

# Übergang von 5G zu 6G in der militärischen Kommunikation

Dieses Buch bietet eine umfassende und zukunftsorientierte Analyse des Übergangs von 5G- zu 6G-Technologien in der militärischen Kommunikation. Es untersucht die architektonischen Grundlagen, betrieblichen Anwendungen, Sicherheits Herausforderungen und strategischen Auswirkungen von Kommunikationssystemen der nächsten Generation in Verteidigungsumgebungen. Das Buch deckt Themen wie Network Slicing, KI-gesteuertes Management, Satellitenintegration, Cyber-Resilienz, Post-Quanten-Sicherheit und Multi-Domain-Operationen ab und stellt militärische Kommunikation als entscheidenden Wegbereiter für Führung und Kontrolle dar. Es bietet eine Perspektive auf Systemebene, die Technologie, Doktrin und Strategie integriert, um künftigen operativen Anforderungen gerecht zu werden.



**Rexhep Mustafovski**, MSc, ist Signaloffizier und akademischer Forscher auf dem Gebiet der militärischen Kommunikation und sicherer Netzsysteme. Er ist Absolvent der Militärakademie "General Mihailo Apostolski" in Skopje und hat einen Master-Abschluss in Kommunikations- und Informationstechnologien von der Universität "Ss. Cyril und Methodius" - Skopje.



- VERLAG -  
**Unser Wissen**



- VERLAG -  
**Unser Wissen**



**Rexhep Mustafovski**  
**Besnik Qehaja**  
**Edmond Hajrizi**

# Übergang von 5G zu 6G in der militärischen Kommunikation

*Architekturen, Integration und betriebliche Auswirkungen*

Mustafovski, Qehaja, Hajrizi

**Rexhep Mustafovski**  
**Besnik Qehaja**  
**Edmond Hajrizi**

**Übergang von 5G zu 6G in der militärischen Kommunikation**

FOR AUTHOR USE ONLY

FOR AUTHOR USE ONLY

**Rexhep Mustafovski  
Besnik Qehaja  
Edmond Hajrizi**

# **Übergang von 5G zu 6G in der militärischen Kommunikation**

**Architekturen, Integration und betriebliche Auswirkungen**

FOR AUTHOR USE ONLY

**SciencaScripts**

## **Imprint**

Any brand names and product names mentioned in this book are subject to trademark, brand or patent protection and are trademarks or registered trademarks of their respective holders. The use of brand names, product names, common names, trade names, product descriptions etc. even without a particular marking in this work is in no way to be construed to mean that such names may be regarded as unrestricted in respect of trademark and brand protection legislation and could thus be used by anyone.

Cover image: [www.ingimage.com](http://www.ingimage.com)

This book is a translation from the original published under ISBN 978-620-9-71856-4.

Publisher:

Scienza Scripta

is a trademark of

Dodo Books Indian Ocean Ltd. and OmniScriptum S.R.L publishing group

120 High Road, East Finchley, London, N2 9ED, United Kingdom

Str. Armeneasca 28/1, office 1, Chisinau MD-2012, Republic of Moldova, Europe

Managing Directors: Ieva Konstantinova, Victoria Ursu  
[info@omniscryptum.com](mailto:info@omniscryptum.com)

Printed at: see last page

**ISBN: 978-620-9-85404-0**

Copyright © Rexhep Mustafovski, Besnik Qehaja, Edmond Hajrizi

Copyright © 2026 Dodo Books Indian Ocean Ltd. and OmniScriptum S.R.L publishing group

FOR AUTHOR USE ONLY

# **Der Übergang von 5G zu 6G in der militärischen Kommunikation**

*Architekturen, Integration und operative Auswirkungen*

Vorwort .....	2
Einleitung .....	5
Kapitel 1 – Einführung in die Entwicklung der militärischen Kommunikation .....	10
Kapitel 2 – Grundlagen militärischer Kommunikationssysteme .....	33
Kapitel 3 – Überblick über die 5G-Technologie .....	57
Kapitel 4 – Militärische Anwendungsfälle von 5G-Netzen .....	82
Kapitel 5 – Sicherheits Herausforderungen von 5G in militärischen Umgebungen ..	102
Kapitel 6 – Integration von 5G in bestehende militärische Systeme .....	120
Kapitel 7 – Treiber für den Übergang von 5G zu 6G .....	138
Kapitel 8 – Vision und Kernkonzepte der 6G-Technologie .....	156
Kapitel 9 – 6G-Architekturen für die militärische Kommunikation .....	177
Kapitel 10 – Sicherheit und Ausfallsicherheit in militärischen 6G-Netzwerken .....	200
Kapitel 11 – Operative Auswirkungen des Übergangs von 5G zu 6G .....	222
Kapitel 12 – Interoperabilität, Standardisierung und die Perspektive der NATO .....	243
Kapitel 13 – Ethische, rechtliche und strategische Implikationen .....	265
Kapitel 14 – Zukünftige Ausrichtungen und Forschungsherausforderungen .....	290
Schlussfolgerung .....	311
Literaturverzeichnis .....	315

## Vorwort

Ich bin **Rexhep Mustafovski, MSc**, und dieses Buch stellt die Fortsetzung und strategische Erweiterung meines akademischen, beruflichen und wissenschaftlichen Engagements auf dem Gebiet moderner militärischer Kommunikationssysteme dar. Im Laufe der Jahre habe ich mich in meiner Arbeit auf die Transformation von Kommunikationsarchitekturen als entscheidende Wegbereiter für Führung und Kontrolle, operative Koordination und strategische Widerstandsfähigkeit konzentriert. Die Entwicklung von fortschrittlichen 5G-Implementierungen hin zum aufkommenden 6G-Paradigma bietet nicht nur technologische Chancen, sondern auch strukturelle Herausforderungen, die sich direkt auf die nationale Sicherheit, die Interoperabilität und die langfristige Souveränität auswirken. Die Motivation für das Verfassen dieses Buches entspringt langjähriger akademischer Forschung, beruflichem Engagement in der militärischen Ausbildung und der kontinuierlichen Auseinandersetzung mit neuen Kommunikationstechnologien, die die operative Doktrin zunehmend prägen.

Dieses Buch entstand in Zusammenarbeit mit **Dr. Besnik Qehaja** und **Prof. Dr. Edmond Hajrizi**. Ihre akademische Führungskompetenz und ihr Fachwissen bereichern den interdisziplinären Umfang dieses Werks erheblich. Dr. Besnik Qehaja, ein anerkannter Strategie für digitale Innovation und Dekan des Fachbereichs Informatik und Ingenieurwesen an der UBT, bringt fundiertes Fachwissen in den Bereichen digitale Transformation, Integration künstlicher Intelligenz, fortschrittliche Lernsysteme und Entwicklung intelligenter Infrastrukturen ein. Sein akademischer Hintergrund, einschließlich seiner Doktorarbeit über Echtzeit-Überwachungssysteme und seiner Führungsrolle in nationalen eHealth-Initiativen, stärkt die analytische Stringenz dieses Buches in Bereichen, die mit intelligenten Systemen, verteilten Datenarchitekturen und KI-gesteuerten Frameworks zusammenhängen. Prof. Dr. Edmond Hajrizi, Gründer und Rektor der UBT, hat eine der führenden innovationsorientierten akademischen Einrichtungen in der Region aufgebaut. Sein langjähriges Engagement für die Verbindung von akademischer Forschung mit praktischer technologischer Umsetzung und internationaler Zusammenarbeit verleiht der in diesem Buch dargelegten umfassenden Vision strategische Tiefe.

Das Hauptziel dieser Arbeit ist es, den Übergang von 5G zu 6G in der militärischen Kommunikation als systemische und strategische Transformation zu untersuchen und nicht als eine Ansammlung isolierter technischer Upgrades. In modernen militärischen Operationen sind Kommunikationssysteme untrennbar mit der Befehlsgewalt, der Integration von nachrichtendienstlichen Informationen und koordinierten Manövern in mehreren Domänen verbunden. Die Fähigkeit, Informationen sicher, zuverlässig und zeitnah auszutauschen, bestimmt das Lagebewusstsein, die Missionseffektivität, den Schutz der Streitkräfte und die Glaubwürdigkeit der Abschreckung. Die Kommunikationsarchitektur hat sich von einer unterstützenden Funktion zu einem grundlegenden strategischen Vermögenswert entwickelt.

Im Laufe unserer akademischen und beruflichen Erfahrung haben wir eine wiederkehrende Kluft zwischen den sich rasch weiterentwickelnden Kommunikationstechnologien und ihrer kohärenten Integration in militärische Kommandostrukturen beobachtet. Während sich die Fachliteratur oft auf einzelne Innovationen wie Network Slicing, Post-Quanten-Kryptografie, KI-basiertes Netzwerkmanagement oder Satellitenintegration konzentriert, gibt es nur wenige umfassende Werke, die analysieren, wie diese Komponenten gemeinsam die Doktrin der militärischen Kommunikation neu gestalten. Dieses Buch versucht, diese Lücke zu schließen, indem es eine strukturierte und interdisziplinäre Untersuchung von Kommunikationssystemen der nächsten Generation im Verteidigungsbereich bietet.

Der Umfang dieses Buches erstreckt sich über die historische Entwicklung militärischer Kommunikationssysteme, die architektonischen Grundlagen der 5G-Technologie, operative militärische Anwendungsfälle, Herausforderungen in den Bereichen Cybersicherheit und elektronische Kriegsführung, die Integration in bestehende taktische Systeme sowie die sich abzeichnenden Triebkräfte der 6G-Transformation. Die Analyse befasst sich darüber hinaus mit KI-nativen Architekturen, integrierter Sensorik und Kommunikation, quantenresilienten Sicherheitsmechanismen, Multi-Domain-Konnektivität, Interoperabilität innerhalb von Bündnisrahmenwerken, regulatorischen Überlegungen und langfristigen strategischen Implikationen.

Besonderes Augenmerk wird auf Resilienz, Souveränität und Interoperabilität gelegt. Da Kommunikationsnetze zunehmend mit zivilen Infrastrukturen und globalisierten Lieferketten verschmelzen, wird strategische Autonomie zu einem wesentlichen Gesichtspunkt. Der Übergang zu 6G beinhaltet nicht nur verbesserte Leistungskennzahlen, sondern auch neue Governance-Modelle, die ethische, rechtliche und geopolitische Dimensionen berücksichtigen können. KI-gesteuerte Orchestrierung, verteilte Authentifizierungsrahmenwerke, adaptives Frequenzmanagement und quantenresistente Verschlüsselungsmechanismen müssen in kohärente Architekturen integriert werden, die für umkämpfte und beeinträchtigte Umgebungen ausgelegt sind.

Ein wichtiger Beitrag in diesem Buch spiegelt den integrationsorientierten Forschungsansatz wider, der die strukturierte Konvergenz von künstlicher Intelligenz, quantenresistenten kryptografischen Mechanismen, Blockchain-basierten Authentifizierungsrahmenwerken, adaptiver Frequenzverwaltung und domänenübergreifender Kommunikationsredundanz betont. Dieser Integrationsansatz zielt darauf ab, eine sichere, widerstandsfähige und effektive Kommunikation unter allen Einsatzbedingungen zu gewährleisten, einschließlich umkämpfter elektromagnetischer Umgebungen und extremer meteorologischer Szenarien. Durch die Zusammenführung fortschrittlicher Technologien zu kohärenten Architekturrahmenwerken bringt diese Arbeit zeitgenössische Innovationen mit praktischen militärischen Anforderungen in Einklang.

Die Analyse erfolgt auf konzeptioneller und architektonischer Ebene, wodurch die diskutierten Prinzipien in unterschiedlichen nationalen Kontexten und technologischen Implementierungen anwendbar bleiben. Dieses Buch präsentiert keine geheimen Verfahren, herstellerepezifischen technischen Details oder länderspezifischen doktrinen Rahmenwerke. Stattdessen konzentriert es sich auf beständige strukturelle Prinzipien, strategisches Denken und systemisches Denken, die fundierte Entscheidungsfindung und zukunftsorientierte Forschung unterstützen.

Dieser Ansatz weist gewisse Einschränkungen auf. Angesichts des rasanten Tempos der technologischen Entwicklung werden sich die konkreten Implementierungen von 6G-Systemen weiterentwickeln. Dieses Buch versucht nicht, jeden experimentellen Prototyp oder jede neue Forschungsinitiative erschöpfend abzudecken. Vielmehr zielt es darauf ab, eine strukturierte Grundlage zu präsentieren, die trotz der technologischen Beschleunigung relevant bleibt. Die hier dargelegte architektonische Logik, die Governance-Prinzipien und die strategischen Überlegungen sind so konzipiert, dass sie über spezifische Generationswechsel hinaus Bestand haben.

Die Zielgruppe umfasst Studierende und Doktoranden der Kommunikationstechnik, Cybersicherheit, Verteidigungswissenschaften und verwandter Fachbereiche sowie Forscher, Systemarchitekten, politische Entscheidungsträger und Militärfachleute, die in den Bereichen „Kommunikationsplanung, Ausbildung und Einsatzführung tätig sind. Das Buch ist so strukturiert, dass es sowohl die akademische Forschung als auch die berufliche Anwendung unterstützt, und bietet analytische Tiefe bei gleichzeitiger praktischer Relevanz.

Die Zusammenarbeit der Autoren spiegelt ein gemeinsames Engagement für innovationsgetriebene Forschung und interdisziplinäre Integration wider. Durch die Kombination von militärischem Kommunikations-Know-how mit Strategien zur digitalen Transformation und institutioneller Innovationsführung möchte dieses Werk eine ausgewogene und zukunftsorientierte Perspektive auf die Zukunft von Verteidigungskommunikationssystemen bieten. Die Verschmelzung von akademischer Strenge, technologischem Verständnis und strategischer Weitsicht prägt den in diesen Kapiteln vorgestellten Rahmen.

Letztendlich spiegelt dieses Buch eine fortlaufende akademische und berufliche Reise wider, die dem Verständnis gewidmet ist, wie Kommunikationstechnologien der nächsten Generation die operative Leistungsfähigkeit und die strategische Stabilität neu gestalten. Der Übergang von 5G zu 6G stellt einen entscheidenden Moment in der Entwicklung der militärischen Kommunikation dar. Durch strukturierte Analyse, integriertes architektonisches Denken und strategisches Bewusstsein strebt dieses Werk danach, einen bedeutenden Beitrag zum wissenschaftlichen Diskurs und zum praktischen Fortschritt in diesem kritischen Bereich zu leisten. Wir hoffen, dass die hier dargestellten Perspektiven weitere Forschung, interdisziplinäre Zusammenarbeit und verantwortungsvolle Innovation bei der Entwicklung sicherer, intelligenter und widerstandsfähiger militärischer Kommunikationssysteme fördern werden.

## Einleitung

Die Transformation militärischer Kommunikationssysteme im Laufe des vergangenen Jahrhunderts spiegelt die allgemeine Entwicklung der Kriegsführung selbst wider. Von drahtgebundenen Telegrafentelegraphenleitungen und analogen Feldfunkgeräten bis hin zu satellitengestützten Breitband- und softwaredefinierten Netzwerken ist die Kommunikation stets das zentrale Nervensystem militärischer Organisationen geblieben. Der derzeitige Übergang von fortschrittlichen Netzwerken der fünften Generation hin zum erwarteten Paradigma der sechsten Generation stellt jedoch eher einen qualitativen Wandel als eine lineare technologische Weiterentwicklung dar. Er signalisiert das Entstehen intelligenter, adaptiver und tief integrierter Kommunikationsökosysteme, die das Verhältnis zwischen Konnektivität, Befehlsgewalt, Informationsüberlegenheit und strategischer Stabilität neu definieren. Dieses Buch untersucht diesen Übergang nicht als eine eng gefasste technische Entwicklung, sondern als eine systemische Transformation der Doktrin, Architektur und operativen Fähigkeiten der militärischen Kommunikation.

Moderne Streitkräfte operieren in Umgebungen, die durch beispiellose Komplexität gekennzeichnet sind. Der Gefechtsraum ist zunehmend multidomänig und erstreckt sich über Land, See, Luft, Weltraum und Cyberspace. Operationen werden unter ständiger Überwachung, intensiver Frequenzüberlastung und kontinuierlicher Cyberbedrohung durchgeführt. Entscheidungszyklen haben sich dramatisch beschleunigt und das Zeitfenster zwischen Erkennung, Analyse und Reaktion verkürzt. In diesem Kontext sind Kommunikationssysteme nicht mehr nur passive Mittel zur Koordination. Sie sind zu aktiven Determinanten des Einsatzrhythmus, des Lagebewusstseins und des strategischen Vorteils geworden. Die Fähigkeit, Informationen in Echtzeit zu übertragen, zu sichern, zu analysieren und darauf zu reagieren, bestimmt die militärische Wirksamkeit ebenso entscheidend wie traditionelle kinetische Fähigkeiten.

Netze der fünften Generation führten transformative Elemente ein, wie beispielsweise verbessertes mobiles Breitband, äußerst zuverlässige Kommunikation mit geringer Latenz, massive maschinelle Konnektivität, Virtualisierung, Network Slicing und Edge Computing. Diese Fähigkeiten erweiterten den Horizont militärischer Anwendungen und ermöglichten die Echtzeit-Koordination von Drohnen, die verteilte Sensorintegration, tragbare Soldatenausrüstungen, intelligente Basisinfrastrukturen sowie hybride satellitengestützte und terrestrische Kommunikationsmodelle. Doch genau die Merkmale, die 5G so leistungsfähig machen, bringen auch strukturelle Schwachstellen mit sich. Virtualisierte Steuerungsebenen vergrößern die Angriffsflächen. Verteilte Orchestrierungsschichten erhöhen die systemische Interdependenz. Gemeinsam genutzte zivile Infrastruktur erschwert die Planung der Widerstandsfähigkeit. Folglich erfordert die Integration von 5G in militärische Umgebungen mehr als nur die Einführung; sie erfordert eine strategische Anpassung.

Das erwartete Aufkommen von Kommunikationssystemen der sechsten Generation verstärkt sowohl die Chancen als auch die Komplexität. 6G wird als KI-nativ,

sensorfähig, quantenbewusst und in Raum, Luft und Boden integriert konzipiert. Es zielt darauf ab, extrem niedrige Latenzzeiten im Mikrosekundenbereich, extreme Zuverlässigkeit nahe deterministischer Kommunikation, die Nutzung von Terahertz-Frequenzen und eine nahtlose Konvergenz zwischen Kommunikation und Umgebungswahrnehmung zu erreichen. Solche Eigenschaften versprechen revolutionäre Fortschritte bei der Koordination autonomer Systeme, der verteilten Führung und Steuerung, der integrierten Informationsverarbeitung und der Informationsüberlegenheit. Sie werfen jedoch auch tiefgreifende Fragen der „ hinsichtlich Governance, Souveränität, Interoperabilität, ethischer Verantwortung und langfristiger strategischer Risiken auf.

