkarten oder Prozessoren zu analysieren, die jeweils ihre eigenen Vor- und Nachteile haben.<sup>66</sup> Nvidia, einer der führenden Anbieter auf diesem Gebiet, hat Tensor Cores entwickelt, die ein schnelles Training und eine schnelle Inferenz neuronaler Netzwerke ermöglichen.<sup>67</sup> Die Xeon- und Core-Prozessoren von Intel sind leistungsstarke Werkzeuge, die über den Intel Deep Learning Boost integrierte KI-Beschleunigung bieten.<sup>68</sup>

<sup>66</sup> Vgl. Golombek, Mathias (2020), S. 1.

<sup>67</sup> Vgl. Rüdiger, Ariane/Ostler, Ulrike (2020), S. 1.

<sup>68</sup> Vgl. Hülskötter, Michael (2021), S. 1f.

Wenn es um die Wahl zwischen Nvidia und Intel geht, hängt die Entscheidung von mehreren Faktoren ab, darunter die jeweilige KI-Aufgabe, das Budget, die Skalierbarkeit und die Anwendungsanforderungen. Zu den anderen wichtigen Hardwareanbietern im Bereich der KI-Rechenleistung gehört AMD mit seinen Radeon-Grafikkarten und EPYC-Prozessoren.<sup>69</sup>

In der Tabelle 4 werden die allgemeinen Komponenten - Prozessor und Grafikkarte - hinsichtlich ihrer Architektur, der Anzahl der Kerne, der Parallelverarbeitung, der Gleitkomma-Leistung, des Speicherzugriffs, der Energieeffizienz, der Kosten, der Flexibilität und der Softwareunterstützung verglichen. Spezielle Anpassungen für KI oder andere Zwecke werden in der Tabelle nicht berücksichtigt.

**Tabelle 3: Vergleich Prozessor und Grafikkarte**

Aspekt	Prozessor	Grafikkarte
<b>Architektur</b>	Allgemeiner Zweck	Spezialisierte Parallelarchitektur
<b>Anzahl der Kerne</b>	Mehrere Prozessorkerne	Viele kleinere und für speziellere Aufgaben
<b>Parallelverarbeitung</b>	Begrenzt	Stark ausgeprägt
<b>Gleitkomma-Leistung</b>	Niedrig	Hoch
<b>Speicherzugriff</b>	Hohe Latenz, niedrige Bandbreite	Niedrige Latenz, hohe Bandbreite
<b>Energieeffizienz</b>	Niedrig	Hoch
<b>Kosten</b>	Günstiger	Teurer
<b>Flexibilität</b>	Kann verschiedene Aufgaben ausführen	Spezialisiert auf parallele Berechnungen
<b>Softwareunterstützung</b>	Unterstützung von KI-Frameworks	Optimiert für bestimmte KI-Bibliotheken
Quelle: Eigene Darstellung in Anlehnung an vgl. o.V. (2022b, S. 11); vgl. PR Newswire (2022, S. 1); vgl. NVIDIA CORPORATION (2023, S. 1f.); vgl. Kharya, Paresh (2020, S. 1f.); vgl. Howard (2022, S. 1f.); vgl. Udo Würtz (2020); vgl. Bayer, Thilo (2023, S. 3f.)		

<sup>69</sup> Vgl. Schräer, Frank (2023), S. 1f.

### 2.2.6 Green IT: Nachhaltige Digitalisierung für Unternehmen

Die Digitalisierung ist ein notwendiger Schritt für Unternehmen, aber sie bringt sowohl Vor- als auch Nachteile für das Klima mit sich. Auf der einen Seite vereinfacht sie die Datenverwaltung und ermöglicht eine effiziente Nutzung von Ressourcen. Sie ermöglicht es Unternehmen auch, Produkte und Lieferketten umweltfreundlicher zu gestalten. Auf der anderen Seite trägt die zunehmende Nutzung elektronischer Geräte zum Energie- und Ressourcenverbrauch bei. Um dem entgegenzuwirken, fördert die Green IT-Bewegung eine klimafreundliche und nachhaltige IT-Infrastruktur.<sup>70</sup>

Green IT bezieht sich auf die effiziente Nutzung von Kommunikations- und Netzwerksystemen sowie die effektive Nutzung von Bildschirmen, PCs, Speichergeräten und Druckern, um die negativen Auswirkungen auf die Biosphäre zu minimieren oder zu beseitigen. Die Umsetzung von Green IT soll die Energieeffizienz verbessern, den Reengineering-Prozess der Produktion und des gesamten Unternehmens positiv beeinflussen, Kosteneinsparungen ermöglichen, die Energieeffizienz erhöhen und den Einsatz umweltfreundlicher Technologien ermöglichen, die eine rentable Kapitalrendite bieten. Green IT wird als eine Methode zur Förderung nachhaltiger Entwicklung durch die Einführung und Identifizierung umweltfreundlicher Wachstumsmethoden betrachtet. Diese Innovationen zielen darauf ab, hochwertige innovative Produkte zu generieren, die den ökologischen Fußabdruck reduzieren können.<sup>71</sup>

Das **Electronic Product Environmental Assessment Tool** (EPEAT) ist ein Umweltzeichen, das vom Green Electronics Council vergeben wird. EPEAT bewertet Produkte auf der Grundlage von 51 spezifischen Kriterien, die in drei Stufen der Umweltleistung eingeteilt sind - Bronze, Silber und Gold. Dabei werden verschiedene Umweltaspekte im Lebenszyklus eines Produktes bewertet. Je mehr Kriterien erfüllt werden, desto besser wird das Produkt bewertet.<sup>72</sup>

---

<sup>70</sup> Vgl. Baumann, Daniel (2022), S. 1f.

<sup>71</sup> Vgl. Singh, Anamica/Sharma, Meenakshi (2023), S. 41f.

<sup>72</sup> Vgl. TechTarget Contributor (2011), S. 1.

Die Umweltorganisation Green Electronics Council (GEC) gab bekannt, dass ihr Green-IT-Zertifizierungsverfahren Electronic Product Environmental Assessment Tool mittlerweile in 40 Ländern weltweit eingesetzt werden kann. Der Schwerpunkt liegt auf dem nordamerikanischen Markt. Dies ist darauf zurückzuführen, dass es beispielsweise in Europa Alternativen wie den Blue Angel, den Energy Star und die Umweltzeichen der Europäischen Union gibt.<sup>73</sup>

Für die niedrigste Zertifizierungsstufe - Bronze - muss ein Produkt 23 Kriterien erfüllen. Diese Standards decken den gesamten Lebenszyklus eines Produktes ab. Dazu gehört zum Beispiel die Reduktion von giftigen Materialien, die bei der Herstellung der Geräte verwendet werden. Der Energieverbrauch im Betrieb ist ebenso ein Kriterium wie die Recyclingfähigkeit der Geräte.<sup>74</sup>

Der **Product Carbon Footprint (PCF)** wird je nach verwendeter Methodik berechnet. Zwei weit verbreitete Methoden sind PAS 2050 und ISO 14067. In *PAS 2050* werden die Anforderungen an die Bewertung der Treibhausgasemissionen von Produkten festgelegt. Es definiert die Methodik zur Berechnung des Carbon Footprints über den gesamten Lebenszyklus eines Produktes, einschließlich der Definition der Systemgrenzen, der Einbeziehung relevanter Emissionen, der Berücksichtigung von Unsicherheiten und der Kommunikation der Ergebnisse.<sup>75</sup> *ISO 14067* ist ein internationaler technischer Standard zur Festlegung spezifischer Anforderungen an die Quantifizierung und Kommunikation von Treibhausgasemissionen von Produkten. Im Gegensatz zu PAS 2050, das sich auf die allgemeine Methodik fokussiert, bietet ISO 14067 detaillierte Anweisungen und Richtlinien für die Durchführung des Product Carbon Footprints (PCF).<sup>76</sup> Für die Quantifizierung werden bestehende ISO-Normen zur Ökobilanz (LCA) und für die Kommunikation Umweltzeichen/-erklärungen verwendet. Das Ziel des PCF ist es, den potenziellen Beitrag eines Produkts zur globalen Erwärmung in Form von CO<sub>2</sub>-Äquivalenten zu berechnen, indem die Treibhausgasemissionen und -schlupflöcher über den gesamten Lebenszyklus des Produkts erfasst werden.<sup>77</sup>

---

<sup>73</sup> Vgl. andi\_dd (2022), S. 1f.

