

Zukunftsstudie Technologie

Einsatz von KI im österreichischen Telekommunikationssektor

Autoren:

Martin Lundborg
Christian Märkel
Malte Roloff
Peter Kroon
Dr. Lukas Wiewiorra

Impressum

WIK-Consult GmbH
Rhöndorfer Str. 68
53604 Bad Honnef
Deutschland
Tel.: +49 2224 9225-0
Fax: +49 2224 9225-63
E-Mail: info@wik-consult.com
www.wik-consult.com

Vertretungs- und zeichnungsberechtigte Personen

Geschäftsführerin und Direktorin	Dr. Cara Schwarz-Schilling
Direktor, Verwaltungs- und Abteilungsleiter	Alex Kalevi Dieke
Direktor, Abteilungsleiter	Dr. Bernd Sörries
Abteilungsleiter	Dr. Christian Wernick
Abteilungsleiter	Dr. Lukas Wiewiorra
Vorsitzender des Aufsichtsrates	Dr. Thomas Solbach
Handelsregister	Amtsgericht Siegburg, HRB 7043
Steuer-Nr.	222/5751/0926
Umsatzsteueridentifikations-Nr.	DE 329 763 261
Stand: August 2024	

Bildnachweis Titel: ©lassedesignen - stock.adobe.com

Executive Summary

Der kürzlich verabschiedete AI Act der EU und die Etablierung der nationalen KI-Serviceestelle der RTR-GmbH in Österreich betonen die wachsende Bedeutung von KI. Diese von der RTR.Telekom.Post beauftragte Studie untersucht den KI-Einsatz im österreichischen Telekommunikationssektor. Ziel der Studie ist es, einen strukturierten Überblick über die Potenziale von KI-Anwendungen sowie über den Status Quo des KI-Einsatzes zu geben. In die Studie fließen durchgehend die Erkenntnisse aus Interviews mit ausgewählten Vertretern von österreichischen Telekommunikationsnetzbetreibern sowie -ausrüstern ein.

Die Interviews mit den Unternehmen zeigen, dass diese bereits für viele Anwendungsfälle konventionelle Algorithmen des maschinellen Lernens nutzen und teilweise auch modernere Ansätze wie Large Language Modelle (LLM) einsetzen. Die potentiellen Anwendungsfelder erstrecken sich von der Netzplanung und -ausbau über den Netzbetrieb und die Leistungsdifferenzierung bis hin zu optimierten kundennahen Dienstleistungen sowie dem Wissensmanagement.

Kurzfristig erwarten die befragten Unternehmen, dass LLMs im Bereich des Kundenmanagements (inkl. Kundenservice) und Wissensmanagements zunehmend verwendet werden, während im Netzbetrieb weiterhin etablierte Methoden des maschinellen Lernens dominieren. Relevant im Netzbereich sind Anwendungen für mehr Energieeffizienz im Netzbetrieb (Powermanagement) und die Einführung eines autonomen Netzmonitorings (Dark NOCs) durch KI, einschließlich Predictive Maintenance zur Vermeidung von Netzausfällen, während langfristig eine vollautonome Netzwerkinfrastruktur mit minimalem menschlichen Eingreifen das Ziel bildet.

Ein zentrales Hindernis für die Implementierung von Künstlicher Intelligenz sehen die Telekommunikationsausrüster und -betreiber hinsichtlich der Rechtsunsicherheit im Kontext des AI Acts, insbesondere bei der regulatorische Zuordnung von KI-Anwendungen in die definierten Risikoklassen von Künstlicher Intelligenz. Diese Unsicherheit kann innovationshemmend wirken, weshalb Transparenz und Klarheit durch den Regulierer und die KI-Serviceestelle entscheidend sind. Zudem können durch die Entwicklung und Vermittlung von Standards für den KI-Einsatz Rechtsunsicherheiten abgebaut und die Implementierung von KI-Lösungen vereinfacht und beschleunigt werden. Darüber hinaus ist es ratsam, bestehende regulatorische Auflagen regelmäßig zu prüfen, um ihre zeitgemäße Relevanz im Kontext der KI-Transformation sicherzustellen und die Potenziale von KI im Telekommunikationssektor auszuschöpfen. Der Umgang mit personenbezogenen Daten bleibt ein kritischer Punkt, da die DSGVO die Möglichkeiten von KI einschränkt, besonders im Schnittstellenbereich zwischen Kunden- und Netzmanagement.

Inhaltsverzeichnis

1	Einleitung	1
2	Begriffsbestimmung und Wirkungsweise Künstlicher Intelligenz	3
3	Überblick über den KI-Einsatz in Österreich unter besonderer Berücksichtigung des Telekommunikationssektors	6
4	KI-Regulierung und Standardisierung	9
4.1	Der AI Act und dessen Einschätzung durch die Telekommunikationsunternehmen	9
4.2	Aspekte der Standardisierung von KI	11
5	KI-Einsatz im Telekommunikationssektor	13
5.1	Aktuelle Trends und Entwicklungspfade des KI-Einsatzes	13
5.2	Identifizierung eines Klassifizierungsrasters für den KI-Einsatz im Telekommunikationssektor	16
5.3	Analyse des KI-Einsatzes in Netzausbau bzw. -planung	17
5.4	Analyse des KI-Einsatzes im Netzbetrieb bzw. -management	18
5.5	Analyse des KI-Einsatzes im Bereich Quality of Service	23
5.6	Analyse des KI-Einsatzes für das Kundenmanagement	25
5.7	Analyse des KI-Einsatzes im Wissensmanagement	29
5.8	Zwischenfazit	30
6	Erwartungen der Telekommunikationsunternehmen an die Regulierung und die KI-Servicestelle	32
7	Fazit	34
8	Literatur	36

Abbildungsverzeichnis

Abbildung 1: Anteil der KI-nutzenden Unternehmen	7
Abbildung 2: Häufigste KI-Arten im Einsatz in Österreich (Anteil der KI-nutzenden Unternehmen in Österreich, die die Anwendung im Einsatz haben)	8
Abbildung 3: Risikoklassen im AI Act	9
Abbildung 4: Anwendungsbeispiele von multimodalen Basis- bzw. LLM-Modellen im Bereich mobiler Signalverarbeitung und Kommunikation	14
Abbildung 5: Bereiche in mobilen Netzen, in denen Intent-based Networking und Machine Reasoning zum Einsatz kommen können	14
Abbildung 6: KI-natives System im Telekommunikationskontext	15
Abbildung 7: Anwendungsbereiche von KI in der österreichischen Telekommunikation	16
Abbildung 8: Stand der Implementierung von KI in Österreich	30
Abbildung 9: Erwartungen der österreichischen Telekommunikationsunternehmen an die KI-Servicestelle bzw. den Regulierer.	32

Tabellenverzeichnis

Tabelle 1:	Potentielle Anwendungsbereiche von KI im Bereich Netzausbau und -planung aus der Literatur	17
Tabelle 2:	Potentielle Anwendungsbereiche von KI im Bereich Netzbetrieb und -management aus der Literatur	19
Tabelle 3:	Potentielle Anwendungsbereiche von KI im Bereich Quality-of-Service aus der Literatur	24
Tabelle 4:	Potentielle Anwendungsbereiche von KI im Bereich des Kundenmanagements aus der Literatur	26

1 Einleitung

Auf dem Gebiet der Künstlichen Intelligenz (KI) wurden in den vergangenen Jahren erhebliche Entwicklungsfortschritte erzielt, so dass KI zu als einer der wichtigsten Trends der digitalen Transformation angesehen werden kann. Als Querschnittstechnologie lassen sich über alle Branchen hinweg Einsatzszenarien für KI identifizieren, die zu Effizienzsteigerungen und Qualitätsverbesserungen bis hin zu neuartigen Produkten und Geschäftsmodellen führen können.

Der Bedeutungszuwachs von KI zeigt sich auf Seiten der Regulierung im AI Act der EU, welcher jüngst verabschiedet wurde. In Österreich fungiert die RTR-GmbH als nationale KI-Serviceestelle, und ist damit Ansprechpartnerin und ein breiter Informationshub für die Öffentlichkeit, unter anderem zu regulatorischen Rahmenbedingungen beim Einsatz und der Entwicklung von KI.

Im Fokus der vorliegenden Zukunftsstudie Technologie, welche durch die RTR.Telekom.Post beauftragt wurde, steht der KI-Einsatz im österreichischen Telekommunikationssektor. Auch in diesem Sektor besteht disruptives Potenzial des KI-Einsatzes. Mögliche Anwendungsfelder der KI erstrecken sich hier über die Netzplanung und -ausbau, den Netzbetrieb und die Differenzierung der Netzleistung bis hin zu optimierten oder neuen kundennahen Dienstleistungen sowie dem Wissensmanagement.

Ziel der Studie ist es, einen strukturierten Überblick über die Potenziale von KI-Anwendungen¹ im Telekommunikationssektor sowie über den Status Quo des KI-Einsatzes in österreichischen Telekommunikationsunternehmen zu geben. In die Studie fließen durchgehend die Erkenntnisse aus Interviews mit ausgewählten Vertretern von österreichischen Telekommunikationsnetzbetreibern sowie -ausrüstern² ein, die im Mai und Juni 2024 geführt wurden.

Die Studie ist so aufgebaut, dass in Kapitel 2 zunächst kurz auf das Begriffsverständnis und Wirkungsweise von KI eingegangen wird, um den Untersuchungsgegenstand der Studie zu definieren. Anschließend wird in Kapitel 3 ein kurzer Überblick über den Stand der KI-Implementierung in Österreich gegeben, unter besonderer Berücksichtigung des Telekommunikationssektor. Es schließt sich mit Kapitel 4 ein Ausblick auf die Auswirkungen des AI Acts auf den österreichischen Telekommunikationssektor an. Als weltweit erste umfassende branchenübergreifende KI-Regulierung wird der AI Act die KI-Transformation im Telekommunikationssektor stark beeinflussen. Unter anderem resultieren aus dem AI Act auch verstärkte Standardisierungsbemühungen im KI-Bereich, auf die ebenfalls in diesem Kapitel eingegangen wird.

In Kapitel 5 wird der KI-Einsatz im österreichischen Telekommunikationssektor analysiert. Nach einem kurzen Literaturüberblick über aktuelle Trends der KI-Implementierung im Telekommunikationsbereich (5.1) wird zunächst ein Analyserahmen für ein Klassifikationsraster für den Einsatz von KI in der Telekommunikation aufgestellt, aus dem die Kategorien *I. Netzausbau und -planung*; *II. Netzbetrieb und -management*, *III. Quality of Service*, *IV. Kundenmanagement* sowie *V. Wissensmanagement* als Kategorien resultieren (5.2). Anschließend folgt in den Kapitel 5.3 – 5.7 die Analyse des KI-Einsatzes in den einzelnen Kategorien. Dazu werden zunächst die in der Literatur diskutierten potenziellen KI-Use Cases

¹ *KI-Anwendungen* werden im Folgenden synonym zu *KI-Systemen* gemäß AI Act verwendet.

² Telekommunikationsausrüster sind Zulieferer von technischen Netzwerkkomponenten an Betreiber von Telekommunikationsnetzen für Telefon, Internet, Mobilfunk und Fernsehen. Siehe hierzu auch: <https://www.ris.bka.gv.at/GeltendeFassung.wxe?Abfrage=Bundesnormen&Gesetzesnummer=20011678> [30.08.2024]

in der jeweiligen Kategorie identifiziert, bevor auf der Basis der Erkenntnisse aus den Interviews auf die Anwendungen mit der höchsten Relevanz für den österreichischen Telekommunikationssektor näher eingegangen wird.

In Kapitel 6 wird auf die Erwartungen und Wünsche an den Regulierer und die KI-Servicestelle eingegangen, die von den österreichischen Telekommunikationsunternehmen im Rahmen der Interviews geäußert wurden. Die Studie schließt mit einem Fazit in Kapitel 7.

2 Begriffsbestimmung und Wirkungsweise Künstlicher Intelligenz

In den letzten Jahren hat sich KI zu einem der dynamischsten Bereiche der digitalen Transformation entwickelt. Als interdisziplinäres Forschungsfeld vereint KI verschiedene Wissenschaften und Theorien insbesondere aus den Gebieten mathematischer Logik, Statistik, Wahrscheinlichkeitsrechnung, computergestützter Neurobiologie und Informatik.³ Angetrieben wird ihre Entwicklung durch die Fortschritte in der Rechenleistung von Grafikprozessoren der letzten Jahrzehnte sowie einer immer höheren Verfügbarkeit von Daten.⁴ Obwohl sich bereits heute KI-Anwendungen wie Chatbots über personalisierte Empfehlungsalgorithmen bis hin zu fortschrittlichen medizinischen Diagnosewerkzeugen erstrecken, bleiben diese bisher noch häufig deutlich hinter menschlichen kognitiven und motorischen Fähigkeiten zurück.⁵ Dennoch zeigen die jüngsten Entwicklungen auf dem Gebiet der großen Sprachmodelle (LLM), bspw. von Meta (Llama), Google (Gemini), Anthropic (Claude 3), Mistral AI oder OpenAI (ChatGPT), wie schnell sich KI weiterentwickelt und welche Fortschritte in kurzer Zeit erzielt werden können. Die Vision einer „starken“⁶ KI, die sehr unterschiedliche spezialisierte Probleme auf völlig autonome Weise erfassen und verstehen kann, rückt dadurch näher.

Dem kürzlich verabschiedeten europäischen AI-Act, der als weltweit erster Rechtsrahmen die Anforderungen an eine rechtskonforme Nutzung von KI definiert und zugleich deren Risiken adressiert, liegt die aktualisierte OECD-Definition von KI zugrunde.⁷ Damit einfache bis komplexe KI-Anwendungen als sogenannte KI-Systeme verstanden werden können, wurde diese weit auslegt:⁸

KI-Definition nach AI Act:⁹

“AI system’ means a machine-based system that is designed to operate with varying levels of autonomy and that may exhibit adaptiveness after deployment, and that, for explicit or implicit objectives, infers, from the input it receives, how to generate outputs such as predictions, content, recommendations, or decisions that can influence physical or virtual environments.”

³ Vgl. Delipetrev, B. (2020).

⁴ Ebd.

⁵ Ebd.

⁶ „Artificial Narrow Intelligence“-Technologien, wie Bild- und Spracherkennungssysteme, die auf gut klassifizierten Datensätzen trainiert werden, um spezifische Aufgaben auszuführen und in einer vordefinierten Umgebung zu arbeiten, bezeichnet man auch als schwache KI. Im Gegensatz dazu sind Artificial General Intelligence-Technologien, die darauf ausgelegt sind, eine Vielzahl von intelligenten Aufgaben zu erfüllen, abstrakt zu denken und sich an neue Situationen anzupassen, als „starke“ KI bezeichnet. Vgl. hierzu Europäisches Parlament (2023).

⁷ Die (breite) Definition von KI im AI Act ist umstritten. Das Spannungsverhältnis zwischen einer vagen offenen Definition, die den raschen Fortschritten im Bereich computergestützter KI-Verfahren gerecht werden kann, und einer engmaschigeren, die deutlich präziser, allerdings womöglich schnell überholt sein wird, wurde im Zuge der Verabschiedung des AI Acts von der Europäischen Kommission, dem Europäischen Rat und dem Europäischen Parlament intensiv diskutiert. Siehe hierzu „EU AI Act: Definition von AI (KI) zwischen den EU-Institutionen derzeit umstritten“; abrufbar unter: <https://www.morganlewis.com/de/pubs/2023/09/eu-ai-act-institutions-debate-definition-of-ai> [30.08.2024]

⁸ Vgl. OECD (2024).

⁹ Die Definition von KI im AI Act folgt im Wesentlichen der OECD, die KI folgendermaßen definiert: „An AI system is a machine-based system that, for explicit or implicit objectives, infers, from the input it receives, how to generate outputs such as predictions, content, recommendations, or decisions that can influence physical or virtual environments. Different AI systems vary in their levels of autonomy and adaptiveness after deployment.“ Vgl. hierzu OECD (2024).

KI-Systeme basieren auf KI-Modellen, die Methoden und Techniken des maschinellen Lernens¹⁰ (Machine Learning) sowie logik- und wissensbasierte Ansätze¹¹ verwenden. Darunter fallen unter anderem Bereiche wie wissensbasierte Systeme (bspw. Wissensgraphen), Computer Vision, Texterkennung bzw. Natural Language Processing (NLP), Spracherkennung, intelligente Entscheidungssysteme sowie intelligente robotische Systeme.¹² Darüber hinaus gilt für ein KI-System:

- Es kann adaptiv sein: Es kann sich nach der Entwicklung weiterentwickeln, indem es aus Daten lernt und sein Verhalten entsprechend anpasst.¹³
- Es lernt oder handelt autonom: Nach der Übertragung von Aufgaben und Automatisierung durch Menschen kann es eigenständig lernen und handeln, obwohl menschliche Aufsicht in jeder Phase des Lebenszyklus möglich ist.¹⁴
- Es beobachtet und interagiert mit seiner Umgebung: Es nimmt virtuell als Datenpunkte oder über Sensoren Informationen aus seiner Umgebung auf und kann diese durch Aktionen (über Aktuatoren) beeinflussen.¹⁵ Die Umgebung kann dabei physisch oder virtuell sein.
- Es kann von Menschen definierte (explizit) und bis zu einem gewissen Grad autonom (implizit) Ziele verfolgen. Es soll Aufgaben lösen und Entscheidungen treffen, die für Menschen von Nutzen sind.