Dieses Buch untersucht den Übergang von 5G zu 6G in der militärischen Kommunikation aus einer umfassenden und multidisziplinären Perspektive. Es beginnt damit, die Kommunikation in ihren historischen doktrinären Kontext einzuordnen und analysiert die Entwicklung von älteren taktischen Funkgeräten und festen Kommandonetzwerken hin zu mobilen Breitbandarchitekturen und softwaredefinierten Infrastrukturen. Die Grenzen traditioneller Systeme, darunter Bandbreitenbeschränkungen, eingeschränkte Interoperabilität und Anfälligkeit für elektronische Kriegsführung, werden untersucht, um die Motivation für die Einführung von Technologien der nächsten Generation zu verdeutlichen. Die operativen Treiber der 5G-Integration, darunter Echtzeit-Konnektivität auf dem Schlachtfeld und netzwerkzentrierte Koordination, werden zusammen mit ihren strukturellen Auswirkungen analysiert.

Anschließend werden die technischen Kerngrundlagen von 5G eingehend untersucht. Architekturprinzipien, Virtualisierungsmodelle, Network-Slicing-Mechanismen, die Integration von Edge-Computing und Dienstkategorien werden nicht als isolierte technische Errungenschaften betrachtet, sondern als Wegbereiter für eine doktrinäre Transformation. Die Unterscheidung zwischen zivilen und militärischen 5G-Implementierungen unterstreicht die Notwendigkeit gehärteter Sicherheitsrahmenwerke, garantierter Verfügbarkeit und Frequenzresilienz unter umkämpften Bedingungen. Durch den Vergleich dieser Bereiche verdeutlicht die Analyse die Anpassungen, die für den operativen Einsatz in Verteidigungsumgebungen erforderlich sind.

Militärische Anwendungsfälle von 5G-Netzen werden in den Bereichen taktische Kommunikation auf dem Schlachtfeld, Koordination unbemannter Systeme, Netzwerke für Soldaten mit Wearables, intelligente Basisinfrastrukturen und missionskritische Kommandoposten bewertet. Diese Anwendungen veranschaulichen, wie verbesserte Konnektivität das operative Tempo und die Koordination neu gestaltet. Die Untersuchung deckt jedoch auch neue Sicherheits Herausforderungen auf, darunter Cyberbedrohungen, Schwachstellen bei der Authentifizierung, Anfälligkeit für Störsignale und Risiken des Network Slicing. Die Integration von 5G in bestehende taktische Funkgeräte, C4ISR-Architekturen und hybride Satellitensysteme verdeutlicht die Komplexität des Übergangs, ohne die Interoperabilität oder Robustheit zu beeinträchtigen.

Im Zuge der Diskussion über 6G verlagert sich die Aufmerksamkeit auf neue Anforderungen, die die Fähigkeiten aktueller Systeme übersteigen. KI-gesteuerte Kriegsführung, Koordination mit extrem geringer Latenz, Frequenzknappheit, integrierte Sensorik und quantenresistente Sicherheitsrahmen werden als strategische Imperative analysiert. Der Übergang von 5G zu 6G wird nicht als technologischer Enthusiasmus dargestellt, sondern als Reaktion auf operative Lücken und sich wandelnde Bedrohungslandschaften. Dieser Übergang erfordert sorgfältige Planung, strukturierte Experimente und eine Anpassung der Doktrin.

Die Vision und die Kernkonzepte der 6G-Technologie werden im Hinblick auf ihre militärische Relevanz untersucht. Terahertz-Kommunikation, KI-native Netzwerkarchitekturen, integrierte Sensorik und Kommunikation sowie die Integration von Weltraum, Luft und Boden werden unter Berücksichtigung sowohl der Erweiterung der Fähigkeiten als auch der strukturellen Risiken analysiert. Sicherheit und Resilienz in 6G-Netzwerken werden durch die Untersuchung von Post-Quanten-Kryptografie, KI-basierter Intrusion Detection, Widerstandsfähigkeit gegen kognitive elektronische Kriegsführung, sicherer autonomer Entscheidungsfindung sowie Vertrauens- und Souveränitätsmodellen behandelt. Diese Elemente unterstreichen, dass die zukünftige Kommunikationsüberlegenheit der „“ ebenso sehr von sicherer Governance wie von der Übertragungsleistung abhängt.

Die operativen Auswirkungen werden im Hinblick auf die Entwicklung von Führung und Kontrolle, ein verbessertes Lagebewusstsein, beschleunigte Entscheidungszyklen, die Unterstützung von Operationen in mehreren Domänen sowie Informationsüberlegenheit bewertet. Die Analyse betont, dass die Kommunikationsinfrastruktur das strategische Verhalten prägt. Schnellere Konnektivität beeinflusst die Doktrin. Verteilte Sensorik wirkt sich auf die Eskalationsdynamik aus. Autonome Koordination verändert Autoritätsstrukturen. Daher hat der technologische Wandel Konsequenzen, die sich auf geopolitische und ethische Bereiche erstrecken.

Interoperabilität und Standardisierung werden aus einer Koalitionsperspektive betrachtet. NATO-Kommunikationsstandards, die zivil-militärische Koexistenz im Frequenzspektrum, Herausforderungen für die Interoperabilität der Allianz sowie regulatorische Überlegungen verdeutlichen, dass strategischer Vorteil von kollektiver Abstimmung abhängt. Eine Fragmentierung der technologischen Ökosysteme birgt die Gefahr, den Zusammenhalt der Koalition zu untergraben. Harmonisierte Entwicklungswege stärken die kollektive Widerstandsfähigkeit.

Die ethischen, rechtlichen und strategischen Auswirkungen von Netzwerken der nächsten Generation werden unter besonderer Berücksichtigung der Autonomie künstlicher Intelligenz, der Datenhoheit, der Abhängigkeit von kommerzieller Infrastruktur und strategischer Risikolandschaften untersucht. Kommunikationsnetzwerke sind zunehmend mit zivilen Infrastrukturen und globalen Lieferketten verflochten. Diese Konvergenz erfordert eine transparente Steuerung und den Aufbau souveräner Fähigkeiten, um systemische Schwachstellen zu mindern.

Zukünftige Ausrichtungen und Forschungs Herausforderungen werden durch die Identifizierung offener Forschungsprobleme, den Bedarf an experimentellen militärischen 6G-Testumgebungen, die kooperative Rolle von Wissenschaft und Verteidigungsindustrie sowie strukturierte Roadmaps für den operativen Einsatz dargelegt. Die langfristige strategische Vision wird als Gleichgewicht zwischen Innovation und Resilienz, Automatisierung und Rechenschaftspflicht, Integration und Souveränität definiert. Innerhalb dieses breiteren Forschungsansatzes betont das von Rexhep Mustafovski vorgeschlagene integrationsorientierte Kommunikationsrahmenwerk die strukturierte Konvergenz von künstlicher Intelligenz, quantenresistenter Verschlüsselung, Blockchain-basierter Authentifizierung, adaptivem Spektrummanagement und Multi-Domain-Redundanz, um eine sichere und effektive Kommunikation unter allen operativen und meteorologischen Bedingungen zu gewährleisten.

Die übergeordnete These dieses Buches lautet, dass Kommunikation nicht länger ein unterstützendes Teilsystem der militärischen Fähigkeiten ist. Sie ist ein grundlegender strategischer Vermögenswert, der die Geschwindigkeit, Genauigkeit und Legitimität militärischer Aktionen bestimmt. Der Übergang von 5G zu 6G verändert nicht nur Bandbreiten- und Latenzkennzahlen, sondern auch die Architektur der Autorität und die Struktur der Resilienz. Militärische Institutionen müssen daher die Einführung von Kommunikation der nächsten Generation mit disziplinierter Weitsicht, rigorosen Experimenten und umfassenden Governance-Rahmenwerken angehen.

Die Modernisierung von Kommunikationssystemen muss so erfolgen, dass die operative Kontinuität gewahrt bleibt und gleichzeitig Innovationen ermöglicht werden. Die schrittweise Integration in bestehende Plattformen, „Secure-by-Design“-Architekturprinzipien, adaptive Frequenzstrategien und „-Sicherheitsmaßnahmen, die für Quantencomputer gewappnet sind, bilden wesentliche Bestandteile dieses Prozesses. Die Zusammenarbeit zwischen Forschungseinrichtungen, der Verteidigungsindustrie, Regulierungsbehörden und verbündeten Partnern stärkt die technologische Glaubwürdigkeit und die strategische Kohärenz.

Letztendlich wird die Zukunft der militärischen Kommunikation durch die Fähigkeit bestimmt, vertrauenswürdige, zeitnahe und widerstandsfähige Konnektivität in jedem Bereich und unter allen Bedingungen aufrechtzuerhalten. Extreme Umgebungsbedingungen, die durch elektromagnetische Umgebungen, feindliche Cyber-Aktionen und geopolitische Fragmentierung gekennzeichnet sind, dürfen die operative Koordination nicht beeinträchtigen. Eine Kommunikationsarchitektur, die Störungen vorwegnimmt und sich intelligent an Unsicherheiten anpasst, bildet die strukturelle Grundlage für einen nachhaltigen strategischen Vorteil.

Dieses Buch bietet eine umfassende Untersuchung der technologischen, doktrinen und strategischen Dimensionen des Übergangs von 5G zu 6G in der militärischen Kommunikation. Durch die Synthese von technischer Analyse und strategischer Weitsicht soll es einen Beitrag zur sich entwickelnden Debatte über sichere, intelligente und souveräne Kommunikationsökosysteme leisten. Das Ziel besteht nicht

nur darin, neue Technologien zu analysieren, sondern sie in eine kohärente Vision von Resilienz, Interoperabilität, ethischer Governance und operativer Effektivität einzubetten.

In einer Ära, die von rascher technologischer Beschleunigung und komplexen Sicherheits herausforderungen geprägt ist, wird die Fähigkeit, sicher und zuverlässig zu kommunizieren, zum Synonym für die Fähigkeit, zu führen, zu koordinieren und sich durchzusetzen. Der Übergang zu KI-nativen und quantenbewussten Kommunikationsarchitekturen stellt sowohl eine Chance als auch eine Verantwortung dar. Durch strukturierte Integration, disziplinierte Governance und vorausschauende Forschungsausrichtung können sich militärische Kommunikationssysteme zu adaptiven Infrastrukturen entwickeln, die in den kommenden Jahrzehnten strategische Stabilität und operative Exzellenz gewährleisten können.

FOR AUTHOR USE ONLY

## Schlussfolgerung

Dieses Buch hat den Übergang von 5G zu 6G in der militärischen Kommunikation als systemische Transformation und nicht als lineare technologische Aufrüstung untersucht. In allen Kapiteln wurde aufgezeigt, dass Kommunikationsnetzwerke der nächsten Generation nicht bloß Plattformen für eine schnellere Datenübertragung sind, sondern grundlegende Wegbereiter für Einsatzdoktrinen, strategische Widerstandsfähigkeit, domänenübergreifende Koordination und langfristige Souveränität. Die wichtigsten Erkenntnisse aus dieser umfassenden Analyse bestätigen, dass die Entwicklung hin zu KI-nativen, quantenfähigen und in Raum, Luft und Boden integrierten Architekturen einen entscheidenden Wendepunkt in der Modernisierung militärischer Kommunikationssysteme darstellt.

Die Zusammenfassung der wichtigsten Erkenntnisse lässt mehrere miteinander verknüpfte Schlussfolgerungen erkennen. Erstens sind ältere taktische Kommunikationssysteme, obwohl sie in ihrem Einsatzbereich historisch gesehen effektiv waren, strukturell begrenzt hinsichtlich Bandbreitenkapazität, Interoperabilität, Anpassungsfähigkeit und Widerstandsfähigkeit gegenüber aktuellen Cyber- und elektronischen Bedrohungen. Ihre Architektur war nicht für datenintensive Echtzeitoperationen, verteilte Sensorik oder die autonome Plattformkoordination ausgelegt. Als sich das Einsatzumfeld auf Multi-Domain-Einsatzgebiete ausweitete, die durch Frequenzüberlastung und anhaltende Cyber-Exposition gekennzeichnet sind, gewannen diese Einschränkungen strategische Bedeutung.

Zweitens führte die Integration von 5G-Technologien in militärische Umgebungen zu transformativen Fähigkeiten. Verbessertes mobiles Breitband ermöglichte hochauflösendes Videostreaming und Sensorfusion nahezu in Echtzeit. Ultrazügige Kommunikation mit geringer Latenz unterstützte die Koordination unbemannter Luft- und Bodenfahrzeuge. Massive maschinelle Konnektivität erleichterte den Einsatz verteilter Sensoren und intelligenter Basisinfrastrukturen. Virtualisierung und Network Slicing ermöglichten missionskritische Segmentierung und priorisiertes Verkehrsmanagement. Das Buch hat jedoch auch gezeigt, dass diese Vorteile mit strukturellen Herausforderungen einhergehen. Virtualisierte Steuerungsebenen vergrößern die potenzielle Angriffsfläche. Die Konvergenz ziviler und militärischer Infrastrukturen führt zu gemeinsamen Schwachstellenbereichen. Der dynamische Charakter softwaredefinierter Architekturen erfordert fortschrittliche Governance- und Sicherheitsmodelle.

Drittens sind die operativen Treiber, die den Weg zu 6G ebnen, nicht ambitioniert, sondern auf Notwendigkeit gegründet. Neue militärische Anforderungen verlangen extreme Zuverlässigkeit, deterministische Latenz, adaptive Frequenzzuweisung, integrierte Sensorik und quantenresistente Verschlüsselungsrahmenwerke. Die Beschleunigung von Entscheidungszyklen, insbesondere innerhalb KI-gestützter Kommando- und Kontrollstrukturen, erfordert Kommunikationssysteme, die eine Reaktionsfähigkeit im Mikrosekundenbereich aufrechterhalten können. Die Verdichtung von Geräten und Sensoren erfordert fortschrittliche Frequenzeffizienz

und intelligente Ressourcenorchestrierung. Feindliche elektronische Kriegsführungsfähigkeiten erfordern adaptive und kognitive Verteidigungsmechanismen, die in die Kommunikationsarchitektur selbst eingebettet sind.

Die Analyse der Kernkonzepte von 6G hat gezeigt, dass künstliche Intelligenz eher zu einem architektonischen Grundprinzip als zu einer Optimierungsebene werden wird. KI-native Netzwerke versprechen Selbstkonfiguration, vorausschauende Wartung, Anomalieerkennung sowie ein dynamisches Management von Topologie- und Verwaltungs en. Durch integrierte Sensorik und Kommunikation verschwimmt die Grenze zwischen Konnektivität und Umgebungswahrnehmung. Terahertz-Kommunikation erweitert die Bandbreitenhorizonte, bringt jedoch Herausforderungen bei der Signalausbreitung mit sich, die fortschrittliches Beamforming und Umgebungsmodellierung erfordern. Die Integration von Weltraum, Luft und Boden sorgt für Redundanz und Betriebskontinuität, erfordert jedoch eine harmonisierte Koordination über heterogene Latenzdomänen hinweg.

Sicherheitsaspekte stellen eines der entscheidenden Themen dieser Arbeit dar. Die erwartete Reifung des Quantencomputings bringt langfristige kryptografische Risiken mit sich, was die proaktive Einführung von Post-Quantum-Algorithmen unerlässlich macht. Zero-Trust-Frameworks und verteilte Authentifizierungsmechanismen müssen in die architektonischen Grundlagen eingebettet werden. Kognitive Abwehrmaßnahmen gegen elektronische Kriegsführung und KI-gesteuerte Intrusion-Detection-Systeme müssen gegnerische Manipulationen antizipieren, anstatt lediglich auf Einbruchereignisse zu reagieren. Das Buch betont, dass Sicherheit ein integraler Bestandteil und kein Zusatzelement des Kommunikationsdesigns der nächsten Generation sein muss.

Interoperabilität und Standardisierung haben sich als strategische Imperative erwiesen. Koalitionsoperationen erfordern harmonisierte Kommunikationsstandards und sichere domänenübergreifende Austauschmechanismen. Divergenzen in regulatorischen Rahmenbedingungen und technologischen Ökosystemen bergen die Gefahr der Fragmentierung. Der Übergang von 5G zu 6G muss daher auf Bündnisstrukturen und multinationale Governance-Bemühungen abgestimmt werden. Die zivil-militärische Koexistenz im Frequenzspektrum und die gemeinsame Nutzung von Infrastruktur führen zu zusätzlicher Komplexität, die durch strukturierte regulatorische Zusammenarbeit bewältigt werden muss.

Die strategische Bedeutung des Übergangs von 5G zu 6G geht über die technische Modernisierung hinaus. Kommunikationsnetze bestimmen heute das Einsatztempo, die Verteilung von Befehlsgewalt und die Informationsüberlegenheit. Die Fähigkeit, eine sichere und kontinuierliche Konnektivität aufrechtzuerhalten, beeinflusst direkt die Glaubwürdigkeit der Abschreckung und die Stabilität bei Eskalationen. In umkämpften Umgebungen entscheidet die Widerstandsfähigkeit der Kommunikation darüber, ob koordiniertes Handeln trotz Störungen aufrechterhalten werden kann. Da

die Kriegsführung zunehmend datengesteuert wird, wird Informationsüberlegenheit zum Synonym für operative Überlegenheit.

Darüber hinaus hat die Konvergenz ziviler und militärischer Technologieökosysteme tiefgreifende geopolitische Auswirkungen. Die Abhängigkeit von globalisierten Lieferketten wirft Fragen der Souveränität auf. Die Fragmentierung von Technologiestandards könnte den Zusammenhalt von Bündnissen neu definieren. Gemeinsame Infrastruktur erschwert die Planung der Widerstandsfähigkeit und die Eskalationsdynamik. Die strategische Bedeutung von Kommunikationssystemen der nächsten Generation liegt daher nicht nur in der Leistungsfähigkeit auf dem Schlachtfeld, sondern auch in der nationalen und internationalen Stabilität.

Der Fahrplan für den operativen 6G-Einsatz erfordert einen disziplinierten Fortschritt durch Forschungsvalidierung, Pilotversuche, Interoperabilitätsabgleich, industrielle Skalierung, Personalentwicklung und die Reifung der Governance. Experimentelle Testumgebungen, digitale Zwillinge und die Integration hybrider Infrastrukturen sind unerlässlich, um KI-native Architekturen unter realistischen, feindlichen Bedingungen einem Stresstest zu unterziehen. Kooperationsen zwischen Wissenschaft und Verteidigungsindustrie beschleunigen Innovationen und gewährleisten gleichzeitig die operative Machbarkeit.

