

MASTER THESIS | MASTER'S THESIS

Titel | Title

Alternative Kommunikationsmittel der zivilen Bevölkerung im
Katastrophenfall
Bei Ausfall der standardisierten technischen
Kommunikationsebenen

verfasst von | submitted by
Ing. Richard Mandl BSc

angestrebter akademischer Grad | in partial fulfilment of the requirements for the degree of
Master of Science (MSc)

Wien | Vienna, 2025

Studienkennzahl lt. Studienblatt | Degree
programme code as it appears on the
student record sheet:

UA 992 242

Universitätslehrgang lt. Studienblatt |
Postgraduate programme as it appears on
the student record sheet:

Risikoprävention und Katastrophenmanagement

Betreut von | Supervisor:

Mag. Dr. Friedrich Teichmann

II. Danksagung

An dieser Stelle möchte ich meinen besonderen Dank den Menschen aussprechen, die mich während der Erstellung dieser Arbeit unterstützt und begleitet haben.

Mein herzlichster Dank gilt meiner Familie, die mir während der gesamten Zeit mit viel Geduld zur Seite stand und mir den nötigen Rückhalt gab. Ohne ihr Verständnis und ihre moralische Unterstützung wäre diese Arbeit nicht möglich gewesen.

Besonders bedanken möchte ich mich auch bei meinem Betreuer für die wertvollen fachlichen Ratschläge und konstruktiven Anregungen, die maßgeblich zum Gelingen dieser Arbeit beigetragen haben. Im Verlauf des Schreibprozesses haben neben klassischen auch moderne Werkzeuge zur sprachlichen Präzisierung und stilistischen Schärfung beigetragen.

Dem Amateurfunkverband danke ich für die technische Unterstützung und die Bereitstellung wichtiger Ressourcen. Ebenso gilt mein Dank meinen Kommilitonen für den regen Austausch und die motivierende Zusammenarbeit während des gesamten Studiums.

III. Inhaltsverzeichnis Tabellenverzeichnis, Abbildungsverzeichnis

I.	Master Thesis Deckblatt.....	I
II.	Danksagung.....	II
III.	Inhaltsverzeichnis Tabellenverzeichnis, Abbildungsverzeichnis	III
IV.	Abkürzungsverzeichnis.....	VIII
V.	Vorwort.....	X
1	Einleitung und Hintergrund.....	1
1.1	Stand der Forschung	4
1.2	Naturgefahren bzw.-katastrophen.....	5
1.2.1	Flutkatastrophe Ahrtal	6
1.2.2	Sturmkatastrophe Irland „Éowyn“	8
1.2.3	CrowdStrike® (IT-Ausfall)	13
1.3	Projekt ROLORAN - Blackout-Kommunikation Forschungsprojekt der UniBW (GER/Bayern/Mchn) und Gemeinde Neuhaus (AUT/Ktn.)	14
1.3.1	ROLORAN - UniBW	15
1.3.2	Fallstudie - Gemeinde Neuhaus in Kärnten - Case-Study	16
1.4	Globale Kommunikationsgeschichte im Wandel der Zeit - Allgemeiner historischer Rückblick.....	17
1.4.1	Kommunikation - Vom Papyrus zur Moderne eine Mediengeschichte	17
1.4.2	Entwicklung der Technik	17
1.4.3	Arten der Kommunikation	19
1.4.4	Kommunikation der Bevölkerung.....	19
1.4.5	Satelliten als Kommunikationskanal.....	20
1.4.6	Entwicklung der Funkkommunikation.....	21
1.5	Allgemeine rechtliche Rahmenbedingungen	22
1.5.1	Telekommunikationsgesetz.....	23
1.5.2	Amateurfunkverordnung	24
1.6	Kommunikation und Funktechnische Entwicklung.....	24
1.6.1	Festnetzarchitektur	24
1.6.2	Mobilfunk.....	27
1.6.3	Überblick über relevante Konzepte (Lichtinseln)	28
1.6.4	Funkübertragung.....	30

1.7	Zivilschutz der Bevölkerung	31
2	Hypothesen, Ziele und Fragestellungen	32
2.1	Formulierung des Ziels und Nichtziele der Arbeit	33
2.2	Begriffsdefinitionen – Theoretischer Teil	33
2.2.1	Äquivalenzausgaben	33
2.2.2	Katastrophe.....	34
2.2.3	Großschadensfall und Massenanfall von Verletzten	34
2.2.4	Kommunikation.....	35
2.2.5	Zivile Person	35
2.2.6	Staatlich geprüfter Funkamateurl (lizenzierter Dienst)	35
2.2.7	Hobbyfunker - Laienfunk (lizenzfreier Dienst).....	36
2.2.8	Bevölkerungsschutz	36
2.2.9	Zivilschutz.....	36
2.2.10	Notfall	37
2.2.11	Funkamateurl und Funkamateurin	37
2.2.12	Amateurfunkdienst	37
2.2.13	Notfunk- und Katastrophenfunkverkehr	37
2.2.14	Netzwerke	38
2.2.15	Sender und Empfänger	38
2.2.16	Drahtgebunden Netze.....	39
2.2.17	Drahtlose Netze	39
2.2.18	Staatliche Systeme	39
2.2.19	Betriebsarten	40
2.2.20	Frequenzabschnitte bzw. -Bänder.....	40
2.2.21	Kurzwelle.....	40
2.2.22	Ultrakurzwelle (UKW)	41
2.2.23	Long Rang Technologie	42
2.2.24	Long Rang World Area Network.....	42
2.2.25	Mesh-Netzwerke (Wireless).....	43
2.2.26	Meshtastic ®	44
2.2.27	Highspeed Amateurradio Multimedia NETwork	44
2.2.28	Redundanz und seine Unterformen	45

2.2.29	Packet Radio und Automatic Packet Reporting System	46
2.2.30	Sprechverkehr (Allgemein).....	46
2.2.31	Analog- und Digitalfunk.....	46
2.2.32	Kommunikation zwischen Professionalität und Bürgerpflicht.....	47
2.2.33	Die W-Fragen	47
2.2.34	Ereignis.....	48
2.2.35	Krise	48
2.2.36	Katastrophenmanagement	48
2.2.37	Gebrauchstauglichkeit (Usability)	49
2.3	Resümee der technischen Bestandsaufnahme	50
3	Methoden	51
3.1	Allgemein	51
3.2	Vier Standards der Wissenschaftlichkeit	51
3.3	Empirische Forschungsmethoden	52
3.3.1	Quantitativ	52
3.3.2	Qualitativ	52
3.3.3	Literaturrecherche	53
3.4	Methode der Rechtsanalyse	53
3.5	Methode der Anwenderbedienbarkeit	54
3.6	Stand der Forschung	54
3.7	Sampling und Feldzugang	54
3.7.1	Sampling	54
3.7.2	Feldzugang	54
3.8	Vergleich Methodischer Werke	55
3.9	Auswertemethodik	56
3.10	Methodische Anpassung - Von der qualitativen zur quantitativen Analyse	58
3.10.1	Datenerhebung	58
3.10.2	Datenaufbereitung.....	58
3.10.3	Datenanalyse	59
3.10.4	Analyseverfahren	59
3.10.5	Methodik zur Anwendung.....	59
3.11	Begründung zur Wahl der Methode	59

3.12	Auswertemethodik der Datenerhebung	60
3.13	Rechtliche Evaluationsmethodik zur Durchführbarkeit von Notfunkübungen	60
3.14	Methodik zur Analyse der funktechnischen Reichweitendifferenzierung	60
3.15	Evaluierungsmethodik der Gebrauchstauglichkeit.....	61
3.16	Finanzieller Aspekt	61
4	Daten und Berechnungsmodell - Analyse, Berechnung und Interpretation.....	62
4.1	Warenkorb	62
4.2	Classification of Individual Consumption by Purpose (COICOP)	63
4.3	Datenbereichseingrenzung	63
4.4	Haushaltsabgaben.....	65
4.5	Berechnungsmodell	67
4.6	Zielsetzung der methodischen Anpassung	68
4.7	Datenerhebung	69
4.8	Berechnung anhand der erhobenen Basisdaten	72
4.9	Bewertungsmatrix und Ergebnis	73
5	Diskussion der Ergebnisse.....	74
5.1	Das finanzielle Kriterium	75
5.2	Der rechtliche Aspekt.....	75
5.3	Der Gesichtspunkt der Gebrauchstauglichkeit.....	76
5.4	Der Reichweitenfaktor	76
6	Schlussfolgerungen und Zusammenfassung	77
7	Perspektiven	79
8	Literaturverzeichnis	81
8.1	Abbildungsverzeichnis	90
8.2	Formelverzeichnis	92
8.3	Tabellenverzeichnis.....	93
9	Kurzzusammenfassung (dt.).....	94
10	Abstract (en)	96
11	Anhänge	98
11.1	Geschichte der Medienwelt.....	98
11.2	HORA – Pass der (TK-Vermittlungsstelle)	99
11.3	Statistik Austria Grundlagen	103

11.4	Einzelberechnungen: verfügbares Nettoeinkommen nach Haushaltsgruppen und COPCOI Hauptgruppe 6 Nachrichtentechnik und zugehörige Untergruppen	104
11.5	Kurzinterview – Forschungsprojekt LOROWAN der Universität der Bundeswehr München.....	106
11.6	Kurzinterview – Forschungsprojekt LOROWAN „Gemeinde Neuhaus (Ktn.)“ und Projektinformation (Präsentation).....	108
11.7	Zeitachse – Masterarbeit	113

IV. Abkürzungsverzeichnis

Im vorliegenden Dokument werden Abkürzungen und Fachbegriffe wie folgt gekennzeichnet: Die englischen Originalbegriffe sind mit (en) markiert, die entsprechenden deutschen Übersetzungen mit (dt) und kurze Begriffserklärungen mit (Bg). Dies soll ein besseres Verständnis der verwendeten Terminologie ermöglichen und die Zuordnung von Fachausdrücken in beiden Sprachen erleichtern.

1G	D-Netz - Digital Netz (dt) - Erste Generation des Mobilfunknetz (Bg)
2G	GSM - Global System for Mobile Communications
3G	UMTS - Universal Mobile Telecommunications System
4G	LTE - Long Term Evolution
5G	5G - Fifth Generation New Radio
AFU	Amateurfunk
AMTOR (en)	Amateur Teleprinting Over Radio
BBK	Bundesamt für Bevölkerungsschutz und Katastrophenhilfe
BOS	Behörden und Organisation mit Sicherungsaufgaben
CB-Band	Citizens Band
COICOP	Classification of Individual Consumption by Purpose
COMSAT (en)	Communications Satellites, Kommunikationssatellit (dt)
Copernicus Emergency (en)	Copernicus ist eine moderne und leistungsfähige Infrastruktur zur Erdbeobachtung
CSS (en)	Chirp Spread Spectrum
CW (en)	Continuous Wave – Telegrafie (dt)
EUCPM (en)	European Civil Protection Mechanism
EMRK	Europäischen Menschenrechtskonvention
ERCC (en)	Emergency Response Coordination Centre
GEO (en)	Geostationary Earth Orbit, geostationär Erdumlaufbahn (dt)
HVPI	Harmonisierter Verbraucherpreisindex
HQ30	30-jährliches Hochwasser
HQ100	100-jährliches Hochwasser
IoT (en)	Internet of Things, Internet der Dinge (dt)
KI	Künstliche Intelligenz (LLM-Large Language Model)
LEO (en)	Low Earth Orbit, niedrige Erdumlaufbahn (dt)
LoRa	Long Range
LoRaWAN	Long Range Wide Area Network
MAC-Protokoll	Media Access Control – Mediengriffsteuerung (dt)
MANV	Massenanfall von Verletzten
MEO (en)	Medium Earth Orbit, mittlere Erdumlaufbahn (dt)
Mesh	englische Begriff für ineinandergreifen oder vermaschen (Bg)
MHz	Megahertz
NASA (en)	National Aeronautics and Space Administration
öbL	öffentlich beweglichen Landfunkdienstes
Oscar (en)	Orbiting Satellite Carrying
ÖBH	Österreichisches Bundesheer

ÖSZV	Österreichische Zivilschutzverband
Packet Radio	Verfahren zur digitalen Datenübertragung (Bg)
PMR	Private Mobile Radio
rescEU (en)	strategic reserve of European disaster response capabilities and stockpiles
SHF	Super-High-Frequency
SKKM	staatliches Krisen- und Katastrophenschutzmanagement
SMS (en)	Short Message Service 3GHz bis 30GHz
SSB (en)	Single Side Band
TAB	Technikfolgen-Abschätzungen des Deutschen Bundestages
TETRA	Terrestrial Trunked Radio - Funksystems
TKG	Telekommunikationsgesetz
UHF	Ultra-High-Frequency 300Mhz bis 3GHz
UKW	Ultrakurzwelle (kommerziell Radiofrequenz)
VHF	Very-High-Frequency 30Mhz bis 300Mhz
VPI	Verbraucherpreisindex

V. Vorwort

Im Rahmen der finalen Phase dieser Masterarbeit kam es zu mehreren weiteren, in ihrer Tragweite bedeutenden Ereignissen. Insbesondere die massiven Stromausfälle infolge des Sturms Éowyn in Irland (Jänner 2025), der großflächige Blackout auf der Iberischen Halbinsel (April 2025) sowie der Netzzusammenbruch in Tschechien (Juli 2025) und vereinzelte Ausfälle in Teilen Deutschlands. Aufgrund des fortgeschrittenen Bearbeitungsstandes konnten diese Entwicklungen – mit Ausnahme des Fallbeispiels Irland – nicht mehr systematisch in die Analyse einbezogen werden. Ihre Betrachtung bleibt jedoch ein vielversprechender Ausgangspunkt für künftige wissenschaftliche Arbeiten, insbesondere im Hinblick auf die Widerstandsfähigkeit und Krisenfestigkeit europäischer Energiesysteme und der damit einhergehenden standardisierten Kommunikationsmittel der zivilen Bevölkerung.