Nach dem Verständnis der OECD gilt zusätzlich, dass die Verantwortung eines KI-Systems zu jeder Zeit auf einen Menschen zurückzuführen sein sollte, sogar dann, wenn diese implizit, also vom KI-System selbstständig oder durch ein anderes KI-System, definiert worden sind.¹⁶

10 Das maschinelle Lernen lässt sich in die drei Grundarten überwachtes Lernen (Supervised Learning), unüberwachtes Lernen (Unsupervised Learning) und verstärkendes Lernen (Reinforcement Learning) unterteilen. Vgl. hierzu Russell und Norvig (2016).

11 Logik- (oder auch Regel-) und wissensbasierte (symbolische) Ansätze basieren auf kodiertem Wissen oder einer symbolischen Repräsentation von Informationen, um (automatisiert) Wissen zu verarbeiten. Beispiele sind mathematische Gleichungen oder Modelle zur Berechnung von physikalischen Prozessen, aber auch die Abbildung einfacherer Zusammenhänge wie Taxonomien, Ontologien oder Wissensgraphen durch „Wenn-Dann-Regeln“ oder als Heuristiken. Vgl. hierzu Plattform Lernende Systeme (2023).

12 Eine ausführliche Beschreibung der Definition und einzelner Methoden ist im AI Center der OECD; abrufbar unter: <https://oecd.ai/en/wonk/definition> [30.08.2024]

13 Anpassungsfähigkeit bezieht sich in der Regel auf KI-Systeme, die auf maschinellem Lernen basieren und sich nach der Entwicklung weiterentwickeln können. Das System verändert sein Verhalten durch direkte Interaktion mit Eingaben und Daten, sei es vor oder nach der Bereitstellung. Beispiele hierfür sind ein Spracherkennungssystem, das sich an die Stimme einer Person anpasst, oder ein personalisiertes Musikempfehlungssystem. KI-Systeme können einmalig, periodisch oder kontinuierlich trainiert werden. Sie funktionieren, indem sie Muster und Beziehungen in Daten erschließen. Durch dieses Training können einige KI-Systeme im Laufe der Zeit möglicherweise die Fähigkeit entwickeln, neue Schlussfolgerungsformen durchzuführen, die von ihren Programmierern ursprünglich nicht vorgesehen waren. Vgl. hierzu OECD (2024).

14 Autonomie von KI-Systemen bezeichnet den Grad, in dem ein System nach Übertragung von Autonomie und Automatisierung lernen oder handeln kann, ohne dass menschliches Eingreifen erforderlich ist. Menschliche Aufsicht kann in jeder Phase des Lebenszyklus eines KI-Systems erfolgen, beispielsweise während der Konzeption, Datenerhebung und -verarbeitung, Entwicklung, Verifizierung, Validierung, Bereitstellung oder des Betriebs und der Überwachung. Einige KI-Systeme sind darüber hinaus in der Lage Ergebnisse erzeugen können, die weder explizit in ihrem Ziel beschrieben sind, noch auf spezifische Anweisungen eines Menschen zurückzuführen sind. Vgl. hierzu OECD (2024).

15 Sensoren und Aktuatoren sind Menschen oder Maschinen- oder Gerätekomponenten. Vgl. OECD (2024). Zur Rolle von Aktuatoren, vgl. hierzu bspw.: https://www.reac-group.com/de_de/wissenswertes/aktuatoren/was-ist-ein-aktuator/ [30.08.2024]

16 Haftung und Verantwortung für KI-Systeme werden bewusst nicht von der OECD adressiert, da diese letztlich beim Menschen und damit den Regularien der einzelnen Jurisdiktionen unterliegen. Vgl. hierzu OECD (2024).

Die breite Definition von KI im AI Act ist allerdings stark umstritten und wurde im Verabschiedungsprozess des AI Acts zwischen den EU-Institutionen viel diskutiert.¹⁷ Zwar erlaubt die weite Auslegung von KI, dass zukünftige Entwicklungen erfasst werden können, sie birgt jedoch gleichzeitig die Gefahr, KI-Systeme nicht ausreichend präzise zu definieren.

Um die Entwicklungen im Bereich von KI-Systemen in den befragten Unternehmen deutlicher abzubilden, wird daher im Folgenden zwischen a) klassischen bzw. konventionellen Methoden des maschinellen Lernens die bereits seit vielen Jahren (industriell) Anwendung finden¹⁸ und modernen KI-Ansätzen (wie u.a. multimodale KI-Modellen, Large Language Modelle, Deep Reinforcement Learning, KI-gestützte Bildverarbeitungsmodelle, ...) unterschieden.

¹⁷ Vgl. hierzu auch „EU AI Act: Definition von AI (KI) zwischen den EU-Institutionen derzeit umstritten“; abrufbar unter:

<https://www.morganlewis.com/de/pubs/2023/09/eu-ai-act-institutions-debate-definition-of-ai> [30.08.2024]

¹⁸ Wissens- und regelbasierte Ansätze sowie etablierte statistische Verfahren wie u.a. Regressionsanalysen, Decision Trees, Random Forests, Support Vector Machines, Bayes'sche Methoden, Clusterverfahren. Vgl. Plattform Lernende Systeme (2023).

3 Überblick über den KI-Einsatz in Österreich unter besonderer Berücksichtigung des Telekommunikationssektors

Hohes volkswirtschaftliches Wachstumspotenzial durch KI in Österreich

Vom KI-Einsatz geht ein hohes Wachstumspotenzial für die österreichische Volkswirtschaft aus. Dies zeigt eine Studie des Wirtschaftsforschungsinstituts Economica aus dem Juni 2024, welche im Auftrag von Accenture und Microsoft für Österreich ein KI-induziertes Wachstumspotenzial von 18 Prozent ermittelt. Dies entspricht gemäß der Studie einem arbeitsvermehrenden technischen Fortschritt im Ausmaß von 2,24 Mrd. Arbeitsstunden, die der österreichischen Volkswirtschaft pro Jahr zusätzlich zur Verfügung stehen, was einem Wertschöpfungspotenzial von ca. 70 Mrd. Euro per annum entspricht. ¹⁹

Nach wie vor frühe Implementierungsphase von KI

Bisher hat KI allerdings noch nicht flächendeckend Einzug in die österreichische Wirtschaft erhalten. Erst 11% der Unternehmen in Österreich nutzen KI. Damit liegt Österreich allerdings über dem EU-Durchschnitt von 8%.²⁰ Dies zeigt, dass man sich volkswirtschaftlich gesehen in einer noch frühen Implementierungsphase von KI befindet.

Implementierungsgrad abhängig von Unternehmensmerkmalen

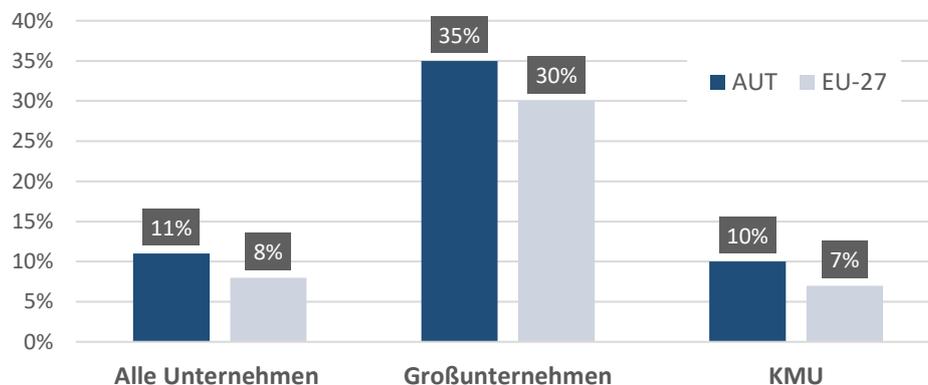
Die Implementierungsrate schwankt jedoch stark nach Unternehmensmerkmalen. So ist beispielsweise ein großer Unterschied zwischen KMU (10 bis 249 Mitarbeiter) und Großunternehmen (ab 250 Mitarbeiter) zu verzeichnen: Während in Österreich bereits mehr als jedes dritte Großunternehmen auf KI setzt (35,2%), ist es bei den KMU nur gut jedes zehnte (10,1%). Diese Differenzierung nach Unternehmensgrößenklasse ist auch im EU-Durchschnitt zu beobachten (KMU: 7,4%; Großunternehmen: 30,4%).²¹

¹⁹ Vgl. Klug (2024).

²⁰ Die hier genannten Werte stammen von *Eurostat* und basieren auf dem Jahr 2023. Es werden Unternehmen erfasst, die mindestens eine von sieben KI-Technologien (Text Mining, Speech Recognition, Natural Language Generation, Image Recognition/Image Processing, Machine Learning for Data Analysis, AI based Software Robotic Process Automation, Autonomous Robots/Self-Driving Vehicles/Autonomous Drones) selbst entwickeln, aktuell einsetzen oder deren Einsatz jemals geplant haben - in den Bereichen Marketing/Sales, Production Processes, Organisation of Business Administration Processes, Management of Enterprises, Logistics, ICT Security, Human Resource Management oder Recruiting. Vgl. Eurostat (2024).

²¹ Die hier genannten Werte stammen von *Eurostat* und basieren auf dem Jahr 2023. Vgl. Eurostat (2024).

Abbildung 1: Anteil der KI-nutzenden Unternehmen



Quelle: Eigene Darstellung, Daten aus Eurostat (2024)

„Digital Gap“ zwischen Groß- und Kleinunternehmen auch im Telekommunikationssektor

Die Erkenntnisse aus den im Rahmen der vorliegenden Studie geführten Interviews deuten darauf hin, dass die Lücke zwischen Groß- und Kleinunternehmen auch im österreichischen Telekommunikationssektor besteht. Insbesondere gilt dies, wenn man bei der KI-Implementierung nochmal zwischen Make- und Buy-Lösungen unterscheidet: Aus den geführten Gesprächen lässt sich ableiten, dass für kleinere Unternehmen höchstens Buy-Lösungen im Sinne einer „KI-as-a-Service (KlaaS)“ Lösung in Betracht kommen. Für Eigenentwicklungen fehlen ihnen in der Regel die personellen und finanziellen Ressourcen. Die großen Akteure im österreichischen Telekommunikationsmarkt versuchen hingegen, sich über selbstentwickelte KI-Lösungen (Make-Lösung) genuine Wettbewerbsvorteile im Sinne eines First Mover Advantage zu verschaffen.

Wirtschaftszweig „Information und Kommunikation“ führend bei KI-Implementierung

Auch im Hinblick auf die verschiedenen Wirtschaftszweige lassen sich in Österreich große Unterschiede bei der KI-Implementierungsrate feststellen. Der Wirtschaftszweig Information und Kommunikation, in den auch größtenteils die Telekommunikationsbranche fällt, weist den höchsten Anteil an Unternehmen auf, die bereits auf KI setzen. Bei 37% der Unternehmen in diesem Wirtschaftszweig war im Jahr 2023 bereits KI im Einsatz. Das ist ein Wachstum von mehr als 20% im Vergleich zur Implementierungsrate in diesem Wirtschaftsbereich im Jahr 2021 (30,3%). Hieran lässt sich die hohe Geschwindigkeit der Transformation erkennen.²²

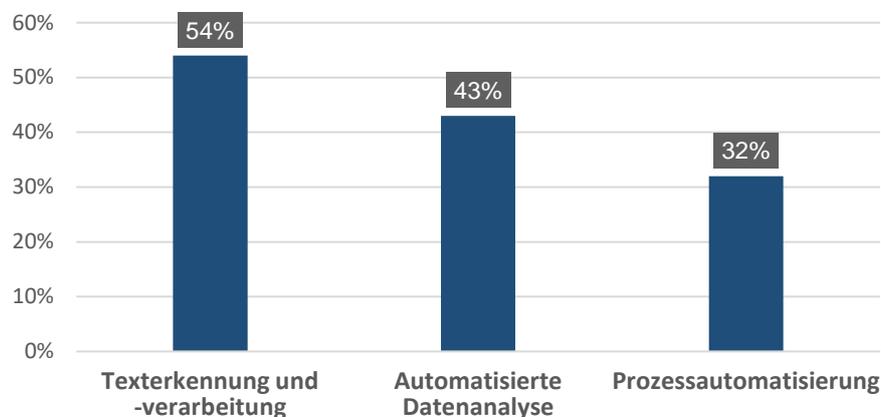
Häufigste Arten der KI-Anwendung in Österreich

Hinsichtlich der Art der genutzten KI-Anwendungen zeigt sich für die österreichische Wirtschaft insgesamt, dass die am häufigsten genutzte Anwendung die Texterkennung und -verarbeitung ist: Mehr als die Hälfte der KI-nutzenden Unternehmen in Österreich hat KI in diesem Bereich im Einsatz (54,3%), gefolgt von der automatisierten Datenanalyse basierend auf maschinellem Lernen (42,7%) sowie der Prozessautomatisierung bzw. der Erstellung von Entscheidungshilfen (32,3%).²³

²² Die hier genannten Werte gehen auf Statistik Austria (2023) zurück.

²³ Die hier genannten Werte gehen auf Statistik Austria (2023) zurück.

Abbildung 2: Häufigste KI-Arten im Einsatz in Österreich (Anteil der KI-nutzenden Unternehmen in Österreich, die die Anwendung im Einsatz haben)



Quelle: Statistik Austria (2023)

KI-basierte Anomaliedetektion von überproportionaler Bedeutung im Telekommunikationssektor

Unter anderem die Ergebnisse eines von der deutschen Bundesnetzagentur durchgeführten Marktdialogs über den KI-Einsatz in Netzsektoren geben Hinweise darauf, dass in Netzsektoren und damit auch im Telekommunikationsmarkt der Bereich der Anomaliedetektion²⁴ als spezielle Form der automatisierten Datenanalyse im Branchenvergleich von überproportionaler Bedeutung ist.²⁵ Insbesondere für den Bereich Netzbetrieb- bzw. -management deckt sich dies mit den Ergebnissen der im Rahmen dieser Studie geführten Interviews mit Vertretern aus österreichischen Telekommunikationsunternehmen. In diesem Bereich stehen beim KI-Einsatz die Fehlererkennung im Netz mittels Anomalieerkennung sowie die intelligente Voraussage von Reparaturen im Netz im Fokus (Predictive Maintenance).

Einschätzung des Status Quo der KI-Implementierung im österreichischen Telekommunikationssektor im internationalen Vergleich

Insgesamt lautet die Einschätzung der interviewten Gesprächspartner, dass es zumindest im (west-)europäischen Vergleich keine großen nationalen Unterschiede im Hinblick auf den Status Quo der KI-Implementierung im Telekommunikationssektor gibt. Als unternehmenskultureller Aspekt wurde angemerkt, dass es in Österreich eine eher abwartende Haltung hinsichtlich der KI-Transformation geben würde. In Österreich gehöre man daher eher nicht zu Frontruntern, sei aber dennoch gut aufgestellt. Weiter vorne werden bei der KI-Implementierung die asiatischen Telekommunikationsmärkte gesehen. Dies wird neben einer anderen Sicht auf technologischen Fortschritt auch auf die als weniger restriktiv empfundene Regulierung dieser Märkte zurückgeführt.

²⁴ Mithilfe von Anomaliedetektion werden erwartete bzw. gewünschte Daten von unerwarteten bzw. unerwünschten differenziert, um Inkonsistenzen zu identifizieren. Beispielsweise um 5G-Nutzsignale von potenziellen Anomalien im Frequenzband unterscheiden und das Eintreten von Störungen in Echtzeit erkennen zu können. Vgl. hierzu „IT Security Handlungsempfehlungen von 5G Campusnetzen“; abrufbar unter: https://www.physec.de/fileadmin/user_upload/20240621_IT_Security_Handlungsempfehlungen_von_5G_Campusnetzen.pdf [30.08.2024]

²⁵ Vgl. Bundesnetzagentur (2021).

4 KI-Regulierung und Standardisierung

4.1 Der AI Act und dessen Einschätzung durch die Telekommunikationsunternehmen

Wie im vorangegangenen Kapitel aufgezeigt, befindet sich die KI-Implementierung noch in einer frühen Marktphase. Auch wenn die Implementierung im Telekommunikationssektor im Vergleich zur Gesamtwirtschaft weiter vorangeschritten ist, gilt dies auch für diesen Bereich. Gleichzeitig sind aber das Tempo sowie die potenziellen Auswirkungen der KI-Transformation auf Wirtschaft und Gesellschaft enorm. Aus diesem Grund hat die Europäische Union sich dazu entschlossen, den weltweit ersten umfassenden Regulierungsrahmen für KI zu schaffen, den **AI Act**. Der AI Act besitzt sektorübergreifende Gültigkeit, wobei dieser mit unterschiedlichen Verpflichtungen nach einer Übergangszeit von 6, 12, 24 oder 36 Monaten EU-weit uneingeschränkt anwendbar wird.²⁶ Die Zielstellung des AI Acts ist es, einen Rahmen für eine vertrauenswürdige KI zu schaffen, die den Werten und Normen der Europäischen Union entspricht.

Die vier Risikoklassen des AI Acts und die damit verbundenen Auflagen

Dazu wurde für den KI-Einsatz ein Klassifikationsraster geschaffen, das KI-Systeme in insgesamt vier Risikoklassen einteilt, wie in Abbildung 3 abgebildet.²⁷

Abbildung 3: Risikoklassen im AI Act

	Beschreibung	Regulierung	Beispiel
Inakzeptables Risiko	Inkompatibel mit europäischen Werten und Grundrechten	Verbot	Social Scoring
Hohes Risiko	Hohes Risiko für Betroffene und Öffentlichkeit (hohes Schädigungspotential)	Weitreichende Anforderungen	Personalauswahl
Begrenztes Risiko	Fehlende Transparenz des KI-Einsatzes	Transparenzpflicht	Chatbots
Minimales Risiko	Alle weiteren Anwendungen	Keine	Spamfilter

Quelle: Eigene Darstellung

KI-Systeme in der Kategorie des **inakzeptablen Risikos** sind generell verboten und dürfen daher in der Europäischen Union keine Verwendung finden. Darunter fallen insbesondere Systeme, die manipulativ im Sinne einer kognitiven Verhaltenssteuerung auf die Menschen einwirken, wie bspw. Social Scoring-Anwendungen.