Die in diesem Buch dargelegte langfristige strategische Vision unterstreicht, dass die Kommunikation unter allen Einsatzbedingungen effektiv bleiben muss, einschließlich extremer meteorologischer Umgebungen, Frequenzüberlastung, Cyberangriffen und physischer Infrastrukturverschlechterung. Adaptive Wellenformsteuerung, verteilte Multi-Domain-Redundanz, quantenresistente Verschlüsselung und KI-gesteuerte Orchestrierung sind keine optionalen Verbesserungen, sondern strukturelle Notwendigkeiten für zukünftige militärische Kommunikationsökosysteme.

Innerhalb dieses breiteren strategischen Rahmens betont der von Rexhep Mustafovski vorgeschlagene integrationsorientierte Ansatz die strukturierte Konvergenz von künstlicher Intelligenz, Blockchain-basierter Authentifizierung, postquantenkryptografischer Sicherheit, adaptivem Frequenzmanagement und Multi-Domain-Konnektivität, um eine widerstandsfähige und zeitnahe Kommunikation unter allen operativen und Umgebungsbedingungen zu gewährleisten. Diese Integrationsperspektive steht im Einklang mit aufkommenden globalen Forschungstrends und bietet gleichzeitig praktische Wege zu einer sicheren und souveränen Umsetzung.

Die abschließenden Bemerkungen zur zukünftigen militärischen Kommunikation müssen anerkennen, dass technologische Beschleunigung allein keinen strategischen Vorteil garantiert. Innovation ohne Governance führt zu Fragilität. Automatisierung ohne Aufsicht birgt das Risiko des Verlusts der Rechenschaftspflicht. Konnektivität ohne Resilienz führt zu systemischer Verwundbarkeit. Daher muss die Zukunft der militärischen Kommunikation von den Prinzipien der Souveränität, Interoperabilität, ethischen Verantwortung und strukturellen Resilienz geleitet werden.

Künstliche Intelligenz wird ihre Rolle im Netzwerkmanagement und in der Entscheidungsunterstützung weiter ausbauen. Menschliche Autorität und doktrinaire Klarheit müssen jedoch im Mittelpunkt stehen. Post-Quantum-Sicherheitsrahmen müssen den Übergang von der theoretischen Forschung zum operativen Einsatz vollziehen, bevor gegnerische Durchbrüche erfolgen. Integrierte Sensorik muss reguliert werden, um Fehlinterpretationen und Eskalationen zu verhindern. Raum-Luft-Boden-Architekturen müssen Redundanz und Komplexitätsmanagement in Einklang bringen.

Nachhaltige Energieintegration und ökologische Resilienz müssen ebenfalls die Infrastrukturplanung prägen. Kommunikationssysteme, die unter abgelegenen oder rauen Bedingungen eingesetzt werden, erfordern energieeffiziente Designs und ein adaptives Energiemanagement. Meteorologische Resilienz, einschließlich des Betriebs bei Unwettern oder atmosphärischen Störungen, muss in die Parameter für Wellenform- und Hardware-Design integriert werden.

Bildung und die Entwicklung von Humankapital stellen grundlegende Säulen für langfristigen Erfolg dar. Ingenieure, Cybersicherheitsspezialisten und Einsatzleiter müssen die strukturellen Veränderungen innerhalb der Kommunikationsökosysteme verstehen. Kontinuierliche Weiterbildung und interdisziplinäre Zusammenarbeit stellen sicher, dass sich die institutionellen Kapazitäten parallel zum technologischen Fortschritt weiterentwickeln.

Zusammenfassend lässt sich sagen, dass der Übergang von 5G zu 6G in der militärischen Kommunikation eine der folgenreichsten technologischen Transformationen des heutigen Sicherheitsumfelds darstellt. Er gestaltet Kommandostrukturen neu, beschleunigt Entscheidungszyklen und definiert die Informationsüberlegenheit neu. Er bringt neue Schwachstellen mit sich, bietet aber gleichzeitig beispiellose operative Fähigkeiten. Die strategische Herausforderung besteht darin, fortschrittliche Technologien in kohärente, widerstandsfähige und ethisch geregelte Architekturen zu integrieren.

Zukünftige militärische Kommunikationssysteme müssen intelligent und dennoch kontrollierbar, anpassungsfähig und dennoch sicher, interoperabel und dennoch souverän sein. Durch strukturierte Integration, rigorose Experimente und strategische Weitsicht kann der Wandel hin zu 6G die operative Widerstandsfähigkeit stärken und langfristige strategische Stabilität gewährleisten. Die in diesem Buch untersuchte Entwicklung ist nicht das Ende der Modernisierung, sondern die Grundlage einer neuen Kommunikationsdoktrin für die kommenden Jahrzehnte.

## Literaturverzeichnis

1. Mustafovski, Rexhep., *Militärische Kommunikationsdoktrin – Ein systematischer Leitfaden zu Führung, Kontrolle und Kommunikation in modernen Streitkräften*, LAP LAMBERT Academic Publishing, Riga, Lettland, 2026, ISBN 978-620-9-23709-6.
2. Mustafovski, Rexhep., *Sichere Kommunikationssysteme für moderne militärische Operationen – Grundlagen, Technologien und zukünftige Ausrichtungen*, 1. Auflage, LAP LAMBERT Academic Publishing, Riga, Lettland, 2025, ISBN 978-620-9-27053-6.
3. Mustafovski, Rexhep., *Militärische Kommunikationsdoktrin – Systematischer Leitfaden für Führung, Kontrolle und Kommunikation in modernen Streitkräften*, Ediciones Nuestro Conocimiento, Riga, Lettland, 2026, ISBN 978-620-9-52219-2.
4. Mustafovski, Rexhep., *Doktrin der militärischen Kommunikation – Ein systematischer Leitfaden zu Führung, Kontrolle und Kommunikation in modernen Streitkräften*, Verlag „Nasza Wiedza“, Riga, Lettland, 2026, ISBN 978-620-9-52475-2.
5. Mustafovski, Rexhep., *Doktryna komunikacji wojskowej – Systematyczny przewodnik po dowodzeniu, kontroli i komunikacji we współczesnych siłach zbrojnych*, Wydawnictwo Nasza Wiedza, Riga, Lettland, 2026, ISBN 978-620-9-52987-0.
6. Mustafovski, Rexhep., *Doktrin der militärischen Kommunikation – Systematischer Leitfaden zu Führung, Kontrolle und Kommunikation in modernen Streitkräften*, Edizioni Sapienza, Riga, Lettland, 2026, ISBN 978-620-9-52731-9.
7. Mustafovski, Rexhep., *Militärische Kommunikationsdoktrin – Ein systematischer Leitfaden für Führung, Kontrolle und Kommunikation in modernen Streitkräften*, Verlag Unser Wissen, Riga, Lettland, 2026, ISBN 978-620-9-53243-6.
8. Mustafovski, Rexhep., *Militärische Kommunikationsdoktrin – Ein systematischer Leitfaden für Führung, Kontrolle und Kommunikation in modernen Streitkräften*, Verlag Unser Wissen, Riga, Lettland, 2026, ISBN 978-620-9-51963-5.
9. Mustafovski, Rexhep., *Sichere Kommunikationssysteme für moderne militärische Operationen – Grundlagen, Technologien und zukünftige Wege*, Verlag Unser Wissen, Riga, Lettland, 2026, ISBN 978-620-9-57812-0.
10. Mustafovski, Rexhep., *Sichere Kommunikationssysteme für moderne militärische Operationen – Grundlagen, Technologien und zukünftige Wege*, Verlag Unser Wissen, Riga, Lettland, 2026, ISBN 978-620-9-56532-8.

11. Mustafovski, Rexhep., *Sichere Kommunikationssysteme für moderne militärische Operationen – Grundlagen, Technologien und zukünftige Wege*, Verlag Unser Wissen, Riga, Lettland, 2026, ISBN 978-620-9-56532-8.
12. Mustafovski, Rexhep., *Sichere Kommunikationssysteme für moderne Militäroperationen – Grundlagen, Technologien und Zukunftsperspektiven*, Verlag Unser Wissen, Riga, Lettland, 2026, ISBN 978-620-9-58836-5.
13. Mustafovski, Rexhep., *Sichere Kommunikationssysteme für moderne militärische Operationen – Grundlagen, Technologien und Zukunftsperspektiven*, Edizioni Sapienza, Riga, Lettland, 2026, ISBN 978-620-9-57556-3.
14. Mustafovski, Rexhep., *Sichere Kommunikationssysteme für moderne Militäroperationen – Grundlagen, Technologien und Zukunftsperspektiven*, Editions Notre Savoir, Riga, Lettland, 2026, ISBN 978-620-9-57044-5.
15. Mustafovski, Rexhep., „Taktisch-technische Merkmale und Organisation einer Kommunikationsstation mit dem Kommando-Kraftfahrzeug ‚Chevrolet Tahoe‘“, *STIT*, 196 (2), 2026, S. 28–29, ISSN 1857-6710.
16. Mustafovski, Rexhep., „Simulationen für die logistische Ausbildung bei militärischen Operationen“, *STIT*, 195 (1), 2026, S. 32–34, ISSN 1857-6710.
17. Mustafovski, Rexhep und Petrovski, Aleksandar., „Stand der Technik bei globalen Navigationssatellitensystemen: Eine vergleichende Studie zu GPS, GLONASS und Galileo“, *Contemporary Macedonian Defence*, 25 (49), 2025, S. 119–132, ISSN 1409-8199,
18. Mustafovski, Rexhep., „Architektonischer Rahmen einer missionsorientierten UAV-Kommunikationsplattform“, *Automation of Technological and Business Processes*, 17 (3), 2025, S. 44–58, ISSN 2312-3125 (Print), 2312-931X (Online).
19. Mustafovski, Rexhep., „Integriertes Modell für ein klassifiziertes Kommunikationsnetzwerk mit VPN-Zugang für moderne militärische Operationen“, *STIT*, 194 (12), 2025, S. 34–36, ISSN 1857-6710.
20. Mustafovski, Rexhep., „Moderne Informations- und Kommunikationstechnologieplattformen: Weiterentwicklung des SecuDroneComm-Managements“, *Management Science Advances*, Online (1), 2025, S. 1–10, ISSN 3042-2205.
21. Mustafovski, Rexhep., „Integriertes fortgeschrittenes konzeptionelles Modell für die militärische Kommunikation“, *STIT*, 193 (11), 2025, S. 34–35, ISSN 1857-6710.
22. Mustafovski, Rexhep., „Wi-OPS: Integrierte Plattform für die militärische Ortung“, *STIT*, 192 (10), 2025, S. 34–35, ISSN 1857-6710.

23. Mustafovski, Rexhep., „PoWiFi: Sensoreffizienz durch drahtlose Energieversorgung“, *STIT*, 191 (9), 2025, S. 34–35, ISSN 1857-6710.
24. Mustafovski, Rexhep., „Durch Wände sehen: Anwendung von WLAN-Signalen und künstlicher Intelligenz zur Erkennung von Personen in versteckten Räumen“, *STIT*, 190 (8), 2025, S. 36–37, ISSN 1857-6710.
25. Mustafovski, Rexhep., „Funkgerät ‚9661 HF‘ – Ein modernes Kommunikationssystem für taktische und operative Militäreinsätze“, *STIT*, 189 (7), 2025, S. 34–35, ISSN 1857-6710.
26. Mustafovski, Rexhep., „‚Inmarsat‘ – Satellitenkommunikation in taktischen und operativen Einheiten“, *STIT*, 188 (6), 2025, S. 20–21, ISSN 1857-6710.
27. Mustafovski, Rexhep., „Die Zukunft der militärischen Kommunikation“, *STIT*, 187 (5), 2025, S. 22–23, ISSN 1857-6710.
28. Mustafovski, Rexhep., „Elektronische Kriegsführung und Funkstörseher – Schlüsseltechnologien für moderne militärische Operationen“, *STIT*, 186 (4), 2025, S. 24–25, ISSN 1857-6710.
29. Mustafovski, Rexhep., „Modellierung von Systemen zur Erkennung unbemannter Luftfahrzeuge“, *STIT*, 185 (3), 2025, S. 26–27, ISSN 1857-6710.
30. Mustafovski, Rexhep., „Einsatz des Funkgeräts ‚RF-7800V-HH‘ in taktischen Einheiten“, *STIT*, 184 (2), 2025, S. 44–45, ISSN 1857-6710.
31. Mustafovski, Rexhep., „Verschlüsseltes VoIP-Telefon ‚Aselsan 2121‘ – Technologischer Fortschritt für sichere, taktische und strategische Kommunikation“, *STIT*, 183 (1), 2025, S. 44–45, ISSN 1857-6710.
32. Mustafovski, Rexhep., „Multifunktionales militärisches Feldtelefon ‚Aselsan 6200‘ mit fortschrittlichen Funktionen“, *STIT*, 182 (12), 2024, S. 45, ISSN 1857-6710.
33. Mustafovski, Rexhep., „Mobiles Radar-Elektronische-Kriegsführung-System ‚KORAL II‘“, *STIT*, 180 (10), 2024, S. 44–46, ISSN 1857-6710.
34. Mustafovski, Rexhep und Petrovski, Aleksandar., „Winkelbasiertes Computer-Vision-Modul zur Zielortung für verbesserte militärische Überwachung“, *Scientific Technical Review*, 74 (2), 2024, S. 32–37, ISSN 2683-5770.
35. Mustafovski, Rexhep und Petrovski, Aleksandar und Radovanović, Marko und Jokić, Željko., „Intelligente modulare Plattformen für die nächste Generation des Schießübungsstrainings“, *Scientific Technical Review*, 75 (1), 2025, S. 41–51, ISSN 2683-5770.
36. Mustafovski, Rexhep., „Bewertung der operativen Auswirkungen von SecuDronComm: Simulationsbasierte Bewertung sicherer UAV-Kommunikation in militärischen Umgebungen“, *Scientific Technical Review*, 75 (1), 2025, S. 11–18, ISSN 2683-5770.

37. Mustafovski, Rexhep und Petrovski, Aleksandar., „Integration von Quantentechnologien in mobile militärische Systeme und TOC-Rahmenwerke“, *Land Forces Academy Review*, 30 (3), 2025, S. 466–478, ISSN 3100-5063 (Druckausgabe), 3100-5071 (Online).
38. Mustafovski, Rexhep., „Vergleich des aktuellen Stands der Technik bei Sensoren in Industrie 4.0, Industrie 5.0 und kostengünstigen Überwachungstechnologien“, *Spectrum of Engineering and Management Sciences*, Online, 2025, S. 1–14, ISSN 3009-3309.
39. Mustafovski, Rexhep., „Simulation von Sicherheit und Geschwindigkeit: Eine vergleichende Bewertung der MobileSecureComm-Plattform gegenüber älteren taktischen Kommunikationssystemen“, *Spectrum of Engineering and Management Sciences*, 3 (1), 2025, S. 147–157, ISSN 3009-3309.
40. Mustafovski, Rexhep., „Der Einsatz von Kommunikationsplattformen bei militärischen Operationen: Steigerung der strategischen und taktischen Effektivität“, *Database Systems Journal*, 16 (1), 2025, S. 1–10, ISSN 2069-3230.
41. Mustafovski, Rexhep., „State-of-the-Art-Vergleich von MobileSecureComm mit modernen sicheren Kommunikationsplattformen für taktische Operationen“, *Balkan Journal of Applied Mathematics and Informatics*, 8 (1), 2025, S. 87–98, ISSN 2545-4803.
42. Mustafovski, Rexhep., „Integration von Computer Vision mit dem YOLOv8-Algorithmus für PID: Eine Analyse des aktuellen Stands der Technik“, *Contemporary Macedonian Defence*, 48 (1), 2025, S. 83–94, ISSN 1409-8199.
43. Mustafovski, Rexhep und Petrovski, Aleksandar und Radovanović, Marko., „Der Klimawandel und seine Auswirkungen auf das Militärübungsgelände Krivolak im 21. Jahrhundert: Herausforderungen, Anpassung und die Rolle intelligenter Militärtechnologien“, *Serbian Journal of Engineering Management*, 10 (2), 2025, S. 12–18, ISSN 3042-0474.
44. Mustafovski, Rexhep., „Weiterentwicklung von SecuDroneComm: Eine vergleichende Analyse des aktuellen Stands der Technik mit modernen IKT-Plattformen für sichere Kommunikation“, *Serbian Journal of Engineering Management*, 10 (2), 2025, S. 61–70, ISSN 2466-4693.
45. Mustafovski, Rexhep., „Formelbasiertes Architektur-Framework der SecuDroneComm-Plattform für die Kommunikation mit unbemannten Luftfahrzeugen“, *Management Science Advances*, 2 (1), 2025, S. 288–303, ISSN 3042-2205.
46. Mustafovski, Rexhep., „Biothreat Early Assist and Response Command System (BEAR-CS)“, *Automation of Technological and Business Processes*, 17 (1), 2025, ISSN 2312-3125 (Print), 2312-931X (Online).

47. Mustafovski, Rexhep., „Digital Development Board for Short-Range Object Detection with Steganographic Data Hiding Technique“, *Journal of Electrical Engineering and Information Technologies*, 9 (1), 2024, S. 63–70, ISSN 2545-4269.
48. Mustafovski, Rexhep., Petrovski, Aleksandar., und Radovanović, Radovanović., „Intelligentes Abfallmanagementsystem (IWMS): Deep-Learning-gestützte Sortierung mit integrierten Behälterfüllstandssensoren“, in *Environmental Protection and Disaster Risks (EnviroRisks 2024)*, 1. Auflage, Springer, Cham, Schweiz, 2024, S. 188–193, ISBN 978-3-031-74707-6.
49. Glavinov, Aleksandar., Doneva, Blagica., und Mustafovski, Rexhep., „Anwendung künstlicher Intelligenz in der Straßeninfrastruktur“, in: *Dritter Mazedonischer Straßenkongress*, 6.–7. November 2025, Skopje, Republik Nordmazedonien, 2025.
50. Glavinov, Aleksandar., Sofronievska, Maja., und Mustafovski, Rexhep., „Intelligente Straßen für Notfallmaßnahmen und Rettungseinsätze“, in: *Dritter Mazedonischer Straßenkongress*, 6.–7. November 2025, Skopje, Republik Nordmazedonien, 2025.
51. Mustafovski, Rexhep., Risteski, Aleksandar., und Shuminoski, Tomislav., „Fortschritte bei industriellen digitalen Sensoren (Version 3.0 bis 4.0) und Radarsystemen zur Objekterkennung: Ein Überblick über den aktuellen Stand der Technik“, in: *Dritte Internationale Konferenz ETIMA 2025*, 24.–25. September 2025, Štip, Republik Nordmazedonien, 2025.
52. Mustafovski, Rexhep., Risteski, Aleksandar., und Shuminoski, Tomislav., „Herausforderungen und Lösungen zur Verbesserung der Kommunikationsleistung zwischen Drohnen und Einsatzleitstellen bei militärischen und Krisenoperationen“, in: *Dritte Internationale Konferenz ETIMA 2025*, 24.–25. September 2025, Štip, Republik Nordmazedonien, 2025.
53. Mustafovski, Rexhep., Risteski, Aleksandar., und Shuminoski, Tomislav., „Entwurf eines sicheren Kommunikationsrahmens für UAV-zu-TOC-Einsätze in militärischen und Notfallumgebungen“, in: *Dritte Internationale Konferenz ETIMA 2025*, 24.–25. September 2025, Štip, Republik Nordmazedonien, 2025.
54. Mustafovski, Rexhep., Risteski, Aleksandar., und Shuminoski, Tomislav., „Simulationsbasierte Leistungsanalyse eines sicheren UAV-zu-TOC-Kommunikationsrahmens in militärischen und Notfalloperationen“, in: *Dritte Internationale Konferenz ETIMA 2025*, 24.–25. September 2025, Štip, Republik Nordmazedonien, 2025.
55. Petrovski, Aleksandar., Mijalkovski, Stojance., und Mustafovski, Rexhep., „Einsatz von Biosensoren mit GPS-Ortungsgaräten zur Überwachung der Gesundheit von Bergleuten in Untertagebergwerken: Ein umfassendes Rahmenwerk für mehr Sicherheit und betriebliche Effizienz“, in: *XVI*.