<sup>74</sup> Vgl. Meyer, Jan-bernd (2009), S. 1f.

<sup>75</sup> Vgl. Sinden, Graham (2009), S. 196f.

<sup>76</sup> Vgl. Lewandowski, Stefanie u.a. (2021), S. 17f.

<sup>77</sup> Vgl. Wong, Eugene Yin Cheung u.a. (2022), S. 1f.

### 2.2.7 Bewertung eines Infrastrukturplans

Die Bewertung eines Infrastrukturplans ist entscheidend, um sicherzustellen, dass er den Bedürfnissen und Zielen der Organisation entspricht. Für eine Bewertung sind verschiedene Aspekte zu berücksichtigen, die auf den oben beschriebenen Kriterien basieren.

Zunächst ist es wichtig, die geplanten Maßnahmen des Infrastrukturplans zu überprüfen. Dabei sollten alle geplanten Schritte und Maßnahmen einer Analyse unterzogen werden, um sicherzustellen, dass diese den Anforderungen und Zielen entsprechen.

Darüber hinaus ist es notwendig, die finanziellen Auswirkungen des Infrastrukturplans zu betrachten. Es sollte untersucht werden, welche Kosten mit der Umsetzung verbunden sind und inwieweit diese Kosten durch zu erwartende Einsparungen oder Einnahmen kompensiert werden können.

Mögliche Risiken müssen identifiziert und analysiert werden, um geeignete Maßnahmen zur Risikominderung zu entwickeln. Dazu gehört die Bewertung von Maßnahmen zum Schutz der Privatsphäre und der Datensicherheit, um sicherzustellen, dass sensible Daten vor unberechtigtem Zugriff, Hackerangriffen oder Manipulationen geschützt sind.

Ein weiterer entscheidender Schritt bei der Bewertung eines Infrastrukturplans ist die Einbeziehung der betroffenen Interessengruppen. Die Meinungen und Bedenken der Betroffenen sind zu berücksichtigen und es ist sicherzustellen, dass ihre Interessen angemessen vertreten werden.

Zudem sollte die Skalierbarkeit und Abdeckung des Systems betrachtet werden. Insbesondere bei einem Verkehrsnetz ist es wichtig zu prüfen, ob die Kameras das gesamte Netz abdecken können und ob geeignete Maßnahmen getroffen werden, um die Skalierbarkeit bei steigendem Verkehrsaufkommen zu gewährleisten.

Die Integration des Systems mit anderen Infrastrukturkomponenten sollte bewertet werden. Hier geht es um die nahtlose Integration mit anderen Komponenten des E-Mobility-Infrastrukturplans. Es ist notwendig, die Standards oder Schnittstellen zu untersuchen, die für eine reibungslose Integration erforderlich sind, und relevante Interessengruppen und Behörden in die Planung und Umsetzung einzubeziehen.

Darüber hinaus sollten die Umweltauswirkungen des Infrastrukturplans beachtet werden. Dabei sind Möglichkeiten zur Emissionsminderung und zur Nutzung erneuerbarer Energiequellen für den Betrieb der Anlagen zu untersuchen. Es sollten Pläne oder Maßnahmen entwickelt werden, um die Umweltauswirkungen zu minimieren und eine nachhaltige Entwicklung zu fördern.

### **3 Vorstellung von Fujitsu Technology Solutions GmbH und ASFINAG**

**Fujitsu Technology Solutions GmbH** ist ein großes Technologieunternehmen mit Sitz in Deutschland, das weltweit kreative IT-Lösungen und -Services anbietet. Als Teil der globalen Fujitsu-Gruppe ist das Unternehmen aufgrund seiner mehr als 40-jährigen Erfahrung in der Branche für seine Zuverlässigkeit, Qualität und technische Exzellenz bekannt. Fujitsu hat ein vielfältiges Portfolio an Produkten, Dienstleistungen und Lösungen, welches auf die Anforderungen von weltweit tätigen Unternehmen zugeschnitten ist.<sup>78</sup> In Deutschland sind rund 4.500 Mitarbeiterinnen und Mitarbeiter bei Fujitsu beschäftigt.<sup>79</sup>

Die **ASFINAG**, die für Autobahnen- und Schnellstraßen-Finanzierungs-Aktiengesellschaft steht, ist eine österreichische staatliche Bau- und Mautgesellschaft für Autobahnen und Schnellstraßen. Sie plant, baut, finanziert, erhält, betreibt und überwacht das österreichische Autobahnen- und Schnellstraßennetz. Das Unternehmen ist für etwa 2.200 Kilometern Autobahnen und Schnellstraßen in Österreich verantwortlich und beschäftigt mehr als 3.100 Mitarbeiter.<sup>80</sup>

Die ASFINAG konzentriert sich auf die Verkehrsoptimierung durch den Einsatz innovativer Technologien und setzt sich für die Verbesserung der Verkehrsinfrastruktur und die Förderung nachhaltiger Mobilitätslösungen ein.<sup>81</sup> Sowohl die Fujitsu Technology Solutions GmbH als auch die ASFINAG sind Schlüsselakteure in ihren jeweiligen Branchen und tragen durch ihr Wissen, ihr Engagement für Innovationen und ihre weitreichenden Netzwerke in bemerkenswerter Weise zur Weiterentwicklung von IT- und Verkehrssystemen bei.

---

<sup>78</sup> Vgl. Vogel IT-Medien GmbH (o.J.), S. 1f.

<sup>79</sup> Vgl. Fujitsu Technology Solutions GmbH/Fujitsu Services GmbH (o.J.), S. 1.

<sup>80</sup> Vgl. Autobahnen- und Schnellstraßen-Finanzierungs-Aktiengesellschaft (2023), S. 1f.

<sup>81</sup> Vgl. Autobahnen- und Schnellstraßen-Finanzierungs-Aktiengesellschaft (o.J.c), S. 1f.

## 4 Beschreibung der Methodik Fallstudie

In dieser Arbeit wurde die Methode der Fallstudie gewählt, um eine gründliche Untersuchung des Themas "Analyse und Verbesserung des Infrastrukturplans für E-Mobilität unter Verwendung von KI-basierten Kameras zur Erkennung von Nummernschildern und deren Attributen" durchzuführen. Diese Methode ermöglicht eine detaillierte Untersuchung des komplexen Phänomens in einem realen Umfeld und bietet tiefe Einblicke in den spezifischen Kontext und die damit verbundenen Zusammenhänge. Die Fallstudie wurde aus verschiedenen Gründen ausgewählt, unter anderem wegen ihrer Fähigkeit, das Thema umfassend zu analysieren und alle relevanten Aspekte des Infrastrukturplans für die Elektromobilität zu berücksichtigen. Außerdem kann diese Methode die technischen, infrastrukturellen und sozialen Aspekte der E-Mobilität und ihre Auswirkungen auf die Infrastruktur erfassen.

Der Auf- bzw. Ausbau einer E-Ladeinfrastruktur auf dem österreichischen Autobahn- und Schnellstraßennetz soll vorangetrieben werden. Ziel ist es daher, die bestehende Dichte an Elektrofahrzeugen zu analysieren, um in weiterer Folge einen Plan für den weiteren Ausbau von E-Ladestationen und anderen Dienstleistungen zu erstellen. Im Rahmen der Fallstudie werden dazu einzelne Faktoren näher betrachtet. Um sicherzustellen, dass diese Transformation auf Basis von Daten über Fahrmuster, die auf Österreichs Autobahnen und Schnellstraßen identifiziert werden können, optimiert wird, muss eine Analyse der Mobilität von E-Fahrzeugen durchgeführt werden. Künstliche Intelligenz kann und soll eingesetzt werden, um diese Informationen optimiert und automatisiert zur Verfügung zu stellen.