Hochrisiko KI-Systeme unterliegen strengen Auflagen, bevor sie auf den Markt gebracht werden können. Insbesondere im Bereich biometrischer Fernidentifizierungssysteme aufgrund des hohen Risikos

²⁶ Siehe hier zum AI Act bspw. Europäisches Parlament (2024).

²⁷ Siehe zu den Risikoklassen des AI Acts Europäische Kommission (2024).

für Privatsphäre und Diskriminierung. Betroffen sind hier auch Sicherheitsbauteile von kritischen Infrastrukturen, unter denen die für die Aufrechterhaltung des Telekommunikationsnetzbetriebs essenziellen Netzelementen fallen.

KI-Systeme mit **begrenztem Risiko**, wie Chatbots oder Textgeneratoren, müssen in transparenter Weise eingesetzt werden. Nutzer sollen klar erkennen, dass sie z.B. mit einem KI-System interagieren. KI-generierte Inhalte wie Texte, Bilder oder Videos müssen unter bestimmten Voraussetzungen ebenfalls als solche ausgewiesen sein. So will der AI Act sicherstellen, dass Menschen informierte Entscheidungen treffen können und Missbrauch von KI-Systemen verhindert wird.

KI-Systeme mit **minimalem Risiko**, worunter etwa Videospiele oder Spamfilter fallen, sind ohne Auflagen einsetzbar, wobei die Betreiber dazu ermutigt werden sollen, zusätzliche Anforderungen auf freiwilliger Basis zu erfüllen (beispielsweise Ethik-Leitlinien der EU für vertrauenswürdige KI).²⁸ Die überwiegende Mehrheit der derzeit in der EU eingesetzten KI-Systeme fällt in diese Kategorie.

Einschätzung und Einordnung des AI Acts durch die österreichischen Telekommunikationsunternehmen

In den im Rahmen dieses Projekts geführten Interviews mit Vertretern aus österreichischen Telekommunikationsunternehmen wird das Aufstellen eines Regulierungsrahmens für KI grundsätzlich begrüßt, da ein klarer Ordnungsrahmen prinzipiell Rechtssicherheit für die Unternehmen schaffe. Begrüßt wurde von mehreren Betreibern die weite Definition von KI, die damit die rapiden Entwicklungen im KI-Bereich genüge tut. Die Unternehmen erhoffen sich insgesamt eine innovationsfreundliche nationale Auslegung des AI Acts.

Die Mehrzahl der interviewten Unternehmen hatte bereits vor der Verabschiedung des AI Acts interne KI-Richtlinien zum verantwortungsvollen Umgang mit dieser Technologie. Diese würden nun auf die Kohärenz mit dem AI Act geprüft und angepasst. Die Betreiber haben interne Arbeitsgruppen gegründet, mit dem Auftrag, Auswirkungen des AI Acts auf die eigene Organisation und vorhandenen Anwendungen im Data Science-Bereich zu monitoren und auf Compliance und Ethik zu prüfen.

Bedenken wurden in den Interviews geäußert, dass die Rechtssicherheit gegenwärtig noch nicht gegeben sei, da bspw. noch Unklarheit bezüglich der Einordnung von KI-Anwendungen in die vier Risikoklassen herrsche. Durch die Unternehmen wurde darauf hingewiesen, dass im Netzbereich schon heute viele Data Science-Anwendungen mit klassischen Algorithmen ohne KI eingesetzt werden. Nun werden diese mit KI „angereichert“, sodass der Übergang von klassischer Data Science hin zu KI fließend ist.

In den Interviews äußerten die Betreiber auf Nachfrage, dass sie die meisten KI-Anwendungen im Telekommunikationssektor in die Kategorien begrenztes oder minimales Risiko einstufen. Dazu zählen Anwendungen im Bereich Kundenmanagement und Wissensmanagement. Derzeit laufen bei den Netzbetreibern die internen Prüfungen und es bleibt abzuwarten, inwiefern diese Einschätzung zu den Risikoklassen sich bei der Einführung des AI Acts im Laufe der Zeit materialisiert.

Eine weitere Unsicherheit und Informationsmangel herrscht noch bei den Auflagen, die sich aus dem AI Act für Anwendungen mit Risiko ergeben. Dies hat sich auch darin gezeigt, dass Betreiber Wünsche nach mehr Transparenz und Aufklärung auch zu den Auflagen geäußert haben.

²⁸ Vgl. hierzu ErwGr. 165 AIA.

Ein weiterer Aspekt, der von den Befragten erwähnt wurde, ist die Koexistenz des AI Acts mit bestehenden Regulierungen wie dem Telekommunikationsgesetz (TKG) und der Datenschutzgrundverordnung (DSGVO). Vor allem bei der Verarbeitung von Kundendaten sind Hemmnisse genannt worden: Der Umgang mit Rechnungsdaten ist im TKG reguliert und u.a. mit Pflichten zur Löschung von Daten verbunden. Die DSGVO reguliert den Umgang mit personenbezogenen Daten. Da die Telekommunikationsbetreiber mit ihren Data Warehouses über einen erheblichen Datensatz mit personenbezogenen Daten verfügen, ist die Relevanz des TKGs und der DSGVO bei der Implementierung von KI-Lösungen erheblich.

4.2 Aspekte der Standardisierung von KI

Standardisierung hat im Bereich Netzbereich immer eine wichtige Rolle gespielt. Als bahnbrechendes Beispiel ist hier die GSM-Standardisierung von CEPT und ETSI,²⁹ die später von 3GPP (3rd Generation Partnership Project) übernommen wurde, und die heute die Technik im Bereich 5G und 6G standardisiert. Mit der Standardisierung im Bereich der KI, die mit den Auflagen des AI Acts einhergeht, kommt für die Telekommunikationsbetreiber ein neues Feld der Standardisierung hinzu.

Branchenübergreifende Bestrebungen zur Harmonisierung mit dem AI Act

Ein prominentes Beispiel für die KI-Standardisierung ist die ISO/IEC 42001 für KI-Managementsysteme (AIMS).³⁰ Gemäß AI Act ist für KI-Systeme, die in die Hochrisiko-Klasse fallen, u.a. ein angemessenes AIMS verpflichtend. Mit der ISO/IEC 42001 wurde im Dezember 2023 die erste internationale Norm für KI-Managementsysteme geschaffen, welche branchenübergreifende Relevanz besitzt. Die Norm definiert Anforderungen für die Einrichtung, Umsetzung, Betrieb und fortlaufenden Verbesserungen des AIMS. Mit einer Zertifizierung nach ISO/IEC 42001 können die Unternehmen die Konformität ihres Managementsystems mit dem AI Act sicherstellen.³¹

Die ISO/IEC 42001 geht u.a. auf die im Jahr 2022 erfolgte Aufforderung der EU-Kommission an die europäischen Standardisierungsinstitutionen zur Entwicklung von Standards für eine sichere und vertrauenswürdige KI zurück. Der Entwicklung von Standards für AIMS wurde durch die Standardisierungsorganisationen Priorität geben, da das AIMS als zentrales Governance-Tool für KI-Anwendungen im Hochrisikobereich gesehen wird. Die Veröffentlichung weiterer harmonisierter KI-Standards werden in Zukunft folgen.³² Bis zum zweiten Halbjahr 2025 soll die Arbeit an den harmonisierten Standards für den AI Act gemäß Zeitplan der Europäischen Kommission abgeschlossen sein.

²⁹ European Conference of Postal and Telecommunications Administrations (CEPT) und European Telecommunications Standards Institute (ETSI).

³⁰ Ein KI-Managementsystem, wie in ISO/IEC 42001 beschrieben, ist eine Menge von miteinander verbundenen oder interagierenden Elementen einer Organisation, die darauf abzielen, Richtlinien und Ziele festzulegen sowie Prozesse zu implementieren, um diese Ziele in Bezug auf die verantwortungsbewusste Entwicklung, Bereitstellung oder Nutzung von KI-Systemen zu erreichen. ISO/IEC 42001 legt die Anforderungen fest und gibt Leitlinien für die Einrichtung, Implementierung, Aufrechterhaltung und kontinuierliche Verbesserung eines KI-Managementsystems im Kontext einer Organisation. Vgl. hierzu auch <https://www.iso.org/standard/81230.html> [30.08.2024]

³¹ Vgl. DNV (2024) sowie O'Brien et al. (2024).

³² Vgl. O'Brien et al. (2024).

Telekommunikationsspezifische Standardisierungsaktivitäten

Neben den branchenübergreifenden Standardisierungsaktivitäten existieren darüber hinaus auch für den Telekommunikationssektor spezifische Bestrebungen zur Entwicklung von KI-Standards. Auf europäischer Ebene ist hier bspw. die Experiential Networked Intelligence Industry Specification Group (ENI ISG) beim European Telecommunications Standards Institute zu nennen (ETSI). In dieser Gruppe wird daran gearbeitet, eine kognitive Netzwerkmanagement Architektur zu definieren, die auf KI-Methoden basiert.³³

Im Mobilfunkbereich ist 3GPP für die Standardisierung von Netzen verantwortlich. Insbesondere im 3GPP Release 18, die sich in 2024 in Finalisierung befindet, nimmt das Thema KI bzw. Machine Learning viel Raum ein und es werden Anforderungen und Architekturen für den KI-Einsatz im Rahmen von 5G-Netzwerken definiert.³⁴ Dazu gehört ein Maschine Learning-Framework um das Management und die Data Analytics Functions (DAF) im Funknetz sowie die Fehlererkennung zu verbessern.³⁵ Ein Beispiel für den Einsatz eines DAFs ist das Messen der Netzqualität direkt im 5G Core oder Edge-Netz, in dem überwacht wird, ob die QoS bei den Teilnehmern in einer Zelle ungleich ist. Die Arbeiten an weiteren Machine Learning und KI-Funktionalitäten, u.a. für intelligentes Beam Forming und zu Kanalsteuerung (CSI state information, CSI compression und CSI prediction) im Bereich 5G und 6G gehen nun mit den Releases 19 und 20 weiter. Darüber hinaus kann über die Standardisierung von Machine Learning die Prävention und Erkennung von IT-Sicherheitsrisiken im Kontext von 6G gestärkt werden.³⁶

Einschätzung der Relevanz der Standardisierung durch die österreichischen Telekommunikationsunternehmen

Die Standardisierung mit Bezug zu KI und Telekommunikation verläuft nun über zwei Pfade. Die Entwicklung von Standards für Telekommunikationsnetze erfolgt vor allem durch 3GPP. Diese Standardisierungstätigkeiten gehen im Wesentlichen von den Netzausrüstern aus. Die österreichischen Telekommunikationsbetreiber bekommen die standardisierten KI-Anwendungen mitgeliefert, wenn sie die Netze von den Ausrüstern einkaufen. Laut einer Aussage aus den Interviews ist damit zu rechnen, dass KI-Anwendungen mit einer gewissen (Teil-)Autonomie erst in 5-6 Jahren standardisiert sind. Insgesamt haben die Netzbetreiber bestätigt, dass die Investitionszyklen im Netzbereich verhältnismäßig lang sind. Es sei deswegen nicht damit zu rechnen, dass der Standardisierung von KI-Anwendungen im Netzbereich in den kommenden Jahren hohe Aufmerksamkeit durch die Netzbetreiber zukommt.

Im zweiten Pfad läuft die Standardisierung von KI ohne Netzbezug. Ein Betreiber hat erwähnt, dass sie sich mit dem ISO/IEC 42001 beschäftigen, ohne diesen bisher umgesetzt zu haben. Im Übrigen haben die Respondenten das Thema Standardisierung als derzeit wenig relevant eingestuft. Mit dem AI Act und dem Fortschritt der Entwicklung von KI und KI-Standards gehen aber viele davon aus, dass die KI-Standardisierung in der Zukunft relevanter wird.

³³ Vgl. hierzu ENI ISG; abrufbar unter: <https://www.etsi.org/technologies/experiential-networked-intelligence> [30.08.2024]

³⁴ Für einen Überblick über die KI-spezifischen Ausführungen im 3GPP Release 18, vgl. Lin (2023).

³⁵ Vgl. hierzu 3GPP; abrufbar unter: https://www.3gpp.org/ftp/Inbox/Marcoms/3GPP_Poster%20v2.pdf [30.08.2024]

³⁶ Vgl. Baischew et al. (2021).

5 KI-Einsatz im Telekommunikationssektor

Im folgenden Kapitel werden KI-Anwendungen im österreichischen Telekommunikationssektor analysiert. Dazu wird zunächst ein Literaturüberblick über die aktuellen Trends und Entwicklungspfade des KI-Einsatzes in der Telekommunikation gegeben. Anschließend werden KI-Use Cases im Telekommunikationssektor generell und bei österreichischen Telekommunikationsausrüstern und -betreibern betrachtet.

5.1 Aktuelle Trends und Entwicklungspfade des KI-Einsatzes

In den letzten Jahren wurde eine Vielzahl von Studien veröffentlicht, die den Einsatz von KI in der Telekommunikationsbranche untersuchen. Während eine Reihe von Arbeiten grundlegende Potenziale und Herausforderungen von KI in der Telekommunikation aufzeigen,³⁷ konzentrieren sich neuere Veröffentlichungen zunehmend auf generative KI³⁸ insbesondere im Zusammenhang mit Intent-based Networking³⁹ und Automated Reasoning⁴⁰, deren Ziel darin besteht, Prozesse und maschinelles Entscheidungsverhalten zunehmend zu automatisieren und zu autonomisieren, wodurch die Notwendigkeit menschlichen Eingreifens weiter reduziert wird.⁴¹

Stärkere Einbindung von generativen Large-Language Modellen prognostiziert

Studien jüngerer Zeit setzen sich verstärkt mit Potenzialen von generativer und wissensbasierter (symbolischer) KI auseinander. Es werden insbesondere zukünftige Einsatzfelder von Large Language Modellen (LLMs) in der Telekommunikationsbranche identifiziert.⁴² Darüber hinaus erwartet man u.a., dass große multimodale Basis-Modelle (bzw. Foundation Modelle oder Artificial General Intelligence Modelle) eine neue Ära autonomer Mobilfunknetze einläuten. Indem diese multimodalen Basis-Modelle über verschiedene Telekommunikationsbereiche eines Unternehmens trainiert und optimiert werden, wird der Aufbau und das Training spezialisierter KI-Modelle für jede spezifische Aufgabe überflüssig (siehe Abbildung 4).⁴³

Die hohe Skalierbarkeit und Flexibilität der Basis-Modelle soll zukünftig dazu beitragen, dass sie als universelles Rückgrat des Netzwerks fungieren und insbesondere im Mobilfunkbereich zum Einsatz kommen.

³⁷ Vgl. u.a. Lundborg et al. (2019), Slimani et al. (2024), und Alsaroad und Al-Turjman (2023).

³⁸ Generative KI ist eine Form von KI, die insbesondere Deep Learning (Neuronale Netze) nutzt, um Modelle zu trainieren, die für kreative Aufgaben wie das Erzeugen von Texten, Bildern, Musik oder anderen Daten eingesetzt werden kann. Vgl. Gozalo-Brizuela et al. (2023).

³⁹ Intent-based Networking ermöglicht es Netzwerkadministratoren, gewünschtes Netzwerkverhalten in einer hohen Abstraktionsebene auszudrücken, z. B. durch natürliche Sprache oder deklarative Anweisungen. Das Netzwerk, bspw. eine KI, setzt die abstrakten Anweisungen automatisch in spezifische Konfigurationen und Richtlinien um. Der Fokus liegt dabei auf dem Ziel, welches das Netzwerk bzw. die KI erreichen soll und weniger auf der Methode, mit der es dieses Ziel erreicht. Vgl. Wie at al. (2020).

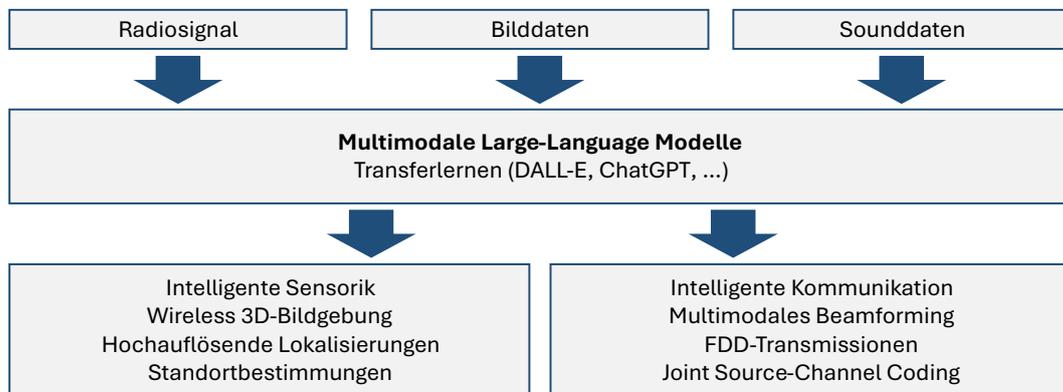
⁴⁰ Automated Reasoning ist ein entscheidender Bereich der Informatik, der sich auf die Automatisierung logischer Schlussfolgerungen konzentriert. Durch die Analyse und Ableitung von Wissen aus vorhandenen Daten kann Automated Reasoning in Bereichen wie Diagnose, Planung und Vorhersage angewendet werden. Diese Systeme können eigenständig Entscheidungen treffen und Probleme lösen, die auf komplexen logischen Regeln basieren. Vgl. Mekrache et al. (2024).

⁴¹ Vgl. u.a. Bariah et al. (2024), Zhou et al. (2024), Maatouk at al. (2023), Karapantelakis et al. (2024), Ahmed et al. (2024).