- Fachkonsultation mit internationaler Beteiligung: Technologie der Untertage- und Tagebauausbeutung von Bodenschätzen (Podex–Povex '25)*, 3.–5. Oktober 2025, Ohrid, Republik Nordmazedonien, 2025.
56. Mustafovski, Rexhep, Risteski, Aleksandar und Shuminoski, Tomislav, „MobileSecureComm: Eine taktische Kommunikationsplattform der nächsten Generation für Land-, See- und Luftoperationen“, in: *IEEE 32. Internationale Konferenz über Systeme, Signale und Bildverarbeitung (IWSSIP 2025)*, 24.–26. Juni 2025, Skopje, Republik Nordmazedonien, 2025.
57. Mustafovski, Rexhep., Petrovski, Aleksandar., Radovanović, Marko., und Jokić, Željko., „Anwendung bodengestützter modularer Plattformen bei der Modernisierung von Schießständen – Intelligente Zielträger“, in: *16. DQM International Conference Life Cycle Engineering and Management (ICDQM 2025)*, 26.–27. Juni 2025, Prijedor, Republik Serbien, 2025.
58. Mustafovski, Rexhep., „Sicherheitslücken und Herausforderungen bei IoT-Technologien“, in: *Studentische Konferenz zu Energieeffizienz und nachhaltiger Entwicklung (SCEESD)*, 29. Oktober – 1. November 2024, Skopje, Republik Nordmazedonien, 2025.
59. Mustafovski, Rexhep., „Die Bedeutung des Einsatzes intelligenter Geräte“, in: *Studentische Konferenz zu Energieeffizienz und nachhaltiger Entwicklung*, 26.–29. Oktober 2022, Skopje, Republik Nordmazedonien, 2023.
60. Mustafovski, Rexhep., „Integriertes Steuerungs- und Überwachungssystem (ICMS) unter Verwendung digitaler Elektronikplatinen zur Objektüberwachung und -erkennung auf kurze Distanz“, in: *Internationale Konferenz ACCHE – Jahreskonferenz zu den Herausforderungen der zeitgenössischen Hochschulbildung*, 3.–7. Februar 2025, Kopaonik, Republik Serbien, 2025.
61. Mustafovski, Rexhep., „Vergleich des aktuellen Stands der Technik der SecuDronComm-Plattform mit bestehenden sicheren Drohnenkommunikationssystemen“, in: *Internationale Konferenz ACCHE – Jahreskonferenz zu den Herausforderungen der zeitgenössischen Hochschulbildung*, 3.–7. Februar 2025, Kopaonik, Republik Serbien, 2025.
62. Mustafovski, Rexhep., „Aktueller Stand der Forschung und Analyse von aktiven und passiven Radarreflektoren sowie Ultraschall-Radarsystemen“, in: *Internationale Konferenz ACCHE – Jahreskonferenz zu den Herausforderungen der zeitgenössischen Hochschulbildung*, 3.–7. Februar 2025, Kopaonik, Republik Serbien, 2025.
63. Mustafovski, Rexhep., und Petrovski, Aleksandar., „Analyse des Einsatzes moderner Feuerleitsysteme und ihrer Implementierung in Infanterieeinheiten“, in: *11. Internationale Wissenschaftskonferenz zu Verteidigungstechnologien (OTEX 2024)*, 9.–11. November 2024, Tara, Republik Serbien, 2024.

64. Mustafovski, Rexhep., „Ethische Aspekte beim Aufbau eines Radarsystems zur Objekterkennung im Nahbereich mit Arduino Mega 2560“, in: *XVI. Internationale Konferenz ETAI 2024*, 21.–23. September 2024, Struga, Republik Nordmazedonien, 2024.
65. Mustafovski, Rexhep., „Der Einsatz eines digitalen Entwicklungsboards zur Entwicklung eines Ultraschall-Radarsystems für die Nahbereichserkennung in einer 360-Grad-Konfiguration“, in: *XVI. Internationale Konferenz ETAI 2024*, 21.–23. September 2024, Struga, Republik Nordmazedonien, 2024.
66. Mustafovski, Rexhep., „Gewährleistung der Informationssicherheit im digitalen Zeitalter“, in: *Zweite Internationale Konferenz ETIMA 2023*, 27.–29. September 2023, Štip, Republik Nordmazedonien, 2024.
67. Mustafovski, Rexhep., Achkoski, Jugoslav., und Petrovski, Aleksandar., „Zunehmender Einfluss sozialer Netzwerke auf alltägliche soziale Interaktionen während der Pandemie“, in *CMiGIN 2022: 2. Internationale Konferenz zum Konfliktmanagement in globalen Informationsnetzwerken*, 30. November 2022, Kiew, Ukraine, 2022.
68. Mustafovski, Rexhep., „Lernstrategien und metakognitives Bewusstsein“, in *2. Internationale wissenschaftliche Konferenz MILCON'19: Militärakademie „Gen. Mihailo Apostolski“*, 12. November 2019, Skopje, Republik Nordmazedonien, 2019.
69. Mustafovski, Rexhep., „Digitale Lernumgebung der nächsten Generation (NGDLE)“, in: *2. Internationale wissenschaftliche Konferenz MILCON'19: Militärakademie „Gen. Mihailo Apostolski“*, 12. November 2019, Skopje, Republik Nordmazedonien, 2019.
70. Mustafovski, Rexhep., „Einsatz der Analyse des Ausbildungsbedarfs zur Verbesserung der Ausbildungsfähigkeiten von Kadetten“, in: *2. Internationale Wissenschaftskonferenz MILCON'19: Militärakademie „Gen. Mihailo Apostolski“*, 12. November 2019, Skopje, Republik Nordmazedonien, 2019.
71. Dang, S., Amin, O., Shihada, B. und Alouini, M.S., „Was sollte 6G sein?“, *Nature Electronics*, 3, 2020, S. 20–29.
72. David, K. und Berndt, H., „6G Vision and Requirements: Is There Any Need for Beyond 5G?“, *IEEE Vehicular Technology Magazine*, 13, 2018, S. 72–80.
73. Yastrebova, A., Kirichek, R., Koucheryavy, Y., Borodin, A. und Koucheryavy, A., „Future Networks 2030: Architecture & Requirements“, in: *2018 10th International Congress on Ultra Modern Telecommunications and Control Systems and Workshops (ICUMT)*, Moskau, Russland, 5.–9. November 2018, IEEE, Piscataway, NJ, USA, 2018, S. 1–8.

74. Andrews, J.G., Buzzi, S., Choi, W., Hanly, S.V., Lozano, A., Soong, A.C. und Zhang, J.C., „What Will 5G Be?“, *IEEE Journal on Selected Areas in Communications*, 32, 2014, S. 1065–1082.
75. Patzold, M., „5G Is Coming Around the Corner“, *IEEE Vehicular Technology Magazine*, 14, 2019, S. 4–10.
76. Rommel, S., Raddo, T.R. und Monroy, I.T., „Data Center Connectivity by 6G Wireless Systems“, in *Photonics in Switching and Computing (PSC)*, Limassol, Zypern, 19.–21. September 2018, IEEE, Piscataway, NJ, USA, 2018, S. 1–3.
77. Kabir, H.D., Khosravi, A., Mondal, S.K., Rahman, M., Nahavandi, S. und Buyya, R., „Uncertainty-Aware Decisions in Cloud Computing: Foundations and Future Directions“, *ACM Computing Surveys*, 54, 2021, S. 1–30.
78. Mondal, S.K., Wu, X., Kabir, H.M.D., Dai, H.N., Ni, K., Yuan, H. und Wang, T., „Toward Optimal Load Prediction and Customizable Autoscaling Scheme for Kubernetes“, *Mathematics*, 11, 2023, 2675.
79. Fang, C., Yao, H., Wang, Z., Wu, W., Jin, X. und Yu, F.R., „A Survey of Mobile Information-Centric Networking: Research Issues and Challenges“, *IEEE Communications Surveys & Tutorials*, 20, 2018, S. 2353–2371.
80. Tataria, H., Shafi, M., Molisch, A.F., Döhler, M., Sjöland, H. und Tufvesson, F., „6G Wireless Systems: Vision, Requirements, Challenges, Insights, and Opportunities“, *Proceedings of the IEEE*, 109, 2021, S. 1166–1199.
81. Kabir, H.D., Abdar, M., Khosravi, A., Jalali, S.M.J., Atiya, A.F., Nahavandi, S. und Srinivasan, D., „SpinalNet: Deep Neural Network with Gradual Input“, *IEEE Transactions on Artificial Intelligence*, 4, 2022, S. 1165–1177.
82. Kabir, H.D., Khanam, S., Khozeimeh, F., Khosravi, A., Mondal, S.K., Nahavandi, S. und Acharya, U.R., „Aleatory-Aware Deep Uncertainty Quantification for Transfer Learning“, *Computers in Biology and Medicine*, 143, 2022, 105246.
83. Cashmore, M., Collins, A., Krarup, B., Krivic, S., Magazzeni, D. und Smith, D., „Towards Explainable AI Planning as a Service“, arXiv, 2019, arXiv:1908.05059.
84. Kabir, H., „Reduzierung der Unsicherheit bei der Klassenaktivierung durch Hintergrundinformationen“, arXiv, 2023, arXiv:2305.03238.
85. Chen, L., Chen, L., Jordan, S., Liu, Y.K., Moody, D., Peralta, R., Perlner, R.A. und Smith-Tone, D., *Bericht über Post-Quanten-Kryptografie*, US-Handelsministerium, National Institute of Standards and Technology, Washington, DC, USA, 2016.



- Radio Networks: Prospects and Self-Interference Challenge“, in: *2019 53rd Asilomar Conference on Signals, Systems, and Computers*, Pacific Grove, CA, USA, 3.–6. November 2019, IEEE, Piscataway, NJ, USA, 2019, S. 1159–1163.
98. 6G Flagship., „*Key Drivers and Research Challenges for 6G Ubiquitous Wireless Intelligence*“, Whitepaper, 2019.
  99. NTT Docomo Inc., *5G-Entwicklung und 6G*, Weißbuch, 2020.
  100. Gui, G., Liu, M., Tang, F., Kato, N. und Adachi, F., „6G: Opening New Horizons for Integration of Comfort, Security, and Intelligence“, *IEEE Wireless Communications*, 27, 2020, S. 126–132.
  101. You, X., Wang, C.X., Huang, J., Gao, X., Zhang, Z., Wang, M., Huang, Y., Zhang, C., Jiang, Y. und Wang, J., „Auf dem Weg zu 6G-Funkkommunikationsnetzen: Vision, Basistechnologien und neue Paradigmenwechsel“, *Science China Information Sciences*, 64, 2021, S. 1–74.
  102. Bhat, J.R. und Alqahtani, S.A., „6G-Ökosystem: Aktueller Stand und Zukunftsperspektiven“, *IEEE Access*, 9, 2021, S. 43134–43167.
  103. Alablani, I.A., und Arafah, M.A., „Ein adaptives Zellauswahlschema für heterogene 5G-Ultra-Dense-Netzwerke“, *IEEE Access*, 9, 2021, S. 64224–64240.
  104. Sun, W., Wang, L., Liu, J., Kato, N. und Zhang, Y., „Bewegungsbewusste CoMP-Handover in heterogenen ultradichten Netzwerken“, *IEEE Transactions on Communications*, 69, 2020, S. 340–352.
  105. Sharma, S.K. und Wang, X., „Toward Massive Machine Type Communications in Ultra-Dense Cellular IoT Networks: Current Issues and Machine Learning-Assisted Solutions“, *IEEE Communications Surveys & Tutorials*, 22, 2019, S. 426–471.
  106. Wu, W., „Überblick über die Entwicklung des raum-integrierten Bodeninformationsnetzwerks“, *Space-Integrated-Ground Information Network*, 1, 2020, S. 1–16.
  107. Akyildiz, I.F., Kak, A. und Nie, S., „6G und darüber hinaus: Die Zukunft der drahtlosen Kommunikationssysteme“, *IEEE Access*, 8, 2020, S. 133995–134030.
  108. Samsung Research., *6G: Das nächste hypervernetzte Erlebnis für alle*, Samsung, Suwon-si, Republik Korea, 2020.
  109. Lu, Y., und Zheng, X., „6G: A Survey on Technologies, Scenarios, Challenges, and Related Issues“, *Journal of Industrial Information Integration*, 19, 2020, 100158.
  110. Wang, C., Yu, H., Li, X., Ma, F., Wang, X., Taleb, T. und Leung, V.C., „Dependency-Aware Microservice Deployment for Edge Computing: A Deep

- Reinforcement Learning Approach with Network Representation“, *IEEE Transactions on Mobile Computing*, 23, 2024, S. 14737–14753.
111. Wang, C., Jia, B., Yu, H., Chen, L., Cheng, K. und Wang, X., „Attention-Aided Federated Learning for Dependency-Aware Collaborative Task Allocation in Edge-Assisted Smart Grid Scenarios“, in: *2022 IEEE/CIC International Conference on Communications in China (ICCC)*, Foshan, China, 11.–13. August 2022, IEEE, Piscataway, NJ, USA, 2022, S. 856–861.
  112. Wang, X., Kong, L., Kong, F., Qiu, F., Xia, M., Arnon, S. und Chen, G., „Millimeterwellenkommunikation: Ein umfassender Überblick“, *IEEE Communications Surveys & Tutorials*, 20, 2018, S. 1616–1653.
  113. Ippolito, L.J., „Radio Propagation for Space Communications Systems“, *Proceedings of the IEEE*, 69, 1981, S. 697–727.
  114. Ajorloo, H., und Manzuri-Shalmani, M.T., „Modellierung der Beacon-Periodenlänge von UWB- und 60-GHz-mmWave-WPANs auf Basis der Standards ECMA-368 und ECMA-387“, *IEEE Transactions on Mobile Computing*, 12, 2012, S. 1201–1213.
  115. Nitsche, T., Cordeiro, C., Flores, A.B., Knightly, E.W., Perahia, E. und Widmer, J.C., „IEEE 802.11ad: Richtungsabhängige 60-GHz-Kommunikation für Wi-Fi mit mehreren Gigabit pro Sekunde“, *IEEE Communications Magazine*, 52, 2014, S. 132–141.
  116. Han, B., Wang, L. und Schotten, H.D., „A 3D Human Body Blockage Model for Outdoor Millimeter-Wave Cellular Communication“, *Physical Communication*, 25, 2017, S. 502–510.
  117. Al-Samman, A.M., Azmi, M.H. und Rahman, T.A., „Ein Überblick über die Millimeterwellenkommunikation für 5G: Kanalmessung unterhalb und oberhalb von 6 GHz“, in *Recent Trends in Data Science and Soft Computing, Tagungsband der 3. Internationalen Konferenz über zuverlässige Informations- und Kommunikationstechnologie (IRICT 2018)*, Kuala Lumpur, Malaysia, 23.–24. Juni 2018, Springer, Berlin/Heidelberg, Deutschland, 2019, S. 451–463.
  118. Huq, K.M.S., Busari, S.A., Rodriguez, J., Frascolla, V., Bazzi, W. und Sicker, D.C., „Terahertz-basiertes drahtloses System für ultraschnelle Netzwerke jenseits von 5G: Ein kurzer Überblick“, *IEEE Network*, 33, 2019, S. 89–95.
  119. Rappaport, T.S., Xing, Y., Kanhere, O., Ju, S., Madanayake, A., Mandal, S., Alkhateeb, A. und Trichopoulos, G.C., „Drahtlose Kommunikation und Anwendungen über 100 GHz: Chancen und Herausforderungen für 6G und darüber hinaus“, *IEEE Access*, 7, 2019, S. 78729–78757.