1 Einleitung und Hintergrund

In der heutigen Gesellschaft zählen die Informations- und Kommunikationsprozesse zu den elementaren Ressourcen zur Sicherstellung der demokratischen Abläufe in der Gesellschaft. Bereits der bekannte Kommunikationswissenschaftler Paul Watzlawick¹ beschrieb in seinem Werk die „*Menschliche Kommunikation – Formen, Störungen, Paradoxien*“ die Bedeutung der menschlichen verbal und nonverbal Kommunikation, um die Ordnung in der Gesellschaft aufrecht zu erhalten. (vgl. Watzlawick et al. 2017, 13ff)

In Krisen- oder Katastrophenfällen ist die Kommunikation ein essentieller Bestandteil zur Aufrechterhaltung der öffentlichen Ruhe, Ordnung, Sicherheit und medizinischen Betreuung sowie Sicherung der Grundbedürfnisse der Bevölkerung. Diese Kommunikationsprozesse umfassen sämtliche Behörden und Organisation mit Sicherungsaufgaben (BOS), Gesundheitsorganisationen und insbesondere die allgemeine Bevölkerung. Im Ereignisfall werden durch staatliche Stellen Krisenstäbe gemäß den SKKM-Richtlinien (staatliches Krisen- und Katastrophenschutzmanagement) etabliert, welche die notwendigen operativen, taktischen und strategischen Entscheidungen zur Abwendung bzw. Minderung des Ereignisfalls festlegen. Die im Ereignisfall eingerichteten staatlichen Krisenstäbe sind in ihrer effektiven Entscheidungsfindung zur Hilfeleistung von der Information und Kommunikation anhängig. Informationen stellen eine wesentliche Grundlage für die Aufbereitung von Lagebildern (Daten) für deren weiteren Entscheidungen dar. Die Erzeugung und Aufbereitung von Lagebildern sind abhängig von der Möglichkeit der Übermittlung von Informationen, deren Qualität und Aktualität. (vgl. Bundeskanzleramt, S. 33–36)

Die Europäische Union hat bereits Mittel in Millionenhöhe zur Sicherstellung der Ausweitung der staatlichen und grenzüberschreitenden Kommunikation bewilligt. Diese Projekte befinden sich aber noch in der rechtlichen Prüfung und sind nicht zur Anwendung durch die Zivilbevölkerung vorgesehen, sondern ausschließlich durch staatliche Stellen. (vgl. EU-Kommission 2022, S. 1–4)

Für das dringende Kommunikationsbedürfnis der Bevölkerung in Ereignisfällen können als Beispiele die nachfolgenden Naturkatastrophen hervorgehoben werden. Der Lawinenabgang in Galtür 1999, das Erdbeben in Norditalien 2012, die Flutkatastrophe in Indien 2018, die Überschwemmung des Ahrtals 2021, die Hochwasserschäden in Österreich 2024, das Sturmtief (Éowyn) in Irland 2024 sowie die Strommangellage in Kuba.

Der Lawinenabgang von Galtür (Ö) ereignete sich im Februar 1999 in der österreichischen Gemeinde Galtür im Bundesland Tirol. Eine massive Lawine löste sich und begrub Teile des Dorfes unter sich, wodurch zahlreiche Menschen ums Leben kamen und erhebliche Schäden an Objekten entstanden sind und die Bevölkerung von der Außenwelt abgeschnitten waren. (vgl. Köck 2024, S. 1–12) Beim Erdbeben in Norditalien im Jahr 2012 wurde die Kommunikationsinfrastruktur zerstört. Aufgrund des Erdbebens und der nachfolgenden starken Nachbeben wurden die wiederhergestellten Telefonnetze erneut zerstört. Durch staatlich geprüfte Funker als freiwillige Helfer wurde die Kommunikation wieder

¹ Paul Anton Watzlawick (* 25. Juli 1921 in Villach, Kärnten; † 31. März 2007 in Palo Alto, Kalifornien) war ein österreichisch-US-amerikanischer Philosoph, Psychotherapeut und Kommunikationswissenschaftler.

sichergestellt. Dabei kamen Kurzwelle (7.600 MHz) und VHF (145.200 MHz) zum Einsatz. (vgl. DARC 2023, S. 2)

Die Katastrophe im Ahrtal in Deutschland im Jahr 2021 wurde durch schwere Überschwemmungen ausgelöst, die infolge von starken Regenfällen auftraten. Der Ausfall der Kommunikation erschwerte die Rettungs- und Hilfsmaßnahmen erheblich, da Straßen, Brücken und Mobilfunknetze durch die Wassermassen zerstört wurden, wodurch die Koordination von Rettungsteams und den Zugang zu den betroffenen Gebieten stark behinderte. Die Flutkatastrophe im Ahrtal machte deutlich, wie anfällig bestehende Kommunikationssysteme bei Extremereignissen sind und welche Notwendigkeit für robustere Kommunikationsalternativen besteht. (vgl. Seidel 2021, S. 1–8)

Aufgrund der eingehenden Niederschläge im September 2024 und den damit verbundenen Hochwasserschäden bat das Rote Kreuz in Heidenreichstein, Niederösterreich, am 15.09.2024 die Amateurfunkdienste um Unterstützung, nachdem die TETRA²-Funk-Kommunikation (Terrestrial Trunked Radio ein ETSI³ Kommunikationsstandart) ausgefallen war. (vgl. Rotes Kreuz Gmünd 2024, S. 1–3).

International sei zu erwähnen, dass Funkamateure 2018 bei der Flutkatastrophe in Indien (vgl. Times of India, S. 1) sowie am 18.10.2024 bei einer Strommangellage in Kuba die Kommunikationsverbindungen aufrecht erhalten konnten (vgl. International Amateur Radio Union 2024, S. 1) In den europäischen Fällen war die Kommunikation durch die Beschädigung und den damit verbundenen Ausfall von Funkmasten (Mobilfunk und TETRA) nicht möglich. Aufgrund der Unpassierbarkeit der Verkehrswege auf den Straßen und Luft durch die vorherrschenden Wetterbedingungen und den geographischen Gegebenheiten, war auch eine weitreichendere manuelle Kommunikation (zb durch Kradmelder) nicht umsetzbar. Als aktuelles Ereignis im Rahmen dieser Arbeit wird auf dem Sturm „Éowyn“, der das europäische Mitgliedsland Irland am 24.01.2025, mit Windspitzen bis zu 183 km/h erfasste, verwiesen. Dies führte zu einem weitreichenden Ausfall des TETRA-Funksystems, wodurch die Kommunikationsinfrastruktur für Rettungs- und Sicherheitsdienste erheblich beeinträchtigt wurde. (vgl. Diarmuid Pepper und O'Connor 2025, S. 1–2) Im Zusammenhang mit der Versorgungsinfrastruktur zeigte sich die Katastrophenlage durch einen großflächigen Ausfall der Stromversorgung, von dem ca. 800.000 gewerbliche und private Objekte betroffen waren. Die Wiederherstellung der Stromversorgung sowie der digitalen Infrastruktur erstreckte sich in einigen Regionen über einen Zeitraum von bis zu 14 Tagen. (vgl. The Irish Sun 2025, S. 1–2) Das Sturmereignis „Éowyn“ verdeutlichte die Herausforderungen bei großflächigen Kommunikationsausfällen und zeigte die Bedeutung robuster Notfallsysteme zur Sicherstellung der öffentlichen Sicherheit.

Neben der notwendigen Möglichkeit der Kommunikation von staatlichen Organisationseinheiten, darf das Interesse der zivilen Bevölkerung nicht außer Acht gelassen werden. Wird dem Informations- und Kommunikationsbedarf der zivilen Bevölkerung nicht nachgekommen, kann sich diese in einer Krise nicht nur unkooperativ, sondern auch

² Terrestrial Trunked Radio (TETRA), ist ein Standard für digitalen Bündelfunk. Er ist als universelle Plattform für unterschiedliche Mobilfunkdienste genormt (ETSI, EN 300).

³ ETSI ist die Abkürzung für Europäisches Institut für Telekommunikationsnormen. Es ist eine gemeinnützige Organisation, die Standards für die Informations- und Kommunikationstechnik (ICT) entwickelt.

kontraproduktiv verhalten. Damit könnten sämtliche Bemühungen staatlicher Stellen zur Lagebereinigung erschwert und möglicherweise ein allfälliger Schaden vergrößert. Durch „keine“ Information können Fehlinformationen entstehen, was unterschiedliche Auswirkungen zur Folge haben kann. Während staatliche Organisationen in der Krise auf technische Ressourcen wie zum Beispiel Satellitentelefonie zurückgreifen können, ist die Zivilbevölkerung, alleine schon aus finanziellen Gründen, bei der Anschaffung solcher technischen Vorrichtungen eingeschränkt.

Daher beschäftigt sich diese wissenschaftliche Arbeit mit der Frage, ob für die zivile Bevölkerung ein finanziell erschwingliches, anwenderfreundliches und mit entsprechender Reichweite funktionierendes Kommunikationssystem samt zugehörigem rechtlichen Rahmen existiert?

1.1 Stand der Forschung

Das nachfolgende Kapitel präsentiert eine strukturierte Übersicht zum aktuellen Stand der Forschung im Bereich der zivilen Kommunikationsmittel im Katastrophenfall. Dabei werden zentrale theoretische Konzepte, bisherige wissenschaftliche Erkenntnisse sowie relevante Studien und Entwicklungen in diesem Feld betrachtet. Ziel ist es, bestehende Forschungslücken zu identifizieren und eine fundierte Grundlage für die weitere Untersuchung im Rahmen dieser Arbeit zu schaffen.

In der wissenschaftlichen Auseinandersetzung mit dem Thema Blackout im DACH-Bereich⁴ wurden bereits zahlreiche Untersuchungen durchgeführt, die sich insbesondere auf die Auswirkungen, die Krisenbewältigung sowie die staatlichen Maßnahmen zur Aufrechterhaltung der öffentlichen Ordnung konzentrieren. (vgl. Schäfer 2024) Ein zentraler Forschungsschwerpunkt lag dabei auf der Kommunikationsstrategie des Staates gegenüber der Bevölkerung, insbesondere im Kontext der Warnung und Informationsweitergabe während eines großflächigen Stromausfalls. (vgl. Rakowsky et al. 2021) Zudem wurden Maßnahmen zur Stärkung der Resilienz der Bevölkerung und zur Förderung von Selbsthilfemaßnahmen intensiv erforscht, um die individuelle Vorsorge und Handlungskompetenz in Krisensituationen zu verbessern. (vgl. Sticher et al. 2013, S. 82–90) Derzeit ist ein Forschungsprojekt der Universität der Bundeswehr München mit dem Thema „ROLO-RAN-Resilient Operation of LoRa Networks“ in Ausarbeitung, dass zwischen den Jahren 2021 und 2024 die Erprobung verschiedener Anwendungsszenarien in Kooperation mit dem ÖBH und der Gemeinde Neuhaus (Kärnten) durchführt. Im zweiten Projektteil 2025-2026 sollen die Erkennungsverfahren, Lokalisierungsansätze, sowie die Bereitstellung eines Leitfadens zum Aufbau und Betrieb eines sicheren LoRaWAN erforscht werden. (vgl. Hommel et al. 2025, S. 1–5)

Die Literaturrecherche zeigte, dass diverse Forschungsprojekte und empirische Studien im Bereich der Katastrophen- und bzw. oder Notfallkommunikation für die Behörden in der Krise durchgeführt wurden, welche verschiedene technische Ansätze evaluieren (Satellit, QO-100, LoRaWAN, UKW, KW, usw.). Diese Projekte und Studien fokussieren sich primär auf redundante Kommunikationssysteme für Behörden und Organisationen mit Sicherheitsaufgaben (BOS) sowie einen limitierten Kreis erweiterter Personen, wie beispielsweise lizenzierte Funkamateure, welche dabei immer noch als Kommunikationskanal für die Behörde oder notwendiges Schlüsselpersonal und nicht der Bevölkerung fungieren. Die kritische Analyse der bestehenden Lösungsansätze verdeutlicht jedoch, dass diese Systeme nicht für eine flächendeckende Nutzung durch die Zivilbevölkerung konzipiert wurden und somit deren spezifische Anforderungen an Zugänglichkeit zur bidirektionalen Kommunikation und deren Skalierbarkeit nicht erfüllen.

Um die Relevanz und Aktualität der notwendigen Kommunikationsinfrastruktur für die zivile Bevölkerung in Katastrophenfällen zu unterstreichen, hat die in Deutschland ansässige Agentur für Innovation in der Cybersicherheit GmbH das Forschungsprojekt MoIn-LaMAS⁵ (Lageorientierung für mobile autonome Systeme zum Aufbau einer

⁴ DACH ist ein Kunstwort für Deutschland, Österreich und die Schweiz.