⁴² Vgl. u.a. Bariah et al. (2024).

⁴³ Vgl. u.a. Bariah et al. (2024).

Abbildung 4: Anwendungsbeispiele von multimodalen Basis- bzw. LLM-Modellen im Bereich mobiler Signalverarbeitung und Kommunikation

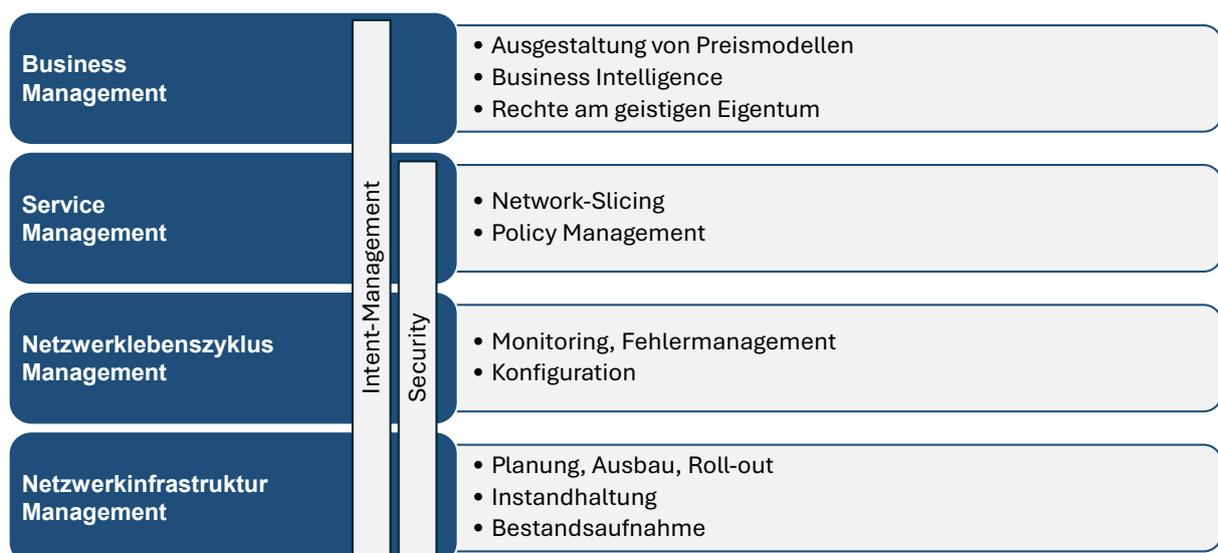


Quelle: Eigene Darstellung, angelehnt an Bariah et al. (2024)

Intent-based Networking und Automated Reasoning nahezu universal einsetzbar

KI-Modelle, die sich für Intent-based Networking und Automated Reasoning eignen, sollen zukünftig bereichsübergreifend eingesetzt werden können. Karapantelakis et al (2024) sehen ihre Potenziale in mobilen Netzen u.a. im Business Management (Gestaltung von Preismodellen, Business Intelligence, Recht am geistigen Eigentum), im Service Management (Network-Slicing, Policy Management), im Netzwerklebenszyklusmanagement (Monitoring, Fehlermanagement, Konfiguration) sowie im Bereich Netzwerkinfrastrukturmanagement (Planung, Ausbau, Roll-out sowie Instandhaltung und Bestandsaufnahme) (siehe Abbildung 5).⁴⁴

Abbildung 5: Bereiche in mobilen Netzen, in denen Intent-based Networking und Machine Reasoning zum Einsatz kommen können



Quelle: Eigene Darstellung, angelehnt an Karapantelakis et al. (2024).

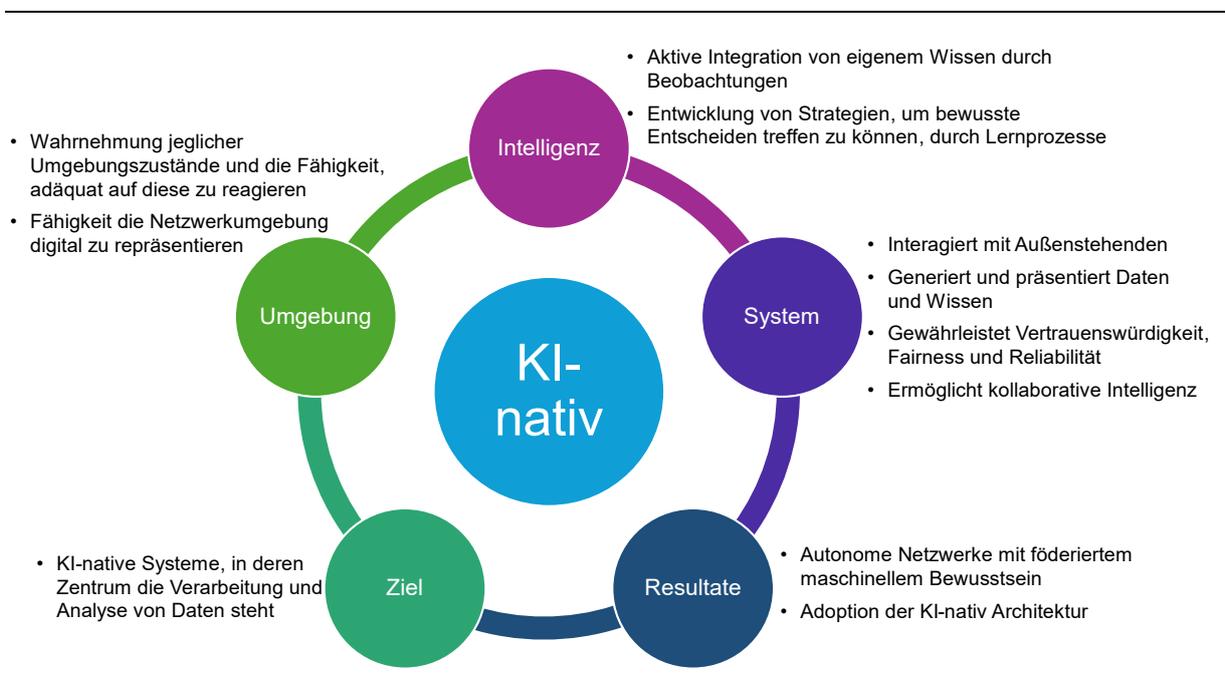
⁴⁴ Vgl. Karapantelakis et al. (2024).

KI-native Systeme als vollständig autonome „Zero-Touch-Netzwerke“

Auch Telekommunikationsausrüster beschäftigen sich mit den Potenzialen von KI im Bereich von intelligenten Telekommunikationsnetzwerken unter den Gesichtspunkten von automatisiertem Entscheidungs- und Netzwerkverhalten.⁴⁵ Demnach wird das Konzept von „KI-nativen“ Systemen zukünftig eine wesentliche Rolle spielen. Diese Systeme werden von Grund auf als KI-Systeme konzipiert, so dass die KI-Elemente nicht erst nachträglich hinzugefügt werden. KI nimmt einen organischen Bestandteil des Systems in Bezug auf Design, Bereitstellung, Betrieb und Wartung ein.

KI-native Systeme werden als „Zero-Touch-Netzwerke“ konzipiert, mit dem Ziel einen vollständig autonomen Betrieb zu implementieren. Der Mensch behält in diesen Systemen weiterhin die Kontrolle, indem für das System Anforderungen definiert werden und deren Einhaltung überwacht wird, die operationelle Durchführung aber beim KI-System liegt (siehe Abbildung 6).⁴⁶

Abbildung 6: KI-natives System im Telekommunikationskontext



Quelle: Eigene Darstellung, angelehnt an Ericsson (2024)

Aktuelle Forschungsschwerpunkte sind stärkere Automatisierung und Autonomisierung

Aktuelle wissenschaftliche Publikationen im Bereich KI im Telekommunikationssektor zeigen eine deutliche Tendenz zu automatisierten und autonomisierten Systemen, unterstützt durch KI-native Konzepte, multimodale Large Language Models und Automated Reasoning. Es bleibt jedoch abzuwarten, wie gut sich diese Technologien in Hochrisikobereichen umsetzen lassen, insbesondere in Bezug auf die zugestandenen Autonomiegrade der KI-Systeme. Zukünftig könnten die Netze erheblich effizienter und flexibler gestaltet werden und dabei mit geringeren Betriebskosten auskommen.

⁴⁵ Vgl. Ericsson (2024) und Nokia (2024).

⁴⁶ Vgl. Ericsson (2023).

5.2 Identifizierung eines Klassifizierungsrasters für den KI-Einsatz im Telekommunikationssektor

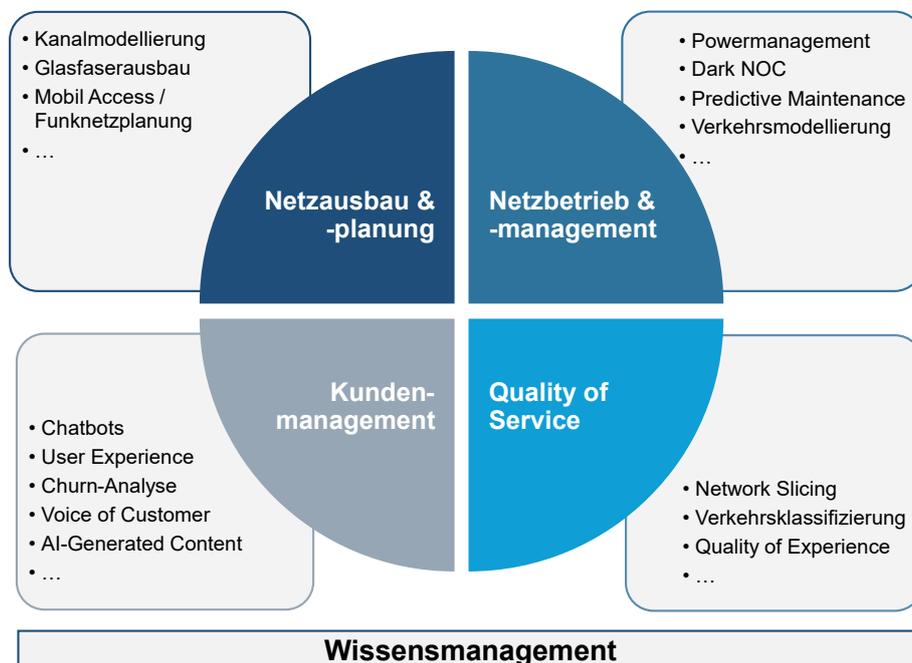
Zur Klassifizierung und für eine übersichtlichere Darstellung einzelner Use-Cases werden im Folgenden die von Lundborg et al. (2019)⁴⁷ identifizierten vier übergeordneten Anwendungsbereiche von KI in der Telekommunikation aufgegriffen (siehe auch Abbildung 7):

- 1) **Netzplanung und -ausbau**
- 2) **Netzbetrieb und -management**
- 3) **Quality of Service**
- 4) **Kundenmanagement**

Ergänzend zu den vier Anwendungsbereichen wird das **Wissensmanagement** als Querschnittsbereich aufgegriffen, der sich über alle anderen identifizierten Anwendungsbereiche erstreckt und in diesen übergreifend Anwendung findet.

In den folgenden Unterkapiteln werden jedem Anwendungsbereich zunächst potenzielle KI-Use Cases zugeordnet. Anschließend werden auf der Basis, der im Rahmen dieser Studie geführten Interviews die wichtigsten Use Cases im österreichischen Telekommunikationssektor identifiziert und analysiert.

Abbildung 7: Anwendungsbereiche von KI in der österreichischen Telekommunikation



Quelle: Eigene Darstellung, angelehnt an Lundborg et al. (2019)

⁴⁷ In einer Studie zum grundlegenden Einsatz von KI im Telekommunikationssektor, den möglichen Anwendungsbereichen und den sich daraus ergebenden regulatorischen Fragestellungen wurden 26 verschiedene Use-Cases identifiziert und kategorisiert. Der Einsatz von KI war vor allem durch Kosteneinsparungen („reasonable operating expense“) (OPEX) und „capital expenditures“ (CAPEX) sowie Ressourceneffizienz, insbesondere Energieeffizienz, getrieben. Als primären Anwendungsbereich von KI-Technologien wurde der Kundenservice ausgemacht. Vgl. Lundborg et al. (2019).

5.3 Analyse des KI-Einsatzes in Netzausbau bzw. -planung

Während die Netzplanung die strategische und technische Planung der Telekommunikationsinfrastruktur wie Bedarfsanalysen, Technologieauswahl oder Netztopologien umfasst, liegt der Fokus beim Netzausbau bei der praktischen Umsetzung, also den baulichen Maßnahmen wie der physischen Installation von Infrastrukturelementen, der Konfiguration der installierten Systeme und Komponenten sowie der Integration neuer Netzkomponenten in bestehende Netzwerke.

Eine KI-gestützte Netzplanung kann im Festnetz-Ausbau eine präzisere Modellierung der Baumaßnahmen ermöglichen bspw. durch die Erfassung des auszubauenden Gebiets mit Messfahrzeugen mit Kameras und Laserscannern, um digitale Modelle der Gebiete (bzw. Straßenabschnitte) zu erstellen und im Anschluss von KI-Systemen analysieren zu lassen.⁴⁸ So können Hindernisse und Kostentreiber schon bei der Planung der Verlegung von Glasfaser frühzeitig identifiziert und Gegenmaßnahmen getroffen werden. Die KI-gestützten Verfahren können damit auch für einen schnelleren Festnetz-Ausbau sorgen und Ausbaukosten und Personalbedarfe verringert werden.⁴⁹

Bei der Planung von Mobilfunkzugangnetzen können beispielsweise optimale Funkstandorte identifiziert und somit die Funknetzplanung verbessert werden.⁵⁰

Tabelle 1: Potentielle Anwendungsbereiche von KI im Bereich Netzausbau und -planung aus der Literatur⁵¹

Anwendungsbereich	Anwendungsbeschreibung
KI-gestützte Kanalmodellierung und -prognose (Mobilfunk)	Für die Kanalmodellierung werden 3D-Daten der physischen Umgebung verwendet, während historische Kanal- und nutzerspezifische Daten für die Kanalprognose aufbereitet werden, um das Kanalverhalten in Echtzeit abzuschätzen und alle Netzparameter entsprechend zu optimieren.
Optimierung der Strahlformung	Adaptives Beamforming in 5G und 6G Netzen, unterstützt durch neuronale Netze, hilft bei der Konfiguration des Beamforming sowohl offline als auch bei Bedarf in Echtzeit.
KI-basierte Funkausleuchtungsschätzung auf Straßenebene	Mit einer Genauigkeit der hochauflösenden 3D Modelle mit bis zu 20cm kann die Funkausleuchtung auf Straßenebene geschätzt werden. ⁵²
Glasfaserausbau mit KI (FTTH-Netzausbau)	Durch KI-gestützte Bilderkennung kann die Trassenplanung optimiert werden, während Bodenradardaten die bestehende Infrastruktur unter der Erde identifizieren und beim Ausbau berücksichtigen. Der KI-Algorithmus führt insbesondere Oberflächenanalysen zur Bewertung der Bodenbeschaffenheit durch (bspw. lockerer Boden, Gehwegplatten, Kopfsteinpflaster) und liefert so erste Vorabschätzungen, was insbesondere der Prozessbeschleunigung dienlich ist. Positiver Nebeneffekt bei der Glasfaserausbauplanung mittels KI ist, dass zusätzlich auch Erkenntnisse für den Mobilfunk (Abstrahlung, Reflektion) bei den Analysen gewonnen werden können. ⁵³

⁴⁸ Die KI wird für das Erkennen von unterschiedliche Oberflächen wie Asphalt oder Kopfsteinpflaster eingesetzt und kann bspw. prüfen, ob Bäume oder Straßenlaternen die neuen Glasfasertrassen kreuzen. Da rund 80 Prozent der Kosten laut der Deutschen Telekom für den Glasfaserausbau auf die Tiefbauarbeiten entfallen, ist es umso wichtiger, dass die erfassten Angaben in der Planungsphase möglichst exakt den realen Gebietszuständen entsprechen. Vgl. hierzu auch: Telekom (2024).

⁴⁹ Vgl. Vodafone (2024).

⁵⁰ Vgl. Ebd.

⁵¹ Aktualisierte Auflistung potenzieller Use Cases basierend auf Lundborg et al. (2019).

⁵² Vgl. Biza et al. (2024).

⁵³ Vgl. Vodafone (2024) und Telekom (2024).

Anwendungsbereich	Anwendungsbeschreibung
KI-basierte Entscheidungsfindung für die Funknetzplanung	Mithilfe von KI-Algorithmen kann auf Basis von vorhandenen Geoinformationen eine optimale Funkausstrahlung ermittelt werden, um so geeignete Standorte zu identifizieren. Als Informationen gehen beispielsweise exponierte Gebäude und deren Struktur sowie Erdoberflächen in ein 3D-Modell zu Analyse Zwecken und somit zur Entscheidungsfindung über geeignete Standorte ein. ⁵⁴
Indoor-Positionierung	KI-gestützte dynamische Indoor-Positionierung für optimale Standorte von Pico- und Femtozellen in 5G-Netzen.

Anwendungsbereiche im Bereich von Netzausbau und -planung der österreichischen Telekommunikationsunternehmen

Aus den Gesprächen mit den Vertretern der österreichischen Unternehmen aus der Telekommunikationsbranche geht hervor, dass der KI-Einsatz im Netzausbau oder in der Netzplanung gegenwärtig keine Priorität hat. Es werden grundsätzlich Potenziale für den Einsatz von KI in diesem Bereich gesehen – insbesondere bei datengetriebenen Modellierungen wie im Bereich des Glasfaserausbau, zur Abschätzung der Anschlussdichte (für die betriebswirtschaftliche Planung von Ausbaugebieten) sowie der intelligenten Funknetzplanung. Vor allem bestehen Potenziale darin, den Ausbau zu beschleunigen und Investitionen effizienter zu allokalieren.