120. Kabir, H.M.D., „Ein Frequenzvervielfacher mit drei ambipolaren Graphen-Transistoren“, *Microelectronics Journal*, 70, 2017, S. 12–15.
121. Chen, Z., Ma, X., Zhang, B., Zhang, Y., Niu, Z., Kuang, N., Chen, W., Li, L. und Li, S., „A Survey on Terahertz Communications“, *China Communications*, 16, 2019, S. 1–35.
122. Sarieedeen, N.S.H., Al-Naffouri, T.Y. und Alouini, M.S., „Terahertz-Kommunikation der nächsten Generation: Ein Zusammentreffen von Sensorik, Bildgebung und Lokalisierung“, *IEEE Communications Magazine*, 58, 2020, S. 69–75.
123. Zhang, J., Zhu, M., Hua, B., Lei, M., Cai, Y., Zou, Y., Tian, L., Li, A., Huang, Y. und Yu, J., „6G-orientierte 100-GbE-Echtzeitdemonstration einer nahtlosen Kommunikation zwischen Glasfaser und THz-Faser ( ) mittels Photonik“, in: *2022 Optical Fiber Communications Conference and Exhibition (OFC)*, San Diego, CA, USA, 6.–10. März 2022, IEEE, Piscataway, NJ, USA, 2022, S. 1–3.
124. Bariah, L., Mohjazi, L., Muhaidat, S., Sofotasios, P.C., Kurt, G.K., Yanikomeroglu, H. und Dobre, O.A., „Ein Ausblick: Schlüsseltechnologien, Anwendungen und offene Forschungsthemen in 6G-Netzen“, *IEEE Access*, 8, 2020, S. 174792–174820.
125. Giordani, M., Polese, M., Mezzavilla, M., Rangan, S. und Zorzi, M., „Auf dem Weg zu 6G-Netzen: Anwendungsfälle und Technologien“, *IEEE Communications Magazine*, 58, 2020, S. 55–61.
126. Tavakkolnia, I., Jagadamma, L.K., Bian, R., Manousiadis, P.P., Videv, S., Turnbull, G.A., Samuel, I.D. und Haas, H., „Organische Photovoltaik für gleichzeitige Energiegewinnung und optische Hochgeschwindigkeits-MIMO-Funkkommunikation“, *Light: Science & Applications*, 10, 2021, 41.
127. Xu, W., Zhang, J., Kim, J.Y., Huang, W., Kanhere, S.S., Jha, S.K. und Hu, W., „Entwurf, Implementierung und Einsatz eines intelligenten Beleuchtungssystems für intelligente Gebäude“, *IEEE Internet of Things Journal*, 6, 2019, S. 7266–7281.
128. Perera, A., Katz, M., Godaliyadda, R., Häkkinen, J. und Strömmer, E., „Lichtbasiertes Internet der Dinge: Implementierung eines optisch verbundenen, energieautonomen Knotens“, in: *2021 IEEE Wireless Communications and Networking Conference (WCNC)*, Nanjing, China, 29. März–1. April 2021, IEEE, Piscataway, NJ, USA, 2021, S. 1–7.
129. Padhi, S., und Subramanyam, R., „Uncertainty Level-Based Algorithms by Managing Renewable Energy for Geo-Distributed Datacenters“, *Cluster Computing*, 27, 2024, S. 5337–5354.
130. He, X., Xie, E., Islim, M.S., Purwita, A.A., McKendry, J.J., Gu, E., Haas, H., und Dawson, M.D., „1-Gbit/s-Freiraumkommunikation im tiefen

- Ultraviolettbereich auf Basis von III-Nitrid-Mikro-LEDs mit einer Emission bei 262 nm“, *Photonics Research*, 7, 2019, S. B41–B47.
131. Soltani, M.D., Sarbazi, E., Bamiedakis, N., De Souza, P., Kazemi, H., Elmoghani, J.M., White, I.H., Penty, R.V., Haas, H. und Safari, M., „Sicherheitsanalyse für laserbasierte optische drahtlose Kommunikation: Ein Tutorial“, *Proceedings of the IEEE*, 110, 2022, S. 1045–1072.
  132. Hamza, A.S., Deogun, J.S. und Alexander, D.R., „Klassifizierungsrahmen für optische Freiraum-Kommunikationsverbindungen und -systeme“, *IEEE Communications Surveys & Tutorials*, 21, 2018, S. 1346–1382.
  133. Kazemi, H., Sarbazi, E., Soltani, M.D., Safari, M. und Haas, H., „Ein Tb/s-optisches drahtloses Backhaul-System für Innenräume unter Verwendung von VCSEL-Arrays“, in: *2020 IEEE 31. jährliches internationales Symposium über persönliche, Indoor- und mobile Funkkommunikation (PIMRC)*, London, Großbritannien, 31. August–3. September 2020, IEEE, Piscataway, NJ, USA, 2020, S. 1–6.
  134. Yoshida, K., Manousiadis, P.P., Bian, R., Chen, Z., Murawski, C., Gather, M.C., Haas, H., Turnbull, G.A., und Samuel, I.D., „Organische Leuchtdioden mit 245 MHz Bandbreite für eine optische Gigabit-Datenverbindung“, *Nature Communications*, 11, 2020, 1171.
  135. Matthews, W., Ahmed, Z., Ali, W. und Collins, S., „Ein SiPM-basierter OOK-VLC-Empfänger mit 3,45 Gigabit/s“, *IEEE Photonics Technology Letters*, 33, 2021, S. 487–490.
  136. Soltani, M.D., Purwita, A.A., Zeng, Z., Haas, H. und Safari, M., „Modellierung der zufälligen Ausrichtung mobiler Geräte: Messung, Analyse und LiFi-Anwendungsfall“, *IEEE Transactions on Communications*, 67, 2018, S. 2157–2172.
  137. Arfaoui, M.A., Soltani, M.D., Tavakkolnia, I., Ghayeb, A., Assi, C.M., Safari, M. und Haas, H., „Messungsbasierte Kanalmodelle für Indoor-LiFi-Systeme“, *IEEE Transactions on Wireless Communications*, 20, 2020, S. 827–842.
  138. Yesilkaya, A., Bian, R., Tavakkolnia, I. und Haas, H., „OFDM-basierte optische räumliche Modulation“, *IEEE Journal of Selected Topics in Signal Processing*, 13, 2019, S. 1433–1444.
  139. Eroglu, Y.S., Anjinappa, C.K., Guvenc, I. und Pala, N., „Slow Beam Steering und NOMA für die sichtbare Lichtkommunikation mit mehreren Nutzern in Innenräumen“, *IEEE Transactions on Mobile Computing*, 20, 2019, S. 1627–1641.
  140. Su, N., Panayirci, E., Koca, M., Yesilkaya, A., Poor, H.V. und Haas, H., „Physical Layer Security for Multi-User MIMO Visible Light Communication Systems with Generalized Space Shift Keying“, *IEEE Transactions on Communications*, 69, 2021, S. 2585–2598.

141. Chowdhury, M.Z., Hossan, M.T., Islam, A. und Jang, Y.M., „A Comparative Survey of Optical Wireless Technologies: Architectures and Applications“, *IEEE Access*, 6, 2018, S. 9819–9840.
142. Al-Kinani, A., Wang, C.X., Zhou, L. und Zhang, W., „Optical Wireless Communication Channel Measurements and Models“, *IEEE Communications Surveys & Tutorials*, 20, 2018, S. 1939–1962.
143. Marcus, M., Burtle, J., Franca, B., Lahjouji, A. und McNeil, N., *Task Force für Frequenzpolitik der Federal Communications Commission: Bericht der Arbeitsgruppe für nicht lizenzierte Geräte und experimentelle Lizenzen*, Federal Communications Commission, Washington, DC, USA, 2002.
144. Kliks, A., Kulacz, L., Kryszkiewicz, P., Bogucka, H., Dryjanski, M., Isaksson, M., Koudouridis, G.P. und Tengkvist, P., „Beyond 5G: Big-Data-Verarbeitung für eine bessere Frequenznutzung“, *IEEE Vehicular Technology Magazine*, 15, 2020, S. 40–50.
145. Liang, Y.C., Zhang, Q., Larsson, E.G. und Li, G.Y., „Symbiotic Radio: Cognitive Backscattering Communications for Future Wireless Networks“, *IEEE Transactions on Cognitive Communications and Networking*, 6, 2020, S. 1242–1255.
146. Bhattarai, S., Park, J.M.J., Gao, B., Bian, K. und Lehr, W., „An Overview of Dynamic Spectrum Sharing: Ongoing Initiatives, Challenges, and a Roadmap for Future Research“, *IEEE Transactions on Cognitive Communications and Networking*, 2, 2016, S. 110–128.
147. Wang, B. und Liu, K.R., „Fortschritte bei kognitiven Funknetzen: Eine Übersicht“, *IEEE Journal of Selected Topics in Signal Processing*, 5, 2010, S. 5–23.
148. Mitola, J., „Kognitive Funktechnik für flexible mobile Multimedia-Kommunikation“, in: *1999 IEEE International Workshop on Mobile Multimedia Communications (MoMuC'99)*, San Diego, CA, USA, 15.–17. November 1999, IEEE, Piscataway, NJ, USA, 1999, S. 3–10.
149. Haykin, S., „Cognitive Radio: Brain-Empowered Wireless Communications“, *IEEE Journal on Selected Areas in Communications*, 23, 2005, S. 201–220.
150. Zhang, K., Leng, S., Peng, X., Pan, L., Maharjan, S. und Zhang, Y., „Artificial Intelligence Inspired Transmission Scheduling in Cognitive Vehicular Communications and Networks“, *IEEE Internet of Things Journal*, 6, 2018, S. 1987–1997.
151. Zhang, Q., Zhang, L., Liang, Y.C. und Kam, P.Y., „Backscatter-NOMA: Ein symbiotisches System aus Mobilfunk- und Internet-of-Things-Netzwerken“, *IEEE Access*, 7, 2019, S. 20000–20013.
152. Long, R., Liang, Y.C., Guo, H., Yang, G. und Zhang, R., „Symbiotic Radio: Ein neues Kommunikationsparadigma für das passive Internet der Dinge“, *IEEE Internet of Things Journal*, 7, 2019, S. 1350–1363.
153. Sharma, S.K., Bogale, T.E., Le, L.B., Chatzinotas, S., Wang, X., und Ottersten, B., „Dynamic Spectrum Sharing in 5G Wireless Networks with Full-

- Duplex Technology: Recent Advances and Research Challenges“, *IEEE Communications Surveys & Tutorials*, 20, 2017, S. 674–707.
154. Naparstek, O. und Cohen, K., „Deep Multi-User Reinforcement Learning for Distributed Dynamic Spectrum Access“, *IEEE Transactions on Wireless Communications*, 18, 2018, S. 310–323.
  155. Jacob, S., Menon, V.G., Joseph, S., Vinoj, P., Jolfaei, A., Lukose, J. und Raja, G., „Ein neuartiges Spektrum-Sharing-Schema unter Verwendung von Dynamic Long Short-Term Memory mit CP-OFDMA in 5G-Netzen“, *IEEE Transactions on Cognitive Communications and Networking*, 6, 2020, S. 926–934.
  156. Hu, S., Liang, Y.C., Xiong, Z. und Niyato, D., „Blockchain und künstliche Intelligenz für die dynamische Ressourcenteilung in 6G und darüber hinaus“, *IEEE Wireless Communications*, 28, 2021, S. 145–151.
  157. Wei, Z., Yuan, W., Li, S., Yuan, J., Bharatula, G., Hadani, R. und Hanzo, L., „Orthogonale Zeit-Frequenz-Raum-Modulation: Eine vielversprechende Wellenform der nächsten Generation“, *IEEE Wireless Communications*, 28, 2021, S. 136–144.
  158. Darwazeh, I., Ghannam, H. und Xu, T., „The First 15 Years of SEFDM: A Brief Survey“, in: *2018 11th International Symposium on Communication Systems, Networks & Digital Signal Processing (CSNDSP)*, Budapest, Ungarn, 18.–20. Juli 2018, IEEE, Piscataway, NJ, USA, 2018, S. 1–7.
  159. Li, D., „Overlapped Multiplexing Principle and an Improved Capacity on Additive White Gaussian Noise Channel“, *IEEE Access*, 6, 2017, S. 6840–6848.
  160. Liu, F., Masouros, C., Petropulu, A.P., Griffiths, H. und Hanzo, L., „Joint Radar and Communication Design: Applications, State-of-the-Art, and the Road Ahead“, *IEEE Transactions on Communications*, 68, 2020, S. 3834–3862.
  161. Basar, E., Wen, M., Mesleh, R., Di Renzo, M., Xiao, Y. und Haas, H., „Indexmodulationstechniken für drahtlose Netzwerke der nächsten Generation“, *IEEE Access*, 5, 2017, S. 16693–16746.
  162. Costello, D.J. und Forney, G.D., „Channel Coding: The Road to Channel Capacity“, *Proceedings of the IEEE*, 95, 2007, S. 1150–1177.
  163. Gallager, R., „Low-Density Parity-Check Codes“, *IRE Transactions on Information Theory*, 8, 1962, S. 21–28.
  164. Berrou, C., Glavieux, A. und Thitimajshima, P., „Near Shannon Limit Error-Correcting Coding and Decoding: Turbo-Codes“, in *ICC'93 IEEE International Conference on Communications*, Genf, Schweiz, 23.–26. Mai 1993, IEEE, Piscataway, NJ, USA, 1993, Bd. 2, S. 1064–1070.
  165. Arikan, E., „Channel Polarization: A Method for Constructing Capacity-Achieving Codes for Symmetric Binary-Input Memoryless Channels“, *IEEE Transactions on Information Theory*, 55, 2009, S. 3051–3073.

166. Shao, S., Hailes, P., Wang, T.Y., Wu, J.Y., Maunder, R.G., Al-Hashimi, B.M. und Hanzo, L., „Survey of Turbo, LDPC, and Polar Decoder ASIC Implementations“, *IEEE Communications Surveys & Tutorials*, 21, 2019, S. 2309–2333.
167. Kschischang, F.R., Frey, B.J. und Loeliger, H.A., „Factor Graphs and the Sum-Product Algorithm“, *IEEE Transactions on Information Theory*, 47, 2001, S. 498–519.
168. Ren, Y., Kristensen, A.T., Shen, Y., Balatsoukas-Stimming, A., Zhang, C. und Burg, A., „A Sequence Repetition Node-Based Successive Cancellation List Decoder for 5G Polar Codes: Algorithm and Implementation“, *IEEE Transactions on Signal Processing*, 70, 2022, S. 5592–5607.
169. Cao, S., Lin, T., Zhang, S., Xu, S. und Zhang, C., „Eine rekonfigurierbare und pipelinierbare Architektur für standardkompatible LDPC- und Polar-Decodierung“, *IEEE Transactions on Vehicular Technology*, 70, 2021, S. 5431–5444.
170. Condo, C., Martina, M. und Masera, G., „VLSI-Implementierung einer Multi-Mode-Turbo/LDPC-Decoder-Architektur“, *IEEE Transactions on Circuits and Systems I: Regular Papers*, 60, 2012, S. 1441–1454.
171. Fossorier, M.P. und Lin, S., „Soft-Decision-Decodierung linearer Blockcodes auf der Grundlage geordneter Statistiken“, *IEEE Transactions on Information Theory*, 41, 1995, S. 1379–1396.
172. Duffy, K.R., Li, J. und Médard, M., „Kapazitätserreichende Decodierung mit zufälligem additivem Rauschen und Vermutungen“, *IEEE Transactions on Information Theory*, 65, 2019, S. 4023–4040.
173. Arıkan, E., „From Sequential Decoding to Channel Polarization and Back Again“, arXiv, 2019, arXiv:1908.09594.
174. You, X., Zhang, C., Sheng, B., Huang, Y., Ji, C., Shen, Y., Zhou, W. und Liu, J., „Spatiotemporal 2-D Channel Coding for Very Low Latency Reliable MIMO Transmission“, in *2022 IEEE Globecom Workshops (GC Wkshps)*, Rio de Janeiro, Brasilien, 4.–8. Dezember 2022, IEEE, Piscataway, NJ, USA, 2022, S. 473–479.
175. Saito, Y., Kishiyama, Y., Benjebbour, A., Nakamura, T., Li, A., und Higuchi, K., „Non-Orthogonal Multiple Access (NOMA) for Cellular Future Radio Access“, in: *2013 IEEE 77th Vehicular Technology Conference (VTC Spring)*, Dresden, Deutschland, 2.–5. Juni 2013, IEEE, Piscataway, NJ, USA, 2013, S. 1–5.
176. Chen, Y., Bayesteh, A., Wu, Y., Ren, B., Kang, S., Sun, S., Xiong, Q., Qian, C., Yu, B. und Ding, Z., „Toward the Standardization of Non-Orthogonal Multiple Access for Next Generation Wireless Networks“, *IEEE Communications Magazine*, 56, 2018, S. 19–27.
177. Makki, B., Chitti, K., Behravan, A. und Alouini, M.S., „A Survey of NOMA: Current Status and Open Research Challenges“, *IEEE Open Journal of the Communications Society*, 1, 2020, S. 179–189.

178. Ding, Z., Lei, X., Karagiannidis, G.K., Schober, R., Yuan, J. und Bhargava, V.K., „A Survey on Non-Orthogonal Multiple Access for 5G Networks: Research Challenges and Future Trends“, *IEEE Journal on Selected Areas in Communications*, 35, 2017, S. 2181–2195.
179. Zeng, M., Nguyen, N.P., Dobre, O.A. und Poor, H.V., „Sicherung von Downlink-Massive-MIMO-NOMA-Netzwerken mit künstlichem Rauschen“, *IEEE Journal of Selected Topics in Signal Processing*, 13, 2019, S. 685–699.
180. Liu, X., Liu, Y., Chen, Y. und Poor, H.V., „RIS-verstärkte Massive Non-Orthogonal Multiple Access-Netzwerke: Einsatz und passives Beamforming-Design“, *IEEE Journal on Selected Areas in Communications*, 39, 2020, S. 1057–1071.
181. Li, X., Zhao, M., Zeng, M., Mumtaz, S., Menon, V.G., Ding, Z. und Dobre, O.A., „Hardware-beeinträchtigte Ambient-Backscatter-NOMA-Systeme: Zuverlässigkeit und Sicherheit“, *IEEE Transactions on Communications*, 69, 2021, S. 2723–2736.
182. Marzetta, T.L., „Noncooperative Cellular Wireless with Unlimited Numbers of Base Station Antennas“, *IEEE Transactions on Wireless Communications*, 9, 2010, S. 3590–3600.
183. Wang, B., Gao, F., Jin, S., Lin, H. und Li, G.Y., „Spatial- und Frequency-Wideband Effects in Millimeter-Wave Massive MIMO Systems“, *IEEE Transactions on Signal Processing*, 66, 2018, S. 3393–3406.
184. Yu, X., Shen, J.C., Zhang, J. und Letaief, K.B., „Alternating Minimization Algorithms for Hybrid Precoding in Millimeter-Wave MIMO Systems“, *IEEE Journal of Selected Topics in Signal Processing*, 10, 2016, S. 485–500.
185. Myers, N.J., und Heath, R.W., „InFocus: Eine räumliche Codierungstechnik zur Minderung von Fehlfokussierung bei Nahfeld-LoS-Beamforming“, *IEEE Transactions on Wireless Communications*, 21, 2021, S. 2193–2209.
186. Wei, X., und Dai, L., „Kanalabschätzung für extrem groß angelegtes Massive-MIMO: Fernfeld, Nahfeld oder Hybridfeld?“, *IEEE Communications Letters*, 26, 2021, S. 177–181.
187. Huang, J., Wang, C.X., Chang, H., Sun, J. und Gao, X., „Multi-Frequency Multi-Scenario Millimeter Wave MIMO Channel Measurements and Modeling for B5G Wireless Communication Systems“, *IEEE Journal on Selected Areas in Communications*, 38, 2020, S. 2010–2025.
188. He, Z.Q. und Yuan, X., „Kaskadierte Kanalschätzung für große, durch intelligente Metasoberflächen unterstützte Massive-MIMO-Systeme“, *IEEE Wireless Communications Letters*, 9, 2019, S. 210–214.
189. Jamali, V., Tulino, A.M., Fischer, G., Müller, R.R. und Schober, R., „Intelligente, durch Oberflächen unterstützte Senderarchitekturen für Millimeterwellen-Ultra-Massive-MIMO-Systeme“, *IEEE Open Journal of the Communications Society*, 2, 2020, S. 144–167.