⁵ Verweis auf die Ausschreibung auf der Plattform der EU-<https://ted.europa.eu/de/notice/-/detail/46840-2025>

Kommunikationsinfrastruktur) ausgeschrieben, welches autonome Kommunikationsinfrastrukturen für Krisen- und Katastrophensituationen entwickeln soll, dies jedoch vorrangig für BOS. Der Fokus liegt auf der Resilienz und Anpassungsfähigkeit durch Schwarmverbünde unbemannter Systeme, die sich flexibel an veränderte Bedingungen anpassen können. Gemäß dieser Ausschreibung (Jänner bis März 2025) sollen dadurch Kommunikationsknoten effizient in schwer zugänglichen Gebieten platziert und schnelle Reaktionen ermöglicht werden. In der Ausschreibung wird hervorgehoben, dass moderne Robotik- und KI-Technologien eine mögliche leistungsfähige Alternative zu herkömmlichen Kommunikationslösungen bieten. Mit einem Budget von fünf Millionen Euro und einer Laufzeit von drei Jahren (2028) soll das Projekt innovative Impulse für den Bevölkerungsschutz setzen. (vgl. Proll, S. 4)

Im Rahmen der Recherche der Katastrophenvorsorge zeigt sich die Bedeutung resilienter Kommunikationsinfrastrukturen exemplarisch an internationalen Funkübungen wie der ARES LAX Northeast Tsunami Exercise, welche auf einem realitätsnahen Tsunamiszenario des US Geological Survey basiert (vgl. USGS 2025) und mittels datenbasierter Auswertung über Looker Studio analysiert wird. (vgl. Looker Studio 2025) Ergänzend führt die Winlink Group DACH unter Beteiligung von Funkamateuren aus Deutschland, Österreich und den USA regelmäßige transnationale Notfallkommunikationsübungen durch, bei denen digitale Nachrichtenübertragungen über HF-Netze getestet werden. (vgl. WLN-ET-ÖE 2025) Diese Aktivitäten ergänzen öffentlichkeitswirksame Präventionskampagnen wie die internationalen Übungen ShakeOut und TsunamiZone⁶, welche das Bewusstsein für seismische Risiken fördern und dabei Amateurfunk als integralen Bestandteil ziviler Resilienz stärken. (vgl. *Great ShakeOut Earthquake Drills* 2025)

Eine effiziente Rückmeldung aus der Bevölkerung im Ereignisfall könnte dazu beitragen, eine präzisere Lageeinschätzung zu ermöglichen und Hilfsmaßnahmen gezielter zu steuern. Die Entwicklung und Implementierung geeigneter Kommunikationskanäle, die auch unter den erschwerten Bedingungen eines Kommunikationsausfalls standardisierter Kommunikationssysteme funktionsfähig bleiben und für die zivile Bevölkerung erschwinglich sind, stellt daher eine zentrale Herausforderung dar, die es zu erforschen gilt.

1.2 Naturgefahren bzw.-katastrophen

Die Betrachtung von Gefahren ist ein komplexes und vielschichtiges Unterfangen, welches verschiedene Ebenen der Gesellschaft und Umwelt betrifft. In der Literatur wird darauf verwiesen, dass eine klare Kategorisierung der unterschiedlichen Gefahrenarten sich als besonders herausfordernd erweist. So wird beispielsweise hervorgehoben, dass selbst Naturgefahren wie Erdbeben oder Hochwasser häufig durch menschliche Einflüsse mitbestimmt würden. Des Weiteren wird ausgeführt, dass technische Gefahren, wie etwa Systemausfälle oder Transportunfälle, in enger Verbindung mit menschlichen Gefahrenfaktoren stünden. Die Forschung zeigt zudem, dass menschliche Gefahren sich besonders in Form von Sabotage, Fehlern oder Konflikten zum Ausdruck bringen. Dabei wird betont, dass die Auswirkungen dieser verschiedenen Gefahrenarten eine beachtliche

⁶ <https://www.tsunamizone.org/>

Bandbreite aufweisen. Angesichts dieser komplexen Verflechtungen verschiedener Gefahrenarten lassen sich Naturgefahren in fünf wesentliche Kategorien einteilen: hydrologische, klimabedingte, meteorologische, tektonisch bzw. seismische sowie kryogene Erscheinungsformen. (vgl. Fekete 2024, S. 307–314)

1.2.1 Flutkatastrophe Ahrtal

Die Analyse der Flutkatastrophe im Ahrtal im Juli 2021 verdeutlicht, dass der gleichzeitige Ausfall der Kommunikationsinfrastruktur - sowohl auf administrativer als auch auf ziviler Ebene - die Koordination von Hilfsmaßnahmen und die effektive Lagebeurteilung erheblich beeinträchtigte. Dadurch wurde die Verwundbarkeit des Krisenmanagements in kritischen Infrastruktursystemen offengelegt, was schwerwiegende Folgen für die betroffene zivile Bevölkerung hatte.

Zur geologischen Lage des Ahrtals kann wie folgt festgehalten werden, dass die morphologischen Eigenschaften des Ahrtals in Verbindung mit der dichten Bebauung zu einer fatalen Verkettung hydraulischer Effekte (Bernulli⁷) geführt, bei der sich durch Verklausungen an Brücken und deren sukzessives Versagen eine sich selbst verstärkende Flutwelle talabwärts entwickelt habe, deren Ausmaß durch die moderne Siedlungsstruktur noch verstärkt worden sei. (vgl. Koschitzki 2024, S. 18–19) Die Ahr selbst hat bereits ein Höhenprofil, das die Fließgeschwindigkeiten bei Hochwassern erhöht, auf 85 km Flusslänge überwindet der Fluss 420 Höhenmeter. (vgl. Koschitzki 2024, S. 18)



Figure 1: Die Ahr-Flussverlauf-Topo (Der Fluss die Ahr (Höhenprofil) 2025, S. 1)

Auszug aus der chronischen Abfolge der Ereignisse aus der Organisationstudie von Koschitzki zur Rekonstruktion der Flutkatastrophe 2021 im Ahrtal.

Wie aus offiziellen Berichten hervorgeht, hätten die katastrophalen Überschwemmungen im Juli 2021 bundesweit zu mehr als 180 Todesopfern geführt, wobei die Zerstörung der Infrastruktur und tausender Gebäude langfristige Wiederaufbaumaßnahmen erforderlich gemacht habe. (vgl. Koschitzki 2024, S. 1)

⁷ physikalisches Phänomen, das beschreibt, wie der Druck in einem Strömungsmedium abnimmt, wenn sich die Geschwindigkeit der Strömung erhöht

Den Dokumentationen zufolge sei die Lage an der Ahr am Morgen des 14. Juli 2021 trotz des bereits in Nordrhein-Westfalen ausgerufenen Hochwasseralarms zunächst noch entspannt gewesen, was sich an dem nur leicht erhöhten Pegelstand von 90 cm gezeigt habe. (vgl. Koschitzki 2024, S. 12)

Den Berichten nach sei der als HQ100 (Jahrhunderthochwasser; Ein erreichen oder überschreiten eines bestimmten Abflusswerts [einer Hochwasserlage] mit einem langfristigen durchschnittlichen (statistischen) Wiederkehrintervall von 100 Jahren) bezeichnete Pegelstand von 3,71 Metern aus dem Jahr 2016, bei dem 800 Gebäude beschädigt wurden, am frühen Nachmittag des 14. Juli 2021 mit einem Messwert von 1,38 Metern noch deutlich unterschritten worden, weshalb die weitere Entwicklung zunächst nicht als besorgniserregend eingeschätzt worden sei. Doch bereits Stunden später wurde ein Ahr-Pegelstand von 5,19 Meter durch das zuständige Landesamt vorhergesagt. (vgl. Koschitzki 2024, S. 12–13)

Wie aus den Untersuchungen hervorgehe, sei die Kommunikationskette am Abend der Flutkatastrophe mehrfach unterbrochen gewesen, da einerseits der Bürgermeister der bereits überfluteten Ortsgemeinde Schuld [Anm. im Landkreis Ahrweiler in Rheinland-Pfalz] keine Informationen vom Krisenstab erhalten habe, und andererseits technische Ausfälle die Weiterleitung von Warnungen verhindert hätten, während der Pegel in Altenahr bereits 3,21 Meter erreicht habe. (vgl. Koschitzki 2024, S. 16)

Wie aus den Berichten hervorgehe, habe die um 20:00 Uhr erfolgte Ausrufung der höchsten Warnstufe durch den Krisenstab die Bevölkerung in der Ortsgemeinde Schuld und anderen betroffenen Gebieten nicht mehr erreichen können, da zu diesem Zeitpunkt die kritische Infrastruktur für Strom und Kommunikation bereits zusammengebrochen gewesen sei. (vgl. Koschitzki 2024, S. 19)

„Um ca. 23:50 Uhr brach in Rech das Telefonnetz komplett weg, nachdem Stunden zuvor bereits der Strom ausgefallen war (vgl. Büscher 2022, 15). Wann genau wo im Ahrtal die Strom- und Telefonnetze ausfielen, ist aktuell nicht rekonstruierbar; es scheint allerdings lokale Unterschiede gegeben zu haben. Die Gründe für den Netzausfall sind allerdings bekannt: Teilweise wurden von den Wasser- und Geröllmassen die Verteilerkästen an Straßen und Bürgersteigen beschädigt, Leitungen unter Straßen unterbrochen, und auch einige Vermittlungsstellen waren betroffen. Außerdem musste in einigen Regionen sicherheitshalber der Strom abgestellt werden, da Schalt- und Verteilerstationen für Hochspannung unter Wasser standen. Damit fielen auch die Antennenstandorte für das Mobilfunknetz mangels Stromversorgung aus.“ (Koschitzki 2024, S. 25–26)

"Ohne Strom waren dem Krisenstab letztendlich die Mittel zum Handeln genommen; man hatte nur noch über den Analogfunk die Funksprüche der Retter mitverfolgen können" (Koschitzki 2024, S. 28)

"Trotz Dokumentierung im Einsatztagebuch sagten mehrere Krisenstabsmitglieder im Nachhinein aus, dass man von den Unwetterausmaßen, der Flutwelle und überhaupt der Demolierung von ganzen Häusern und Brücken nichts gewusst sowie die

Eskalation der Situation nicht mitbekommen hätte. Sogar der Feuerwehrmann, der das Einsatztagebuch führt, sagt hinterher: Er habe das ‚Ausmaß‘ erst festgestellt, als er morgens nach Hause kam. Sonst hätten sie doch ‚frühzeitig‘ und ‚großräumig‘ evakuiert. Wir wussten nicht, dass Brücken und Häuser weggerissen wurden, wir haben diese Informationen nicht gehabt" (Koschitzki 2024, S. 20)

Nach Angaben des Einsatzberichtes der Hubschrauberpiloten kam es zu einem schweren Hochwasserereignis zwischen den Orten Sinzig und Schuld. Demnach standen zahlreiche Häuser bis zum Dach unter Wasser und Menschen auf ihren Dächern sendeten mit Taschenlampen Notsignale (Lichtzeichen). Zudem war es den Feuerwehren aufgrund der starken Strömung nicht mehr möglich, die überfluteten Gebäude zu erreichen. (vgl. Koschitzki 2024, S. 27)

Den Berichten zufolge hätten die Erfahrungen aus der Flutkatastrophe zu umfassenden Verbesserungen in der Kommunikationsinfrastruktur geführt, wobei neben der Implementierung stromnetzunabhängiger digitaler Sirenen mit Durchsagemöglichkeit auch die Einführung eines Notfunk-Konzepts sowie die Ausstattung der Kommunen mit Satellitentelefonen beschlossen worden sei. (vgl. Koschitzki 2024, S. 32)

Zusammenfassend lässt sich festhalten, wie anfällig bestehende Kommunikationssysteme bei Extremereignissen sind und welche Notwendigkeit für robustere Kommunikationsalternativen besteht. Das erst nach der Katastrophe Maßnahmen zur Stärkung der Warnsysteme für die Zivilbevölkerung ergriffen wurden. Zudem wurde die Betriebssicherheit der Krisenstäbe verbessert. Allerdings bleibt die Kommunikation weitgehend unidirektional, da sie ausschließlich von den Behörden an die Bevölkerung erfolgt.

1.2.2 Sturmkatastrophe Irland „Éowyn“

Das Sturmtief „Éowyn“, das am 24. Jänner 2025 über Irland und Großbritannien hinweg zog, verdeutlichte die gravierenden Auswirkungen extremer Wetterereignisse auf kritische Infrastrukturen und dem TETRA-Netz. Mit Windgeschwindigkeiten von bis zu 183 km/h führte dies zu massiven Stromausfällen und erheblichen Schäden an Versorgungsnetzen.

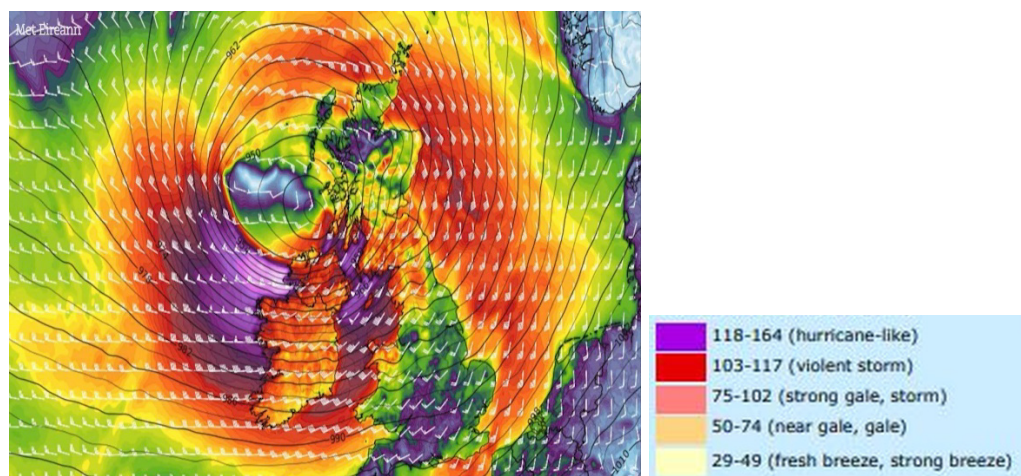


Figure 2: Meteobild Sturm "Éowyn" (The Irish Sun 2025, S. 1)

Anmerkung des Autors: Da sich dieses Ereignis zeitgleich mit der Erstellung dieser Masterarbeit ereignet hat, liegt derzeit noch keine wissenschaftliche Aufarbeitung in Form von verifizierter Literatur vor. Daher stützt sich die Analyse dieses Ereignisses auf aktuelle Berichterstattungen aus journalistisch qualifizierten Onlinequellen und Zeitungsartikeln.