Insgesamt haben die Betreiber Zurückhaltung geäußert. Ein Grund für das geringe Interesse sei, dass bereits in diesen Bereichen qualitativ hochwertige Softwarelösungen existieren, die ohne den Einsatz von KI auskommen und zufriedenstellende Ergebnisse liefern. Dies sei beispielsweise für die Funknetzplanung mit neuen Mobilfunkstandorten der Fall. Ein weiterer Grund sei, dass die Netze insbesondere im Mobilfunkbereich bereits weitgehend ausgebaut wurden. Ein Telekommunikationsbetreiber äußerte allerdings, dass man KI für die Abschätzung der Anschlussdichte einsetzt, weitere KI-Anwendungsfälle wurden in der Praxis nicht benannt.

Als weitere Hindernisse wurden aktuell zudem eine nicht ausreichende Datenintegrität und mangelnde Datenverfügbarkeit genannt. Für die Planung mit KI seien Daten erforderlich, die entweder nicht vorhanden seien, nur lokal oder regional vorlägen oder für die passende technische Schnittstellen fehlten, um die vorhandenen Daten weiterzuverarbeiten.

5.4 Analyse des KI-Einsatzes im Netzbetrieb bzw. -management

KI kann im Netzbetrieb und -management effektiv unterstützen, indem bspw. durch eine effizientere Nutzung der Radio Access Netzwerke (RAN) und Frequenzen weniger Basisstationen für die gleiche Verkehrsmenge benötigt werden. Dies ermöglicht es Netzbetreibern, bei sonst gleichen Bedingungen, Kosten zu sparen oder den Endkunden höhere Bandbreiten und Datenmengen anzubieten. Die gelieferte Qualität bleibt dabei mindestens gleich, verbessert sich oft sogar, während Kosten, Ressourcen und Energie eingespart werden. Besonders die Einsparung von Energie wird als Haupttreiber für Investitionen in KI-Systeme identifiziert, da die Energiekosten derzeit den größten Anteil der operativen Kosten von Netzbetreibern ausmachen.

⁵⁴ Vgl. Zhou et al. (2024) und Vodafone (2024).

Netzbetreiber verwenden KI bereits zum Lastausgleich und zur Zellenteilung bzw. -verbindung. Telekommunikationsausrüster setzen KI hingegen als unterstützendes System bei der automatisierten MIMO-Konfigurierung von Uplink- und Downlink-Kanälen ein.⁵⁵ Im Mobilfunk kann bspw. KI-gestützte Computer Vision mithilfe von Mustererkennung in Bildern die Installationen oder Wartungen von Mobilfunkstandorten dokumentieren und auf Fehler prüfen.⁵⁶

Tabelle 2: Potentielle Anwendungsbereiche von KI im Bereich Netzbetrieb und -management aus der Literatur⁵⁷

Anwendungsbereich	Anwendungsbeschreibung
Prognose des Mobilitätsverhaltens von Nutzern	KI-basierte Prognosen über die räumliche Dynamik der Nutzer und damit des lokalen Verkehrsbedarfs sowie der jeweils typischerweise abgerufenen Inhalte.
Synchronisierung von Anwendungen im RAN	KI-basierte Verfahren, die in Echtzeit die Datenübertragung auf der Anwendungsschicht in Abhängigkeit von den aktuellen Funkbedingungen optimieren.
Lastbalancierung und Zellteilung bzw. -verbindung	Durch die Analyse großer Datenmengen, auch netzexterner Daten wie Wetterprognosen, Veranstaltungen, Ferienzeiten etc. kann die Anzahl der Endgeräte an einem bestimmten Ort prognostiziert und intelligent auf die verfügbaren Funkzellen verteilt werden.
Konfiguration von Uplink- und Downlink-Kanälen (RAN)	KI-basierte Analysen können die Frage der Uplink/Downlink-Verteilung in 5G bei der Nutzung von MIMO auf Basis von Vorhersagen unter Berücksichtigung verschiedener Parameter beantworten.
Dark NOC	KI kann Prozesse wie die Anomalieerkennung und die dauerhafte Überwachung von Netzwerkaktivitäten im Network Operations Center (Kontrollzentrum) hoch automatisieren und einen Netzbetrieb mit minimalen menschlichen Eingriffen ermöglichen (sog. Dark NOC). Mit steigenden Autonomiegraden sollen die KI-Systeme zudem zukünftig in der Lage sein, Probleme selbstständig (autonom) in Echtzeit zu beheben.
Powermanagement	Durch den Einsatz moderner vernetzter IoT-Technologien und fortschrittlicher Datenverarbeitung können Netzwerke kontinuierlich überwacht und optimiert werden, um den Energieverbrauch zu senken. Die Implementierung energieeffizienter Hardware, die Nutzung erneuerbarer Energien und die intelligente Steuerung von Netzwerkressourcen tragen zusätzlich dazu bei, den Energiebedarf zu reduzieren und gleichzeitig die Leistungsfähigkeit und Zuverlässigkeit der Kommunikationsdienste sicherzustellen. ⁵⁸
KI-gestützte Optimierung der Verbindungsanpassung	Basierend auf historischen Daten über Kanalbedingungen und zugehörigen Leistungsindikatoren wird das optimierte Kodierungsschema und die optimale Anzahl von Datenströmen pro Nutzer ermittelt.
Selbstorganisierende Netze	KI-gestützte Selbstoptimierung von Netzen hinsichtlich Abdeckung, Kapazität, Handover und Interferenz der genutzten Funkfrequenzen.
KI-gestützte Analyse des Zusammenspiels von Versorgungsnetzen und Funknetzen	Durch die Analyse großer Mengen dieser Leistungsdaten beider Netzsegmente können neue Erkenntnisse über Engpässe gewonnen werden. Ziel ist es, das Zusammenspiel von Zubringer- und Funknetzen dynamisch zu optimieren.
Intelligente Speicherung von Netzdaten	Beim Betrieb von 5G-Mobilfunknetzen fallen in den Netzknoten große Datenmengen an, die meist aufgrund begrenzter Speicherkapazitäten in Echtzeit oder zeitnah verarbeitet und anschließend wieder gelöscht werden müssen. Mithilfe von KI könnten dynamische Regeln für die Speicherung und Löschung unter Berücksichtigung der Vorschriften zur Vorratsdatenspeicherung definiert werden.
Intent-based Networking und Automated Reasoning in 5G und 6G	Potenziale von KI für Intent-based Networking und Automated Reasoning, insbesondere im Bereich Business Management, Service Management, Netzwerklebenszyklusmanagement und Netzwerkinfrastrukturmanagement. Konventionelle Operations &

⁵⁵ Vgl. Lundborg et al. (2019).

⁵⁶ Vgl. Vodafone (2024).

⁵⁷ Aktualisierte Auflistung potenzieller Use Cases basierend auf Lundborg et al. (2019).

⁵⁸ Vgl. Ezeigweneme et al. (2024).

Anwendungsbereich	Anwendungsbeschreibung
	Management (O&M) -Lösungen reichen bei der komplexen 5G-Netzwerkstruktur nicht mehr aus, was KI zur Automatisierung und Optimierung notwendig macht, trotz technischer Herausforderungen wie steigender Netzwerkkomplexität, proprietären Daten, fehlenden Standards und mangelnden annotierten Datensätzen. ⁵⁹
Predictive Maintenance	KI kann für verbesserte Dienstleistungsservice eingesetzt werden, um bspw. den technischen Zustand der Geräte zu dokumentieren und Ausfälle auf der Grundlage gesammelter Daten vorherzusagen. Darüber hinaus können Kommunikationsdienstleister KI Ausfälle in der Kundenkommunikationsinfrastruktur wie Mobilfunkmasten, Versorgungsleitungen, Server in Rechenzentren und Set-Top-Boxen vorhersagen und verhindern. ⁶⁰
Langfristige Verkehrsprognose und -modellierung	Präzisere, datenbasierte und dynamische Prognosen optimieren die Verkehrswachstumsmodelle, indem sie die sich ändernden räumlichen Bewegungen (z.B. in Zusammenhang mit selbstfahrenden Autos) und Dienstnutzungen der Nutzer berücksichtigen. ⁶¹
KI-basiertes Fehlermanagement-Framework für O-RAN	Autonomes -Fehlermanagement, das aus drei Stufen besteht: Erkennung von Fehlalarmen, Klassifizierung von Mustern sowie automatische Wiederherstellung. ⁶²
KI-basierte Optimierung von Kanalzustandsinformationen	KI-gestützte Klassifizierung von Kanalzustandsinformationen, um dadurch Übertragungskonfigurationen, Ressourcen und wichtige Signalverarbeitungsmodulare zu optimieren. ⁶³
Föderiertes Lernen in 6G-Netzwerken	Föderiertes Lernen ist aktuell eines der populärsten Architekturen für verteilte KI-Ansätze in drahtlosen Kommunikationsnetzwerken. Es kann bspw. für dynamisches Spectrum Sharing (Dynamic Spectrum Access, DAS) in drahtlosen 6G-Mobilfunknetzwerken verwendet werden, indem KI-Lernalgorithmen auf Endgeräten lokal eingesetzt werden und diese lediglich optimierte Modellparameter an globale KI-Modelle weitergeben. ⁶⁴
KI für Identifizierung von Betrugsfällen und Anomalien	Potenziale bestehen auch hinsichtlich der analytischen Fähigkeiten von KI, um u.a. gegen Betrug in der Telekommunikationsbranche vorzugehen. Telekommunikationsbetrug, wie unbefugter Netzwerkzugriff und betrügerische Konten, kann mit Hilfe von KI und maschinellem Lernen erheblich reduziert werden, indem Anomalien in Echtzeit erkannt werden. ⁶⁵
Bewertung von KI-Modellen in realistischen Umgebungen	KI-gestützte Evaluation von KI-Modellen, die Leistung, Verwundbarkeit und Sicherheit in O-RAN in realistischen Umgebungen bewerten. Es werden sowohl Software-Simulationstests als auch Tests mit softwaredefinierten Funkgeräten unterstützt und dadurch schnelle Machbarkeitsprüfungen und experimentelle Forschung auf einer drahtlosen Plattform ermöglicht. ⁶⁶

Anwendungsbereiche im Bereich Netzbetrieb und -management der österreichischen Telekommunikationsunternehmen

In den Interviews mit den Betreibern wurden eine Vielzahl an Anwendungen genannt, darunter Powermanagement zur Steigerung der Energieeffizienz, autonome Netzüberwachung (als „Dark NOC“ bezeichnet), Predictive Maintenance zur Vermeidung von Netzausfällen und Verkehrsmodellierung zur Optimierung der Netze.

⁵⁹ Vgl. Xin et al. (2023).

⁶⁰ Vgl. Slimani et al. (2024).

⁶¹ Vgl. Brillhante et al. (2023) und Lundborg et al. (2019).

⁶² Vgl. Mukherjee et al. (2023).

⁶³ Vgl. Li et al. (2023).

⁶⁴ Vgl. Jere et al. (2023).

⁶⁵ Vgl. Slimani et al. (2024).

⁶⁶ Vgl. Tang et al. (2023).

Powermanagement

Energiemanagement im Telekommunikationssektor spielt eine entscheidende Rolle bei der Reduzierung von Betriebskosten und der Minimierung des ökologischen Fußabdrucks. Durch den Einsatz moderner Netzelemente sowie Datenverarbeitungsmethoden können Netzwerke kontinuierlich überwacht und optimiert werden, um beispielsweise den Energieverbrauch zu senken. Maßnahmen wie die Implementierung energieeffizienter Hardware, die Nutzung erneuerbarer Energien und die intelligente Steuerung von Netzwerkressourcen tragen zusätzlich dazu bei, Energiebedarfe zu reduzieren und gleichzeitig die Leistungsfähigkeit und Zuverlässigkeit der Kommunikationsdienste zu gewährleisten.⁶⁷

Laut der befragten Unternehmen hat die Implementierung von KI-Anwendungen für ein besseres Powermanagement hohe Priorität. Schon heute seien Modelle zur dynamischen Abschaltung von Netzelementen außerhalb der Peak-Zeiten weit fortgeschritten, indem bestimmte Basisstationen, Frequenzen bzw. Kanäle oder Netzkomponenten individuell abgeschaltet oder in ihrer Leistung reduziert werden können.

Die Unternehmen weisen darüber hinaus darauf hin, dass sie zwar grundsätzlich Einsparungen erzielen könnten, allerdings Versorgungsauflagen eingehalten werden müssten.⁶⁸ Zudem sei aktuell die mangelnde Reliabilität der KI-Lösungen ein Problem, da die KI-Modelle nicht konstant die gleichen Ergebnisse erzielen würden. Bei gezielten Abschaltungen müsste die Zuverlässigkeit des Netzes zu jedem Zeitpunkt gewährleistet werden, was einen KI-Einsatz bisher folglich erschwert bzw. die Effizienzgewinne solcher Lösungen einschränkt.

Dark NOC (Netzüberwachung und Betrieb)

Unter einem Dark Network Operations Center (Dark NOC) wird im Telekommunikationssektor ein hochautomatisiertes Kontrollzentrum verstanden, das mit minimalem menschlichen Eingriff betrieben wird. Um Netzwerkaktivitäten rund um die Uhr zu überwachen, Anomalien zu erkennen und Probleme in Echtzeit zu beheben, greifen Betreiber immer häufiger auf fortschrittliche computergestützte Automatisierungsverfahren zurück wie beispielsweise das maschinelle Lernen.

Die Netze werden bereits heute mithilfe klassischer Algorithmen im Bereich des maschinellen Lernens insbesondere der Anomalieerkennung überwacht, um Störungen frühzeitig zu identifizieren. Laut der befragten Unternehmen würde ein (vollständig) automatisiertes Betreiben eines NOCs dessen Effizienz erhöhen, indem es die Betriebskosten reduziert und die Reaktionszeiten auf Netzwerkvorfälle verkürzt.

Aktuell sei es teilweise schon möglich, die Zeitspanne von Störungsauftritt bis zur Identifikation von Minuten auf Sekunden zu senken. Bei Standardfällen seien die Anwendungen bereits so fortgeschritten, dass ein KI-Modell nicht nur die Störung in kürzester Zeit entdeckt, sondern auch die Störung an die Service Mitarbeiter kommuniziert und sogar Empfehlungen ausspricht, welche Netzteile ausgetauscht werden sollen.

⁶⁷ Vgl. Ezeigweneme et al. (2024).

⁶⁸ Gemäß der Neuregelung der jüngsten TKG Novelle kommt den Betreibern ein Antragsrecht zu, auf dessen Grundlage die zuständige Behörde Versorgungsverpflichtungen insbesondere auch im Hinblick auf Energieeffizienz ändern kann. Vgl. hierzu:
https://www.ris.bka.gv.at/Dokumente/BgblAuth/BGBLA_2024_I_75/BGBLA_2024_I_75.html [30.08.2024]

In Anbetracht zukünftiger Entwicklungen in den Netzbereichen 5G und 6G insbesondere hinsichtlich der Komplexität und Fülle der Informationen, die verarbeitet werden müssen, rückt der Einsatz von aktuellen KI-Anwendungen immer stärker in den Fokus.⁶⁹

Die befragten Unternehmen setzen bereits jetzt einige KI-Anwendungen im NOC Bereich ein, wobei es sich vorrangig um Hybridmodelle handelt, die konventionelle Datenanalyse und KI-Elemente beinhalten. In den kommenden Jahren rechnen die Unternehmen allerdings damit, KI stärker einzubinden und dadurch ein hochautomatisiertes Dark NOC betreiben zu können. Es soll insbesondere zu einer höheren Netzverfügbarkeit durch frühzeitiges Erkennen von Netzausfällen und -störungen mittels Anomalieerkennung führen.

Mit einem teilautonomen NOC, dass das menschliche Eingreifen auf das Monitoring reduziert, rechnen die Unternehmen in frühestens 2-3 Jahren, wobei ein vollständig KI-gesteuertes NOC in mindestens 10 Jahren realisierbar sein könnte.

Die Unternehmen äußern zudem Bedenken, ob ein vollständiger Autonomiegrad eines KI-Systems im Bereich des Dark NOCs überhaupt erreicht werden kann. Die hohe Komplexität der Telekommunikationsnetze erschwere es immens, Fehlerquellen zu identifizieren, häufig sei nicht ersichtlich, von welchem Netzelement eine Störung ausginge.

Predictive Maintenance

Einen Schritt weiter als Dark NOC geht Predictive Maintenance. Mithilfe von Predictive Maintenance soll im Telekommunikationssektor der Zustand von Netzwerkkomponenten kontinuierlich überwacht und potenzielle Ausfälle vorhergesagt werden können. Durch die frühzeitige Identifizierung von Problemen können Wartungsmaßnahmen proaktiv und gezielt durchgeführt werden, was die Ausfallzeiten minimiert und die Lebensdauer der Geräte verlängern soll. Diese vorausschauende Wartungsstrategie bietet das Potenzial einer höheren Netzstabilität, verbesserter Betriebseffizienz und sinkender Wartungskosten. Allerdings ist die Vorhersage von Ausfällen aufgrund des komplexen Zusammenspiels vieler Komponenten komplex und lässt sich nicht ohne Weiteres mit klassischen Machine Learning Ansätzen lösen.⁷⁰

Die befragten Unternehmen sehen erhebliche Potenziale im Bereich Predictive Maintenance. Zwar seien bereits Investitionen getätigt worden, man befinde sich allerdings in einem frühen Stadium, da es sich um einen hochkomplexen Anwendungsbereich handle. Ein vorausschauendes Identifizieren von drohenden Ausfällen in der Telekommunikationsinfrastruktur noch bevor beim Kunden überhaupt eine Störung anfällt, sei auf absehbare Zeit nicht möglich. Aus diesem Grund sei als Zwischenziel vorgesehen, zumindest zeitgleich mit den betroffenen Kunden vom Schaden zu erfahren (siehe Dark NOC). In einem nächsten Schritt wird der Fokus dann auf dem Prognostizieren von Geräteschäden und -ausfällen liegen.