190. Wang, Y., Chen, X., Cai, Y. und Hanzo, L., „RIS-gestützte hybride Massive-MIMO-Systeme auf Basis von ADCs mit adaptiver Auflösung: Robustes Beamforming-Design und Ressourcenallokation“, *IEEE Transactions on Vehicular Technology*, 71, 2021, S. 3281–3286.
191. Zhang, J., Chen, S., Lin, Y., Zheng, J., Ai, B. und Hanzo, L., „Cell-Free Massive MIMO: Ein neues Paradigma der nächsten Generation“, *IEEE Access*, 7, 2019, S. 99878–99888.
192. Ammar, H.A., Adve, R., Shahbazpanahi, S., Boudreau, G. und Srinivas, K.V., „User-Centric Cell-Free Massive MIMO Networks: A Survey of Opportunities, Challenges and Solutions“, *IEEE Communications Surveys & Tutorials*, 24, 2021, S. 611–652.
193. Chen, Z. und Björnson, E., „Channel Hardening and Favorable Propagation in Cell-Free Massive MIMO with Stochastic Geometry“, *IEEE Transactions on Communications*, 66, 2018, S. 5205–5219.
194. Wei, X., Hu, C. und Dai, L., „Deep Learning für die Kanalschätzung im Strahlraum in Millimeterwellen-Massive-MIMO-Systemen“, *IEEE Transactions on Communications*, 69, 2020, S. 182–193.
195. Albreem, M.A., Alhabbash, A.H., Shahabuddin, S. und Juntti, M., „Deep Learning für Massive-MIMO-Uplink-Detektoren“, *IEEE Communications Surveys & Tutorials*, 24, 2021, S. 741–766.
196. Kabir, H.D., Khosravi, A., Nahavandi, S. und Srinivasan, D., „Neural Network Training for Uncertainty Quantification over Time-Range“, *IEEE Transactions on Emerging Topics in Computational Intelligence*, 5, 2020, S. 768–779.
197. Yu, X., Lu, A.A., Gao, X., Li, G.Y., Ding, G. und Wang, C.X., „HF-Skywave-Massive-MIMO-Kommunikation“, *IEEE Transactions on Wireless Communications*, 21, 2021, S. 2769–2785.
198. Wu, W., Gao, X., Sun, C. und Li, G.Y., „Shallow Underwater Acoustic Massive MIMO Communications“, *IEEE Transactions on Signal Processing*, 69, 2021, S. 1124–1139.
199. You, L., Li, K.X., Wang, J., Gao, X., Xia, X.G. und Ottersten, B., „Massive-MIMO-Übertragung für die LEO-Satellitenkommunikation“, *IEEE Journal on Selected Areas in Communications*, 38, 2020, S. 1851–1865.
200. Li, Q.C., Niu, H., Papathanassiou, A.T. und Wu, G., „5G-Netzwerkcapazität: Schlüsselemente und Technologien“, *IEEE Vehicular Technology Magazine*, 9, 2014, S. 71–78.
201. Ngo, H.Q., Ashikhmin, A., Yang, H., Larsson, E.G. und Marzetta, T.L., „Cell-Free Massive MIMO versus Small Cells“, *IEEE Transactions on Wireless Communications*, 16, 2017, S. 1834–1850.
202. Björnson, E., und Sanguinetti, L., „Cell-Free versus Cellular Massive MIMO: What Processing Is Needed for Cell-Free to Win?“, in *2019 IEEE 20th International Workshop on Signal Processing Advances in Wireless Communications (SPAWC)*, Cannes, Frankreich, 2.–5. Juli 2019, IEEE, Piscataway, NJ, USA, 2019, S. 1–5.

203. Bassoy, S., Farooq, H., Imran, M.A. und Imran, A., „Coordinated Multi-Point Clustering Schemes: A Survey“, *IEEE Communications Surveys & Tutorials*, 19, 2017, S. 743–764.
204. Kotzsch, V., und Fettweis, G., „Interference Analysis in Time and Frequency Asynchronous Network MIMO OFDM Systems“, in *2010 IEEE Wireless Communications and Networking Conference (WCNC)*, Sydney, Australien, 18.–21. April 2010, IEEE, Piscataway, NJ, USA, 2010, S. 1–6.
205. O’hara, F., und Moore, G., „A High Performance CW Receiver Using Feedthru Nulling“, *Microwave Journal*, 6, 1963, S. 63–71.
206. Liu, G., Yu, F.R., Ji, H., Leung, V.C. und Li, X., „In-Band-Voll-Duplex-Relaying: Eine Übersicht, Forschungsfragen und Herausforderungen“, *IEEE Communications Surveys & Tutorials*, 17, 2015, S. 500–524.
207. Liu, W., Huang, K., Zhou, X. und Durrani, S., „Full-Duplex-Backscatter-Interferenznetzwerke auf Basis von Time-Hopping-Spread-Spectrum“, *IEEE Transactions on Wireless Communications*, 16, 2017, S. 4361–4377.
208. Kolodziej, K.E., Perry, B.T. und Herd, J.S., „In-Band-Voll-Duplex-Technologie: Überblick über Techniken und Systeme“, *IEEE Transactions on Microwave Theory and Techniques*, 67, 2019, S. 3025–3041.
209. Nawaz, H., und Tekin, I., „Double-Differential-Fed, Dual-Polarized Patch Antenna with 90 dB Interport RF Isolation for a 2.4 GHz In-Band Full-Duplex Transceiver“, *IEEE Antennas and Wireless Propagation Letters*, 17, 2017, S. 287–290.
210. Komatsu, K., Miyaji, Y. und Uehara, H., „Iterative nichtlineare Selbstinterferenzunterdrückung für In-Band-Vollduplex-Funkkommunikation unter Mischersymmetrieabweichung und Verstärker-Nichtlinearität“, *IEEE Transactions on Wireless Communications*, 19, 2020, S. 4424–4438.
211. Komatsu, K., Miyaji, Y. und Uehara, H., „Theoretische Analyse von In-Band-Vollduplex-Funkgeräten mit parallelen Hammerstein-Selbstinterferenzunterdrückern“, *IEEE Transactions on Wireless Communications*, 20, 2021, S. 6772–6786.
212. Chang, M.P., Blow, E.C., Lu, M.Z., Sun, J.J. und Prucnal, P.R., „HF-Charakterisierung einer integrierten mikrowellenphotonischen Schaltung zur Selbstinterferenzunterdrückung“, *IEEE Transactions on Microwave Theory and Techniques*, 66, 2017, S. 596–605.
213. Wang, D., Li, P., Wang, Y., Li, T., Yang, F., Zhou, T. und Rong, L., „Photonikgestützte Frequenzkonversion und Selbstinterferenzunterdrückung für die In-Band-Vollduplex-Kommunikation“, *Journal of Lightwave Technology*, 40, 2021, S. 607–614.
214. Rong, B., „6G: Der nächste Horizont: Von vernetzten Menschen und Dingen zu vernetzter Intelligenz“, *IEEE Wireless Communications*, 28, 2021, S. 8.
215. Chen, S., Liang, Y.C., Sun, S., Kang, S., Cheng, W. und Peng, M., „Vision, Anforderungen und Technologietrends von 6G: Wie man die

- Herausforderungen von Systemabdeckung, Kapazität, Nutzerdatenrate und Bewegungsgeschwindigkeit bewältigt“, *IEEE Wireless Communications*, 27, 2020, S. 218–228.
216. Yang, H., Zheng, S., He, W., Yu, X. und Zhang, X., „Terahertz-Orbitalimpuls: Erzeugung, Detektion und Kommunikation“, *China Communications*, 18, 2021, S. 131–152.
217. Chen, R., Zhou, H., Moretti, M., Wang, X. und Li, J., „Orbital-Drehimpulswellen: Erzeugung, Detektion und neue Anwendungen“, *IEEE Communications Surveys & Tutorials*, 22, 2019, S. 840–868.
218. Yousif, B.B., und Elsayed, E.E., „Leistungssteigerung einer orbitalimpulsmomentmultiplexierten Freiraum-Lichtverbindung unter atmosphärischen Turbulenzeffekten mittels räumlicher Modenmultiplexierung und hybrider Diversität auf Basis adaptiver MIMO-Entzerrung“, *IEEE Access*, 7, 2019, S. 84401–84412.
219. Werner, D.H., und Jiang, Z.H., *Elektromagnetische Wirbel: Wellenphänomene und technische Anwendungen*, John Wiley & Sons, Hoboken, NJ, USA, 2021.
220. Liu, K., Cheng, Y., Li, X. und Gao, Y., „Mikrowellensensorik unter Verwendung des Orbitaldrehimpulses: Überblick über ihre Vorteile“, *IEEE Vehicular Technology Magazine*, 14, 2019, S. 112–118.
221. Lei, Y., Yang, Y., Wang, Y., Guo, K., Gong, Y. und Guo, Z., „Durchsatzleistung von drahtlosen Multiple-Input-Multiple-Output-Systemen unter Verwendung von OAM-Antennen“, *IEEE Wireless Communications Letters*, 10, 2020, S. 261–265.
222. Liang, L., Cheng, W., Zhang, W. und Zhang, H., „Gemeinsames OAM-Multiplexing und OFDM in Umgebungen mit spärlichen Mehrwegausbreitungen“, *IEEE Transactions on Vehicular Technology*, 69, 2020, S. 3864–3878.
223. ElMossallamy, M.A., Zhang, H., Song, L., Seddik, K.G., Han, Z. und Li, G.Y., „Reconfigurable Intelligent Surfaces for Wireless Communications: Principles, Challenges, and Opportunities“, *IEEE Transactions on Cognitive Communications and Networking*, 6, 2020, S. 990–1002.
224. Di Renzo, M., Zappone, A., Debbah, M., Alouini, M.S., Yuen, C., De Rosny, J. und Tretyakov, S., „Intelligente Funkumgebungen auf Basis rekonfigurierbarer intelligenter Oberflächen: Funktionsweise, Forschungsstand und Zukunftsperspektiven“, *IEEE Journal on Selected Areas in Communications*, 38, 2020, S. 2450–2525.
225. Björnson, E., Sanguinetti, L., Wymeersch, H., Hoydis, J. und Marzetta, T.L., „Massive MIMO Is a Reality—What Is Next?: Five Promising Research Directions for Antenna Arrays“, *Digital Signal Processing*, 94, 2019, S. 3–20.
226. Zong, B., Fan, C., Wang, X., Duan, X., Wang, B. und Wang, J., „6G-Technologien: Haupttreiber, Kernanforderungen, Systemarchitekturen und Basistechnologien“, *IEEE Vehicular Technology Magazine*, 14, 2019, S. 18–27.

227. Deng, R., Di, B., Zhang, H., Tan, Y. und Song, L., „Reconfigurable Holographic Surface: Holographic Beamforming for Metasurface-Aided Wireless Communications“, *IEEE Transactions on Vehicular Technology*, 70, 2021, S. 6255–6259.
228. Wan, Z., Gao, Z., Gao, F., Di Renzo, M. und Alouini, M.S., „Terahertz Massive MIMO mit holografischen rekonfigurierbaren intelligenten Oberflächen“, *IEEE Transactions on Communications*, 69, 2021, S. 4732–4750.
229. Konkol, M.R., Ross, D.D., Shi, S., Harrity, C.E., Wright, A.A., Schuetz, C.A. und Prather, D.W., „High-Power Photodiode-Integrated-Connected Array Antenna“, *Journal of Lightwave Technology*, 35, 2017, S. 2010–2016.
230. Jiang, W. und Schotten, H.D., „Multi-Antenna Fading Channel Prediction Empowered by Artificial Intelligence“, in: *2018 IEEE 88th Vehicular Technology Conference (VTC-Fall)*, Chicago, IL, USA, 27.–30. August 2018, IEEE, Piscataway, NJ, USA, 2018, S. 1–6.
231. Jiang, W., Strufe, M., und Schotten, H.D., „A SON Decision-Making Framework for Intelligent Management in 5G Mobile Networks“, in: *2017 3rd IEEE International Conference on Computer and Communications (ICCC)*, Chengdu, China, 13.–16. Dezember 2017, IEEE, Piscataway, NJ, USA, 2017, S. 1158–1162.
232. Jiang, W., und Schotten, H.D., „Deep Learning for Fading Channel Prediction“, *IEEE Open Journal of the Communications Society*, 1, 2020, S. 320–332.
233. Jiang, W., Strufe, M., und Schotten, H.D., „Experimental Results for Artificial Intelligence-Based Self-Organized 5G Networks“, in: *2017 IEEE 28th Annual International Symposium on Personal, Indoor and Mobile Radio Communications (PIMRC)*, Montreal, QC, Kanada, 8.–13. Oktober 2017, IEEE, Piscataway, NJ, USA, 2017, S. 1–6.
234. Huang, H., Song, Y., Yang, J., Gui, G. und Adachi, F., „Deep-Learning-basiertes Millimeterwellen-Massive-MIMO für hybride Vorcodierung“, *IEEE Transactions on Vehicular Technology*, 68, 2019, S. 3027–3032.
235. Jiang, W. und Schotten, H.D., „Neural Network-Based Fading Channel Prediction: A Comprehensive Overview“, *IEEE Access*, 7, 2019, S. 118112–118124.
236. Jiang, W., und Schotten, H.D., „Recurrent Neural Networks with Long Short-Term Memory for Fading Channel Prediction“, in: *2020 IEEE 91st Vehicular Technology Conference (VTC2020-Spring)*, Antwerpen, Belgien, 25.–28. Mai 2020, IEEE, Piscataway, NJ, USA, 2020, S. 1–5.
237. Jiang, W., Strufe, M. und Schotten, H.D., „Intelligent Network Management for 5G Systems: The SELFNET Approach“, in: *2017 European Conference on Networks and Communications (EuCNC)*, Oulu, Finnland, 12.–15. Juni 2017, IEEE, Piscataway, NJ, USA, 2017, S. 1–5.

238. Letaief, K.B., Chen, W., Shi, Y., Zhang, J. und Zhang, Y.J.A., „The Roadmap to 6G: AI Empowered Wireless Networks“, *IEEE Communications Magazine*, 57, 2019, S. 84–90.
239. Cui, Y., Liu, F., Jing, X. und Mu, J., „Integrating Sensing and Communications for Ubiquitous IoT: Applications, Trends, and Challenges“, *IEEE Network*, 35, 2021, S. 158–167.
240. Zhang, J.A., Rahman, M.L., Wu, K., Huang, X., Guo, Y.J., Chen, S. und Yuan, J., „Ermöglichung gemeinsamer Kommunikation und Radarsensorik in Mobilfunknetzen – Eine Übersicht“, *IEEE Communications Surveys & Tutorials*, 24, 2021, S. 306–345.
241. Mealey, R.M., „A Method for Calculating Error Probabilities in a Radar Communication System“, *IEEE Transactions on Space Electronics and Telemetry*, 9, 1963, S. 37–42.
242. Sturm, C., und Wiesbeck, W., „Waveform Design and Signal Processing Aspects for Fusion of Wireless Communications and Radar Sensing“, *Proceedings of the IEEE*, 99, 2011, S. 1236–1259.
243. Zhang, J.A., Liu, F., Masouros, C., Heath, R.W., Feng, Z., Zheng, L. und Petropulu, A., „An Overview of Signal Processing Techniques for Joint Communication and Radar Sensing“, *IEEE Journal of Selected Topics in Signal Processing*, 15, 2021, S. 1295–1315.
244. Chiriyath, A.R., Paul, B., Jacyna, G.M. und Bliss, D.W., „Inner Bounds on Performance of Radar and Communications Co-Existence“, *IEEE Transactions on Signal Processing*, 64, 2015, S. 464–474.
245. Kumari, P., Choi, J., González-Prelcic, N. und Heath, R.W., „IEEE 802.11ad-basiertes Radar: Ein Ansatz für ein gemeinsames Fahrzeugkommunikations-Radarsystem“, *IEEE Transactions on Vehicular Technology*, 67, 2017, S. 3012–3027.
246. Tschorsch, F., und Scheuermann, B., „Bitcoin und darüber hinaus: Ein technischer Überblick über dezentrale digitale Währungen“, *IEEE Communications Surveys & Tutorials*, 18, 2016, S. 2084–2123.
247. Dai, H.N., Zheng, Z. und Zhang, Y., „Blockchain für das Internet der Dinge: Ein Überblick“, *IEEE Internet of Things Journal*, 6, 2019, S. 8076–8094.
248. Xie, J., Yu, F.R., Huang, T., Xie, R., Liu, J. und Liu, Y., „A Survey on the Scalability of Blockchain Systems“, *IEEE Network*, 33, 2019, S. 166–173.
249. Nguyen, D.C., Pathirana, P.N., Ding, M. und Seneviratne, A., „Blockchain für 5G- und darüber hinausgehende Netzwerke: Eine Übersicht über den aktuellen Stand der Technik“, *Journal of Network and Computer Applications*, 166, 2020, 102693.
250. Xiong, Z., Zhang, Y., Niyato, D., Wang, P. und Han, Z., „When Mobile Blockchain Meets Edge Computing“, *IEEE Communications Magazine*, 56, 2018, S. 33–39.
251. Kabir, H.M.D., Alam, S.B., Azam, M.I., Hussain, M.A., Sazzad, A.R., Sakib, M.N. und Matin, M.A., „Non-Linear Down-Sampling and Signal

- Reconstruction, Without Folding“, in: *2010 Fourth UKSim European Symposium on Computer Modeling and Simulation*, Pisa, Italien, 17.–19. November 2010, IEEE, Piscataway, NJ, USA, 2010, S. 142–146.
252. Shi, G., Xiao, Y., Li, Y. und Xie, X., „From Semantic Communication to Semantic-Aware Networking: Model, Architecture, and Open Problems“, *IEEE Communications Magazine*, 59, 2021, S. 44–50.
253. Shannon, C.E., „A Mathematical Theory of Communication“, *Bell System Technical Journal*, 27, 1948, S. 379–423.
254. Shannon, C.E. und Weaver, W., *A Mathematical Model of Communication*, University of Illinois Press, Urbana, IL, USA, 1949, S. 11–20.
255. Barwise, J., und Perry, J., „Situations and Attitudes“, *Journal of Philosophy*, 78, 1981, S. 668–691.
256. Floridi, L., „Outline of a Theory of Strongly Semantic Information“, *Minds and Machines*, 14, 2004, S. 197–221.
257. Bao, J., Basu, P., Dean, M., Partridge, C., Swami, A., Leland, W. und Hendler, J.A., „Towards a Theory of Semantic Communication“, in: *2011 IEEE Network Science Workshop*, West Point, NY, USA, 22.–24. Juni 2011, IEEE, Piscataway, NJ, USA, 2011, S. 110–117.
258. Zhong, Y., und Zhang, R., „Information Ecology and Semantic Information Theory“, *Document, Information and Knowledge*, 6, 2017, S. 4–11.
259. Zhong, Y., „A Theory of Semantic Information“, *China Communications*, 14, 2017, S. 1–17.
260. Zhao, Y., Qu, Y., Xiang, Y., Uddin, M.P., Peng, D. und Gao, L., „A Comprehensive Survey on Edge Data Integrity Verification: Fundamentals and Future Trends“, *ACM Computing Surveys*, 57, 2024, S. 1–34.
261. O’shea, T. und Hoydis, J., „Eine Einführung in Deep Learning für die physikalische Schicht“, *IEEE Transactions on Cognitive Communications and Networking*, 3, 2017, S. 563–575.
262. Güler, B., Yener, A. und Swami, A., „The Semantic Communication Game“, *IEEE Transactions on Cognitive Communications and Networking*, 4, 2018, S. 787–802.
263. Xie, H., Qin, Z., Li, G.Y. und Juang, B.H., „Deep Learning Enabled Semantic Communication Systems“, *IEEE Transactions on Signal Processing*, 69, 2021, S. 2663–2675.
264. Xie, H., und Qin, Z., „A Lite Distributed Semantic Communication System for Internet of Things“, *IEEE Journal on Selected Areas in Communications*, 39, 2020, S. 142–153.
265. Dahl, G.E., Yu, D., Deng, L. und Acero, A., „Context-Dependent Pre-Trained Deep Neural Networks for Large-Vocabulary Speech Recognition“, *IEEE Transactions on Audio, Speech, and Language Processing*, 20, 2011, S. 30–42.