Ersten Schätzungen zufolge hatten Hunderttausende Menschen entweder keinen Zugang zu fließendem Wasser oder ihre Wasserversorgung war gefährdet. Zudem waren zahlreiche Straßen unpassierbar und viele der Zug-, Bus-, Flug- und Fährverbindungen wurden eingestellt. Auch Wales und Schottland waren von Sturmtief „Éowyn“, dass in Deutschland unter dem Namen „Gilles“ bekannt ist, betroffen. Der britische Wetterdienst hatte zeitweise die höchste Warnstufe ausgerufen. Infolgedessen blieben zahlreiche Schulen geschlossen und die Bevölkerung wurde dazu aufgerufen, zu Hause zu bleiben und nicht dringend notwendige Reisen zu verschieben. (vgl. SWR3 2025, S. 1)

Irland aktivierte den EU-Katastrophenschutzmechanismus EUCPM (European Civil Protection Mechanism) und bat um Unterstützung. In Reaktion darauf mobilisierte die Europäische Union umgehend Stromgeneratoren aus ihrer strategischen Reserve rescEU (strategic reserve of European disaster response capabilities and stockpiles), um die Stromversorgung vor Ort zu unterstützen. Zudem wurde der Copernicus Emergency Management Service aktiviert, um den nationalen Behörden analytische Unterstützung zu bieten. Das Emergency Response Coordination Centre (ERCC) der EU überwacht weiterhin die Situation und steht in ständigem Kontakt mit den nationalen Behörden, um bei Bedarf weitere Hilfe zu koordinieren. (vgl. ERCC-Portal 2025, S. 1–5)

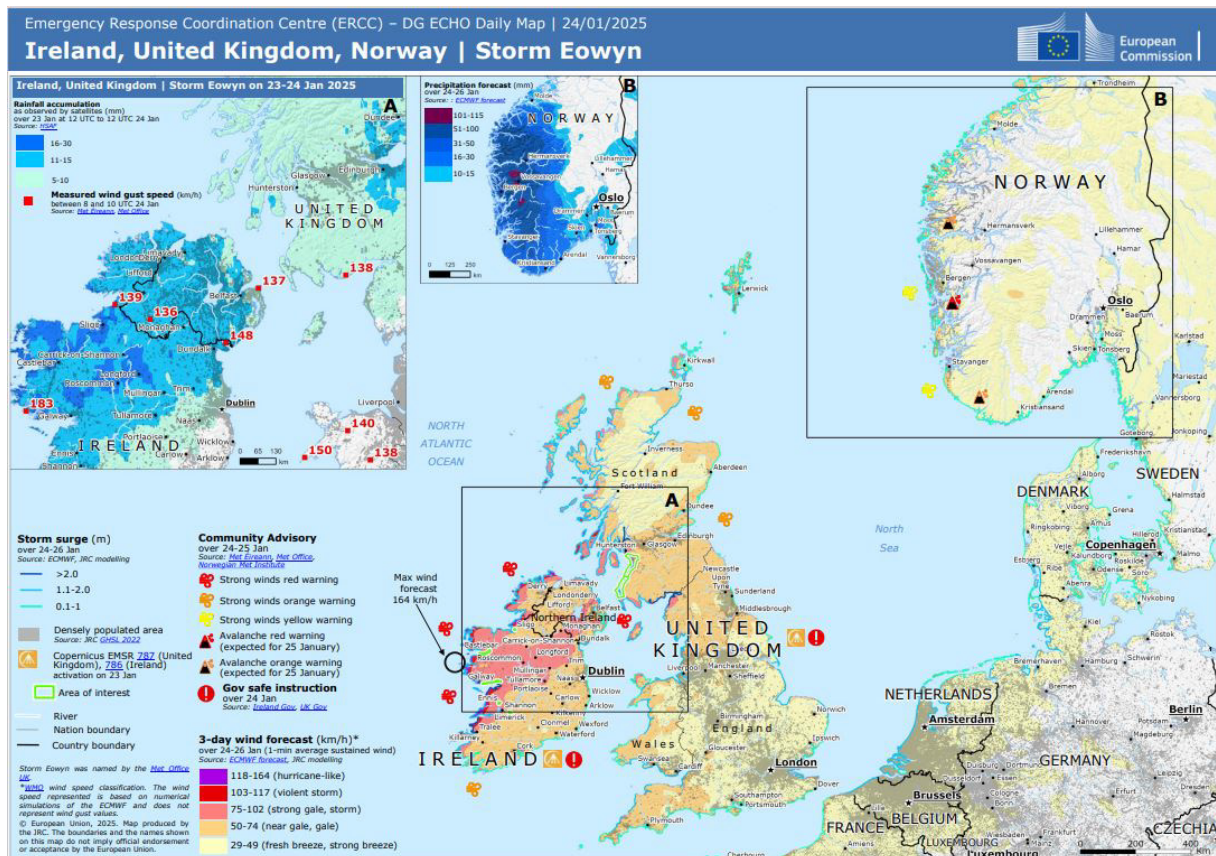


Figure 3: ERCC-Karte „Sturm“ „Éowyn“ vom 2025_01_24 (ERCC-Portal 2025)

Ersten Schätzungen zufolge waren bereits Hunderttausende Haushalte und Unternehmen nach dem Sturm in Irland von Stromausfällen betroffen. Laut der PowerCheck-Website des Energieversorgers ESB (Electric-Switch-Board) traten landesweit Versorgungsunterbrechungen auf, wobei Reparaturteams erst dann mit der Wiederherstellung der Stromversorgung beginnen konnten, als die Sicherheitslage dies erlaubte. Der Netzbetreiber gab an, dass die Schäden am Stromnetz derzeit bewertet würden und Informationen zu den voraussichtlichen Wiederherstellungszeiten veröffentlicht würden, sobald eine genauere Einschätzung der betroffenen Gebiete vorliege. (vgl. The Irish Sun 2025)

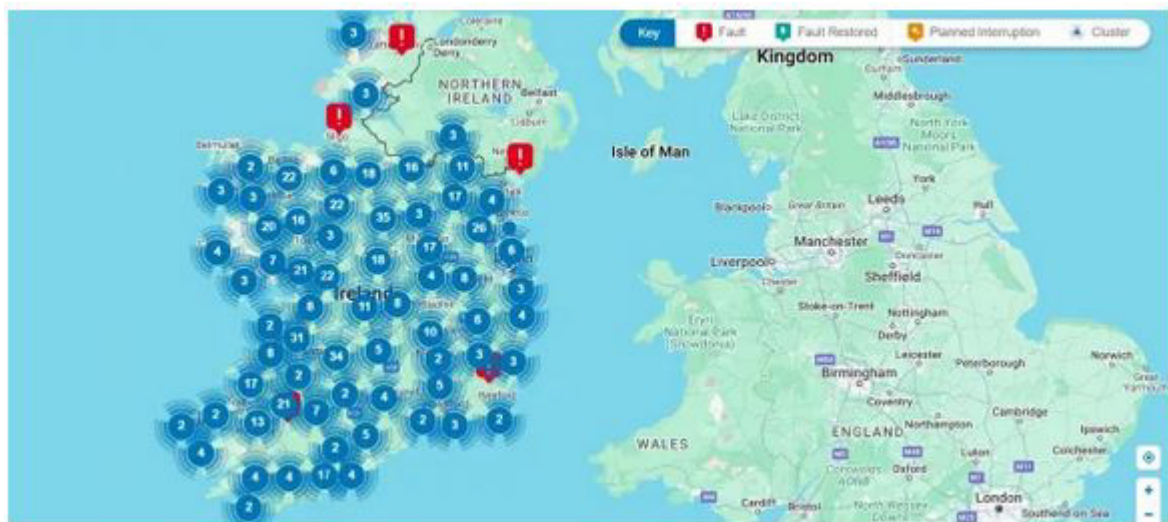


Figure 4: Stromausfall durch Sturmschäden - Éowyn 24.01.2025 - Artikel The IrishSunNews (The Irish Sun 2025, S. 3)

Während des Sturms fiel in Irland das sichere Kommunikationsnetzwerk TETRA aus, welches von Rettungsdiensten, Polizei, Küstenwache und Zivilschutz genutzt wird. Der Ausfall betraf über 180 Basisstationen, wobei besonders der Westen und Nordwesten des Landes betroffen waren, und die übliche Ausweidlösung über Mobiltelefone aufgrund von Stromausfällen ebenfalls nicht verfügbar war. Die Behörden reagierten mit einem Notfallplan, wobei 25 von 28 als hochprioritär eingestufte Standorte wiederhergestellt werden konnten, sodass die Abdeckung für kritische Dienste wieder verfügbar war. (vgl. Diarmuid Pepper und O'Connor 2025)

Laut der Direktorin des Vodafone® Network waren etwa 96.000 Kunden von Breitbandausfällen betroffen, die durch Stromausfälle verursacht wurden. In einem Radiointerview erklärte sie, dass das Mobilfunknetz mit rund zehn Prozent der Standorte weiterhin funktionierte. Weiters erklärte sie, dass Generatoren installiert werden sollen, um die ausgefallenen Netze wieder zu aktivieren. (vgl. The Irish Sun 2025, S. 2)

Im Kontext der Versorgungsinfrastruktur zeigte sich die Katastrophenlage durch einen großflächigen Ausfall der Stromversorgung von dem ca. 800.000 gewerbliche und private Objekte betroffen waren. Die Wiederherstellung der Stromversorgung sowie der digitalen Infrastruktur erstreckte sich in einigen Regionen über einen Zeitraum von bis zu 14 Tagen. (vgl. The Irish Sun 2025, S. 1–2)

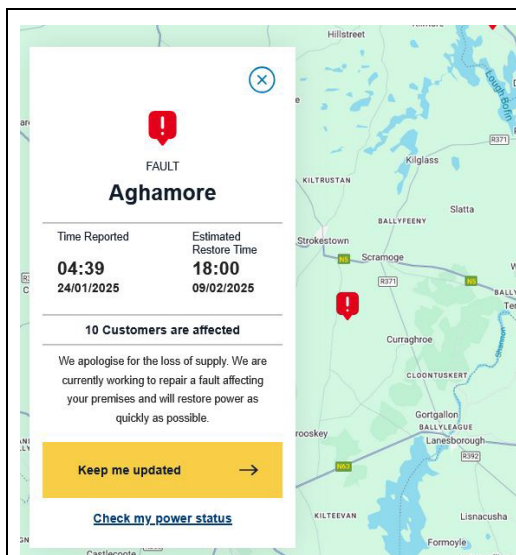


Figure 5: Powercheck_Irland-Detail_Aghamore_bis_09-02-2025 (ESB - Networks)

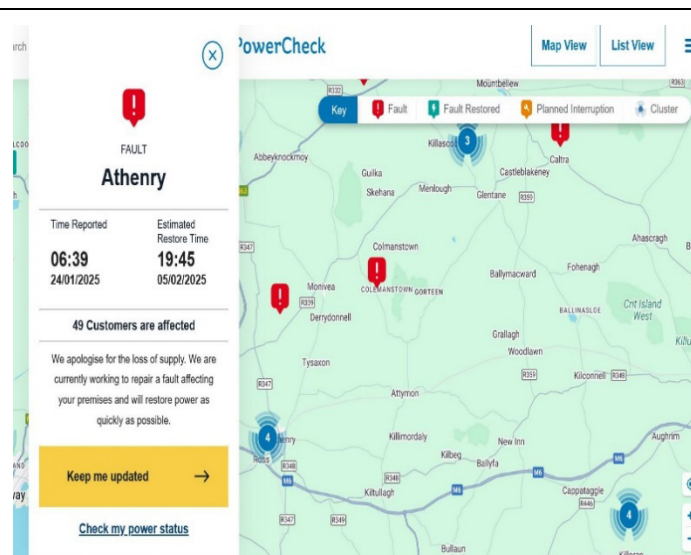


Figure 6: Powercheck_Irland-Detail_Athenry (ESB - Networks, S. 1)

Durch die Aktivierung des EU-Katastrophenschutzes wurden technische Hilfskräfte aus den EU-Mitgliedstaaten, darunter auch Techniker von Energieversorgungsunternehmen aus Österreich, nach Irland entsandt.

„Bereits am Sonntag haben sich zehn Mann der Linz AG-Tochter der Linz Netz GmbH, mit fünf Montagewägen auf den Weg nach Irland gemacht, heißt es von der Pressesprecherin der Linz AG, Susanne Gillhofer: „Unsere Kollegen werden in Irland vom Netzbetreiber und der Einsatzleitung in Empfang genommen. Dann gibt es zunächst eine intensive mehrstündige Sicherheitsunterweisung. Dann erhalten die Kollegen die Information, wo sie dann im Einsatz sind.“ Etwa um Bäume ordnungsgemäß auszuschneiden, Masten aufzustellen und Stromleitungsseile wieder zu spannen. National sei die Netz GmbH bereits öfter helfend im Einsatz gewesen – im Ausland aber das erste Mal. Dazu gekommen ist es, da der Netzbetreiber in Irland einen internationalen Hilfsaufruf gestartet hat, so die Pressesprecherin: „Unsere Geschäftsführung hat das erfahren und hat sich dann kurzfristig dazu entschlossen, in diesem Fall Hilfe anzubieten.“ (red 2025, S. 1–2)

„Mitarbeiter von Netz NÖ werden in das Krisengebiet reisen, um ab Samstag beim Aufräumen und beim Wiederaufbau zu helfen, wurde am Freitag in einer Aussendung angekündigt“ (Nön.at und Redaktion 2025)

Am Beispiel der PowerCheck-Webseite des Energieversorger ESB - PowerCheck - konnten die Energieausfälle sowie die Wiederinbetriebnahme im Zeitraum von ca. 14 -16 Tagen dokumentiert werden.