Neben der Herausforderung komplexer Daten fehlt es insbesondere kleineren Telekommunikationsunternehmen an einer adäquaten Datenbasis, um KI-Systeme für Predictive Maintenance erfolgreich zu trainieren. Zusätzlich mangelt es an Qualitätssicherung und einer geringen Reliabilität aktueller KI-Systeme in diesem Bereich. Darüber hinaus bestehen zudem datenschutzrechtliche Bedenken bei der Verarbeitung sensibler (personenbezogener) Daten an den Endpunkten (zum Beispiel Smartphones und Router).

⁶⁹ Vgl. Gizelis et al. (2023) und Yendluri et al. (2023).

⁷⁰ Vgl. Rahaman et al. (2024) und Rojek et al. (2023).

Eine ausreichend große und qualitative Datenbasis für das Predictive Maintenance könnte laut der Unternehmen beispielsweise durch eine stärkere Vernetzung und das unternehmensübergreifende Teilen von Daten erreicht werden, was durch Netzbetreiber organisiert werden könnte.

Verkehrsmodellierung

Die Verkehrsmodellierung vereint die Analyse und Simulation des Datenverkehrs innerhalb eines Kommunikationsnetzwerks sowie die Vorhersage und Bewertung von Datenflüssen, die Bestimmung von Engpässen und die Optimierung der Netzwerkressourcen. Das Ziel ist eine effiziente und zuverlässige Datenübertragung zu gewährleisten. Die Modellierung nutzt statistische Methoden, Simulationstools und maschinelles Lernen, um das Verhalten der Kunden zu verstehen und Netzwerkkapazitäten entsprechend zu planen und zu verwalten. Ziel ist es, die Netzwerkleistung zu optimieren und dadurch eine effiziente reibungslose Kommunikation auch bei hohem Datenaufkommen sicherzustellen.

Die befragten Unternehmen sehen Potenziale insbesondere in der Integration von KI in Simulationsmodelle zur intelligenten Frequenzplanung. Mithilfe einer adäquaten Datenbasis lassen sich mit KI Muster im Verkehrsaufkommen und in Verkehrsströmen erkennen, wodurch bspw. die Bereitstellung und der Einsatz von Frequenzen in Mobilfunknetze (z.B. durch intelligentes Beam-Forming, Konfiguration der Frequenz-Kanäle und Massive MIMO) optimiert werden kann.

Laut den Unternehmen findet ein Einsatz von Big Data-Analysen und einfachen statistischen Methoden schon seit einiger Zeit statt, um beispielsweise das Verkehrsaufkommen zu modellieren und die Netze entsprechend aufzurüsten. Inkrementell werden nun KI-Modelle punktuell implementiert, wobei aktuell die Datenintegrität (die Datenqualität und Datenverarbeitung) zu erheblichen Verzögerungen in der Implementierung führt. Zudem sei auch im Bereich Verkehrsmodellierung die Reliabilität der Simulationsmodelle mit KI noch zu lösen, weshalb die Unternehmen bisher nur begrenzt auf KI-Lösungen zugreifen würden.

5.5 Analyse des KI-Einsatzes im Bereich Quality of Service

Im Telekommunikationsbereich gibt es seit vielen Jahren Bestrebungen, die QoS-Klassen (Quality of Service) genau auf die Bedürfnisse der Kunden abzustimmen. Die QoS-Steuerung (Quality of Service) gewährleistet dabei, dass jede Netzwerkschicht spezifische Leistungsmerkmale wie Bandbreite, Latenz und Zuverlässigkeit erhält, um den Anforderungen der jeweiligen Anwendung gerecht zu werden und eine konsistente Benutzererfahrung zu garantieren.,

Differenzierungsansätze versprechen insbesondere im Kontext der Knappheiten im RAN (Radio Access Network) deutlich mehr Erfolg als „One Size Fits All“-Leistungspakete, die oft zu Überbuchungen oder ungenutzten Kapazitäten führen. Um die Bedürfnisse der Nutzer besser zu verstehen und passgenaue Netzleistungen anbieten zu können, könnten zukünftig KI-gestützte Analysen und Netzsteuerungen vielversprechend sein. KI ermöglicht es, die Netzressourcen effizienter einzusetzen und die QoS-Klassen optimal zu gestalten.⁷¹

71 Vgl. Lundborg et al. (2019).

Network Slicing (eingeführt mit 5G) im Telekommunikationsbereich geht einen Schritt weiter. Network Slicing ist eine Technologie-Anwendung, die es ermöglicht, ein physisches Netzwerk in mehrere virtuelle Netzwerke zu unterteilen, die jeweils unterschiedliche Anforderungen und Dienste unterstützen. Dadurch wird eine bedarfsgerechte Bereitstellung von Ressourcen für verschiedene Anwendungen ermöglicht, wie etwa IoT, mobile Breitbanddienste und kritische Kommunikationsdienste. KI kann die Erstellung und Verwaltung von Netzwerkslices automatisieren, indem sie Echtzeitdaten analysiert und die Netzwerkressourcen dynamisch zuweist. Zusätzlich kann KI die Performance-Metriken analysieren und Anpassungen vornehmen, um sicherzustellen, dass die Anforderungen der einzelnen Slices auch bei wechselnden Netzlasten und -bedingungen erfüllt werden.

Tabelle 3: Potentielle Anwendungsbereiche von KI im Bereich Quality-of-Service aus der Literatur⁷²

Anwendungsbereiche	Anwendungsbeschreibung
Network Slicing	KI könnte im Zusammenhang mit Network Slicing eine Schlüsselrolle bei der Lösung einer Reihe von Herausforderungen spielen, wie z.B. der Gruppierung von Diensten und der entsprechenden Verteilung auf Slices, der Klassifizierung von Diensten und möglicherweise der Priorisierung im Hinblick auf minimale QoS-Garantien, der vorausschauenden Zuweisung oder Neuzuweisung von Benutzern zu Slices auf der Grundlage der bisherigen Benutzeraktivität und der Systemdynamik. Zukünftige „Network Slices“ sollen die Qualität durchgängig über alle Netzebenen garantieren (heute erfolgt dies nur im (Funk-)Anschlussnetz). Gleichzeitig können KI-Modelle permanent das Nutzungsverhalten beobachten, um daraus Schlüsse für die beste Ressourcenallokation aller Netzelemente zu ziehen. ⁷³
Verkehrsklassifizierung bzw. QoS-Steuerung	Um QoS zu ermöglichen, kann KI kontinuierlich die Verkehrsmengen der verschiedenen Dienste bewerten.
Radio Resource Management in Network Slicing (RRM-NS)	Durch den Einsatz von KI kann zukünftig eine Echtzeitsynchronisation der optimalen Zuordnung von Funkressourcen zu Dienstanforderungen autonom erfolgen und die Ressourcenzuordnung dynamisch an die jeweilige Dienstanforderung angepasst werden.
Multi-Service-Anwendungen in Industrienetzwerken	KI-Modelle können die Bereitstellung von Diensten über ein konvergentes Industrienetzwerk mit Zugriff sowohl von 5G- als auch von passiven optischen Netzwerk (PON)-Benutzern ermöglichen. Bspw. wird dadurch die Qualität der Dienste erheblich verbessert und erlaubt Netzwerk-Slicing für eine effiziente Ressourcenfreigabe zwischen verschiedenen Diensten. ⁷⁴
Quality of Experience (QoE)	KI-Vorhersagemodelle können die Quality of Experience prognostizieren und die Energieeffizienz für 5G- und B5G-Netzwerke verbessern. Mit KI-gestützter Datenanalyse unter Berücksichtigung von Daten aus dem Netzwerk-Slicing und Edge-Computing-Technologien können leistungsübergreifende Echtzeitdaten gesammelt und Netzwerkressourcen effizient zugewiesen werden. ⁷⁵
Konfiguration und Bereitstellung von logischen/virtuellen Netzwerken (SD-WAN)	Flexibles Design von Diensten mithilfe KI-unterstützter Auswahl von Designvorlagen basierend auf konkreten Kundenanforderungen.

⁷² Aktualisierte Auflistung potenzieller Use Cases basierend auf Lundborg et al. (2019).

⁷³ Dass Network-Slicing nicht nur die Ressourcenteilung zwischen verschiedenen Diensten ermöglicht, sondern auch die Dienstqualität verbessern kann, zeigt bspw. ein aktueller Feld-versuch in einem von China Telecom betriebenen Fertigungsnetzwerk. Das vorgeschlagene Modell ermöglicht Multi-Service-Anwendungen über ein konvergentes industrielles Netzwerk mit Zugang sowohl für 5G- als auch für Passive Optical Network (PON)-Nutzer. Vgl. Luo et al. (2023).

⁷⁴ Vgl. Luo et al. (2023).

⁷⁵ Vgl. Kao et al. (2023).

Anwendungsbereiche im Bereich von Quality of Service der österreichischen Telekommunikationsunternehmen

Network-Slicing und QoS- Steuerung

Die befragten Unternehmen schätzen einen Einsatz von KI im Bereich Network-Slicing und Quality of Service als grundsätzlich möglich ein. Sie erkennen zwar das Potenzial von KI, eine dynamischere Differenzierung der Datenpakete zu ermöglichen, allerdings wird die Implementierung nicht priorisiert, daher werden aktuell keine konkreten Anwendungsfälle geplant.

In einem Interview wurden konkret Probleme mit der Regulierung von Netzneutralität genannt. Diese Regulierung müsse bei der Implementierung von KI-gesteuertem QoS-Management berücksichtigt werden, da prinzipiell das Recht auf eine Basisleistung ohne Qualitätseinschränkungen für Nutzer und Dienste bestehe. Diese Neutralität stehe in Konflikt mit Priorisierungen von Kunden oder Diensten im Netz, welche QoS-Steuerung ermöglicht.

5.6 Analyse des KI-Einsatzes für das Kundenmanagement

In Umfragen mit Unternehmen zeigt sich ein zunehmender Einsatz von KI im Kundenmanagement (Kundenbetreuung bzw. -support, Rechnungsstellung, etc.). Insbesondere generative KI (GenAI) kann beispielsweise für Spracherkennung, Speech-to-Text (Transkription), autonome und automatische Beantwortung von Serviceanfragen und personalisierten Empfehlungen zur Optimierung von Serviceleistungen eingesetzt werden, wobei der Bereich Customer Experience das größte Potenzial zeigt.⁷⁶

Mithilfe der Analyse von Kundendaten können personalisierte Empfehlungen und Angebote erstellt und gleichzeitig viele Routineaufgaben wie die Bearbeitung von Anfragen automatisiert werden. Hier hat KI erhebliches Potenzial für Kosteneinsparungen und Gewinnsteigerungen.

Eine kontinuierliche Auswertung von Kundeninteraktionen mittels bspw. LLMs schaffe ebenfalls die Möglichkeit, potenziellen Kundenabwanderungen zuvorzukommen. Aktuelle Herausforderungen sind allerdings der Mangel an Know-how und Personal, was für eine träge Adoption und Implementierung von KI sorgt.

⁷⁶ Vgl. State of AI in Telco, Nvidia (2024).

Tabelle 4: *Potentielle Anwendungsbereiche von KI im Bereich des Kundenmanagements aus der Literatur⁷⁷*

Anwendungsbereiche	Anwendungsbeschreibung
Large-Language-Modelle für das Kundenmanagement (Voice of Customer)	Mittels Large-Language-Modellen und Retrieval-Augmented Generation KI-Systemen ⁷⁸ können Kundenanfragen festgehalten und analysiert und automatisiert weiterverarbeitet werden. Präzise Abfragen zu spezifischen Informationen können im Vergleich zu konventionellen Dokumentationsmanagementsystemen deutlich effizienter und schneller beantwortet werden. ⁷⁹
Chatbots	Chatbots, auch als „virtuelle Assistenten“ bekannt, automatisieren und skalieren einzelne Interaktionen (mit den Kunden). Sie entlasten Mitarbeitende von Anfragen zur Hilfe bei Einrichtung, Konfiguration, Fehlerbehebung und routinemäßiger Wartung. ⁸⁰
AI-Generated Content (AIGC) in mobilen Edge-Netzwerken	KI kann als automatisierte Methode für das Generieren, Manipulieren und Modifizieren von Content verwendet werden. Die Bereitstellung von Language- und Vision-Modellen wie ChatGPT und Dall-E in mobilen Edge-Netzwerken bietet das Potenzial, personalisierte und angepasste AIGC-Dienste in Echtzeit für die Nutzer bereitzustellen und gleichzeitig ihre Privatsphäre zu wahren, indem das Pre-Training und Finetuning der KI-Modelle auf der Cloud, die Datengenerierung und Inferenz auf dem mobilen Netzwerk und dem Endgerät stattfinden. ⁸¹
Customer Service	Unterstützung und Substitution des Personals durch virtuelle Service Agenten (Large-Language Modelle mit Sprachein- und ausgabe). ⁸²
Churn-Analyse	Im Bereich der Churn-Analysen im Telekommunikationssektor konzentriert man sich auf die Vorhersage und Analyse von Kundenabwanderung. Durch die Auswertung historischer Daten mithilfe von KI zu Kundenverhalten, Vertragslaufzeiten, Nutzungsmustern und Kundenzufriedenheit können Unternehmen frühzeitig potenzielle Abwanderungen identifizieren und gezielte Maßnahmen zur Kundenbindung entwickeln. ⁸³
Konfiguration und Bereitstellung von logischen/virtuellen Netzwerken (SD-WAN)	Flexibles Design von Diensten basierend auf KI-unterstützter Auswahl von Designvorlagen basierend auf konkreten Kundenanforderungen.
KI on-Device	KI, die bereits auf den Endgeräten der Verbraucher installiert ist, kann den Bedarf an Cloud-Anwendungen reduzieren (oder im Idealfall überflüssig machen).

Anwendungsbereiche im Bereich von Kundenmanagement der österreichischen Telekommunikationsunternehmen

Es gibt bereits jetzt eine Vielzahl von KI-Anwendungen im Bereich des Kundenmanagements, die branchenunabhängig zum Einsatz kommen. Die Telekommunikationsbranche ist allerdings ein besonderer Fall, da einerseits seit vielen Jahren klassisches maschinelles Lernen angewendet und Big-Data Know-how in den Unternehmen aufgebaut wird, andererseits die Datenverarbeitung im Bereich Telekommunikation stark reguliert ist. Zu den interessantesten Anwendungsbereichen von KI bei den befragten

⁷⁷ Aktualisierte Auflistung potenzieller Use Cases basierend auf Lundborg et al. (2019).

⁷⁸ Retrieval-Augmented Generation Modelle kombinieren die Fähigkeit großer Sprachmodelle, natürliche Sprache zu verstehen und zu generieren, mit der gezielten Informationsbeschaffung aus externen Datenquellen. Sie ermöglichen präzisere und kontextbezogene Antworten, indem sie relevante Informationen in Echtzeit abrufen und in ihre Generierungen integrieren. Dadurch können Retrieval-Augmented Generation-Modelle die Effizienz und Genauigkeit von Wissensmanagementsystemen erheblich verbessern. Vgl. Zhao et al. (2024).

⁷⁹ Vgl. Zhou et al. (2024).

⁸⁰ Vgl. Slimani et al. (2024).

⁸¹ Vgl. Xu et al. (2024).

⁸² Vgl. Zhou et al. (2024).

⁸³ Vgl. Chang et al. (2024).

österreichischen Telekommunikationsunternehmen zählen derzeit Chatbots, das Management der Nutzererfahrung und Churn-Analysen.

Chatbots

Chatbots sind automatisierte (mobile oder Web-) Applikationen, die im Customer Service Kundenanliegen automatisiert bearbeiten und beantworten. Üblicherweise bieten sie rund um die Uhr Support, lösen häufige Probleme, führen Serviceanfragen durch und können einfache technische Unterstützung leisten. In der Vergangenheit kamen sie auch im Bereich der Telekommunikation häufig zum Einsatz, allerdings hauptsächlich aufbauend auf regelbasierten Systemen, die vordefinierte Skripte und Entscheidungsbäume nutzen, um Kundenanfragen zu beantworten. Diese Interaktionen folgen festen, programmierten Abläufen, wobei der Chatbot Antworten aus einem begrenzten Set von Möglichkeiten auswählt, ausgehend von Schlüsselwörtern oder einfachen Eingaben der Benutzer. Chatbots dieser Art sind weniger flexibel und können nur auf spezifische, vorab festgelegte Fragen und Situationen reagieren.⁸⁴

Im Zuge der Einführung von KI und insbesondere Large-Language Modellen werden zunehmend fortschrittliche maschinelle Lernalgorithmen wie Deep Learning verwendet, um natürliche Sprache zu verstehen und zu generieren. Diese Large-Language Modelle ermöglichen weitaus dynamischere, intelligenter und benutzerfreundliche Interaktionen im Vergleich zu ihren regelbasierten Vorgängern.

Laut der befragten Unternehmen sind Chatbots auf Basis von Large-Language Modellen in der Planung (beispielsweise ein „Ask me anything“-Bot als ein automatisiertes Kundenbetreuungssystem). Durch den Einsatz von Chatbots versprechen sich die Unternehmen langfristig die Reduzierung von Personalkosten sowie ein automatisiertes Kundenbetreuungssystem.