## 5 Fallstudie

Zur effizienten Analyse und Planung von Projekten wird bei Fujitsu der Business Model Canvas Ansatz eingesetzt. Um dieses Ziel zu erreichen, wird das Projekt zunächst mittels dem Project Canvas Ansatz analysiert. Aufbauend darauf werden im Folgenden die in Kapitel 2 sowie in Abbildung 10 dargestellten Kriterien des Infrastrukturplans beschrieben. In der Abbildung sind die in dieser Arbeit betrachteten Komponenten rot umrandet.

Die AXIS Q1700-LE License Plate Camera erfüllt die Anforderungen der Kennzeichenerkennung und ist eine robuste und wetterfeste Lösung.

Bei der Auswahl des Servers für den Außeneinsatz sind besondere Eigenschaften wie ein staub- und wasserdichtes Gehäuse, Schock- und Vibrationsfestigkeit sowie eine effektive Kühlung zu berücksichtigen. Das Thema Ausfallsicherheit wurde nicht betrachtet, da es im Angebotschreiben der Fujitsu Technology GmbH nicht spezifiziert wurde.

Die EPEAT-Bewertung ergab eine Einstufung in die Bronze-Stufe, da der Server die erforderlichen Kriterien erfüllt, jedoch in verschiedenen Umweltkategorien keine optionalen Punkte erreicht hat.

Für die Übertragung der Kamerabilder sind Singlemode-Glasfasern aufgrund ihrer hohen Übertragungsgeschwindigkeit und Effizienz die ideale Wahl. Fog Computing könnte eine geeignete Lösung sein, da es die Verarbeitung der Daten in unmittelbarer Nähe der Kameras ermöglicht, wodurch die Latenzzeit und die benötigte Bandbreite reduziert werden. Durch den Einsatz kostengünstigerer Geräte oder lokaler Server in der Nähe der Kameras können die Investitionskosten gesenkt werden, und die Verlagerung der Datenverarbeitung erhöht die Zuverlässigkeit des Systems und gewährleistet einen angemessenen Schutz personenbezogener Daten gemäß den Grundsätzen der Datenschutz-Grundverordnung (DSGVO).

Eine Bewertung des Infrastrukturplans kann zum jetzigen Projektstand nicht vorgenommen werden und wird daher nach Abschluss des Projekts erfolgen.

## **6 Fazit**

Die vorliegende Bachelorarbeit untersuchte die Bedeutung der Nummernschilderkennung mittels spezieller Kameras auf Basis künstlicher Intelligenz für die Analyse und Verbesserung des Infrastrukturplans für E-Mobilität in Österreich. Dabei wurden zwei zentrale Forschungsfragen bearbeitet: Erstens, wie die Erkennung von Nummernschildern und deren Attributen zur Optimierung der E-Mobilitätsinfrastruktur beitragen kann und zweitens, welche technischen Herausforderungen bei der Implementierung von KI-basierten Nummernschilderkennungssystemen für die E-Mobilitätsinfrastruktur zu berücksichtigen sind.



Es wurden verschiedene technische Herausforderungen identifiziert, die bei der Implementierung von KI-basierten Nummernschilderkennungssystemen für die E-Mobilitätsinfrastruktur berücksichtigt werden müssen. Dazu gehören Probleme bei der Erkennung von Nummernschildern unter schwierigen Umgebungsbedingungen wie schlechte Lichtverhältnisse, schlechte Sicht oder schnelle Bewegungen. Solche Systeme müssen robust und zuverlässig sein, um genaue Ergebnisse zu liefern.

Darüber hinaus müssen Datenschutz und Datensicherheit gewährleistet sein, insbesondere bei der Erfassung und Verarbeitung sensibler Fahrzeugdaten. Es müssen geeignete Maßnahmen getroffen werden, um die Privatsphäre der Fahrzeughalter zu schützen und einen möglichen Missbrauch der Daten zu verhindern.

Die Evaluierung der Hardwarekomponenten ergab, dass der Intel Xeon Gold 6454S in Kombination mit OpenVINO die beste Wahl ist. Für die Übertragung der Kamerabilder sind Singlemode Glasfasern ideal und Fog Computing ermöglicht eine latenzarme Verarbeitung der Daten. Eine Evaluierung des Infrastrukturplans wird nach Abschluss des Projekts erfolgen.

Eine Einschränkung dieser Arbeit liegt in der begrenzten Anwendbarkeit auf spezifische Standorte und Projekte. Die Fallstudie konzentriert sich auf das ASFINAG-Projekt in Österreich und die spezifischen Anforderungen der dortigen Autobahnen und Schnellstraßen. Die vorgeschlagenen Lösungen und Verbesserungen können nicht ohne weiteres auf andere geografische Standorte oder Infrastrukturprojekte übertragen werden. Die Ergebnisse dieser Arbeit sind möglicherweise nicht verallgemeinerbar und erfordern weitere Anpassungen und Untersuchungen für andere Kontexte.

Darüber hinaus besteht eine Abhängigkeit von ausreichenden Daten und der Genauigkeit der Kennzeichenerkennung. Die Wirksamkeit der vorgeschlagenen Infrastrukturverbesserungen hängt stark von der Genauigkeit der Kennzeichenerkennung ab. Sind die Erkennungsraten nicht hoch genug oder werden falsche Informationen geliefert, kann dies zu fehlerhaften Analysen und ungenauen Ergebnissen führen. Die Ergebnisse dieser Arbeit hängen daher von der Verfügbarkeit qualitativ hochwertiger Daten und der Zuverlässigkeit der verwendeten Technologie ab.

Darüber hinaus konzentriert sich diese Arbeit hauptsächlich auf die technischen Aspekte der Infrastrukturplanung für E-Mobilität. Andere wichtige Faktoren wie sozioökonomische Auswirkungen, Nutzerakzeptanz, rechtliche Rahmenbedingungen und finanzielle Aspekte werden nicht umfassend berücksichtigt. Diese Einschränkung bedeutet, dass die vorgeschlagenen Verbesserungen nicht alle relevanten Faktoren berücksichtigen und nicht das gesamte Spektrum der Herausforderungen und Chancen abdecken.

Die Tatsache, dass das Thema Ausfallsicherheit nicht behandelt wird, stellt eine Einschränkung der vorliegenden Arbeit dar. Die Analyse und Verbesserung des Infrastrukturplans für Elektromobilität konzentriert sich hauptsächlich auf die Aspekte der Kennzeichenerkennung und deren Attribute. Die Ausfallsicherheit, also die Fähigkeit des Systems, auch bei Störungen oder Ausfällen reibungslos zu funktionieren, wird nicht diskutiert.

Ausfälle oder Störungen der Technik oder der Datenverarbeitung können erhebliche Auswirkungen auf die Effektivität der Infrastruktur haben. Es wäre daher sinnvoll, zukünftige Forschung zu diesem Thema einzubeziehen, um die Ausfallsicherheit des Systems zu gewährleisten und die Robustheit des Infrastrukturplans für E-Mobilität zu verbessern.

Insgesamt zeigt die Arbeit das Potenzial der Nummernschilderkennung auf Basis künstlicher Intelligenz für die Optimierung der E-Mobilitätsinfrastruktur. Durch die Überwindung der technischen Herausforderungen und die Berücksichtigung von Datenschutzaspekten können solche Systeme zu einer effektiven und nachhaltigen Entwicklung der E-Mobilität beitragen. Zukünftige Forschung kann sich darauf konzentrieren, die Leistungsfähigkeit und Zuverlässigkeit der Kennzeichenerkennung weiter zu verbessern und innovative Ansätze zur Nutzung der gewonnenen Daten für die E-Mobilitätsinfrastruktur zu erforschen. Die folgenden Aspekte können als Ausgangspunkt für weitere Arbeiten dienen:

- Die Kennzeichenerkennung kann nicht nur zur Identifikation von Fahrzeugen, sondern auch zur Geschwindigkeitsmessung eingesetzt werden. Durch die Kombination von Kameras und Bildverarbeitungstechniken können Geschwindigkeiten präzise bestimmt werden. Dies ermöglicht eine umfassende Verkehrsüberwachung und -analyse, die sowohl für die Optimierung des Verkehrsflusses als auch für die Durchsetzung von Verkehrsregeln relevant ist.