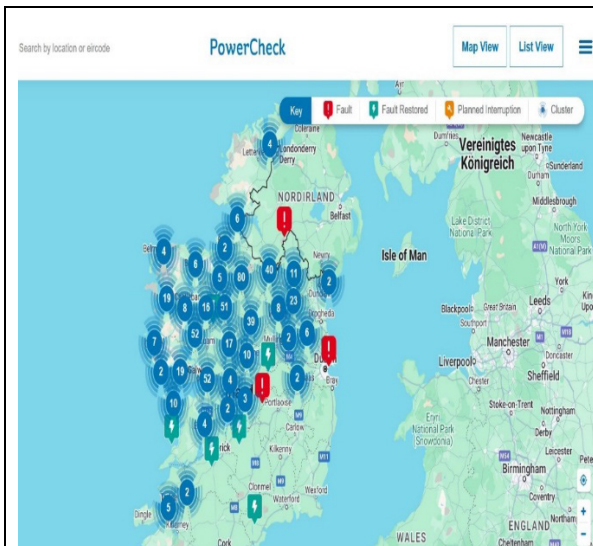


Figure 7: PowerCheck Irland_04.02.2025 (ESB -Networks)

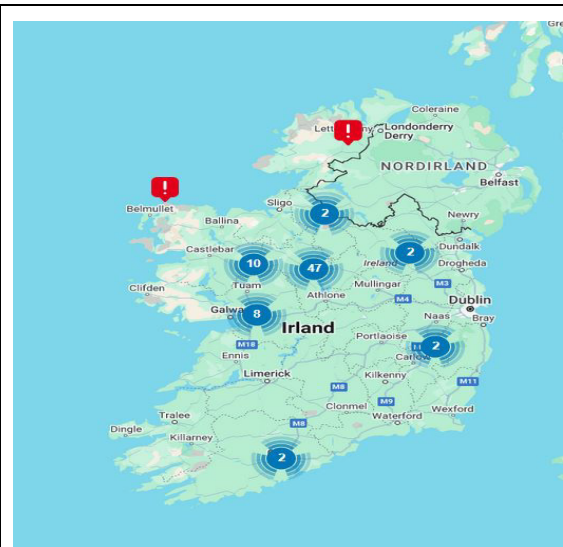


Figure 8: PowerCheck Irland_08.02.2025.JPG (ESB -Networks)

Im Bereich des County Leitrim und der Ortschaft Mohill lagen am 08. Februar 2025, also zwölf Tage nach dem Ereignis, weiterhin 47 Meldungen über eine fehlende Stromversorgung vor. Dabei ist zu berücksichtigen, dass diese Meldungspunkte, wie anhand der Beispiele aus Ghamore und Athenry dargelegt wird, eine unterschiedliche Anzahl an betroffenen Haushalten oder Industrieanlagen umfassen können.

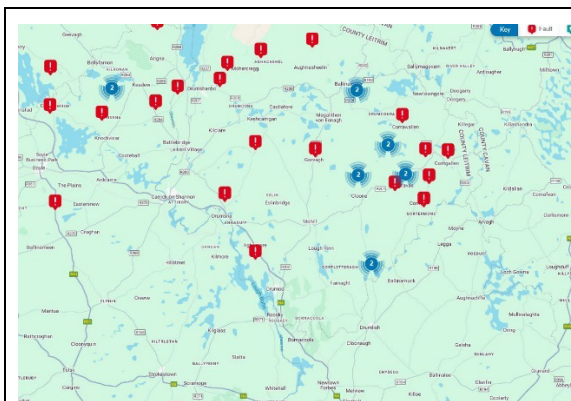


Figure 9: PowerCheck_Mohil_Auszug_“47” Meldungen - 08-02-2025 (ESB -Networks)

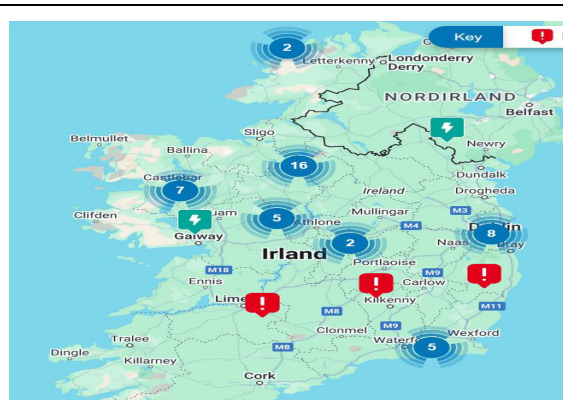


Figure 10: Power-Check_2025-02-10 (ESB -Networks)

Wie aus den Abbildungen (Figure 9 und Figure 10) ersichtlich gingen die Meldungen im Zeitraum vom 08. Februar bis zum 10. Februar in den einstelligen Bereich, hierbei ist allerdings zu berücksichtigen das es bereits 16-Tage nach dem Sturmereignis ist.

Die Energieversorgung (Stromerzeugung) in Irland erfolgt mit einem breiten Energiemix vom Wind (On- bzw. Offshore), Photovoltaik, Wasser- und kalorische Kraftwerke wie in der nachfolgenden Abbildung ersichtlich.

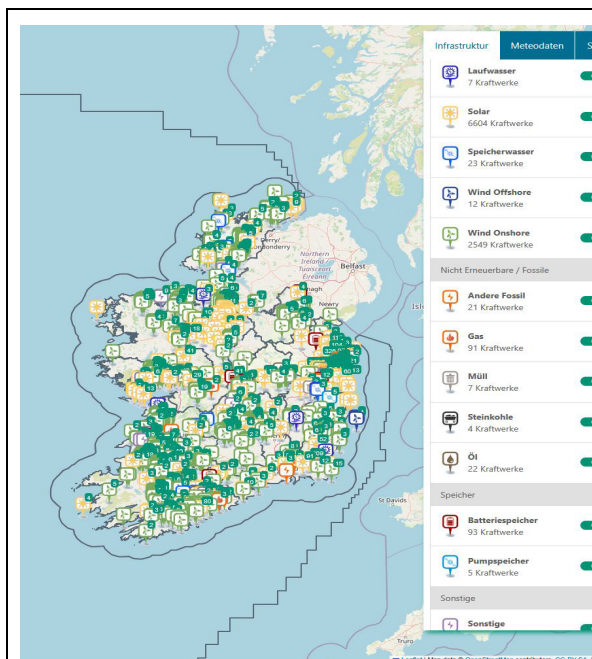


Figure 11: Energy-Chart-info-Irland_2025 (Ullah und Jung 2025, S. 1)



Figure 12: Energy-Chart-info-Irland_ohne PV_Wind_Akku_2025 (Ullah und Jung 2025)

Berücksichtigt man die geografische Lage der Stromerzeuger sowie die Rolle von Wind- und Photovoltaikanlagen, so zeigt sich, dass diese "...bereits in Konzepten zum Netzwiederaufbau berücksichtigt, jedoch bleiben sie außer Acht, wenn spannungslose Netze (Schwarzstart) hochgefahren werden müssen. Zum jetzigen Zeitpunkt sind Windenergieanlagen nicht schwarzstartfähig". (DBU 2023) Eine Analyse der zuvor dargestellten Karten zu den Stromausfällen und der schrittweisen Wiederinbetriebnahme der Endverbrauchernetze lässt erkennen, dass sich die technischen Einsatzteams systematisch von den Kraftwerken im Süden aus in Richtung der nördlichen Netzausläufer vorgearbeitet haben.

Das Sturmereignis „Éowyn“ verdeutlichte die Herausforderungen bei großflächigen Kommunikationsausfällen und zeigte die Bedeutung robuster Notfallsysteme zur Sicherstellung der öffentlichen Sicherheit.

1.2.3 CrowdStrike® (IT-Ausfall)

CrowdStrike®, ist ein 2011 gegründetes amerikanisches Cybersicherheitsunternehmen, welches mit seiner Cloud-basierten "Falcon®"-Plattform zu den führenden Anbietern im Bereich der Endpoint Security gehört. Laut Unternehmensangaben beschäftigt der börsennotierte Konzern über 7.000 Mitarbeiter und erwirtschaftete 2023 einen Jahresumsatz von rund 2,2 Milliarden US-Dollar. (vgl. CrowdStrike 2025, S. 1–2)

„Am 19. Juli 2024 um 04:09 UTC veröffentlichte CrowdStrike im Rahmen des laufenden Betriebs ein Sensorkonfigurationsupdate für Windows-Systeme. Sensorkonfigurationsupdates sind ein fortlaufender Teil der Schutzmechanismen der Falcon-Plattform. Dieses Konfigurationsupdate löste einen Logikfehler aus, der zu einem Systemabsturz und einem Bluescreen (BSOD) auf betroffenen Systemen führte.“ (CrowdStrike 2024, S. 4)

„Ein fehlgeschlagenes Update der Cybersicherheitsfirma CrowdStrike hat weltweit zu weitreichenden IT-Störungen geführt. Betroffen waren unter anderem Fluggesellschaften, Medien- und Telekommunikationsunternehmen sowie Spitäler und Läden. Weltweit strandeten Tausende Passagiere an Flughäfen, Tausende von Flügen wurden annulliert, Operationen mussten abgesagt werden und Lebensmittelläden vorübergehend schließen. CrowdStrike teilte am Mittag mit, das Problem erkannt und behoben zu haben. Sie verwiesen ihre Kunden auf ein neues Update. Die verursachten Störungen dauerten jedoch noch mehrere Stunden an.“
(Schweizer Radio und Fernsehen 2024, S. 2)

Unternehmensdaten von Microsoft® zufolge seien durch das fehlerhafte Software-Update etwa 8,5 Millionen Windows-Geräte betroffen gewesen, was weniger als ein Prozent der weltweiten Windows-Installationen ausmache. Die Analyse zeige, dass trotz der verhältnismäßig geringen Anzahl betroffener Systeme die Auswirkungen auf Wirtschaft und Gesellschaft erheblich gewesen seien. Der Vorfall verdeutliche die signifikante Marktposition von CrowdStrike®, insbesondere im Bereich kritischer Infrastrukturen und Unternehmensnetzwerke, so die Einschätzung des Technologiekonzerns. (vgl. Becker 2024, S. 2) Den Berichten zufolge konnte CrowdStrike® zwar schnell ein Update bereitstellen, doch habe der Vorfall die Problematik von Single Points of Failure in der globalen IT-Infrastruktur und die Notwendigkeit verbesserter Widerstandsfähigkeit deutlich gemacht. (vgl. Becker 2024, S. 5)

Die Analyse des CrowdStrike®-Vorfalls demonstriert exemplarisch, wie in einer hochgradig vernetzten IT-Infrastruktur selbst ein begrenzter technischer Fehler – der weniger als ein Prozent der Windows-Systeme betraf – zu weitreichenden globalen Auswirkungen führen kann. Die Störung kritischer Dienste in verschiedenen Sektoren und geografischen Regionen verdeutlicht dabei die besondere Vulnerabilität.

1.3 Projekt ROLORAN - Blackout-Kommunikation Forschungsprojekt der UniBW (GER/Bayern/Mchn) und Gemeinde Neuhaus (AUT/Ktn.)

Im Rahmen dieser Masterarbeit und der Recherche zum aktuellen Stand der Forschung fiel die Aufmerksamkeit auf das Forschungsprojekt „ROLORAN - Resilient Operation of LoRa Networks“ der Universität der Bundeswehr München (UniBW) und der Gemeinde Neuhaus in Kärnten. In diesem Zusammenhang wurde Kontakt zu den zuständigen Projektverantwortlichen Herrn Univ.-Prof. Dr. rer. nat. Wolfgang Hommel aufgenommen, um einen Informationsaustausch zu ermöglichen. Zuvor wurde eine Anfrage mit zentralen Fragestellungen formuliert und an die entsprechenden Ansprechpartner übermittelt.

- Welche Ursachen und Rahmenbedingungen führten zur Initiierung dieses Projekts?
- Welche empirischen Erkenntnisse und Erfahrungen konnten bisher im Rahmen der Projektumsetzung gewonnen werden?
- Welche finanziellen Aufwendungen waren für die Implementierung und Inbetriebnahme des Systems erforderlich?
- Welche wesentlichen Aspekte sind für den kontinuierlichen Betrieb und die Wartung der Infrastruktur zu berücksichtigen?

- Welche Herausforderungen und potenziellen Optimierungsmöglichkeiten wurden im bisherigen Projektverlauf identifiziert?

1.3.1 ROLORAN - UniBW

Zusammenfassung: ROLORAN - Blackout-Kommunikation Forschungsprojekt der Universität der Bundeswehr München - Fakultät für Informatik - Institut für Softwaretechnologie- Professur für IT-Sicherheit von Software und Daten.