Aktuell sind ausschließlich auf LLMs basierende Chatbots jedoch noch nicht im Einsatz, da vor allem weiterhin Probleme wie Halluzinationen⁸⁵ bei generativen Sprachmodellen bestehen. Ein weiteres Hemmnis stellen die regulatorischen Vorgaben zu Kundendaten und personenbezogenen Daten (TKG, DSGVO) dar, die eine Nutzung aller vorhandenen Daten bei den Betreibern erschweren.

Eine weitere Herausforderung stellen die hohen qualitativen Anforderungen an die Trainingsdaten der KI-Systeme dar, damit diese den Kunden bedenkenlos bereitgestellt werden können. Für eine erfolgreiche Umsetzung bedürfe es viel Arbeitsaufwand und Know-How in diesem Bereich. Nichtsdestotrotz würden die befragten österreichischen Unternehmen aktiv daran arbeiten, Kundensupport in Zukunft, soweit wie möglich, mit LLMs bzw. Retrieval-Augmented Generation KI-Systemen (RAGs)⁸⁶ zu betreiben.

⁸⁴ Vgl. Slimani et al. (2024).

⁸⁵ Unter „Halluzinationen“ generativer KI-Systeme versteht man das Generieren von Informationen, die plausibel erscheinen aber faktisch falsch oder irreführend sind. Diese „Halluzinationen“ entstehen, weil die KI versucht, auf der Basis von Wahrscheinlichkeiten aus den gelernten Daten Output zu generieren. Dieser muss aber nicht notwendigerweise wahr oder akkurat sein. Vgl. Tonmoy (2024).

⁸⁶ Retrieval Augmented Generation (RAG) Modelle sind KI-Systeme zur Verbesserung der Qualität von Antworten von Large Language Modellen durch die Integration externer Wissensquellen. Indem RAGs den Large Language Modellen zum Prompt (der Anweisung an das Modell) zusätzlich externe Wissensquellen mitgeben, ergänzen sie die interne Repräsentation von Informationen durch das LLM. RAGs verbessern so die Genauigkeit und Relevanz der Ergebnisse im Vergleich zu konventionellen Large Language Modellen. Sie können auf diese Weise auf Wissensdatenbanken außerhalb ihrer Trainingsdatenquellen verweisen, ohne dass man sie auf diesen neu trainieren muss. Vgl. Zhao (2024).

User Experience

Die Messung der User Experience (Benutzer bzw. Kundenerfahrung) im Telekommunikationssektor umfasst die Messung und Analyse der Netzleistung an verschiedenen Endpunkten wie Endgeräten, Routern und Netzwerkknoten, um die tatsächliche vom Endkunden empfundene Netzleistung zu ermitteln.

An der Schnittstelle zwischen Kundenbereich und Netzwerkinfrastruktur (z.B. in Endgeräten wie Smartphones und Endkundenrouter, gegebenenfalls ergänzt um Inputs aus dem Kundenmanagement) werden QoS-Kennzahlen wie Latenzzeiten, Bandbreiten, Verfügbarkeit und Jitter gemessen, was von KI-Systemen genutzt werden kann, um die Gesamterfahrung der Nutzer zu bewerten und zu optimieren. KI-Systeme sind insbesondere hierfür geeignet, da große Datenmengen in Echtzeit ausgewertet und autonome Entscheidungen getroffen werden können.⁸⁷

Bisher werden KI-Anwendungen im Bereich der User Experience in der Telekommunikation noch nicht eingesetzt. Die befragten Unternehmen greifen hauptsächlich auf klassische Machine-Learning-Verfahren und einfache Datenanalysen zur Bewertung der Netzleistung zurück. Zukünftig streben sie allerdings autonomere KI-Methoden für verbesserte Kundenerfahrung durch den verstärkten Einsatz von KI-Technologien an.

Mit der Messung in den Endgeräten und der Zusammenführung der Daten aus verschiedenen Quellen fallen viele personenbezogene Daten an und die Daten eignen sich sehr gut für ein Profiling der Kunden. Die Nutzung von personenbezogenen Daten fällt unter DSGVO und das Profiling an sich sei nach dem AI Act verboten. Daher sind Unternehmen aktuell noch auf der Suche nach angemessenen Lösungen für den Umgang mit sensiblen Daten wie individuellen Netzwerkinformationen, weshalb bisher keine neuartigen KI-Anwendungen im Bereich der User Experience zur Anwendung kommen.

Churn-Analyse

Die Telekommunikationsanbieter haben Anreize die bestehenden Kunden möglichst lange zu halten, da die Neukundenakquisition mit Kosten verbunden ist. Mit Churn-Analysen können sie herauszufinden, welche Kunden eine überdurchschnittliche starke Wechselbereitschaft haben, um ebendiesen besonders attraktive Angebote zu unterbreiten.

Mithilfe von historischen Daten zu Kundenverhalten, Vertragslaufzeiten, Nutzungsmustern und Kundenzufriedenheit können Unternehmen frühzeitig potenzielle Abwanderung erkennen und gezielte Maßnahmen zur Kundenbindung entwickeln. Die Analysen dieser Informationen spielen eine zentrale Rolle bei der Optimierung von Marketingstrategien und dem Erhalt langfristiger Kundenbeziehungen in einem wettbewerblichen Marktumfeld mit kurzen Vertragslaufzeiten.⁸⁸

Daten im Hintergrund von Apps oder Endgeräten, um das Kundenverhalten und die Kundenzufriedenheit zu analysieren, werden bereits (mit Zustimmung der Kunden) von den befragten Unternehmen unter Berücksichtigung von DSGVO und TKG erhoben und liegen in einem hohen Umfang vor. Allerdings

⁸⁷ Vgl. Slimani et al. (2024) und Bariah et al. (2024).

⁸⁸ Vgl. Chang et al. (2024) und Abdullaev et al. (2023).

werden für die Datenauswertung bisher vor allem klassische KI-gestützte Datenanalysen genutzt, modernere KI-Methoden sind dennoch bereits in Planungs- bzw. der Umsetzungsphase.

Die Vorteile von KI-gestützten Churn-Analysen für die Telekommunikationsunternehmen sind unter anderem:

- KI-Systeme eignen sich insbesondere für die Einrichtung von Echtzeitanalysen und ermöglichen unmittelbare, autonome und automatisierte Entscheidungen auf Basis von Feedbacks zur Kundenzufriedenheiten. So kann auf potenzielle Kundenabwanderungen bereits im Vorfeld reagiert werden.
- Multimodale KI-Systeme ermöglichen die Verarbeitung von Daten aus multipler Arten oder Modi von Daten (etwa: gleichzeitig Text, Audio und Bilder) aus vielfältigen Informationsquellen. Diese können für Churn-Analysen herangezogen werden, was Prognosen für die Kundenabwanderung auf einer breiten Datenbasis erlaubt.
- Ansätze wie Reinforcement Learning können durch iterative Trial- and Error Verfahren, in denen aus Fehlern gelernt wird, für präzisere Analysen sorgen.
- KI bietet das Potenzial höhere Autonomiegrade zu erreichen und damit Personalbedarfe zu reduzieren.

Wie in anderen Bereichen des Kundenmanagements sind es auch bei Churn-Analysen insbesondere regulatorische Herausforderungen im Umgang mit personenbezogenen Kundendaten (DSGVO und TKG), die den Unternehmen einen Einsatz von KI für das Auswerten des Kundenverhaltens erschweren.

5.7 Analyse des KI-Einsatzes im Wissensmanagement

Neben den in den vorangegangenen Unterkapiteln vorgestellten Anwendungsfeldern gibt es noch das KI-basierte Wissensmanagement als Querschnittsanwendung, welches in allen der genannten Anwendungsfelder zum Einsatz kommt.

Wie in vielen anderen Branchen ist auch im Telekommunikationssektor die Entwicklung eines intelligenten dynamischen und reliablen Wissensmanagements von zentraler Bedeutung, um relevante Informationen schnell, präzise und korrekt aus großen Textkorpora zu extrahieren, und sowohl Mitarbeitenden als auch Kunden zur Verfügung zu stellen. Dies kann zum einen den Netzbetrieb unterstützen, zum anderen den Kundenservice und interne Prozesse verbessern.

Die Ansätze für das Wissensmanagements unterscheiden sich zum Teil erheblich hinsichtlich der Effizienz und der Qualität der Informationsbereitstellung. Wissensmanagement wurde bisher mit Dokumentenmanagementsystemen, Datenbanken und SQL-Abfragen oder Wikis und Intranets organisiert. Seit der Einführung von Large-Language Modellen und insbesondere RAG (Retrieval-Augmented Generation) basierten KI-Systemen können große Mengen an unstrukturierten Textdaten verarbeitet und relevante Antworten zu den Textinhalten generiert werden. Dies verspricht einerseits eine gezieltere Informationsbeschaffung, andererseits mehr Flexibilität, Skalierbarkeit und Effizienz.

Auch die befragten Unternehmen versprechen sich von einem intelligenten Wissensmanagement mit KI effizientere Prozesse und eine verbesserte Kundenerfahrung. Ein Unternehmen nutzt bereits RAG-Modelle für das Wissensmanagement ihrer Mitarbeitenden, um interne Unternehmensprozesse wie Produkte und Dienstleistungen zu dokumentieren und bei Bedarf abrufen zu können. Für einen Einsatz im Kundenumgang müssten allerdings noch Herausforderungen bspw. in Bezug auf DSGVO, potentieller Abfluss sensibler (Unternehmens-)daten und Halluzinationen der Modelle, gelöst werden.

5.8 Zwischenfazit

Seit Jahren setzen die befragten Unternehmen in der Telekommunikationsbranche bereits Data Analytics und klassische Machine-Learning-Algorithmen wie lineare und logistische Regressionsanalysen, Decision Trees, Clusterverfahren, Support Vector Machines, etc. ein. In Anbetracht der zunehmenden Menge und Komplexität von Daten werden bereits teilweise modernere KI-Ansätze wie LLMs verwendet, diese kommen allerdings noch selten zum Einsatz.

Vor dem Hintergrund der gewonnenen Erkenntnisse aus den Gesprächen mit den Vertretern der österreichischen Telekommunikationsunternehmen lässt sich der zukünftige Einsatz von KI im Telekommunikationssektor in drei zeitliche Horizonte unterteilen (siehe Abbildung 8):

Abbildung 8: *Stand der Implementierung von KI in Österreich*



Quelle: Eigene Darstellung

Kurzfristig: Zunehmend LLMs im Customer Service sowie Wissensmanagement

In absehbarer Zeit ist ein KI-Einsatz von LLMs bzw. Retrieval Augmented Generation KI-Systeme bspw. für Chatbots zu erwarten. Anwendung werden diese KI-Systeme auch in den Bereichen der internen intelligenten Dokumentation und des Wissensmanagements sowie des Customer Relationship Managements (CRM) bzw. der User Experience finden.

In anderen Bereichen (Netzbetrieb und -management) wird der Schwerpunkt allerdings weiterhin vermehrt auf dem Analysieren und Aufbereiten von Big Data mit klassischen Machine-Learning Methoden liegen. Zwar werden auch hier potentiell erste Anwendungen von LLMs zum Einsatz kommen, allerdings überwiegend in internen Unternehmensprozessen und als Prototypen.

Mittelfristig: Technisch ausgereifere KI-Lösungen im Bereich Powermanagement und beim Automatisieren von NOC-Leistungen

Mittelfristig wird die Optimierung im Netzbetrieb und -management durch den Einsatz von KI-Technologien erhebliche Fortschritte machen. Insbesondere in den Kernbereichen Powermanagement und Dark NOCs ist zu erwarten, dass höhere Autonomiegrade erzielt werden, was die Netzverfügbarkeit durch frühzeitiges Erkennung von Störungen und Anomalien verbessert.

Ein weiterer Schwerpunkt liegt auf der Etablierung von KI-gestützter Predictive Maintenance, um Ausfälle proaktiver zu vermeiden. Eine stärkere Einbindung von KI-Anwendungen kann die kontinuierliche Überwachung und Analyse von Netzkomponenten ermöglichen, und so dazu beisteuern, Probleme deutlich frühzeitiger zu erkennen. Es wird eine erhöhte Stabilität und Zuverlässigkeit der Netzwerke erwartet.

Das intelligente KI-gestützte Wissensmanagement wird durch den Einsatz von Large Language Modellen und Retrieval-Augmented Generation KI-Systemen in alle Anwendungsbereiche vordringen und Halluzinationen minimieren. Die befragten Unternehmen hoffen zudem, dass eine klarere Rechtslage sowie die Einführung europäischer KI-Systeme und europäische Cluster für Supercomputing und Cloud-hosting die Unsicherheiten im Bereich Datenschutz und Modelltraining beseitigen werden.

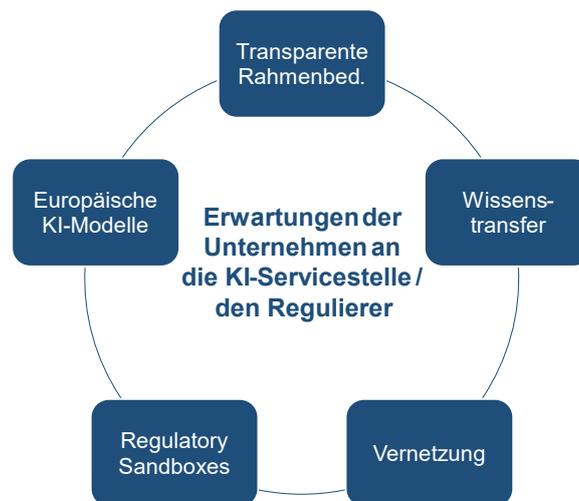
Langfristig: Vollautonome KI-Systeme

Langfristig wird erwartet, dass vollautonome NOC und ein vollautonomes bzw. automatisiertes Powermanagement im Betrieb sind. Ein vollständiger Automatisierungsgrad mit einem minimalen menschlichen Eingreifen lediglich zur (technischen) Fehlerbehebung und Wartung der Systeme soll schlussendlich ein maximales Maß an Effizienz, Zuverlässigkeit und Energieeinsparung ermöglichen. Darüber hinaus sollen zukünftig Netzwerkkomponenten und -systeme ad hoc mit KI bzw. als KI-nativ entwickelt werden und somit von Beginn an Bestandteil im Entwicklungsprozess sein.

6 Erwartungen der Telekommunikationsunternehmen an die Regulierung und die KI-Servicestelle

Im Rahmen der Interviews wurden die Telekommunikationsunternehmen in Österreich nach deren Erwartungen und Wünschen in Bezug auf Regulierung bzw. die KI-Servicestelle befragt. Die Erwartungen sind zusammenfassend in Abbildung 9 dargestellt und werden im Folgenden erläutert.

Abbildung 9: *Erwartungen der österreichischen Telekommunikationsunternehmen an die KI-Servicestelle bzw. den Regulierer.*



Quelle: Eigene Darstellung

Transparente Rahmenbedingungen schaffen um Rechtssicherheit herzustellen

Die am häufigsten geäußerte und damit wichtigste Erwartung der Unternehmen ist, dass der im Kontext des AI Acts entstandenen Rechtsunsicherheit, insbesondere im Hinblick auf die Einordnung von KI-Anwendungen in die Risikoklassen, entschieden entgegengewirkt wird.⁸⁹ Es sollte für die Unternehmen vor der Implementierung einer KI-Anwendung transparent und einfach nachvollziehbar sein, in welche Risikoklasse des AI Acts der Use Case fallen wird. Hierzu wird eine anwendungsorientierte und eindeutige Zuordnung von Anwendungen / Systemen / Produkten in die Risikoklassen erwartet, bspw. durch das Aufstellen eines Registers oder eines Katalogs. Die Übersetzung der europäischen Verordnung in nationales Recht sowie die angesprochene Zuordnung der Use Cases sollte zudem schnell erfolgen, damit innovative Investitionen wegen der jetzt noch vorherrschenden Rechtsunsicherheit nicht weiter zurückgehalten werden.

Wissenstransfer- und Education-Maßnahmen zur Umsetzung des AI Acts ausbauen um informierte Entscheidungen im Unternehmen treffen zu können

Ein in den Gesprächen häufig geäußertes Wunsch ist zudem, dass die KI-Servicestelle umfangreiche Wissenstransfer- und Education-Angebote zur unternehmensinternen Umsetzung der im Rahmen des

⁸⁹ Vgl. zu den Hintergründen der durch den AI Act entstandenen Rechtsunsicherheit Kapitel 4.1 der vorliegenden Studie.

AI Acts vorgesehenen notwendigen Maßnahmen entwickelt, bspw. im Hinblick auf die Implementierung von Risikobewertungssystemen etc. Durch diesen Know-how Aufbau bei den Unternehmen kann erreicht werden, dass die notwendigen Prozesse in den Unternehmen direkt in Konformität mit dem AI Act umgesetzt werden können. Dies nimmt bestehende Unsicherheiten bei den Unternehmen und sorgt somit letztendlich zu einer schnelleren und umfassenderen Implementierung von KI im Telekommunikationssektor.

Austauschforen im Telekommunikationssektor zur KI-Transformation schaffen

Ergänzend zu den Wissenstransfermaßnahmen wird angeregt, dass die KI-Servicestelle institutionalisierte Austauschforen zur KI-Transformation im Telekommunikationssektor schaffen könnte. Über diese Vernetzung der KI-nutzenden oder -entwickelnden Unternehmen kann ein Erfahrungsaustausch zur KI-Implementierung erfolgen, der dazu beitragen kann, die Erfolgsquote von KI-Projekten im Telekommunikationssektor zu erhöhen und damit die KI-Transformation zu beschleunigen.