- Die Zählung aller erfassten Fahrzeuge ist für die Planung und Bewertung der E-Mobilitätsinfrastruktur von entscheidender Bedeutung. Zukünftige Forschungsarbeiten können sich auf die Entwicklung von Algorithmen zur genauen Zählung und Klassifizierung von Fahrzeugen unter Berücksichtigung von Verkehrsbedingungen, Umweltfaktoren und variierenden Geschwindigkeiten konzentrieren.
- Die TLS-Klassifizierung (Transportation and Land-use System) ermöglicht eine detaillierte Kategorisierung von Fahrzeugen nach Größe, Gewichtsklasse und Verwendung. Durch die Integration der TLS-Klassifizierung in die Kennzeichenerkennung können zusätzliche Informationen über den Fahrzeugtyp und seine Auswirkungen auf die Infrastruktur gewonnen werden.

## Literaturverzeichnis

### 6.1 Gedruckte Quellen

Appius, Dominik / Probst, Roger A. / Tokarski, Kim O. (2021): Edge Computing und Industrie 4.0 Anwendungsbereiche in der Schweizer Fertigungsindustrie in: Digital Business Analysen und Handlungsfelder in der Praxis, 2021, S. 305–334.

Arikumar, K. S. / Deepak Kumar, A. / Gadekallu, Thippa R. / Prathiba, Sahaya B. / Tamilarasi, K. (2022): Real-Time 3D Object Detection and Classification in Autonomous Driving Environment Using 3D LiDAR and Camera Sensors in: Electronics, Vol. 11, No. 24, 2022.

Axis Communications AB (o.J.): AXIS Q1700-LE License Plate Camera. Spezialkamera für scharfe Bilder bei hohen Geschwindigkeiten. Abgerufen am 16.06.2023.

Baun, Christian / Kunze, Marcel (2010): Aufbau einer Computing Cloud am KIT -- Betrachtung von Leistungsaspekten. in: PIK - Praxis der Informationsverarbeitung und Kommunikation, Vol. 33, No. 1, 2010, S. 26–35.

Benjamin Kraft (2020): Spielen als Kernanliegen: Was mehr CPU-Kerne in 3D-Spielen bringen in: c't Nr. 7, 2020.

Bolhasani, Hamidreza / Jassbi, Somayyeh J. / Sharifi, Arash (2023): DLA-H: A Deep Learning Accelerator for Histopathologic Image Classification in: Journal of Digital Imaging, Vol. 36, No. 2, 2023, S. 433–440.

Brunner, Philip (2022): DACH Webcast. Innovation, München.

Bundesanstalt für Straßenwesen (2002): Verkehrserfassungsgeräte. Prüfvorschriften. Abgerufen am 07.07.2023.

Carvalho, Gonçalo / Cabral, Bruno / Pereira, Vasco / Bernardino, Jorge (2021): Edge computing: current trends, research challenges and future directions in: Computing, Vol. 103, No. 5, 2021, S. 993–1023.

Christof Windeck (2020): Bit-Rauschen: Nvidia-Beschleuniger A100, TSMC-Fab in den USA, ARM-Supercomputer in: c't Nr. 13, 2020.

- Costa, Breno / Bachiega Jr., Joao / Reboucas de Carvalho, Leonardo / Arauji, Aleiteia (2023): Orchestration in Fog Computing: A Comprehensive Survey in: *ACM Computing Surveys*, Vol. 55, No. 2, 2023, S. 1–34.
- Daglioglu, Mehmet A. (16.2021): Object-Detection mit You Only Look Once (YOLO) Einführung in die Objekterkennung mit YOLO sowie die Weiterentwicklung in den Versionen v2-v4. Bachelor thesis, Germany, Europe.
- Erika Isomura Hirata / Wagner Wilson Bortoletto (2019): PLANNING OUR EVERYDAY USING TOOLS AND TECHNIQUES OF PROJECT MANAGEMENT in: *Iberoamerican Journal of Project Management*, Vol. 10, No. 2, 2019, S. 14–29.
- Europäisches Parlament / Rat der Europäischen Union (2014): Richtlinie 2014/94/EU des Europäischen Parlaments und des Rates. RL 2014/94/EU in: *Amtsblatt der Europäischen Union* Nr. L 307/1, 2014, S. 1–20.
- Fazel, Elham / Shayan, Ali / Mahmoudi Maymand, Mohammad (2023): Designing a model for the usability of fog computing on the internet of things in: *Journal of Ambient Intelligence and Humanized Computing*, Vol. 14, No. 5, 2023, S. 5193–5209.
- Guermouche, Amina / Orgerie, Anne-Cécile (2022): Thermal design power and vectorized instructions behavior in: *Concurrency & Computation: Practice & Experience*, Vol. 34, No. 2, 2022, S. 1–16.
- Habermann, Frank (2017): Der Project Canvas – Instrument zur kooperativen Definition von interdisziplinären IT-Projekten, Wiesbaden.
- Intel Corporation (2021): Intel® C++ Compiler Classic Developer, Santa Clara, S. 1–2293.
- Iskandar Zulkarnain Jafriz / Sarina Mansor (2022): Smart Retail Monitoring System using Intel OpenVINO Toolkit in: *International Journal of Technology*, Vol. 13, No. 6, 2022, S. 1241–1250.
- Khan, Khurram / Imran, Abid / Rehman, Hafiz Z. U. / Fazil, Adnan / Zakwan, Muhammad / Mahmood, Zahid (2021): Performance enhancement method for multiple license plate recognition in challenging environments in: *EURASIP Journal on Image and Video Processing*, Vol. 2021, No. 1, 2021.
- Kor, Rudy/Bos, Jo/van der Tak, Theo/Kötzle, Sandra (2018): Project Canvas innovative Methoden für professionelles Projektmanagement.

- LeasePlan (2022): EV Readiness Index 2022. Abgerufen am 01.06.2023.
- Lewandowski, Stefanie / Ullrich, André / Gronau, Norbert (2021): Normen zur Berechnung des CO<sub>2</sub>-Fußabdrucks in: Standards for Calculating a Carbon Footprint, Vol. 37, No. 4, 2021, S. 17–20.
- Lui, Fang (2011): NIST cloud computing reference architecture recommendations of the National Institute of Standards and Technology.
- Maier, Harald (2023): Leistungszuwachs bei KI und Grafik in: Elektronik Industrie, 2023, S. 60–61.
- Marbaise, Magali/Probert, Carly (2016): The Business model canvas let your business thrive with this simple model / Marbaise, Magali; Probert, Carly.
- Mühlbauer, Holger (2018): EU-Datenschutz-Grundverordnung (DSGVO) Praxiswissen für die Umsetzung im Unternehmen, 2nd ed.
- Müller, Dieter (2020): Automatische Kennzeichenerfassung - taktischer Heilsbringer oder Placebo? in: Deutsches Polizeiblatt (DPolBl) Nr. 6, 2020.
- Neuwirth, Rostam J. (2023): The EU Artificial Intelligence Act Regulating Subliminal AI Systems.
- NVIDIA CORPORATION (2023): NVIDIA Corp Accelerating Plastic Recycling using Virtual Reactor Technology Webinar - Final in: Fair Disclosure Wire (Quarterly Earnings Reports).
- o.V. (2019a): AXIS License Plate Camera Captures Clear Images in: SDM: Security Distributing & Marketing, Vol. 49, No. 12, 2019.
- o.V. (2022a): Die Edge im Schatten der Cloud: Eine alternative Lösung für die Datenverarbeitung tritt auf den Plan in: it&t business Nr. 5/6, 2022, S. 16.
- o.V. (2022b): Echtzeit-Verarbeitung mit 12-Bit-Auflösung in: Elektronik Industrie, 2022, S. 11.
- Oukid, Ismail / Lersch, Lucas (2018): On the Diversity of Memory and Storage Technologies in: Datenbank-Spektrum: Zeitschrift für Datenbanktechnologien und Information Retrieval, Vol. 18, No. 2, 2018, S. 121–127.