Die Initiierung des vorliegenden Projekts erfolgte im Rahmen einer staatlich geförderten Forschungsinitiative (D-Tech) mit wirtschaftsstimulierender Zielsetzung. Die technologische Ausrichtung auf LoRa (Long Range) und LoRaWAN (Long Range Wide Area Network) wurde maßgeblich durch die Expertise eines staatlich geprüften Funkspezialisten mit Amateurfunklizenz DL5NEE aus dem Forschungsteam beeinflusst. Als begünstigendes Element erwies sich die bereits bestehende Infrastruktur von LoRa-basierten Sensorknoten zur Erfassung verschiedener Umweltparameter in der Gemeinde Neuhaus, die als technologische und methodische Grundlage für die weitere Projektentwicklung diente. Die empirischen Erkenntnisse aus der bisherigen Projektumsetzung zeigen, dass die MESH-Netzwerktopologie in Kombination mit LoRa-Technologie, insbesondere unter Verwendung der MESHTASTIC-Firmware®, die Leistungserwartungen übertraf. Hierbei erwiesen sich die Antennenkonfiguration sowie die strategische Positionierung der Netzwerkknoten als kritische Erfolgsfaktoren. Als Systemlimitation lässt sich jedoch die begrenzte Bandbreite sowie der Datendurchsatz identifizieren, was besonders in Krisensituationen mit erhöhtem Kommunikationsaufkommen als limitierender Faktor wirkt. Hinsichtlich der Endgerätekompatibilität wurde die Notwendigkeit einer Rückwärtskompatibilität erkannt, da Over-The-Air-Softwareaktualisierungen mit signifikanten Zeit- und Energieressourcen zu bewerten ist. Die finanziellen Aufwendungen für die Implementierung und Inbetriebnahme des Systems umfassten das Personaläquivalent von drei Vollzeitmitarbeitern sowie materielle Komponenten im Wert von ungefähr 5.000 bis 10.000 Euro pro Standort. Diese Investitionen beinhalteten infrastrukturelle Elemente wie Masten, Antennen, photovoltaische Module, Akkumulatoren, Laderegler, diverse LoRa-Komponenten sowie IP-Schutzgehäuse. Gegenwärtig sind fünf operative Standorte in der Gemeinde Neuhaus verfügbar. Der kontinuierliche Betrieb und die Wartung der Infrastruktur erfordern die Berücksichtigung mehrerer technischer Aspekte: Eine Watch-Dog-Light-Überwachung zur Systemstabilitätssicherung, ein effizientes Management von Telemetriedaten und Bandbreitenressourcen sowie die Berücksichtigung, dass bislang keine vollautomatische Fire and Forget - Betriebslösung implementiert wurde. Fernzugriffsupdates würden ein GSM-Modul benötigen, dessen erhöhter Stromverbrauch als potenziell limitierender Faktor identifiziert wurde. Zusätzlich wurden potenzielle Systemeinschränkungen bei erhöhter Netzwerkauslastung (Update per Air) festgestellt. Zur Optimierung der Benutzerfreundlichkeit wurden Workshops mit Einsatzkräften aus den Bereichen Feuerwehr, Exekutive, Rettungsdienst und Pflege durchgeführt. Der Anwender Fokus lag hierbei auf der Vermittlung einer strukturierten Kommunikation anhand der 5-W-Fragen-Methodik. Die im bisherigen Projektverlauf identifizierten Entwicklungspotenziale und zukünftigen Optimierungsmöglichkeiten umfassen die Integration zusätzlicher mobiler Datenpunkte, die

Verdichtung des Maschennetzes sowie die aktuell noch auf derzeit ausgewählte Haushalte limitierte Ausweitung des Systems im Rahmen des Forschungsprojekts. (vgl. Silaci 2025)

Zusammenfassend zeigt das Projekt ROLORAN, dass eine zuverlässige, dezentrale Notfallkommunikation technisch realisierbar und praktikabel für kleinere Gemeinden ist.

1.3.2 Fallstudie - Gemeinde Neuhaus in Kärnten - Case-Study

Zusammenfassung: ROLORAN - Blackout-Kommunikation in der Gemeinde Neuhaus

Das Forschungsprojekt ROLORAN (Resilient Operation of LoRa Networks) untersucht eine innovative Lösung zur Krisenkommunikation zum Beispiel bei Blackouts. In Zusammenarbeit mit der Universität der Bundeswehr München, der Gemeinde Neuhaus und dem Sozialhilfeverband Völkermarkt wird ein LoRa-basiertes Kommunikationssystem entwickelt. Ziel ist es, auch bei einem großflächigen Strom- oder Kommunikationsausfall eine funktionierende Informationsübertragung sicherzustellen. LoRa-Funktechnologie ermöglicht eine robuste, energiesparende und weitreichende Datenübertragung im Sinne des Primäreinsatzgebietes – auch ohne Mobilfunk oder Internet. Die Umsetzung erfolgt in drei Stufen: (1) digitale Anschlagtafeln zur unidirektionalen Information, (2) mobile Endgeräte mit Rückkanal für gezielte Nachrichtenübermittlung und (3) eine optionale Erweiterung zur Sicherung kritischer Infrastruktur. Diese Lösung bietet eine flexible und skalierbare Alternative zu herkömmlichen Kommunikationssystemen. Seit 2019 wurden verschiedene Maßnahmen zur Blackout-Vorsorge umgesetzt. Neben der Einrichtung von LoRa-Gateways zur Übertragung von Informationen wurden auch erste Prototypen für mobile Endgeräte entwickelt. Eine enge Zusammenarbeit mit dem Zivilschutz Kärnten und lokalen Einsatzkräften stellt sicher, dass die Lösungen praxistauglich und effizient sind. Insbesondere das Unwetterereignis „Tief Zacharias“ im August 2023 zeigte die Notwendigkeit robuster Krisenkommunikation auf. Ein wichtiger Bestandteil des Projekts sind Feldtests und Prototyp-Erprobungen, um die Reichweite, Zuverlässigkeit und Benutzerfreundlichkeit des Systems zu optimieren. Erste Testergebnisse bestätigen das Potenzial der LoRa-Technologie, insbesondere in ländlichen Gebieten mit schlechter Mobilfunkabdeckung. Das Projekt ROLORAN leistet einen wesentlichen Beitrag zur Erhöhung der Resilienz von Gemeinden gegenüber Krisensituationen. Durch die Schaffung einer unabhängigen Kommunikationsinfrastruktur können Bürgerinnen und Bürger auch im Notfall zuverlässig informiert werden. Dies stärkt nicht nur die Sicherheit, sondern auch das Vertrauen in die lokale Krisenvorsorge. (vgl. Wiedl 2024, S. 1–24)

Zusammenfassend kann festgehalten werden, dass die existierenden und in Forschung befindlichen Kommunikationssysteme sich hauptsächlich auf die einseitige Informationsübermittlung von Behörden an die zivile Bevölkerung konzentrieren, wobei durch redundante und unabhängige Infrastrukturen eine zuverlässige Notfallkommunikation für (BOS) sowie ausgewählte Personenkreise zum Teil sichergestellt wird, ohne jedoch eine vollumfängliche bidirektionale Kommunikationsmöglichkeit (zivile Bevölkerung zu Behörde) zu bieten.

1.4 Globale Kommunikationsgeschichte im Wandel der Zeit - Allgemeiner historischer Rückblick

1.4.1 Kommunikation - Vom Papyrus zur Moderne eine Mediengeschichte

Die Entwicklung der frühen Kommunikationsmedien beginnt mit den steinzeitlichen Höhlen- und Felsmalereien als einer der ersten dokumentierten Formen der Kommunikation. Im alten Ägypten entstand die Hieroglyphenschrift, die hauptsächlich auf Papyrus festgehalten wurde, während in China die Erfindung des Papiers vorangetrieben wurde. In Europa hingegen etablierte sich das Pergamentpapier als Schreibmedium. (vgl. Böhn und Seidler 2014, S. 207–208) Der Aufbau des römischen Postsystems, das erstmals eine organisierte Form der Nachrichtenübermittlung ermöglichte, legte den Grundstein für die weitere Entwicklung der systematischen Informationsübermittlung und Kommunikation. (vgl. Lossin 2023, S. 2) Mit der Erfindung des Buchdrucks durch Gutenberg führte dies zu einer massiven Verbreitung und Nutzung von Schrift in allen gesellschaftlichen Bereichen. Diese Entwicklung förderte die Lese- und Schreibkompetenz und prägte nachhaltig die menschliche Kultur und deren Kommunikation. (vgl. Böhn und Seidler 2014, S. 44)

1.4.2 Entwicklung der Technik

Die Entdeckung und Nutzung elektromagnetischer Wellen markiert einen der bedeutendsten Meilensteine in der Wissenschafts- und Technikgeschichte. (vgl. Körner 1963, S. 7) Die fundamentalen Grundlagen wurden durch eine Reihe wegweisender Forschungsarbeiten im 19. Jahrhundert gelegt: Beginnend mit Michael Faradays⁸ Entdeckung der elektromagnetischen Induktion 1831, gefolgt von der Entwicklung des elektromagnetischen Telegrafen durch Wilhelm Eduard Weber⁹ und Carl Friedrich Gauß¹⁰ im Jahr 1833. Einen entscheidenden theoretischen Durchbruch erreichte James Clerk Maxwell¹¹ 1865 mit der mathematischen Modellierung der klassischen Elektrodynamik. Die experimentelle Bestätigung seiner Theorien erfolgte 1886 durch Heinrich Rudolf Hertz¹², der die von Maxwell behauptete elektromagnetischen Wellen erstmals nachweisen konnte. (vgl. Wagner 2022, S. 149–150) Diese wissenschaftlichen Erkenntnisse bildeten das Fundament für die moderne Kommunikationstechnologie, einschließlich der mobilen Telefonie, und prägen bis heute maßgeblich die technologische Entwicklung der Menschheit. (vgl. Körner 1963, S. 7)

⁸ Michael Faradays - * 22. September 1791 in Newington, Surrey; † 25. August 1867 in Hampton Court Green, Middlesex, englischer Naturforscher und Experimentalphysiker

⁹ Wilhelm Eduard Weber - * 24. Oktober 1804 in Wittenberg; † 23. Juni 1891 in Göttingen deutscher Physiker

¹⁰ Carl Friedrich Gauß - * 30. April 1777 in Braunschweig, Fürstentum Braunschweig-Wolfenbüttel; † 23. Februar 1855 in Göttingen, deutscher Elektrotechniker und Physiker

¹¹ James Clerk Maxwell - * 13. Juni 1831 in Edinburgh; † 5. November 1879 in Cambridge, schottischer Physiker.

¹² Heinrich Rudolf Hertz - * 22. Februar 1857 in Hamburg; † 1. Januar 1894 in Bonn, deutscher Physiker

Geschichte der Medienwelt	
19. JH	Lesen und Schreiben breiten sich als Kulturtechnik in der Gesellschaft aus. Vier Medientypen sind verbreitet: Bücher, Zeitungen, Zeitschriften, Briefe. Nur wenige gebildete Menschen nutzen Medien.
1920	Die erste Unterhaltungssendung im Radio geht auf Sendung. Gerät und Lizenzgebühr können sich nur wenige Menschen leisten.
1930	In öffentlichen Fernsehstuben werden die ersten abendfüllenden Programme gezeigt. Eine Vielzahl von Menschen nutzt Medien für Information und Unterhaltung. Die Inhalte der Radio- und Fernsehprogramme werden im Dritten Reich gezielt zu Propagandazwecken eingesetzt.
1940	In den drei westdeutschen Besatzungszonen gibt es rund 140 Zeitungen. Die Pressefreiheit wird als § 5, von 19 Grundrechten im Deutschen Grundgesetz verankert. Bis Anfang der 1950er Jahre erreicht das Radio fast alle Haushalte in Deutschland
1950	Nordrhein-Westfalen erhält 1954 mit dem WDR-Hörfunk ein eigenes Länderprogramm. Mitte der 1950er Jahre gibt es in der BRD rund 84.000 Fernsehgeräte – zehn Jahre später sind es mehr als fünf Millionen. Fernsehen wird zum Massenmedium: Einzelne Sendungen erreichen 90 Prozent der Menschen und legen als so genannte „Straßenfeger“ das öffentliche Leben lahm.
1960	Das Zweite Deutsche Fernsehen (ZDF) wird 1963 gegründet. Die dritten, regionalen Programme kommen von 1964 bis 1969 dazu. Die Konkurrenz um die Aufmerksamkeit der Menschen wächst.
1980	Die ersten privaten Radio- und Fernsehprogramme starten über Kabel und Satellit. Die Zahl der Hörfunkender steigt binnen weniger Jahre von über 40 auf über 230. Durchschnittlich sechs Stunden täglich wenden die Menschen für Radio, Fernsehen und Zeitung auf.
1990	1992 sind erstmal mehr als eine Million Rechner an das World Wide Web (WWW) angeschlossen. Als erstes Nachrichtenmagazin in Deutschland geht 1994 „der SPIEGEL“ online. In den kommenden Jahren ziehen fast alle Medienunternehmen nach. Ende der 1990er Jahre ist etwa ein Fünftel der Deutschen per Handy erreichbar.
2000	Mitte der 2000er Jahre entstehen Soziale Medien wie Facebook und Twitter sowie immer mehr Blogs. 2007 kommt das erste iPhone auf den Markt – der Durchbruch für die mobile Internetnutzung. Smartphones, Radio und Fernsehen werden noch mehr nach den Lieblingsfiltern der Nutzer angeboten. Jeder Mensch in Deutschland ist nun jederzeit erreichbar.
2010	Fast alle deutschen Haushalte haben einen Internetanschluss. Die Reichweite klassischer Medien sinkt. Online-Videos und Internetangebote steigen in ihrer Beliebtheit. Immer neue Apps und Soziale Medien ermöglichen das Erstellen und Verbreiten von Inhalten via Videos, Artikeln und Podcasts.