266. Ni, K., Mondal, S.K., Kabir, H.D., Tan, T. und Dai, H.N., „Toward Security Quantification of Serverless Computing“, *Journal of Cloud Computing*, 13, 2024, 140.
267. Kimionis, J., Bletsas, A. und Sahalos, J.N., „Increased Range Bistatic Scatter Radio“, *IEEE Transactions on Communications*, 62, 2014, S. 1091–1104.
268. Stockman, H., „Communication by Means of Reflected Power“, *Proceedings of the IRE*, 36, 1948, S. 1196–1204.
269. Kimionis, J., Georgiadis, A., Daskalakis, S.N. und Tentzeris, M.M., „A Printed Millimetre-Wave Modulator and Antenna Array for Backscatter Communications at Gigabit Data Rates“, *Nature Electronics*, 4, 2021, S. 439–446.
270. Zawawi, Z.B., Huang, Y. und Clerckx, B., „Multiuser-Rückstreuung mit drahtloser Energieversorgung: Nichtlinearität, Wellenformdesign und SINR-Energie-Abwägung“, *IEEE Transactions on Wireless Communications*, 18, 2018, S. 241–253.
271. Duan, R., Jäntti, R., Yiğitler, H. und Ruttik, K., „On the Achievable Rate of Bistatic Modulated Rescatter Systems“, *IEEE Transactions on Vehicular Technology*, 66, 2017, S. 9609–9613.
272. Fasarakis-Hilliard, N., Alevizos, P.N. und Bletsas, A., „Kohärente Detektion und Kanalcodierung für bistatische Scatter-Funk-Sensornetze“, *IEEE Transactions on Communications*, 63, 2015, S. 1798–1810.
273. Kashyap, S., Björnson, E. und Larsson, E.G., „Zur Machbarkeit der drahtlosen Energieübertragung unter Verwendung massiver Antennenarrays“, *IEEE Transactions on Wireless Communications*, 15, 2016, S. 3466–3480.
274. Yang, G., Ho, C.K. und Guan, Y.L., „Multi-Antenna Wireless Energy Transfer for Backscatter Communication Systems“, *IEEE Journal on Selected Areas in Communications*, 33, 2015, S. 2974–2987.
275. Mishra, D., und Larsson, E.G., „Optimale Kanalschätzung für reziprozitätsbasierte Rückstreuung mit einem Vollduplex-MIMO-Lesegerät“, *IEEE Transactions on Signal Processing*, 67, 2019, S. 1662–1677.
276. Gu, Z., Zhang, J., Ji, Y., Bai, L. und Sun, X., „Network Topology Reconfiguration for FSO-Based Fronthaul/Backhaul in 5G+ Wireless Networks“, *IEEE Access*, 6, 2018, S. 69426–69437.
277. Douik, A., Dahrouj, H., Al-Naffouri, T.Y. und Alouini, M.S., „Hybrid Radio/Free-Space Optical Design for Next Generation Backhaul Systems“, *IEEE Transactions on Communications*, 64, 2016, S. 2563–2577.
278. Bag, B., Das, A., Ansari, I.S., Prokeš, A., Bose, C. und Chandra, A., „Leistungsanalyse hybrider FSO-Systeme unter Verwendung von FSO/RF-FSO-Verbindungsanpassung“, *IEEE Photonics Journal*, 10, 2018, S. 1–17.
279. Zhang, H., Dong, Y., Cheng, J., Hossain, M.J. und Leung, V.C., „Fronthauling für 5G-LTE-U-Ultra-Dense-Cloud-Small-Cell-Netzwerke“, *IEEE Wireless Communications*, 23, 2016, S. 48–53.

280. Chowdhury, M.Z., Hasan, M.K., Shahjalal, M., Hossain, M.T. und Jang, Y.M., „Optical Wireless Hybrid Networks: Trends, Opportunities, Challenges, and Research Directions“, *IEEE Communications Surveys & Tutorials*, 22, 2020, S. 930–966.
281. Pan, C., Yi, J., Yin, C., Yu, J. und Li, X., „Gemeinsame 3D-UAV-Platzierung und Ressourcenallokation in softwaredefinierten Mobilfunknetzen mit drahtlosem Backhaul“, *IEEE Access*, 7, 2019, S. 104279–104293.
282. Mozaffari, M., Kasgari, A.T.Z., Saad, W., Bennis, M. und Debbah, M., „Beyond 5G with UAVs: Foundations of a 3D Wireless Cellular Network“, *IEEE Transactions on Wireless Communications*, 18, 2018, S. 357–372.
283. Huang, T., Yang, W., Wu, J., Ma, J., Zhang, X. und Zhang, D., „A Survey on Green 6G Network: Architecture and Technologies“, *IEEE Access*, 7, 2019, S. 175758–175768.
284. Tariq, F., Khandaker, M.R., Wong, K.K., Imran, M.A., Bennis, M. und Debbah, M., „Eine spekulative Studie zu 6G“, *IEEE Wireless Communications*, 27, 2020, S. 118–125.
285. Wang, H., Wang, W., Chen, X. und Zhang, Z., „Wireless Information and Energy Transfer in Interference Aware Massive MIMO Systems“, in: *2014 IEEE Global Communications Conference (GLOBECOM)*, Austin, TX, USA, 8.–12. Dezember 2014, IEEE, Piscataway, NJ, USA, 2014, S. 2556–2561.
286. Kobayashi, M., Caire, G. und Kramer, G., „Joint State Sensing and Communication: Optimal Tradeoff for a Memoryless Case“, in: *2018 IEEE - International Symposium on Information Theory (ISIT)*, Vail, CO, USA, 17.–22. Juni 2018, IEEE, Piscataway, NJ, USA, 2018, S. 111–115.
287. Shen, X., Gao, J., Wu, W., Lyu, K., Li, M., Zhuang, W., Li, X. und Rao, J., „AI-Assisted Network-Slicing Based Next-Generation Wireless Networks“, *IEEE Open Journal of Vehicular Technology*, 1, 2020, S. 45–66.
288. Yi, C., Huang, S. und Cai, J., „Ein Anreizmechanismus zur Integration von gemeinsamem Leistungs-, Kanal- und Verbindungsmanagement für sozialbewusstes D2D-Content-Sharing und proaktives Caching“, *IEEE Transactions on Mobile Computing*, 17, 2017, S. 789–802.
289. Nasimi, M., Habibi, M.A., Han, B., und Schotten, H.D., „Edge-Assisted Congestion Control Mechanism for 5G Network Using Software-Defined Networking“, in: *2018 15th International Symposium on Wireless Communication Systems (ISWCS)*, Lissabon, Portugal, 28.–31. August 2018, IEEE, Piscataway, NJ, USA, 2018, S. 1–5.
290. Habibi, M.A., Han, B., Nasimi, M., Kuruvatti, N.P., Fellan, A. und Schotten, H.D., „Towards a Fully Virtualized, Cloudified, and Slicing-Aware RAN for 6G Mobile Networks“, in *6G Mobile Wireless Networks*, Springer, Berlin/Heidelberg, Deutschland, 2021, S. 327–358.
291. ETSI, *Anforderungen an Experiential Networked Intelligence (ENI)*, Version 2.1.1, ETSI, Sophia Antipolis, Frankreich, 2019.
292. Wang, C.X., Lv, Z., Gao, X., You, X., Hao, Y. und Haas, H., „Pervasive Wireless Channel Modeling Theory and Applications to 6G GBSMs for All

- Frequency Bands and All Scenarios“, *IEEE Transactions on Vehicular Technology*, 71, 2022, S. 9159–9173.
293. Huang, J., Liu, Y., Wang, C.X., Sun, J. und Xiao, H., „5G-Millimeterwellen-Kanalsounder, Messungen und Modelle: Jüngste Entwicklungen und zukünftige Herausforderungen“, *IEEE Communications Magazine*, 57, 2018, S. 138–145.
294. Nielsen, J.O., Fan, W., Eggers, P.C. und Pedersen, G.F., „A Channel Sounder for Massive MIMO and mmWave Channels“, *IEEE Communications Magazine*, 56, 2018, S. 67–73.
295. Roh, W., Seol, J.Y., Park, J., Lee, B., Lee, J., Kim, Y., Cho, J., Cheun, K. und Aryanfar, F., „Millimeter-Wave Beamforming as an Enabling Technology for 5G Cellular Communications: Theoretical Feasibility and Prototype Results“, *IEEE Communications Magazine*, 52, 2014, S. 106–113.
296. Raghavan, V., Partyka, A., Sampath, A., Subramanian, S., Koymen, O.H., Ravid, K., Cezanne, J., Mukkavilli, K. und Li, J., „Millimeter-Wave-MIMO-Prototyp: Messungen und experimentelle Ergebnisse“, *IEEE Communications Magazine*, 56, 2018, S. 202–209.
297. Anjos, E.V., SalarRahimi, M., Bressner, T.A., Takhighani, P., Lahuerta-Lavieja, A., Elsakka, A., Siebenga, J.S., Volski, V., Fager, C., Schreurs, D. et al., „FORMAT: Ein rekonfigurierbares, kachelbasiertes Antennenarraysystem für 5G- und 6G-Millimeterwellen-Testumgebungen“, *IEEE Systems Journal*, 16, 2022, S. 4489–4500.
298. Chung, M., Liu, L., Johansson, A., Gunnarsson, S., Nilsson, M., Ying, Z., Zander, O., Samanta, K., Clifton, C., Koimori, T. et al., „LuMaMi28: Echtzeit-Millimeterwellen-Massive-MIMO-Systeme mit Antennenauswahl“, arXiv, 2021, arXiv:2109.03273.
299. Cai, Y., Zhu, M., Liang, S., Zhang, J., Lei, M., Hua, B., Wang, P., Tian, L., Zou, Y., Li, A. et al., „Demonstration of Real-Time Photonics-Assisted mm-Wave Communication Based on Ka-Band Large-Scale Phased-Array Antenna and Automatic Beam Tracking Technique“, in *Optical Fiber Communication Conference (OFC)*, San Diego, CA, USA, 6.–10. März 2022, Optica Publishing Group, Washington, DC, USA, 2022, S. M3Z-12.
300. Sen, P., Pados, D.A., Batalama, S.N., Einarsson, E., Bird, J.P. und Jornet, J.M., „Die TeraNova-Plattform: Ein integriertes Testbed für ultrabreitbandige drahtlose Kommunikation bei echten Terahertz-Frequenzen“, *Computer Networks*, 179, 2020, 107370.
301. Zhu, M., Zhang, J., Yu, J. und You, X., „Demonstration einer rekordverdächtigen 352-Gbit/s-Terahertz-Kabelübertragung über Hohlkernfasern bei 325 GHz“, *Science China Information Sciences*, 65, 2022, 127301.
302. Zhang, H., Zeng, S., Di, B., Tan, Y., Di Renzo, M., Debbah, M., Han, Z., Poor, H.V. und Song, L., „Intelligente Omni-Oberflächen für volldimensionale drahtlose Kommunikation: Prinzipien, Technologie und Umsetzung“, *IEEE Communications Magazine*, 60, 2022, S. 39–45.

303. Araghi, A., Khalily, M., Safaei, M., Bagheri, A., Singh, V., Wang, F. und Tafazolli, R., „Reconfigurable Intelligent Surface (RIS) im Sub-6-GHz-Band: Entwurf, Implementierung und Demonstration unter realen Bedingungen“, *IEEE Access*, 10, 2022, S. 2646–2655.
304. Amri, M.M., Tran, N.M. und Choi, K.W., „Durch rekonfigurierbare intelligente Oberflächen unterstützte drahtlose Kommunikation: Adaptive Strahlformung und experimentelle Validierungen“, *IEEE Access*, 9, 2021, S. 147442–147457.
305. Dai, L., Wang, B., Wang, M., Yang, X., Tan, J., Bi, S., Xu, S., Yang, F., Chen, Z., Di Renzo, M. et al., „Drahtlose Kommunikation auf Basis rekonfigurierbarer intelligenter Oberflächen: Antennendesign, Prototypenentwicklung und experimentelle Ergebnisse“, *IEEE Access*, 8, 2020, S. 45913–45923.
306. Li, O., He, J., Zeng, K., Yu, Z., Du, X., Liang, Y., Wang, G., Chen, Y., Zhu, P., Tong, W., et al., „Integrated Sensing and Communication in 6G: A Prototype of High Resolution THz Sensing on Portable Device“, in *2021 Joint European Conference on Networks and Communications & 6G Summit (EuCNC/6G Summit)*, Porto, Portugal, 8.–11. Juni 2021, IEEE, Piscataway, NJ, USA, 2021, S. 544–549.
307. Xu, T., Liu, F., Masouros, C. und Darwazeh, I., „An Experimental Proof of Concept for Integrated Sensing and Communications Waveform Design“, *IEEE Open Journal of the Communications Society*, 3, 2022, S. 1643–1655.
308. Yuan, J., Liu, Y., Hu, Y., Xu, G. und Zhang, J.C., „Distributed FD-MIMO (D-FD-MIMO): Vom Konzept zum Feldtest“, in: *2022 IEEE Radio and Wireless Symposium (RWS)*, Las Vegas, NV, USA, 16.–19. Januar 2022, IEEE, Piscataway, NJ, USA, 2022, S. 86–89.
309. Callebaut, G., Van Mulders, J., Ottoy, G., Delabie, D., Cox, B., Stevens, N. und Van der Perre, L., „Textile – Offenes 6G-F&E-Testbed für Kommunikation, Ortung, Sensorik, drahtlose Energieübertragung und föderiertes Lernen“, in: *2022 Joint European Conference on Networks and Communications & 6G Summit (EuCNC/6G Summit)*, Grenoble, Frankreich, 7.–10. Juni 2022, IEEE, Piscataway, NJ, USA, 2022, S. 417–422.
310. Wang, D., Zhang, C., Du, Y., Zhao, J., Jiang, M. und You, X., „Implementation of a Cloud-Based Cell-Free Distributed Massive MIMO System“, *IEEE Communications Magazine*, 58, 2020, S. 61–67.
311. Zhang, X., Cao, Z., Li, J., Ge, D., Chen, Z., Vellekoop, I.M. und Koonen, A., „Wide-Coverage Beam-Steered 40-Gbit/s Non-Line-of-Sight Optical Wireless Connectivity for Industry 4.0“, *Journal of Lightwave Technology*, 38, 2020, S. 6801–6806.
312. Haas, H., Yin, L., Chen, C., Videv, S., Parol, D., Poves, E., Alshaer, H. und Islam, M.S., „Einführung in Konzepte und Herausforderungen der Innenraumvernetzung bei LiFi“, *Journal of Optical Communications and Networking*, 12, 2020, S. A190–A203.

313. Matsuda, K., Binkai, M., Koshikawa, S., Yoshida, T., Sano, H., Konishi, Y. und Suzuki, N., „Felddemonstration einer Echtzeit-FSO-Übertragung mit 14 Tb/s über 220 m mit einem augensicheren 9-Apertur-Sender der Klasse 1“, in *Optical Fiber Communication Conference (OFC)*, San Francisco, CA, USA, 6.–10. Juni 2021, Optica Publishing Group, Washington, DC, USA, 2021, S. F3C-2.
314. Dochhan, A., Poliak, J., Surof, J., Richerzhagen, M., Kelemu, H.F., und Calvo, R.M., „13,16 Tbit/s Freiraum-Lichtübertragung über 10,45 km für geostationäre Satelliten-Feeder-Links“, in *Photonic Networks, Tagungsband des 20. ITG-Symposiums*, Leipzig, Deutschland, 8. Mai 2019, VDE, Frankfurt, Deutschland, 2019, S. 1–3.
315. Lain, J.K., Yang, Z.D. und Xu, T.W., „Experimentelle optische DCO-OFDM-Kamerakommunikationssysteme mit einer handelsüblichen Smartphone-Kamera“, *IEEE Photonics Journal*, 11, 2019, S. 1–13.
316. Han, C., und Akyildiz, I.F., „Distance-Aware Multi-Carrier (DAMC) Modulation in der Terahertz-Band-Kommunikation“, in: *2014 IEEE International Conference on Communications (ICC)*, Sydney, Australien, 10.–14. Juni 2014, IEEE, Piscataway, NJ, USA, 2014, S. 5461–5467.
317. Jornet, J.M., und Akyildiz, I.F., „Das Internet der multimedialen Nano-Dinge im Terahertz-Band“, in: *European Wireless 2012, Tagungsband der 18. European Wireless Conference 2012*, Posen, Polen, 18.–20. April 2012, VDE, Frankfurt, Deutschland, 2012, S. 1–8.
318. Zhou, D., Sheng, M., Li, J. und Han, Z., „Aerospace Integrated Networks Innovation for Empowering 6G: A Survey and Future Challenges“, *IEEE Communications Surveys & Tutorials*, 25, 2023, S. 975–1019.
319. Wu, Q. und Zhang, R., „Intelligent Reflecting Surface Enhanced Wireless Network via Joint Active and Passive Beamforming“, *IEEE Transactions on Wireless Communications*, 18, 2019, S. 5394–5409.
320. Huang, C., Zappone, A., Alexandropoulos, G.C., Debbah, M. und Yuen, C., „Rekonfigurierbare intelligente Oberflächen für Energieeffizienz in der drahtlosen Kommunikation“, *IEEE Transactions on Wireless Communications*, 18, 2019, S. 4157–4170.
321. Huang, C., Hu, S., Alexandropoulos, G.C., Zappone, A., Yuen, C., Zhang, R., Di Renzo, M. und Debbah, M., „Holographische MIMO-Oberflächen für 6G-Funknetze: Chancen, Herausforderungen und Trends“, *IEEE Wireless Communications*, 27, 2020, S. 118–125.
322. Kato, N., Mao, B., Tang, F., Kawamoto, Y. und Liu, J., „Zehn Herausforderungen bei der Weiterentwicklung von Technologien des maschinellen Lernens hin zu 6G“, *IEEE Wireless Communications*, 27, 2020, S. 96–103.
323. Katz, M., Pirinen, P. und Posti, H., „Auf dem Weg zu 6G: Vorbereitungen für das nächste Jahrzehnt“, in: *16. Internationales Symposium über drahtlose Kommunikationssysteme (ISWCS) 2019*, Oulu, Finnland, 27.–30. August 2019, IEEE, Piscataway, NJ, USA, 2019, S. 714–718.