- Owens, John D. / Luebke, David / Govindaraju, Naga / Harris, Mark / Krüger, Jens / Lefohn, Aaron E. / Purcell, Timothy J. (2007): A Survey of General-Purpose Computation on Graphics Hardware in: *Computer Graphics Forum*, Vol. 26, No. 1, 2007, S. 80–113.
- Pagel, Peter / Schulte, Stefan (2019): Fog Computing in: *Informatik Spektrum*, Vol. 42, No. 4, 2019, S. 233–235.
- PR Newswire (2022): Supermicro Adds ARM-based Servers using Ampere® Altra® and Ampere Altra® Max Processors targeting Cloud-Native Applications in: *PR Newswire US*.
- Prelle, Sacha (2021): Neuronale Netze zur Klassifikation von Bild- und Videomaterial in: *Fernseh- und Kino-Technik*, Vol. 75, No. 4, 2021.
- Reinheimer, Stefan (2018): Cloud Computing die Infrastruktur der Digitalisierung.
- Ritter, Marc (2015): Optimierung von Algorithmen zur Videoanalyse. Dissertation, Chemnitz.
- Segura, Albert / Arnau, Jose M. / Gonzalez, Antonio (2023): Irregular accesses reorder unit: improving GPGPU memory coalescing for graph-based workloads in: *The Journal of Supercomputing: An International Journal of High-Performance Computer Design, Analysis, and Use*, Vol. 79, No. 1, 2023, S. 762–787.
- Sinden, Graham (2009): The contribution of PAS 2050 to the evolution of international greenhouse gas emission standards in: *The International Journal of Life Cycle Assessment*, Vol. 14, No. 3, 2009, S. 195–203.
- Singh, Anamica / Sharma, Meenakshi (2023): Development of a ‘green IT brand image sustainability model for competitive advantage’ in: *Environment, Development and Sustainability: A Multidisciplinary Approach to the Theory and Practice of Sustainable Development*, Vol. 25, No. 1, 2023, S. 40–60.
- Thambawita, Vajira/Ragel, Roshan G./Elkaduwe, Dhammike (2018): To Use or Not to Use: CPUs' Cache Optimization Techniques on GPGPUs.
- Tyagi, Sanjay (2020): Edge Computing für bessere Entscheidungen in Echtzeit in: *Digital Manufacturing* Nr. 7, 2020, S. 10–11.

Ullah, Amjad / Dagdeviren, Huseyin / Ariyattu, Resmi C. / DesLauriers, James / Kiss, Tamas / Bowden, James (2021): MiCADO-Edge: Towards an Application-level Orchestrator for the Cloud-to-Edge Computing Continuum in: *Journal of Grid Computing: From Grids to Cloud Federations*, Vol. 19, No. 4, 2021.

Valladares Cereceda, Ignacio GPU parallel algorithms for reporting movement behaviour patterns in spatiotemporal databases. Diss.

Wong, Eugene Y. C. / Ho, Danny C. K. / So, Stuart / Poo, Mark C.-P. (2022): Sustainable consumption and production: Modelling product carbon footprint of beverage merchandise using a supply chain input-process-output approach in: *Corporate Social Responsibility & Environmental Management*, Vol. 29, No. 1, 2022, S. 175–188.

Zuloaga, Gonzalo / Kulenkampff, Gabriele / Ockenfels, Martin / Plückebaum, Thomas (2022): Technische Aspekte der räumlichen Erstreckung von Anschlussnetzen in: *WIK-Diskussionsbeiträge* Nr. 493-495, 2022, I-63.

## 6.2 Online Quellen

andi\_dd 2022: Was ist EPEAT? in: *IT-BUSINESS*, 2022, <https://www.it-business.de/was-ist-epeat-a-e2029be14e79a0cb7f878393a5c32eff/>. Abgerufen am 14.06.2023.

Aptex (2023): Nummernschilderkennung (LPR/ANPR), <https://www.aptex.ch/videoeueberwachung/videoanalyse/nummernschilderkennung-lpranpr/>. Abgerufen am 13.06.2023.

Aschermann, Tim (2022): 2G, 3G, 4G und 5G - einfach erklärt, [https://praxistipps.chip.de/2g-3g-4g-und-5g-einfach-erklart\\_41254](https://praxistipps.chip.de/2g-3g-4g-und-5g-einfach-erklart_41254). Abgerufen am 26.06.2023.

Austria Presse Agentur 2018: Asfinag setzt Autobahnen flächendeckend unter Strom in: *DER STANDARD*, 2018, <https://www.derstandard.at/story/2000076273732/asfinag-setzt-autobahnen-flaechendeckend-unter-strom>. Abgerufen am 07.06.2023.

Austria Presse Agentur 2023a: EU einigt sich auf Ausbau von Ladeinfrastruktur für E-Autos in: *DER STANDARD*, 2023, <https://www.derstandard.de/story/2000144960831/eu-einigt-sich-auf-ausbau-von-ladeinfrastruktur-fuer-e-autos>. Abgerufen am 07.06.2023.

Austria Presse Agentur 2023b: 2023 durchschnittlich alle 62 km eine E-Ladestation auf Autobahnen in: *DER STANDARD*, 2023, <https://www.derstandard.de/story/2000145139304/2023-durchschnittlich-alle-62-km-eine-e-ladestation-auf-autobahnen>. Abgerufen am 07.06.2023.



- Autobahnen- und Schnellstraßen-Finanzierungs-Aktiengesellschaft (o.J.a): ASFINAG Webcams, <https://www.asfinag.at/verkehr-sicherheit/webcams/>. Abgerufen am 15.06.2023.
- Autobahnen- und Schnellstraßen-Finanzierungs-Aktiengesellschaft (o.J.b): Telekommunikationsdienste, <https://www.asfinag.net/dokumente/telekommunikationsdienste>. Abgerufen am 29.05.2023.
- Autobahnen- und Schnellstraßen-Finanzierungs-Aktiengesellschaft (o.J.c): Über uns. Gute Fahrt, Österreich!, <https://www.asfinag.at/ueber-uns/>. Abgerufen am 20.06.2023.
- Autobahnen- und Schnellstraßen-Finanzierungs-Aktiengesellschaft (2023): Die ASFINAG in Zahlen, <https://www.asfinag.at/ueber-uns/zahlen-fakten/>. Abgerufen am 20.06.2023.
- Baumann, Daniel (2022): Digitalisierung: Grüne IT: 11 Tipps für mehr Klimaschutz in Unternehmen in: Digitization: Green IT: 11 tips for more climate protection in companies, 2022, S. 8.
- Bayer, Thilo 2023: UVP und Straßenpreise von Grafikkarten und CPUs: Wie viel kosten RTX 4090, RX 7900 XT und Co.? [Update] in: PC Games Hardware, 2023, <https://www.pcgameshardware.de/Grafikkarten-Grafikkarte-97980/Specials/UVPs-GPUs-Prozessoren-CPU-1412474/>. Abgerufen am 07.07.2023.
- Bundesministerium für Digitales und Verkehr (2018): KI-Projekte in der Mobilität, <https://bmdv.bund.de/DE/Themen/Digitales/Kuenstliche-Intelligenz/KI-Projekte-in-der-Mobilitaet/aktionsplan.html>. Abgerufen am 20.06.2023.
- Bundesministerium für Klimaschutz, Umwelt, Energie, Mobilität, Innovation und Technologie Österreich (2023): Anzahl der Elektrofahrzeuge in Österreich von 2012 bis 2022, <https://de-statista-com.ezproxy.hwr-berlin.de/statistik/daten/studie/693935/umfrage/elektrofahrzeuge-in-oesterreich-nach-ausgewaehlten-fahrzeugarten/>. Abgerufen am 11.05.2023.
- Bundesministerium für Wirtschaft und Klimaschutz Deutschland (2022): Elektromobilität in Deutschland, <https://www.bmwk.de/Redaktion/DE/Dossier/elektromobilitaet.html>. Abgerufen am 11.05.2023.
- Bundesnetzagentur (o.J.): Elektro-mo-bi-li-tät, [https://www.bundesnetzagentur.de/DE/Vportal/Energie/E\\_Mobilitaet/start.html](https://www.bundesnetzagentur.de/DE/Vportal/Energie/E_Mobilitaet/start.html). Abgerufen am 20.06.2023.