Figure 13: Geschichte der Medienwelt (Landeszentrale für politische Bildung NRW 2024, S. 1) im Anhang als Vollbild ersichtlich

1.4.3 Arten der Kommunikation

Die Analyse der Kommunikationsentwicklung zeigt eine wesentliche Evolution der Methoden von historischen bis zu modernen Ansätzen. Diese lassen sich in direkte sowie indirekte Kommunikationsformen differenzieren, welche wiederum in analoge und digitale Technologien unterteilt werden können. Die Reichweite und organisatorische Struktur variiert dabei von Individualkommunikation bis hin zu Massenmedien wie dem Rundfunk. Die historischen indirekten Kommunikationsmethoden in analoger Form umfassen zB Signalfeuer, Trommel, Brieftauben, während die digitalen Varianten den Morsetelegraph und den optischen Telegraphen beinhalten. Im Bereich der direkten historischen Kommunikation finden sich analoge Methoden wie Ausrufer, Boten beziehungsweise Trompetensignale sowie digitale Formen wie die frühe drahtgebundene Telefonie und erste stationäre Funkgeräte. In der Moderne haben sich bei der indirekten Kommunikation analoge Methoden wie Briefe etabliert, während digital E-Mail, Messaging-Apps und Videokonferenzen dominieren. Die direkte moderne Kommunikation nutzt analog das persönliche Gespräch, Meetings und Präsentationen, digital hingegen Videoanrufe, Telefonkonferenzen und Live-Chats. (vgl. Böhn und Seidler 2014, S. 25–160)

1.4.4 Kommunikation der Bevölkerung

Der zivilen Bevölkerung stehen verschiedene Kommunikationsmethoden und -mittel zur Nachrichtenübermittlung zur Verfügung. Historisch betrachtet existierten bereits in der Frühzeit (ca. 300–1500 n. Chr.) differenzierte Formen der Kommunikation. So wurden beispielsweise Rauch- und Feuersignale sowie Klangzeichen (zB Trommeln, Glocken) genutzt, um vor Gefahren zu warnen. Darüber hinaus kamen Boten und Brieftauben zur Übermittlung von Nachrichten über größere Distanzen zum Einsatz. Aus diesen frühen Ansätzen der Fernkommunikation entwickelte sich später ein rudimentäres Postnetz, das die Grundlage für die organisierte Nachrichtenübermittlung bildete. (vgl. Uni-Augsburg 2025, S. 3–4) Im Kontext moderner Alarmierungssysteme lässt sich eine fortbestehende Implementierung historischer Kommunikationsmethoden beobachten. Insbesondere in ländlichen Regionen etablierte sich diese durch die kontinuierliche Nutzung akustischer Signalgebung mittels Sirenenanlagen zur Mobilisierung von Einsatzkräften der Brandbekämpfung. Die Entwicklung der Telekommunikationstechnologien führte zu bedeutenden Fortschritten in der Fernkommunikation und markierte zentrale Wendepunkte in der Geschichte medialer Systeme. Ihren Anfang nahm diese Entwicklung mit der Einführung der drahtgebundenen Morsetelegraphie im Jahr 1846, gefolgt von der Integration des Fernschreibers als technologische Innovation. Die Etablierung der Funkkommunikation, erstmals 1895 nachgewiesen, stellte einen Wandel dar, der die Informationsverbreitung und Kommunikation nachhaltig transformierte. Auf diesen Grundlagen basierte die systematische Entwicklung primitiver Funknetze, deren Anwendungsbereiche sich anfänglich vor allem auf militärische und industrielle Kontexte beschränkten. Erst der infrastrukturelle Wandel um den Zeitraum der 1950er Jahre ermöglichte die Öffnung dieser Systeme für die breite Öffentlichkeit. (vgl. Kühn 1995, S. 7–24). Die Entwicklung der Mobilfunktechnologie von 1974 bis in die Gegenwart zeigt eine stetige Weiterentwicklung. Die Implementierung des öffentlich beweglichen Landfunkdienstes - konkret das öbL-B – (öbL-B - Das B steht für

das erste analoge B-Mobilfunknetz in Österreich) im 2 Meter-Band (150Mhz) markierte 1974 den Beginn der mobilen Telefonie in Österreich, wobei die ersten Geräte ausschließlich als Autotelefone konzipiert waren. Die fortlaufende Einführung verschiedener Netzgenerationen - vom C-Netz¹³ (öbL-C) im analogen 70 cm Band (1984) über das D-Netz¹⁴ (öbL-D) im 900 MHz Bereich bis hin zu GSM¹⁵ (1993), UMTS¹⁶ (2002) und LTE¹⁷ (4G-2012) dies erreichte schließlich den Höhepunkt in der aktuellen 5G¹⁸-Technologie (2020), mit Ausblick auf 6G¹⁹ ab 2030. Der technologische Prozess der Funktelefonie im frühen 21. Jahrhundert erfährt aufgrund der gesteigerten Mobilität der Endgeräte eine fortlaufende wachsende gesellschaftliche Akzeptanz seit ihrer initialen Einführung. (Bundesministerium für Finanzen 2024, S. 1–5) Der technologische Wandel der späten 1990er und frühen 2000er Jahre bewirkte, dass die Miniaturisierung der Mobiltelefonie die fest verbauten Autotelefone durch portable Geräte ersetzte, welche durch ihre Flexibilität den stationären Systemen überlegen waren. (vgl. Large 2017, S. 2)

1.4.5 Satelliten als Kommunikationskanal

Die Geschichte der Satellitenkommunikation nahm ihren Anfang mit der erfolgreichen Platzierung des sowjetischen Satelliten Sputnik I im Orbit im Jahr 1957. Dieses Ereignis markierte einen entscheidenden Wendepunkt und legte den Grundstein für die moderne Satellitenkommunikationstechnologie. In der ersten Phase waren diese orbitalen Kommunikationssysteme jedoch ausschließlich dem militärischen Sektor vorbehalten. (vgl. Nötzold et al. 2024, S. 38) Im Jahr 1976 wurde MARISAT-1, der erste Satellit der COMSAT-Serie (Communications Satellites), in Betrieb genommen. Dieser Satellit ermöglichte die Übertragung von Sprachkommunikation, Textnachrichten sowie Telex-Diensten und stellte damit einen bedeutenden Fortschritt in der globalen Kommunikationsinfrastruktur dar. (vgl. NASA 1976) In Folge der technischen Weiterentwicklung wurde von der NASA im Jahre 1962 der erste Satellit, der kurze Live-Fernsehübertragungen ermöglichte, in die Orbitale Umlaufbahn befördert. (vgl. NASA 1962, S. 1) Heutzutage umfasst die weltweite Satellitenpopulation laut Schätzungen der ESA²⁰ ca. 14.050 aktive Raumflugkörper, die sich durch differenzierte Nutzungsprofile im zivilen, militärischen, kommerziellen und behördlichen Sektor auszeichnen. Diese Satellitensysteme operieren in diversen orbitalen Sphären, die sich in geostationäre (GEO), mittlere (MEO), niedrige (LEO) sowie elliptische Umlaufbahnen klassifizieren lassen. (vgl. Union of Concerned Scientists 2024, S. 3) In den nachfolgenden Abbildungen (Figure 14 und Figure 15) ist die Gegenüberstellung der historischen und aktuellen Konstellation an Staaten die Satellitenkapazitäten besitzen ersichtlich.

¹³ Carphone

¹⁴ D-Netz - Digital Netz - Erste Generation des Mobilfunknetz (1G.)

¹⁵ GSM — Global System for Mobile Communications (2G.)

¹⁶ UMTS - Universal Mobile Telecommunications System (3G.)

¹⁷ LTE - Long Term Evolution (4G.)

¹⁸ 5G. - Fifth Generation New Radio

¹⁹ 6G. - Beyond 5G - International Mobile Telecommunications 2030

²⁰ https://www.esa.int/Space_Safety/Space_Debris/Space_debris_by_the_numbers



Figure 14: Staaten mit Satelliten_1966 (Union of Concerned Scientists 2024)

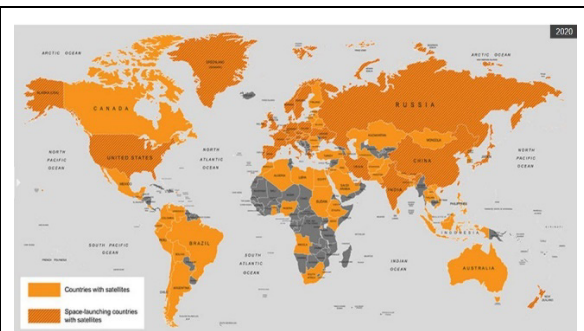


Figure 15: Staaten mit Satelliten_2020 (Union of Concerned Scientists 2024, S. 3)

SpaceX²¹ gelang es mit einem neuen Satelliten erstmalig SMS über ein Mobilfunknetz auf Basis der LTE-Technologie zu übermitteln. In naher Zukunft sollen auch Sprach, Daten und IoT-Dienste (Internet of Things) möglich werden. (vgl. Starlink 2024, S. 1–3). Jedoch um eine funktionale Integration von Satellitenendgeräten in globale Kommunikationsinfrastrukturen zu gewährleisten, erfordert dies die vorherige Validierung der Zahlungsmodalitäten (zB Kreditkarte) sowie die Selektion adäquater Tarifoptionen (Region Weltweit, Europa, usw.), da die Signalübertragung vom Satellitensystem zur terrestrischen Bodenstation und die Weiterleitung in konventionelle Netzwerke (VoIP, Internet, mobil Funk) von einer erfolgreichen Authentifizierung am Abrechnungsserver abhängig ist. (vgl. Schnabel 2025, S. 1–3)

1.4.6 Entwicklung der Funkkommunikation

Historisch betrachtet lässt sich der Ursprung der Funk-Kommunikation bzw. des staatlichen geprüften Funkamateurs auf das frühe 20. Jahrhundert datieren, wobei erste technische Experimente bereits um 1900 begannen. Zu dieser Zeit experimentierten zahlreiche Technik begeisterte Menschen mit einfachem Sender und Empfänger, die sie für die Übertragung von Morse-Nachrichten nutzten. Diese Aktivitäten führten bereits damals zu Störungen im kommerziellen und militärischen Funkbetrieb. Zwischen 1910 und 1920 wurden die ersten Lizenzen für Funkamateure vergeben, was zur Etablierung des Begriffs „Amateurfunker“ führte. (vgl. USKA 2024, S. 1–2) Bereits 1911 existierten in den USA Funkverbände wie die „Central Radio Association“, die Weitverbindungen etablierten. Zwischen 1914 und 1923 nahm der Amateurfunk seinen Anfang mit der Gründung des „Radio-Club of Hartford“ unter der Leitung von Hiram Percy Maxim, der maßgeblich zur Entwicklung des Amateurfunks beitrug. (vgl. Körner 1963, S. 9) Die US Military Auxiliary Radio System (MARS) wurde 1925 gegründet und dient als Notfallkommunikationsnetzwerk, das vom US-Militär betrieben wird und lizenzierte Amateurfunker einbindet. Das System besteht aus Army MARS, Navy-Marine Corps MARS und Air Force MARS, welche gemeinsam mit dem SHARES (SHARED RESources) Programm eine wichtige Backup-Kommunikationsstruktur für Krisensituationen bilden. Diese Netzwerke ermöglichen die Aufrechterhaltung kritischer Kommunikation bei Ausfällen herkömmlicher Infrastruktur und unterstützen sowohl militärische als auch zivile Notfall- und Katastropheneinsätze durch den Einsatz freiwilliger Funkoperatoren mit speziellen Genehmigungen. (AMARS 2025, S. 1–2) Während der beiden Weltkriege mussten viele

²¹ SpaceX - (Space Exploration Technologies Corporation) ist ein US-amerikanisches Raumfahrt- und Telekommunikationsunternehmen, das im Juni 2002 von Elon Musk gegründet wurde

Funkstationen ihre Tätigkeit einstellen, jedoch wurden die daraus resultierenden technologischen Fortschritte von den wieder zugelassenen Amateuren schnell adaptiert. In den 1930er Jahren, trotz der Weltwirtschaftskrise, entwickelte sich der Funkdienst zu einer weit verbreiteten und kostengünstigen Freizeitbeschäftigung. Mit der Einführung der ersten sogenannten „Amateurfunksatelliten“ in den 1960er Jahren trat der Funkamateur in das Weltraumzeitalter ein. In den 1980er Jahren führten neue digitale Betriebsarten wie Packet Radio²² und AMTOR²³ zu einer signifikanten Steigerung der Kommunikationseffizienz und erweiterten die technischen Möglichkeiten der Funkamateure. (vgl. USKA 2024, S. 5–6)

Ein wesentlicher Bestandteil des „Amateurfunks“ ist die Praxis der Open Innovation, die seit den Anfängen des staatlich geprüften Funkamateurs kontinuierlich verfolgt wird. Die bedeutendsten technologischen Entwicklungen im Amateurfunk gehen von den Nutzern und Nutzerinnen selbst aus, wobei Vereine beispielsweise eigene Satelliten im Rahmen des Oskar²⁴-Satelliten-Programms bauen, diese weitgehend selbst finanzieren und in den Weltraum bringen. Der staatlich geprüfte Funkamateurdienst hat eine wegweisende Rolle im Bereich der Hochfrequenztechnik. Der Idealismus und das hohe Engagement von Wissenschaftlern und Technikern²⁵, die sich in der Funkgemeinschaft engagieren, haben maßgeblich zur Entwicklung der heutigen Mobilfunktechnologien beigetragen. (vgl. Reichwald und Piller 2009, S. 5) Der staatlich und international geregelte Funkverkehr der Funkamateure stellt ein komplexes Kommunikationssystem dar, welches global auf spezifischen Frequenzbändern zwischen 1,8 MHz und weit über 1 GHz operiert. Die Kommunikation erfolge dabei durch diverse analoge und digitale Übertragungstechniken. Zu den analogen Methoden zählen Morsetelegrafie, Sprechfunk in den Modi AM²⁶, FM und SSB, sowie visuelle Übertragungen wie SSTV und Funkfern schreiben. Digitale Betriebsarten umfassen Techniken wie Packet Radio, PSK31, FT8, FT4, DMR und TETRA. Neben der Kommunikation mit anderen Funkamateuren weltweit bietet der Amateurfunk die Möglichkeit zu technischen Experimenten, dem Eigenbau von Geräten sowie gesellschaftlich relevante Aspekte wie die Notfallkommunikation. Für den regulären Betrieb sind rechtliche und administrative Anforderungen wie Lizenzerwerb und Dokumentationspflichten zu erfüllen. (vgl. Zisler und Lauterbach 2024, S. 353–450)