324. Nayak, S., und Patgiri, R., „6G Communication: Envisioning the Key Issues and Challenges“, arXiv, 2020, arXiv:2004.04024.
325. Yan, L., Han, C., und Yuan, J., „Hybrid Precoding for 6G Terahertz Communications: Performance Evaluation and Open Problems“, in *2020 2nd 6G Wireless Summit (6G SUMMIT)*, Levi, Finnland, 17.–20. März 2020, IEEE, Piscataway, NJ, USA, 2020, S. 1–5.
326. Mumtaz, S., Jornet, J.M., Aulin, J., Gerstacker, W.H., Dong, X. und Ai, B., „Terahertz-Kommunikation für Fahrzeugnetzwerke“, *IEEE Transactions on Vehicular Technology*, 66, 2017, S. [Seitenbereich nicht angegeben].
327. ITU-R., *Passive and Active Antenna Systems for Base Stations of IMT Systems*, Bericht M.2083 (IMT Vision-Reihe), Genf, Schweiz, 2015.
328. Elmeadawy, S., und Shubair, R.M., „6G Wireless Communications: Future Technologies and Research Challenges“, in: *2019 International Conference on Electrical and Computing Technologies and Applications (ICECTA)*, Ras Al Khaimah, Vereinigte Arabische Emirate, 19.–21. November 2019, IEEE, Piscataway, NJ, USA, 2019, S. 1–5.
329. Yang, P., Xiao, Y., Xiao, M. und Li, S., „6G Wireless Communications: Vision and Potential Techniques“, *IEEE Network*, 33, 2019, S. 70–75.
330. Yao, H., Wang, L., Wang, X., Lu, Z. und Lju, Y., „The Space-Terrestrial Integrated Network: An Overview“, *IEEE Communications Magazine*, 56, 2018, S. 178–185.
331. Chowdhury, M.Z., Shahjalal, M., Ahmed, S. und Jang, Y.M., „6G Wireless Communication Systems: Applications, Requirements, Technologies, Challenges, and Research Directions“, *IEEE Open Journal of the Communications Society*, 1, 2020, S. 957–975.
332. Dohler, M., Heath, R.W., Lozano, A., Papadias, C.B. und Valenzuela, R.A., „Is the PHY Layer Dead?“, *IEEE Communications Magazine*, 49, 2011, S. 159–165.
333. Raghavan, V., und Li, J., „Evolution der Forschung zur physikalischen Schicht in der Post-5G-Ära“, *IEEE Access*, 7, 2019, S. 10392–10401.
334. Drake, F., „Mobilfunkmasten: Protest gegen die wissenschaftlichen Erkenntnisse“, *Public Understanding of Science*, 15, 2006, S. 387–410.
335. Philbeck, I., „Connecting the Unconnected: Working Together to Achieve Connect 2020 Agenda Targets“, in: *Sondersitzung der Broadband Commission und des Weltwirtschaftsforums auf der Jahrestagung in Davos*, Davos-Klosters, Schweiz, 17.–20. Januar 2017.
336. Gandhi, O.P., und Riaz, A., „Absorption von Millimeterwellen durch den Menschen und ihre biologischen Auswirkungen“, *IEEE Transactions on Microwave Theory and Techniques*, 34, 1986, S. 228–235.
337. Geesink, J.H., und Meijer, D.K.F., „Bio-Soliton-Modell zur Vorhersage nicht-thermischer elektromagnetischer Strahlungsfrequenzbänder, die Lebensbedingungen entweder stabilisieren oder destabilisieren“, arXiv, 2016, arXiv:1610.04855.

338. Name, A., *Auswirkungen elektromagnetischer Wellen auf die neuronale Signalübertragung*, HAL Open Science Repository, Bengaluru, Indien, 2020.
339. Talbi, O., Zadeh-Haghighi, H. und Simon, C., „Der Radikalpaar-Mechanismus kann die Auswirkungen von Telekommunikationsfrequenzen auf reaktive Sauerstoffspezies nicht erklären“, arXiv, 2024, arXiv:2407.03358.
340. Name, A., „6G-Terahertz-Strahlung und Risiken für die männliche Fortpflanzungsgesundheit“, Xoffencer International Publication, Dabra, Indien, 2023.
341. ICNIRP, *Grundsätze für den Schutz vor nichtionisierender Strahlung*, ICNIRP, München, Deutschland, 2020.
342. Wu, Y., „Ethisch verantwortungsvolle und vertrauenswürdige autonome Systeme für 6G“, *IEEE Network*, 36, 2022, S. 126–133.
343. Wang, S., Qureshi, M.A., Miralles-Pechuán, L., Huynh-The, T., Gadekallu, T.R. und Liyanage, M., „Erklärbare KI für 6G-Anwendungsfälle: Technische Aspekte und Forschungsherausforderungen“, *IEEE Open Journal of the Communications Society*, 5, 2024, S. 2490–2540.
344. Bahrami, M.K. und Nazari, S., „Digital Design of a Spatial-Pow-STDP Learning Block with High Accuracy Utilizing Pow CORDIC for Large-Scale Image Classifier Spatiotemporal SNN“, *Scientific Reports*, 14, 2024, 3388.
345. Amiri, M., und Nazari, S., „Effizientes Hardware-Design von Spiking-Neuronen und einem Modul für unüberwachtes Lernen in einem groß angelegten Musterklassifizierungsnetzwerk“, *Engineering Applications of Artificial Intelligence*, 137, 2024, 109255.
346. Meng, S., Wu, S., Zhang, J., Cheng, J., Zhou, H. und Zhang, Q., „Semantikgestütztes integriertes Raum-Luft-Land-See-Netzwerk: Neues Paradigma, Rahmenbedingungen und Herausforderungen“, *IEEE Communications Surveys & Tutorials*, 2024, S.
347. Xiao, Y., Ye, Z., Wu, M., Li, H., Xiao, M., Alouini, M.S., Al-Hourani, A. und Cioni, S., „Space-Air-Ground Integrated Wireless Networks for 6G: Basics, Key Technologies and Future Trends“, *IEEE Journal on Selected Areas in Communications*, 42, 2024, S. 3327–3354.
348. Kuru, K., „Planung der Zukunft von Smart Cities mit Schwärmen vollautonomer unbemannter Luftfahrzeuge unter Verwendung eines neuartigen Frameworks“, *IEEE Access*, 9, 2021, S. 6571–6595.

## Biografie von Rexhep Mustafovski, MSc



**Rexhep Mustafovski, MSc**, ist Offizier im Verteidigungsministerium der Republik Nordmazedonien und Lehr- und Forschungsassistent an der Militärakademie „General Mihailo Apostolski“ in Skopje, wo er in der Abteilung für Cybersicherheit und digitale Forensik tätig ist. Er ist Spezialist für sichere Kommunikationssysteme, Cybersicherheit und die Integration von Verteidigungstechnologien und verfügt über akademische und berufliche Erfahrung in den Bereichen sichere taktische Kommunikation, Netzwerksicherheit und neue Informationssysteme.

Er absolvierte sein Grundstudium an der Militärakademie „General Mihailo Apostolski“ in Skopje, wo er als Fernmeldeoffizier abschloss. Während seines Studiums zeigte er außergewöhnliche akademische Leistungen und berufliche Disziplin und erzielte den höchsten Bildungserfolg seiner Jahrgangsklasse. In Anerkennung dieser Leistung wurde ihm offiziell die Auszeichnung als bester Offizier seines Jahrgangs verliehen, eine Ehre, die vom Präsidenten des Landes verliehen wird. Diese Auszeichnung spiegelt sowohl seine akademische Exzellenz als auch sein Engagement für militärische Professionalität wider.

Nach seiner Offiziersernennung setzte er seine akademische Laufbahn mit einem Aufbaustudium an der Fakultät für Elektrotechnik und Informationstechnologien der Universität „Ss. Cyril und Methodius“ in Skopje fort. Er erwarb den Master of Science in Kommunikations- und Informationstechnologien mit den Schwerpunkten moderne Kommunikationssysteme, Informationssicherheit und fortgeschrittene Netzwerkkonzepte. Sein Masterstudium stärkte seine analytischen und forschungsbezogenen Fähigkeiten weiter, insbesondere in den Bereichen sichere Kommunikation und technologiegetriebene Verteidigungssysteme.

Sein akademischer und beruflicher Werdegang verbindet eine formale militärische Ausbildung mit fortgeschrittenen ingenieurwissenschaftlichen Studien und bildet eine solide Grundlage für Forschung und praktische Arbeit im Bereich der sicheren militärischen Kommunikation. Dieser Hintergrund prägt seinen Ansatz beim Entwurf von Kommunikationssystemen, wobei er den Schwerpunkt auf Zuverlässigkeit, Sicherheit, Interoperabilität und operative Relevanz legt. Das durch die militärische Ausbildung und das Ingenieurstudium erworbene Wissen und die damit verbundene Erfahrung untermauern die in diesem Buch dargelegten Perspektiven.

## Biografie von Besnik Qehaja, PhD



**Dr. Besnik Qehaja** ist ein angesehener Wissenschaftler und Strategie für digitale Innovation mit Sitz in Pristina, Kosovo. Derzeit ist er Dekan des Fachbereichs Informatik und Ingenieurwesen an der UBT, wo er eine zentrale Rolle bei der Gestaltung der akademischen Entwicklung, des technologischen Fortschritts und der Forschungsintegration innerhalb der Einrichtung spielt. Sein berufliches Profil ist geprägt von einem starken Engagement für digitale

Transformation, interdisziplinäre Innovation und die praktische Anwendung fortschrittlicher Technologien in den Bereichen Bildung, Gesundheitswesen und intelligente Infrastruktursysteme.

Dr. Qehaja ist seit 2009 aktiv in der akademischen Leitung der UBT tätig und hatte mehrere leitende Positionen inne, die zur institutionellen Konsolidierung und Modernisierung der akademischen Programme beigetragen haben. Unter seiner Leitung hat der Fachbereich Informatik und Ingenieurwesen seine Lehrplanstruktur gestärkt, nationale Akkreditierungen für mehrere Studiengänge gesichert und fortschrittliche Lernmanagementsysteme implementiert, die digitale Bildungsumgebungen unterstützen sollen. Seine Bemühungen konzentrierten sich darauf, akademische Standards an internationale Best Practices anzupassen und ein Ökosystem zu fördern, das Forschung, Innovation und angewandte technologische Kompetenz integriert.

Er erwarb seinen Dokortitel an der Corvinus-Universität Budapest, wo sich seine Doktorarbeit auf Echtzeit-Patientenüberwachungssysteme und die Integration digitaler Gesundheitsdienste konzentrierte. In seiner Dissertation befasste er sich mit den technischen, organisatorischen und datenverwaltungsbezogenen Herausforderungen im Zusammenhang mit intelligenten medizinischen Informationssystemen. Diese Forschung schuf eine solide Grundlage für seine späteren Beiträge zu eHealth-Initiativen und zur Entwicklung der digitalen Gesundheitsinfrastruktur.

Dr. Qehaja spielte eine führende Rolle bei der nationalen eHealth-Machbarkeitsstudie des Kosovo, die in Zusammenarbeit mit der deutschen Organisation M4Health und dem Gesundheitsministerium durchgeführt wurde. Diese Initiative zielte darauf ab, die technische Bereitschaft, den regulatorischen Rahmen und die infrastrukturellen Anforderungen zu bewerten, die für die Implementierung nationaler digitaler Gesundheitssysteme erforderlich sind. Sein Engagement in diesem Projekt spiegelt sowohl seine technische Expertise als auch seine Fähigkeit wider, forschungsgetriebene Innovation mit institutionellen und staatlichen Umsetzungsprozessen zu verbinden.

Neben seiner Arbeit im Bereich der Digitalisierung des Gesundheitswesens engagiert sich Dr. Qehaja aktiv in technologischen Innovationsinitiativen in verschiedenen Bereichen. Er ist zertifizierter Trainer für Virtual-Reality- und Augmented-Reality-

Technologien und hat Projekte geleitet, die sich mit Anwendungen künstlicher Intelligenz, Architekturen des Internets der Dinge und der Entwicklung von Smart-City-Infrastrukturen befassen. Seine Arbeit verbindet neue Technologien mit praktischen Umsetzungsstrategien und legt den Schwerpunkt auf skalierbare Lösungen und interdisziplinäre Zusammenarbeit.

Im Jahr 2025 nahm Dr. Qehaja eine akademische Tätigkeit als Senior Research Fellow an der Technischen Universität Sofia in Bulgarien auf. Seine Forschungsschwerpunkte in dieser Funktion umfassen intelligente Energienetze, KI-gesteuerte Optimierungsmodelle und intelligente Infrastrukturmanagementsysteme. Diese laufende Forschung erweitert sein Fachwissen auf die Bereiche Energieinformatik und nachhaltige digitale Ökosysteme und stärkt sein interdisziplinäres Profil.

Dr. Qehajas akademischer und beruflicher Werdegang verbindet fortgeschrittene Forschungskompetenz mit institutioneller Führungsarbeit und angewandter Innovation. Sein Hintergrund in den Bereichen digitale Transformation, Integration von KI-Systemen und groß angelegter Technologieeinsatz trägt wesentlich zu der in diesem Buch dargestellten interdisziplinären Perspektive bei. Die analytische Strenge und die innovationsorientierte Denkweise, die er in den Bereich der Kommunikation und der Integration intelligenter Systeme einbringt, stützen den umfassenderen strategischen Rahmen, der in dieser Arbeit untersucht wird.

FOR AUTHOR USE ONLY

## Biografie von Prof. Dr. Edmond Hajrizi



**Prof. Dr. Edmond Hajrizi** ist Gründer und Rektor der UBT im Kosovo, wo er eine wegweisende Rolle bei der Gestaltung einer der innovationsorientiertesten Hochschuleinrichtungen der Region gespielt hat. Seine Führung zeichnet sich durch eine strategische Vision aus, die akademische Exzellenz, technologischen Fortschritt und internationale Zusammenarbeit vereint. Durch nachhaltige institutionelle Entwicklung und zukunftsorientierte Führung hat er die UBT als dynamisches akademisches Zentrum positioniert, dessen Schwerpunkt auf digitaler Transformation, Forschungsintegration und praxisorientierter Berufsausbildung liegt.

Als Gründer der UBT gründete Prof. Dr. Hajrizi die Einrichtung mit dem Ziel, die Kluft zwischen akademischer Theorie und marktorientierten Kompetenzen zu überbrücken. Von Anfang an war die UBT als modernes Bildungsumfeld konzipiert, das wissenschaftliche Forschung, angewandte Technologie und Zusammenarbeit mit der Industrie miteinander verbindet. Seine grundlegende Vision betonte die Bedeutung der Ausrichtung der Hochschulcurricula auf neue technologische Trends und die Anforderungen des Arbeitsmarktes, um sicherzustellen, dass Absolventen sowohl über theoretische Tiefe als auch über praktische Fähigkeiten verfügen.

In seiner Rolle als Rektor hat Prof. Dr. Hajrizi den Ausbau der UBT zu einer Einrichtung mit mehreren Standorten und einem breiten akademischen Portfolio geleitet. Unter seiner Führung hat die Universität einen eigenen Wissenschafts- und Innovationspark, hochmoderne Forschungslabore sowie strukturierte Partnerschaften mit internationalen Universitäten und Institutionen aufgebaut. Diese Initiativen haben die Position der UBT innerhalb regionaler und internationaler akademischer Netzwerke gestärkt und ihre Kapazitäten für interdisziplinäre Forschung und Innovation erweitert.

Prof. Dr. Hajrizi ist ein aktives Mitglied internationaler wissenschaftlicher und akademischer Gemeinschaften. Er ist in verschiedenen internationalen wissenschaftlichen Gremien tätig und vertritt die UBT regelmäßig auf globalen akademischen Konferenzen und Foren. Sein Engagement auf internationalen Plattformen spiegelt sein Bestreben wider, die Sichtbarkeit der Institution zu wahren, grenzüberschreitende Zusammenarbeit zu fördern und eine forschungsorientierte Ausbildung nach globalen Standards voranzutreiben.

Ein zentrales Element seiner Führungsarbeit war die Integration fortschrittlicher Technologien in die akademischen Lehrpläne und die institutionelle Infrastruktur. Durch strategische Investitionen in digitale Plattformen, Innovationslabore und Zentren für angewandte Forschung hat die UBT zahlreiche internationale Auszeichnungen für ihre digitale Transformation und die Qualität ihrer Ausbildung erhalten. Sein Einsatz für technologiegestützte Lernumgebungen hat zur Entwicklung eines umfassenden intelligenten Ökosystems innerhalb der Universität beigetragen,

das akademische Lehre, Forschungsaktivitäten und berufliche Ausbildungswege miteinander verbindet.

Prof. Dr. Hajrizis institutionelle Vision betont die Synergie zwischen exzellenter Forschung und praktischer Anwendung. Durch den Aufbau von Partnerschaften mit der Industrie und anderen Akteuren sowie durch die Förderung anwendungsorientierter Forschungsinitiativen hat er ein Bildungsmodell vorangetrieben, das Unternehmertum, technologische Innovation und nachhaltige Entwicklung unterstützt. Sein Ansatz spiegelt sein langfristiges Engagement wider, Studierende nicht nur als akademische Fachkräfte, sondern auch als Mitgestalter des technologischen und gesellschaftlichen Fortschritts auszubilden.

Durch nachhaltige akademische Führung, institutionelle Expansion und innovationsorientierte Governance hat Prof. Dr. Edmond Hajrizi die Entwicklung der Hochschulbildung in der Region maßgeblich beeinflusst. Seine strategische Ausrichtung auf digitale Transformation, Internationalisierung und angewandte Forschung leistet einen bedeutenden Beitrag zu der interdisziplinären und zukunftsorientierten Perspektive, die in diesem Buch dargestellt wird.

FOR AUTHOR USE ONLY