- ComputerFutures (2020): Wie Unternehmen Projekte dank einer guten Infrastruktur vorantreiben können, <https://www.computerfutures.com/de-de/wissens-hub/it-architektur/wie-unternehmen-projekte-dank-einer-guten-infrastruktur-vorantreiben-koennen/>. Abgerufen am 12.06.2023.
- Dell (o.J.): Wie wirkt sich Random Access Memory (RAM) auf die Leistung eines Computers aus?, <https://www.dell.com/support/kbdoc/de-de/000129805/wie-random-access-memory-ram-affects-performance?lwp=rt>. Abgerufen am 30.05.2023.
- devolo AG (o.J.): WLAN ac (WiFi 5) - Kurzdefinition, <https://www.devolo.de/glossar/wlan-ac-wifi-5>. Abgerufen am 26.06.2023.
- Dieker, Nicole 2022: Was sind Beispiele für eine Cloud-basierte Anwendung? in: Cisin, 2022, <https://www.cisin.com/coffee-break/de/technology/what-are-examples-of-a-cloud-based-application.html>. Abgerufen am 13.06.2023.
- Donner, Andreas 2018: Was ist Wi-Fi 4? in: IP-Insider, 2018, <https://www.ip-insider.de/was-ist-wi-fi-4-a-773520/>. Abgerufen am 26.06.2023.
- Donner, Andreas / Luber, Stefan 2019: Was ist Edge Computing? in: IP-Insider, 2019, <https://www.ip-insider.de/was-ist-edge-computing-a-823609/>. Abgerufen am 08.06.2023.
- Duso, Tomaso / Schiersch, Alexander (2023): Cloud-Lösungen können Produktivität steigern in: Deutsches Institut für Wirtschaftsforschung: DIW-Wochenbericht Nr. 20, 2023, S. 234–240.
- d-velop.de (2023): IT-Infrastruktur - Definition, Bedeutung und Aufbau im Überblick, <https://www.d-velop.de/themen/it-infrastruktur>. Abgerufen am 12.06.2023.
- Ebert, Andreas/Spiecker gen. Döhmman, Indra (2021): Die EU als Trendsetter weltweiter KI-Regulierung: Der Kommissionsentwurf für eine KI-Verordnung der EU.
- ecomento.de 2023: Auswertung: „In Europa stottert die Elektromobilität“ in: Autoindustrie, 2023, <https://ecomento.de/2023/03/02/in-europa-stottert-die-elektromobilitaet-auswertung/>. Abgerufen am 11.05.2023.
- Edwards, John 2018: Edge-Computing-Technologie kann Bandbreiten-Probleme lösen in: ComputerWeekly.com/de, 2018, <https://www.computerweekly.com/de/tipp/Edge-Computing-Technologie-kann-Bandbreiten-Probleme-loesen>. Abgerufen am 08.06.2023.

- Ehneß, Jürgen / Luber, Stefan 2019: Was ist ein Cache-Speicher? in: Storage-Insider, 2019, <https://www.storage-insider.de/was-ist-ein-cache-speicher-a-814258/>. Abgerufen am 29.05.2023.
- Ehneß, Jürgen / Luber, Stefan 2022: Was ist High Bandwidth Memory (HBM)? in: Storage-Insider, 2022, <https://www.storage-insider.de/was-ist-high-bandwidth-memory-hbm-a-1087358/>. Abgerufen am 20.06.2023.
- ENQT GmbH (2020): LTE vs. 5G (Teil 4): Reichweiten, <https://enqt.de/news/ltevs5g-reichweiten/>. Abgerufen am 26.06.2023.
- European Commission (2023): Neue Verordnung über den Aufbau einer ausreichenden Infrastruktur für alternative Kraftstoffe, Brüssel.
- EVGA (2023): EVGA SuperNOVA 1600 T2, 80+ TITANIUM 1600W, Fully Modular, EVGA ECO Mode, 10 Year Warranty, Includes FREE Power On Self Tester Power Supply 220-T2-1600-X2 (EU), <https://de.evga.com/products/product.aspx?pn=220-T2-1600-X2>. Abgerufen am 07.07.2023.
- Fujitsu Technology Solutions GmbH (2016): Datenblatt. Fujitsu Server PRIMERGY TX2550 M7, <https://sp.ts.fujitsu.com/dmsp/Publications/public/ds-py-tx2550-m7-de.pdf>. Abgerufen am 20.06.2023.
- Fujitsu Technology Solutions GmbH (2023): Datenblatt. Fujitsu Server PRIMERGY RX2540 M7 Rack-Server, <https://sp.ts.fujitsu.com/dmsp/Publications/public/ds-py-rx2540-m7-de.pdf>. Abgerufen am 20.06.2023.
- Fujitsu Technology Solutions GmbH/Fujitsu Services GmbH (o.J.): Fujitsu in Deutschland, <https://www.fujitsu.com/de/about/local/>. Abgerufen am 08.07.2023.
- Gillis, Alexander (o.J.): Primärspeicher (Memory, Arbeitsspeicher), <https://www.computer-weekly.com/de/definition/Primaerer-Speicher-Hauptspeicher-oder-Main-Memory>. Abgerufen am 30.05.2023.
- Global Data Point (2020): Gumstix AI Series for NVIDIA Jetson Nano Features TensorFlow Pre-Integration for Machine Learning and Neural Networking Development in: Education Monitor Worldwide, London, <https://ezproxy.hwr-ber->

lin.de:2048/login?url=https://search.ebscohost.com/login.aspx?direct=true&db=edswis&AN=edswis.EAWW171453434&lang=de&site=eds-live&scope=site.

Golombek, Mathias 2020: Was GPUs für die KI tun können in: BigData-Insider, 2020, <https://www.bigdata-insider.de/was-gpus-fuer-die-ki-tun-koennen-a-960809/>. Abgerufen am 14.06.2023.

Handelsblatt (2023): 8-Kern-Prozessor Test 2023 • Die 5 besten 8-Kern-Prozessoren im Vergleich, <https://www.handelsblatt.com/produktvergleich/8-kern-prozessor-test/>. Abgerufen am 29.05.2023.

Handuo (2018): You only look once (YOLO) -- (1), <https://zhang-handuo.github.io/post/yolo1/>. Abgerufen am 13.06.2023.

Heymann, Eric (2022): E-mobility: Big differences in Europe – structural change in Germany, [https://www.dbresearch.de/PROD/RPS\\_DE-PROD/PROD0000000000523681/Elektromobilit%C3%A4t%3A\\_Gro%C3%9Fe\\_Spreizung\\_in\\_Europa\\_%E2%80%93\\_Stru.xhtml](https://www.dbresearch.de/PROD/RPS_DE-PROD/PROD0000000000523681/Elektromobilit%C3%A4t%3A_Gro%C3%9Fe_Spreizung_in_Europa_%E2%80%93_Stru.xhtml). Abgerufen am 11.05.2023.

Höfling, Jürgen 2020: Was bedeutet bei Glasfasern das Kürzel OM4? in: DataCenter-Insider, 2020, <https://www.datacenter-insider.de/was-bedeutet-bei-glasfasern-das-kuerzel-om4-a-ab535c891777330aa1cadf3404f63b2a/>. Abgerufen am 26.06.2023.

Howard (2022): GPU-Server — Wie kann er Ihr Unternehmen voranbringen?, <https://community.fs.com/de/blog/gpu-server-how-does-it-boost-your-business.html>. Abgerufen am 25.06.2023.

Hui, Jonathan 2018: Real-time Object Detection with YOLO, YOLOv2 and now YOLOv3 in: Medium, 2018, <https://jonathan-hui.medium.com/real-time-object-detection-with-yolo-yolov2-28b1b93e2088>. Abgerufen am 07.06.2023.