Regulatory Sandboxes im Telekommunikationssektor schaffen um die Innovationspotenziale durch den KI-Einsatz heben zu können

In den Gesprächen wurde zudem angemerkt, dass der Handlungsspielraum der Telekommunikationsunternehmen durch das Zusammenspiel von AI Act, DSGVO und TKG zum Teil stark eingeschränkt sei. Dadurch würden Effizienzgewinne durch den KI-Einsatz teilweise nicht realisiert:

- Ein Beispiel ist der Umgang mit personenbezogenen Daten, über denen die Netzbetreiber in großem Maß verfügen, aber nur eingeschränkt für KI nutzen können.
- Im AI Act sind digitale Infrastrukturen als kritische Infrastrukturen definiert, so dass manche KI-Anwendungen im Netzbereich mit erheblichem Aufwand für die Einhaltung von regulatorischen Vorgaben einhergehen.
- Die Effizienzvorteile des KI-Einsatzes im Powermanagement werden dadurch nur eingeschränkt realisiert, da die Netzelemente im RAN wegen Versorgungsaufgaben bzw. Ausbauverpflichtungen in Zusammenhang mit der Frequenzvergabe nur teilweise abgeschaltet bzw. in der Leistung reduziert werden dürfen.

Einige im Rahmen des Projekts interviewten Unternehmen sprechen sich daher dafür aus, dass Regulatory Sandboxes im Telekommunikationssektor geschaffen werden sollten, um so die Innovation voranzutreiben und die mit dem KI-Einsatz verbundenen Effizienzen möglichst vollständig zu heben.

Europäische KI-Lösungen unterstützen um Vertrauen aufzubauen und den Standort Europa zu stärken

Als weiterer Wunsch wurde genannt, dass der Aufbau von großen europäischen KI-Modellen stärker gefördert werden sollte, da der Markt bisher fast ausschließlich von amerikanischen oder asiatischen Anbietern dominiert werde. Europäische Modelle, die auf den europäischen Werten und Normen basieren, würden bei den Unternehmen zum Vertrauensaufbau in KI-Lösungen beitragen und damit die Anreize erhöhen auf KI zu setzen. So gelange man zu einer Win-win-Situation: Europäische KI-Modelle beschleunigen die KI-Transformation im europäischen Telekommunikationssektor und anderen Branchen und tragen gleichzeitig zur Stärkung des Standorts Europa bei.

7 Fazit

Der Telekommunikationssektor nimmt im Branchenvergleich eine Spitzenposition in der Digitalisierung sowie in der Nutzung klassischer Data Science Ansätze ein. Die Betreiber verfügen über Data Warehouses und eine große Menge an Daten von Kunden und aus dem Netzbetrieb. Damit sind die Telekommunikationsbetreiber gut für den Einsatz fortschrittlicher KI gerüstet.

Im Bereich des Kundenmanagements und Kundenservice besteht kurz- bis mittelfristig das größte disruptive Potenzial des KI-Einsatzes. Auf der Basis großer KI-Modelle lassen sich mittels generativer KI-Anwendungen im Bereich des Kundenmanagements und -service zeitnah und recht kostengünstig Use Cases mit transformativem Charakter implementieren.

Große Potentiale sind auch im Netzbetrieb zu erwarten. Zahlreiche Use Cases sind identifiziert worden und die Betreiber arbeiten langfristig hin zu autonom betriebenen Netzen mit Dark NOCs, Predictive Maintenance und Machine Learning-Applikationen in der Netzkonfiguration. Da die Nutzung klassischer Data Science Ansätze in diesem Bereich weit vorangeschritten ist und dadurch bereits hohe Effizienzgewinne aus der gegenwärtig vorherrschenden Teilautomatisierung realisiert werden, ist der Übergang zu KI-nativen Ansätzen im Netzbetrieb weniger disruptiv als im Kundenmanagement. Aufgrund der langen Investitionszyklen im Netzbereich und der Komplexität der Aufgaben schreitet die KI-Transformation in diesem Bereich zudem langsamer voran.

Interessant sind auch Use Cases, die sich im Bereich zwischen dem Kundenmanagement und dem Netzbetrieb befinden. Hierauf scheinen insbesondere die Netzbetreiber in Österreich ihren Fokus zu legen.

Ein Hindernis der KI-Implementierung stellt die Rechtsunsicherheit dar, die gegenwärtig bei den Telekommunikationsunternehmen im Kontext des AI Acts besteht. Dies gilt insbesondere im Hinblick auf die Zuordnung der Use Cases in die vier KI-Risikoklassen. Diese Unsicherheit kann innovationshemmend wirken. Umso wichtiger ist es, dass der Regulierer bzw. die KI-Servicestelle hier für Transparenz und Klarheit sorgt, um dieses potenzielle Innovationshemmnis abzubauen und eine schnelle Implementierung von KI im österreichischen Telekommunikationssektor zu befördern. Darüber erscheint es sinnvoll, explizit Wissen über die bereits vorhandenen Standards bzw. geplanten Standards im Kontext des KI-Einsatzes verstärkt an die Telekommunikationsunternehmen zu vermitteln, da die Standardisierung im Bereich der KI gegenwärtig noch keine große Beachtung in den Unternehmen zu bekommen scheint. Dabei können AI-Act konforme Standards eine maßgebliche Rolle dabei spielen, bestehende Rechtsunsicherheiten abzubauen.

Auch vor dem Hintergrund der Nachhaltigkeit sollten durch den Regulierer regelmäßig bestehende regulatorische Auflagen daraufhin überprüft werden, ob sie im Kontext des allgemeinen technischen Fortschritts sowie der KI-Transformation noch zeitgemäß sind oder ob sie die Potenziale des KI-Einsatzes unnötig einschränken. Dies gilt bspw. für die Potenziale im Bereich des Powermanagement, welche bei der kürzlich verabschiedeten Novelle des Telekommunikationsgesetzes explizit berücksichtigt wurden. Die zuständige Behörde kann, insbesondere auch im Hinblick auf Energieeffizienz, Versorgungsverpflichtungen ändern und Betreibern so intelligente Kapazitätssteuerung von Netzelementen ermöglichen.⁹⁰ Wichtig wird zudem in Zukunft sein, wie man mit der Verwendung personenbezogener Daten

⁹⁰ Vgl. § 21 Abs. 5 Telekommunikationsgesetz 2021 idF des BGBl. I Nr. 75/2024.

für KI-Anwendungen umgeht. Der Grundsatz der Datensparsamkeit, auf dem die DSGVO basiert, schränkt die Möglichkeiten von KI ebenfalls stark ein. Dies gilt bspw. auch für alle Anwendungen im Schnittstellenbereich zwischen Kunden- und Netzmanagement im Telekommunikationssektor.

8 Literatur

- Abdullaev, I. et al. (2023):** Leveraging Metaheuristics with Artificial intelligence for Customer Churn Prediction in Telecom Industries. *Electronic Research Archive* 31.8 (2023): 4443-4458.
- Ahmed, T. et al. (2024):** Linguistic Intelligence in Large Language Models for Telecommunications. *arXiv preprint arXiv:2402.15818* (2024).
- Alsaroah, Ali H., and Al-T, Fadi. (2023):** Combining Cloud Computing with Artificial intelligence and Its Impact on Telecom Sector. *NEU Journal for Artificial Intelligence and Internet of Things* 2.3 (2023).
- Baischew, D. et al (2021):** Die Grundzüge von 6G. No. 479. WIK Discussion Paper, 2021.
- Bariah, L. et al. (2024):** Large Generative AI Models for Telecom: The Next Big Thing?. *IEEE Communications Magazine* (2024). <https://arxiv.org/pdf/2306.10249.pdf> [30.08.2024]
- Biza, K. et al. (2024):** Towards Automated Causal Discovery: A Case Study on 5G Telecommunication data. *arXiv preprint arXiv:2402.14481* (2024).
- Brilhante, D. et al. (2023):** A Literature Survey on AI-Aided Beamforming and Beam Management for 5G and 6G Systems. *Sensors* 23.9 (2023): 4359.
- Bundesnetzagentur (2021):** Künstliche Intelligenz in den Netzsektoren. Bericht über den Marktdialog der Bundesnetzagentur; abrufbar unter: https://www.bundesnetzagentur.de/Shared-Docs/Downloads/DE/Sachgebiete/Digitales/KI/KI-Bericht-Marktdialog.pdf?__blob=publicationFile&v=3 [30.08.2024]
- Chang, V. et al. (2024):** Prediction of Customer Churn Behaviour in the Telecommunication Industry Using Machine Learning Models. *Algorithms* 17.6 (2024): 231.
- Delipetrev, B. et al. (2020):** AI Watch, Historical Evolution of Artificial Intelligence: Analysis of the Three Main Paradigm Shifts in AI. European Commission, Joint Research Centre (2020).
- DNV (2024):** ISO/IEC 42001 – Künstliche Intelligenz; abrufbar unter: <https://www.dnv.de/services/iso-iec-42001-kunstliche-intelligenz-ki--250876/> [30.08.2024]
- Ericsson (2023):** Defining AI native: A Key Enabler for Advanced Intelligent Telecom Networks. Whitepaper; abrufbar unter: <https://www.ericsson.com/49341a/assets/local/reports-papers/white-papers/ai-native.pdf> [30.08.2024]
- Ericsson (2024):** Telecom AI. Building Cognitive Networks and Human Trust in AI; abrufbar unter: <https://www.ericsson.com/en/ai> [30.08.2024]
- European Commission (2024):** KI-Gesetz; available online at: <https://digital-strategy.ec.europa.eu/de/policies/regulatory-framework-ai> [30.08.2024]
- European Parliament (2024):** Gesetz über Künstliche Intelligenz. Parlament verabschiedet wegweisende Regeln; abrufbar unter: <https://www.europarl.europa.eu/news/de/press-room/20240308IPR19015/gesetz-uber-kunstliche-intelligenz-parlament-verabschiedet-wegweisende-regeln> [30.08.2024]
- European Parliament (2023):** General-Purpose Artificial Intelligence, in der Serie: At a Glance - Digital Issues in Focus; abrufbar unter: [https://www.europarl.europa.eu/Reg-Data/etudes/ATAG/2023/745708/EPRS_ATA\(2023\)745708_EN.pdf](https://www.europarl.europa.eu/Reg-Data/etudes/ATAG/2023/745708/EPRS_ATA(2023)745708_EN.pdf) [30.08.2024]
- Eurostat (2024):** Use of Artificial Intelligence in Enterprises; abrufbar unter: https://ec.europa.eu/eurostat/statistics-explained/index.php?title=Use_of_artificial_intelligence_in_enterprises#Enterprises_using_artificial_intelligence_technologies [30.08.2024]

- Ezeigweneme, C. (2024):** Telecommunications Energy Efficiency: Optimising Network Infrastructure for Sustainability. *Computer Science & IT Research Journal* 5.1 (2024): 26-40.
- Gizelis, C. et al. (2023):** Decision Support Using AI: The Data Exploitation at Telecoms in Practice. *Journal of Decision Systems* 32.3 (2023): 634-652.
- Gozalo-Brizuela, R., and Garrido-Merchan, E. (2023):** ChatGPT is Not All You Need. A State of the Art Review of Large Generative AI Models. *arXiv preprint arXiv:2301.04655* (2023).
- Jere, S. et al. (2023):** Distributed Learning Meets 6G: A Communication and Computing Perspective. *IEEE Wireless Communications* 30.1 (2023): 112-117.
- Karapantelakis, A. et al. (2024):** A Survey on the Integration of Generative AI for Critical Thinking in Mobile Networks. *arXiv preprint arXiv:2404.06946* (2024).
- Kao, H., and Wu, E. (2023):** QoE Sustainability on 5G and Beyond 5G Networks. *IEEE Wireless Communications* 30.1 (2023): 118-125.
- Klug, M. (2024):** KI könnte in Österreich mehr als zwei Milliarden Arbeitsstunden übernehmen; abrufbar unter: <https://www.diepresse.com/18572995/ki-koennte-in-oesterreich-mehr-als-zwei-milliarden-arbeitsstunden-uebernehmen> [30.08.2024]
- Li, Y. et al. (2023):** Artificial Intelligence Augmentation for Channel State Information in 5G and 6G. *IEEE Wireless Communications* 30.1 (2023): 104-110.
- Lin, X. et al. (2023):** Artificial Intelligence in 3GPP 5G-Advanced: A Survey; abrufbar unter: <https://www.comsoc.org/publications/ctn/artificial-intelligence-3gpp-5g-advanced-survey> [30.08.2024]
- Lundborg, M. et al (2019):** Künstliche Intelligenz im Telekommunikationssektor – Bedeutung, Entwicklungsperspektiven und regulatorische Implikationen. No. 453. WIK Discussion Paper, 2019.
- Luo, Y. et al. (2023):** Field Trial of Network Slicing in 5G and PON-Enabled Industrial Networks. *IEEE Wireless Communications* 30.1 (2023): 78-85.
- Maatouk, A. et al. (2023):** Large Language Models for Telecom: Forthcoming Impact on the Industry. *arXiv preprint arXiv:2308.06013* (2023).
- Mekrache, A. et al. (2024):** Machine Reasoning in FCAPS: Towards Enhanced Beyond 5G Network Management. *IEEE Communications Surveys & Tutorials* (2024).
- Mukherjee, S. et al. (2023):** An Open Approach to Autonomous Ran Fault Management. *IEEE Wireless Communications* 30.1 (2023): 96-102.
- Nokia (2024):** Transforming Telecom with AI and Analytics; abrufbar unter: <https://www.nokia.com/networks/ai-and-analytics/> [30.08.2024]
- Nvidia (2024):** State of AI in Telco. 2024 Report; abrufbar unter: <https://resources.nvidia.com/en-us-ai-in-telco/state-of-ai-in-telco-2024-report> [30.08.2024]
- O`Brien et al. (2024):** The Role of Harmonised Standards as Tools for AI Act Compliance; abrufbar unter: <https://www.dlapiper.com/es-pr/insights/publications/2024/01/the-role-of-harmonised-standards-as-tools-for-ai-act-compliance> [30.08.2024]
- OECD (2024):** Explanatory Memorandum on the Updated OECD Definition of an AI System, OECD Artificial Intelligence Papers, No. 8, OECD Publishing, Paris; abrufbar unter: <https://doi.org/10.1787/623da898-en> [30.08.2024]

- Platform Learning Systems (2023):** Hybride KI. Wissen und Daten kombiniert nutzen; abrufbar unter: https://www.plattform-lernende-systeme.de/files/Downloads/Publikationen/KI_Kompakt/PLS_KI_Kompakt_Hybride_KI.pdf [30.08.2024]
- Rahaman, M., and M. Bari. (2024):** Predictive Analytics for Strategic Workforce Planning: A Cross-Industry Perspective from Energy and Telecommunications. *International Journal of Business Diplomacy and Economy* 3.2 (2024): 14-25.
- Rojek, I. et al. (2023):** An Artificial Intelligence Approach for Improving Maintenance to Supervise Machine Failures and Support Their Repair. *Applied Sciences* 13.8 (2023): 4971.
- Russell, S. J., and Norvig, P. (2016):** *Artificial Intelligence: A Modern Approach*. Pearson.
- Slimani, K. et al. (2024):** Original Research Article From Tradition to Innovation: The Telecommunications Metamorphosis with AI and Advanced Technologies. *Journal of Autonomous Intelligence* 7.1.
- Statistik Austria (2023):** 11% der österreichischen Unternehmen nutzen künstliche Intelligenz; abrufbar unter: <https://www.statistik.at/fileadmin/announcement/2023/10/20231017IKTU2023.pdf> [30.08.2024]
- Tang, B. et al. (2023):** AI Testing Framework for Next-G O-RAN Networks: Requirements, Design, and Research Opportunities. *IEEE Wireless Communications* 30.1 (2023): 70-77.
- Telekom (2024):** KI im Netzausbau: Wir planen für Sie das Netz der Zukunft mit künstlicher Intelligenz; abrufbar unter: <https://www.telekom.de/netz/glasfaser-ausbauplanung-ki> [30.08.2024]
- Tonmoy, S. et al. (2024):** A Comprehensive Survey of Hallucination Mitigation Techniques in Large Language Models. *arXiv preprint arXiv:2401.01313* (2024).
- Van der Vorst, T. et al. (2020):** Managing AI Use in Telecom Infrastructures: Advice to the Supervisory Body on Establishing Risk-Based AI Supervision; abrufbar unter: <https://research.tue.nl/en/publications/managing-ai-use-in-telecom-infrastructures-advice-to-the-supervis> [30.08.2024]
- Vodafone (2024):** Gegen Funklöcher und Störungen. So verbessert KI Ausbau und Qualität in den Vodafone-Netzen; abrufbar unter: <https://newsroom.vodafone.de/netz/kunstliche-intelligenz-so-verbessert-ki-mobilfunk-festnetz-netzausbau-service-und-recruiting> [30.08.2024]
- Wei, Y. et al. (2020):** Intent-Based Networks for 6G: Insights and Challenges. *Digital Communications and Networks* 6.3 (2020): 270-280.
- Xin, Y. et al. (2023):** Guest Editorial: AI-Powered Telco Network Automation: 5G Evolution and 6G. *IEEE Wireless Communications* 30.1 (2023): 68-69.
- Xu, M. et al. (2024):** Unleashing the Power of Edge-Cloud Generative Ai in Mobile Networks: A Survey of AIGC Services. *IEEE Communications Surveys & Tutorials*.
- Yendluri, D. et al. (2023):** Role of RPA & AI in Optimising Network Field Services. 2023 7th International Conference on Computation System and Information Technology for Sustainable Solutions (CSITSS). IEEE, 2023.
- Zhao, P. et al. (2024):** Retrieval-Augmented Generation for AI-Generated Content: A survey. *arXiv preprint arXiv:2402.19473* (2024).
- Zhou, H. et al. (2024):** Large Language Model (LLM) for Telecommunications: A Comprehensive Survey on Principles, Key Techniques, and Opportunities. *arXiv preprint arXiv:2405.10825* (2024).