Hülskötter, Michael 2021: Darum sind Intel und die Künstliche Intelligenz (KI) ein gutes Team in: IT-Techblog, 2021, <https://www.it-techblog.de/darum-sind-intel-und-die-kuenstliche-intelligenz-ki-ein-gutes-team/08/2021/>. Abgerufen am 14.06.2023.

Intel Corporation (o.J.a): Intel® Deep Learning Streamer, <https://dlstreamer.github.io/>. Abgerufen am 26.06.2023.

- Intel Corporation (o.J.b): Intel® Xeon® Gold 6454S Prozessor, <https://www.intel.de/content/www/de/de/products/sku/231733/intel-xeon-gold-6454s-processor-60m-cache-2-20-ghz/specifications.html>. Abgerufen am 20.06.2023.
- Intel Corporation (o.J.c): Intel® Xeon® Platinum 8490H Prozessor, <https://www.intel.de/content/www/de/de/products/sku/231747/intel-xeon-platinum-8490h-processor-112-5m-cache-1-90-ghz/specifications.html>. Abgerufen am 20.06.2023.
- Intel Corporation (o.J.d): Intel® Xeon® Processors, <https://www.intel.com/content/www/us/en/products/details/processors/xeon.html>. Abgerufen am 21.05.2023.
- Intel Corporation (o.J.e): Intel® Xeon® Silver 4416+ Prozessor, <https://www.intel.de/content/www/de/de/products/sku/232378/intel-xeon-silver-4416-processor-37-5m-cache-2-00-ghz/specifications.html>. Abgerufen am 20.06.2023.
- Intel Corporation (o.J.f): Was ist die Taktfrequenz?, <https://www.intel.de/content/www/de/de/gaming/resources/cpu-clock-speed.html>. Abgerufen am 29.05.2023.
- Izzi, Ricardo 2021: Das Elektroauto in der Schweiz in: net4energy, 2021, <https://www.net4energy.com/de-ch/elektroauto>. Abgerufen am 21.06.2023.
- Jones, Edward 2020: Ein umfassender Leitfaden zur Cloud-Sicherheit im Jahr 2023 (Risiken, bewährte Praktiken, Zertifizierungen) in: Kinsta, 2020, <https://kinsta.com/de/blog/cloud-sicherheit/>. Abgerufen am 13.06.2023.
- K&M Computer (2023): Fujitsu Modular PSU 900W Titanium HP Bulk, <https://www.kmcomputer.de/detail/index/sArticle/169872>. Abgerufen am 07.07.2023.
- Kägi, Thomas/Roberts, Gavin (2022): Die Bedeutung von 1 kg CO<sub>2</sub>eq-Emissionen, <https://carbotech.ch/projekte/die-bedeutung-von-1-kg-co2eq-emissionen/>. Abgerufen am 22.06.2023.
- Karlstetter, Florian / Luber, Stefan 2018: Was ist Fog Computing? in: CloudComputing-Insider, 2018, <https://www.cloudcomputing-insider.de/was-ist-fog-computing-a-736757/>. Abgerufen am 08.06.2023.
- Kharya, Paresch (2020): NVIDIA Blogs: TensorFloat-32 Accelerates AI Training HPC upto 20x, <https://blogs.Nvidia.com/blog/2020/05/14/tensorfloat-32-precision-format/>. Abgerufen am 26.06.2023.

- Kilchmann, Simon 2020: Mythos zu kleine Bandbreite – welche Internetleistung braucht die Cloud? in: netzwoche, 2020, <https://www.netzwoche.ch/news/2020-12-02/mythos-zu-kleine-bandbreite-welche-internetleistung-braucht-die-cloud>. Abgerufen am 13.06.2023.
- KnowHow (2019): Fog-Computing – dezentraler Ansatz für IoT-Clouds, <https://www.io-nos.de/digitalguide/server/knowhow/fog-computing-definition-und-erklaerung/>. Abgerufen am 08.06.2023.
- Kolokythas, Panagiotis 2018: GDDR6-Produktion gestartet - doppelt so schnell wie GDDR5 in: PC-WELT, 2018, <https://www.pcwelt.de/article/1168487/gddr6-produktion-gestartet.html>. Abgerufen am 20.06.2023.
- Laenderdaten.info (o.J.): Klima und Temperaturen in Österreich, <https://www.laenderdaten.info/Europa/Oesterreich/Klima.php>. Abgerufen am 20.06.2023.
- Landwehr, Jesko 2020: Was ist das Objekterkennungssystem YOLO? in: IT-Talents, 2020, <https://it-talents.de/it-wissen/objekterkennungssystem-yolo/>. Abgerufen am 13.06.2023.
- Lang, Mirco (2018): Grafikverarbeitung mit OpenCV, <https://www.dev-insider.de/grafikverarbeitung-mit-opencv-a-711068/>. Abgerufen am 25.06.2023.
- Lichti, Marion (o.J.): AfB social & green IT: Europas größter gemeinnütziger IT-Refurbisher, <https://www.afb-group.de/home>. Abgerufen am 07.07.2023.
- Linsner, Annika (2023): 5G-Reichweite: Das musst Du zu dem Thema wissen, <https://www.vodafone.de/featured/innovation-technologie/die-reichweite-von-5g-das-musst-du-zu-dem-thema-wissen/#/>. Abgerufen am 26.06.2023.
- Litzel, Nico / Luber, Stefan 2019: Was ist ein Convolutional Neural Network? in: BigData-Insider, 2019, <https://www.bigdata-insider.de/was-ist-ein-convolutional-neural-network-a-801246/>. Abgerufen am 13.06.2023.
- LTE-Anbieter.info (o.J.): Wireless LAN | Der große Ratgeber. Alle Standards bis zum Turbo WLAN ac & ax + Was ist WLAN 4, 5 & 6?, <https://www.lte-anbieter.info/technik/wlan/wlan-ratgeber.php>. Abgerufen am 26.06.2023.
- Luber, Stefan 2019: Was ist ein DDR-SDRAM? in: Storage-Insider, 2019, <https://www.storage-insider.de/was-ist-ein-ddr-sdram-a-9fea4f7cb44c07278ae1cd9cbc51838e/>. Abgerufen am 19.06.2023.

- Luber, Stefan 2021: Was ist Fog Computing / Fog Networking (Fogging)? in: IP-Insider, 2021, <https://www.ip-insider.de/was-ist-fog-computing-fog-networking-fogging-a-069d4b7641c93a69ccf6f1581d3adeab/>. Abgerufen am 08.06.2023.
- Martin, Lothar (2019): Tschechien hinkt bei Entwicklung und Kauf von E-Autos hinterher, <https://deutsch.radio.cz/tschechien-hinkt-bei-entwicklung-und-kauf-von-e-autos-hinterher-8134026>. Abgerufen am 21.06.2023.
- Mein-Datenschutzbeauftragter.de (o.J.): Videoüberwachung und Datenschutz - das müssen sie wissen, <https://www.mein-datenschutzbeauftragter.de/videoueberwachung/>. Abgerufen am 15.06.2023.
- Meyer, Jan-bernd 2009: Epeat-Zertifizierung setzt sich weltweit durch in: COMPUTERWOCHE, 2009, <https://www.computerwoche.de/a/epeat-zertifizierung-setzt-sich-weltweit-durch,1903326>. Abgerufen am 14.06.2023.
- Moneycab (2022): Datenmassen: So viele Daten produzieren wir jährlich, <https://www.moneycab.com/it/datenmassen-so-viele-daten-produzieren-wir-jaehrlich/>. Abgerufen am 11.05.2023.
- Mulnix, David (2022): Intel® Xeon® Processor Scalable Family Technical Overview, <https://www.intel.com/content/www/us/en/developer/articles/technical/xeon-processor-scalable-family-technical-overview.html>. Abgerufen am 21.05.2023.
- Nakao, Yuri/Srinivasan, Ramya Malur/Beatriz San Miguel, Gonzalez (2021): “Fairness by Design”, Heralding New Horizons for AI technologies – our international research team combines engineering and social science expertise to achieve new breakthroughs, <https://www.fujitsu.com/global/about/research/article/202105-ai-ethics.html>. Abgerufen am 07.06.2023.
- Neißendorfer, Michael 2023: Die großen Herausforderungen beim Hochlauf der E-Mobilität | Elektroauto-News.net in: Elektroauto-News.net, 2023, <https://www.elektroauto-news.net/news/grosse-herausforderungen-hochlauf-e-mobilitaet>. Abgerufen am 20.06.2023.
- NVIDIA CORPORATION (o.J.): Konvergierter Beschleuniger von NVIDIA, <https://www.Nvidia.com/de-de/data-center/products/converged-accelerator/>. Abgerufen am 12.06.2023.

- o.V. (2019b): Steiermark\_Wappen.svg, [https://www.mieterschutzverband.at/wp-content/uploads/2019/01/Steiermark\\_Wappen.svg\\_-1-e1548426904211.png](https://www.mieterschutzverband.at/wp-content/uploads/2019/01/Steiermark_Wappen.svg_-1-e1548426904211.png). Abgerufen am 07.07.2023.
- o.V. 2021a: Was ist Latenz im Zusammenhang mit der Desktop-Virtualisierung? in: we-IT, 2021, <https://www.we-it.de/was-ist-latenz-im-zusammenhang-mit-der-desktop-virtualisierung/>. Abgerufen am 08.06.2023.
- o.V. 2021b: Was sind die Vorteile von der Skalierbarkeit der Cloud? in: we-IT, 2021, <https://www.we-it.de/was-sind-die-vorteile-von-der-skalierbarkeit-der-cloud/>. Abgerufen am 13.06.2023.
- Peter, Ulrike 2019: Edge Computing mit Latenz-Ziel 1ms in: IT-Production, 2019, <https://www.it-production.com/hardware-und-infrastruktur/edge-computing-mit-latenz-ziel-1ms/>. Abgerufen am 08.06.2023.
- Pietras, Jake 2019: Was ist eigentlich Fog-Computing? in: t3n Magazin, 2019, <https://t3n.de/news/eigentlich-fog-computing-1185445/>. Abgerufen am 08.06.2023.
- Pliefke, Max/Metzger, Bastian (2023): E-Kennzeichen: Das Nummernschild für Elektroautos, <https://www.adac.de/rund-ums-fahrzeug/auto-kaufen-verkaufen/kfz-zulassung/elektroauto-kennzeichen/>. Abgerufen am 21.06.2023.
- Pluta, Werner 2022: Nachtsicht: KI macht monochrome Infrarotbilder farbig in: Golem.de, 2022, <https://www.golem.de/news/nachtsicht-ki-macht-monochrome-infrarotbilder-farbig-2204-164512.html>. Abgerufen am 13.06.2023.
- Rüdiger, Ariane / Ostler, Ulrike 2020: Was sind Tensor Cores? in: DataCenter-Insider, 2020, <https://www.datacenter-insider.de/was-sind-tensor-cores-a-949046/>. Abgerufen am 14.06.2023.
- Rüdiger, Ariane / Ostler, Ulrike 2021: Was ist Thermal Design Power (TDP)? in: DataCenter-Insider, 2021, <https://www.datacenter-insider.de/was-ist-thermal-design-power-tdp-a-1013591/>. Abgerufen am 30.05.2023.
- Saha, Sumit (2018): A Comprehensive Guide to Convolutional Neural Networks — the ELI5 way, <https://saturncloud.io/blog/a-comprehensive-guide-to-convolutional-neural-networks-the-eli5-way/>. Abgerufen am 13.06.2023.



- Scanbot SDK (2022): Objekterkennung mit YOLO (You Only Look Once), <https://scanbot.io/de/blog/yolo-object-detection-in-computer-vision/>. Abgerufen am 13.06.2023.
- Schräer, Frank 2023: Mittwoch: AMD mit neuen Server-CPUs, Ende für Krankenhaus nach Cyberangriff in: heise online, 2023, <https://www.heise.de/news/Mittwoch-AMD-mit-neuen-Server-CPUs-Ende-fuer-Krankenhaus-nach-Cyberangriff-9186820.html>. Abgerufen am 14.06.2023.
- Schreiner, Maximilian 2019: Einblick in die KI-Bildanalyse: KI sieht Texturen statt Formen in: THE-DECODER.de, 2019, <https://the-decoder.de/einblick-in-die-ki-bildanalyse-ki-sieht-texturen-statt-formen/>. Abgerufen am 13.06.2023.
- Seemann, Michael 2012: Das müssen Sie über LTE wissen in: connect-living.de, 2012, <https://www.connect-living.de/ratgeber/das-muessen-sie-ueber-lte-wissen-1277030.html>. Abgerufen am 26.06.2023.
- Shaw, Keith 2020: Wie funktioniert Edge Computing? in: COMPUTERWOCHE, 2020, <https://www.computerwoche.de/a/was-ist-edge-computing,3550237>. Abgerufen am 08.06.2023.
- Statistik Austria (2023): Anzahl der Elektroautos in Österreich von 1960 bis 2022, <https://de-statista-com.ezproxy.hwr-berlin.de/statistik/daten/studie/1098653/umfrage/elektro-pkw-in-oesterreich/>. Abgerufen am 08.06.2023.
- Steele, Colin (2020): Was ist GPU (Graphics Processing Unit, Grafikprozessor)? - Definition von WhatIs.com, <https://www.computerweekly.com/de/definition/GPU-Graphics-Processing-Unit-Grafikprozessor>. Abgerufen am 12.06.2023.
- Stein, Marco 2022: Single mode vs Multimode Glasfaserkabel: Was ist der Unterschied? in: PATCHBOX GmbH, 2022, <https://patchbox.com/de/single-mode-vs-multimode-glasfaser-unterschied/>. Abgerufen am 26.06.2023.
- Steinhaus, Ingo (2018): KI-Ergebnisse oft nicht nachvollziehbar, <https://www.it-zoom.de/mobile-business/e/ki-ergebnisse-oft-nicht-nachvollziehbar-19644/>. Abgerufen am 13.06.2023.
- Subramanyam, Vineeth S. 2021: Basics of Bounding Boxes - Analytics Vidhya - Medium in: Analytics Vidhya, 2021, <https://medium.com/analytics-vidhya/basics-of-bounding-boxes-94e583b5e16c>. Abgerufen am 26.06.2023.

tagesschau.de (2023): EU-Parlament einigt sich auf Position zum KI-Gesetz, <https://www.tagesschau.de/wirtschaft/ki-gesetz-eu-parlament-100.html>. Abgerufen am 15.06.2023.

TechTarget Contributor (2011): What is EPEAT (Electronic Product Environmental Assessment Tool)?, <https://www.techtarget.com/whatis/definition/EPEAT-Electronic-Product-Environmental-Assessment-Tool>. Abgerufen am 14.06.2023.

Torres, Sebastián R. 2023: Was sind die Kerne eines Prozessors? Wählen sie die richtige Nummer in: Chipset, 2023, <https://impactotic.co/de/Chipsatzkerne-und-warum-ihre-Menge-wichtig-ist/>. Abgerufen am 29.05.2023.

Udo Würtz (2020): TechTime: Deep Dive in GPU, FP32, CUDA- und Tensor Cores. Inkl. Live-Demo, <https://www.youtube.com/watch?v=GqxY2dUQM3g>. Abgerufen am 07.07.2023.

Vogel IT-Medien GmbH (o.J.): Fujitsu Technology Solutions GmbH, <https://www.security-insider.de/fujitsu-technology-solutions-gmbh-c-251914/ueber-uns/>. Abgerufen am 20.06.2023.

Wimmelbücker, Stefan 2022: Norwegen erreicht 20 Prozent Elektroauto-Anteil in: Automobilwoche.de, 2022, <https://www.automobilwoche.de/bc-online/e-autos-erreichen-norwegen-20-prozent-marktanteil>. Abgerufen am 11.05.2023.

Würtz, Udo (2021): Basiswissen: YOLO Modelle selber trainieren, <https://www.youtube.com/watch?v=15IeFMQ0iQc>. Abgerufen am 25.05.2023.