1.5 Allgemeine rechtliche Rahmenbedingungen

Eine zentrale Säule innerhalb des legislativen Rahmens gestaltet sich durch die verankerten rechtlichen Schutzmaßnahmen für die Zivilbevölkerung. Bezieht man sich hierzu auf die zugehörigen gesetzlichen Grundlagen sind erste wesentliche Thesen in Bezug auf die österreichische Rechtsprechung bereits im Artikel 2 des Staatsgrundgesetzes ersichtlich. *„Vor dem Gesetze sind alle Staatsbürger gleich.“* (StGG 2024). Im weiteren Rahmen der Recherche erfolgt eine Präzisierung des Stands der Forschung über die Europäischen Menschenrechtskonvention (EMRK). In der EMRK wird im Artikel 2 Absatz 1 festgehalten: *„Das Recht jedes Menschen auf das Leben wird gesetzlich geschützt.“* (EMRK 2024, S. 1)

²² Packet Radio ist ein Verfahren zur digitalen Datenübertragung im Amateurfunk und CB-Funk

²³ Amateur Teleprinting Over Radio – Digitales Verfahren im Fernschreibeverkehr – Weiterentwicklung RTTY

²⁴ OSCAR (Orbiting Satellite Carrying Amateur Radio)-Amateurfunksatellit

²⁵ Beispiel Rohde & Schwarz GmbH & CoKG: Prof. Dr.-Ing. habil. Dr. h.c. mult. Ulrich L. Rohde der wohl bekannteste Funkamateur Deutschlands DJ2LR, HB9AWE und N1UL, Mitglied im DARC OV München-Süd C18

²⁶ Amplituden Modulation

Daraus leitet sich für den Staat eine gewisse Schutzpflicht für seine Bevölkerung ab. Die praktische Umsetzung der Schutzpflicht erfolgt i.d.R. über Gesetze und Richtlinien. Im Kern konnten drei zentrale Rechtsgrundlagen wie das Sicherheits-, Katastrophenhilfe- und das Zivilschutzgesetz identifiziert werden. Das Sicherheitsgesetz bezieht sich jedoch im überwiegenden auf die Beeinträchtigungen des örtlichen Gemeinschaftslebens durch rasche und wirksame Maßnahmen unter Einbindung sozialer Einrichtungen entgegenzuwirken. (*Sicherheitsgesetz 2024, S. 1*) Hingegen sich die Katastrophenhilfegesetze auf die einzelnen Bundesländer beziehen, die sich auch aufgrund der topografischen Ausbildung des Staates Österreich und der Novellierungen durch diverser EG-Richtlinien (zb Richtlinie 96/82/EG, 2006/21/EG) in unterschiedlicher spezifischer Ausführung in den Bundesländer vorliegen. Die Länder legen gemäß ihren gesetzlichen Regelungen und Verordnungen primär die Struktur und den Inhalt von Katastrophenschutzplänen fest. Diese Pläne basieren auf spezifischen Gefahrenszenarien, welche Maßnahmen für die Bewältigungsphase von Katastrophen beschreiben. (vgl. Jachs 2011, S. 161) Im Fall des Zivilschutzgesetzes wurde im Jahr 2023 ein Beschluss im 159sten Bundesgesetz gefasst "*... zur Steigerung ihrer Resilienz und Leistungsfähigkeit im Krisen- und Katastrophenfall sowie den Österreichischen Zivilschutzverband – Bundesverband (ÖZSV) bei der Wahrnehmung seiner Aufgaben zu unterstützen.*" (BGBl. I Nr. 159/2023 2024) und mit zusätzlichen finanziellen Mitteln versehen. Ebenso erfolgt im Rahmen des zuvor erwähnten Beschlusses die Stärkung des Österreichische Zivilschutzverband (ÖZSV). Die der Förderung der Katastrophenresilienz durch Vermittlung von Eigenvorsorgekompetenzen und der Stärkung des Selbstschutzgedankens im Rahmen der zivilen Landesverteidigung dient. (vgl. BGBl. I Nr. 159/2023 2024)

Zusammenfassend kann festgehalten werden, dass der österreichische Bevölkerungsschutz auf fundamentalen Rechtsgrundsätzen basiert, die sowohl im Staatsgrundgesetz als auch in der Europäischen Menschenrechtskonvention verankert sind und eine staatliche Schutzpflicht gegenüber den Bürgern begründen. Die praktische Umsetzung erfolgt durch ein komplexes Zusammenspiel verschiedener Gesetze, wobei insbesondere die bundeslandspezifischen Katastrophenhilfegesetze sowie das Zivilschutzgesetz zentrale Säulen darstellen. Mit der Novellierung des Zivilschutzgesetzes 2023 und der damit verbundenen Stärkung des (ÖZSV) wurde zudem ein besonderer Fokus auf die Steigerung der Katastrophenresilienz und die Förderung der Eigenvorsorge der Bevölkerung gelegt.

1.5.1 Telekommunikationsgesetz

Eine wesentliche Grundlage für die Betrachtung des rechtlichen Rahmens dieser Arbeit stellt das Telekommunikationsgesetz (TKG) dar und wird im nachfolgenden Absatz behandelt. Im ersten Abschnitt wird auf den Zweck des Gesetzes eingegangen.

"Zweck dieses Bundesgesetzes ist es, durch Förderung des Wettbewerbes im Bereich der elektronischen Kommunikation die Versorgung der Bevölkerung und der Wirtschaft mit zuverlässigen, preiswerten, hochwertigen und innovativen Kommunikationsdienstleistungen zu gewährleisten." (Telekommunikationsgesetz 2021, S. 6)

Des Weiteren wird in dem TKG und den darin enthalten Abschnitten auch der Not- und Katastrophenfunkverkehr festgehalten. Dieser definiert sich als spezifische Form der Nachrichtenübermittlung zwischen einer in Not oder am Notfall mitwirkenden Funkstelle. Der Katastrophenfunkverkehr beruht in der legislativen Anwendung auf behördliche Anordnung, dieser umfasst in diesem Fall auch das geregelte Katastrophengebiet beziehungsweise die notwendigen Hilfsorganisationen. Ebenso wird darin beschrieben, wie sich der Funkamateure bei Empfang eines Notsignals zu verhalten hat.

Das TKG definiert die regulatorischen Rahmenbedingungen für den Bereich der Telekommunikation insbesondere den Betrieb und die technische Nutzung von Amateurfunkstellen. Es umfasst dabei die entsprechenden Begriffsbestimmungen und Auflagen, die für den operativen Einsatz von Amateurfunkstellen unerlässlich sind.

1.5.2 Amateurfunkverordnung

Die Amateurfunkverordnung die als Bestimmung zur Ausführung fungierte, basierte ursprünglich auf dem Amateurfunkgesetz von 1998. Diese wurde im Rahmen einer legislativen Überarbeitung im Jahr 2018 aufgehoben. Die wesentlichen Inhalte wurden in das heutige TKG integriert. (vgl. BGBLA_2018_I_78) Im Segment des Katastrophenfunkverkehr wird auf den Frequenzbereich, in dem der Sicherheitsfunk durchgeführt werden darf, eingegangen.

"Katastrophenfunkverkehr darf auf folgenden Frequenzen aus den dem Amateurfunkdienst zugewiesenen Frequenzbereichen durchgeführt werden (3,5 MHz 7,0 MHz 18,068 MHz 21,0 MHz 10,1 MHz 24,89 MHz 14,0 MHz 144,0 MHz). Innerhalb des Bundesgebietes darf Katastrophenfunkverkehr darüber hinaus auch auf Frequenzen aus dem Amateurfunkdienst zugewiesenen Frequenzbereich 430-439,1 MHz durchgeführt werden." (Amateurfunkverordnung 2024, S. 7)

Die Amateurfunkverordnung befasst sich im Speziellen mit der Bewilligung von Lizenzen, den technischen und betrieblichen Bestimmungen, Amateurfunkprüfung, Sonderbestimmungen sowie der Übergangs- und den Schlussbestimmungen. (vgl. Amateurfunkverordnung 2024)

Zusammengefasst regelt die Amateurfunkverordnung die Nutzung bestimmter Frequenzen und stellt technische Anforderungen sicher, um den Funkverkehr in Notfällen aufrechtzuerhalten.

Nachdem in den vorherigen Abschnitten sowohl der allgemeine rechtliche als auch der spezifische Rahmen hinsichtlich des Katastrophenfunkverkehr bzw. von Notfunkübungen wissenschaftlich fundiert dargestellt wurde, richtet sich der Fokus im Folgenden auf die Kommunikationskonzepte und die technische Entwicklung der unterschiedlichen Systeme.

1.6 Kommunikation und Funktechnische Entwicklung

1.6.1 Festnetzarchitektur

Die grundlegende Festnetzarchitektur basiert auf einem mehrstufigen Vermittlungssystem, wobei die Hauptvermittlungsstellen (HVSt) als zentrale Knotenpunkte (zb Arsenal-Wien) fungieren und die überregionale Netzanbindung gewährleisten. (vgl.

Telekommunikationsinfrastruktur) Den Hauptvermittlungsstellen nachgeordnet befinden sich die Ortsvermittlungsstellen (OVSt), welche die regionale Versorgung sicherstellen. Zur Optimierung der Übertragungsqualität und Reichweite werden Access Remote Units (ARU) eingesetzt (siehe Abbildung Figure 16). Diese dezentralen Vermittlungseinheiten reduzieren die effektive Leitungslänge zum Endnutzer und ermöglichen somit höhere Bandbreiten bei der Datenübertragung. Die weitere Verteilung erfolgt über Kabelverzweiger (KVz) in die Teilnehmeranschlussleitungen (TAL). Im Backbone-Bereich zwischen den Vermittlungsstellen dominiert die Glasfasertechnologie. Die Anbindung zwischen ARU und Kabelverzweiger erfolgt zunehmend ebenfalls über Glasfaserverbindungen. Im Bereich der „letzten Meile“ zum Endkunden findet sich historisch bedingt noch überwiegend Kupfertechnologie, wobei bei Neuerschließungen und Modernisierungen vermehrt Glasfaseranbindungen (FTTH) implementiert werden. Diese Netzstruktur ermöglicht die effiziente Bereitstellung moderner Telekommunikationsdienste wie DSL-Breitbandanbindungen und VoIP-Telefonie. Durch den sukzessiven Ausbau der Glasfaserinfrastruktur wird die Leistungsfähigkeit des Netzes kontinuierlich gesteigert. (vgl. Telekom 2016, S. 1–5)

Die nachfolgenden Abbildungen illustriert eine grobe Übersicht der Haupt- und Ortsvermittlungsstellen in Österreich.

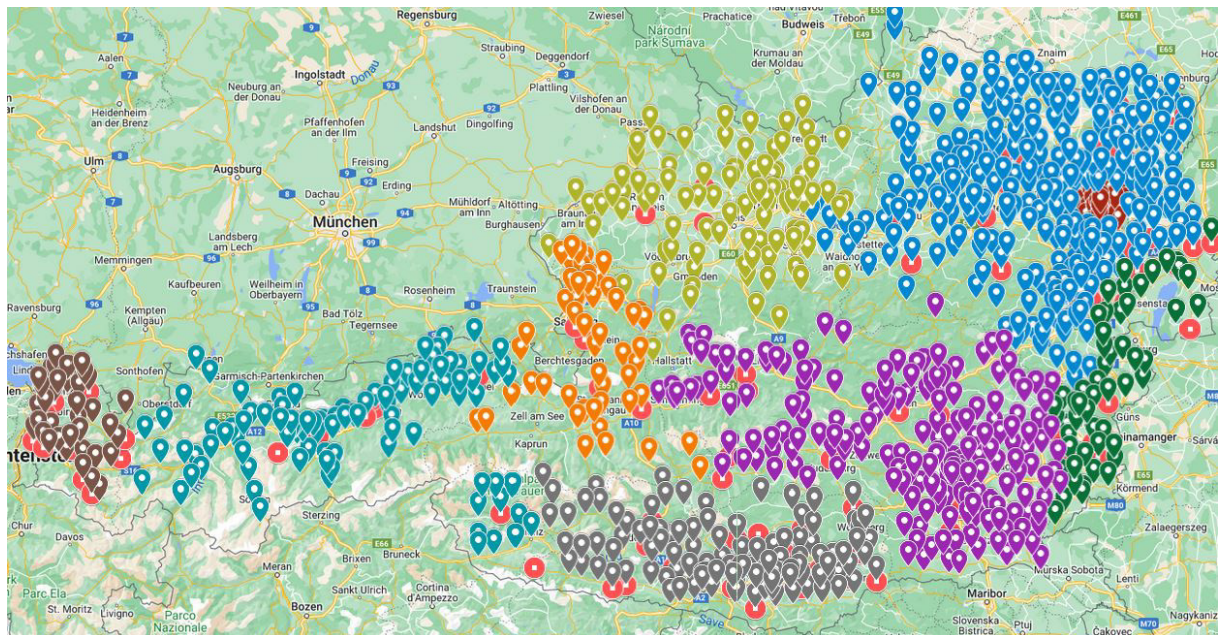


Figure 16: A1-Verbindungsstellen (VST) 2023 - Grobe Übersicht (Ersteller A1- Sub-Dienstleister) (Google maps 2024, S. 1)

Am Beispiel von der Stadt Wels kann die Verortung der Ortsvermittlungsstelle in der roten Umrandung dargelegt werden, sowie die in den angrenzenden Bezirken befindlichen ARU.

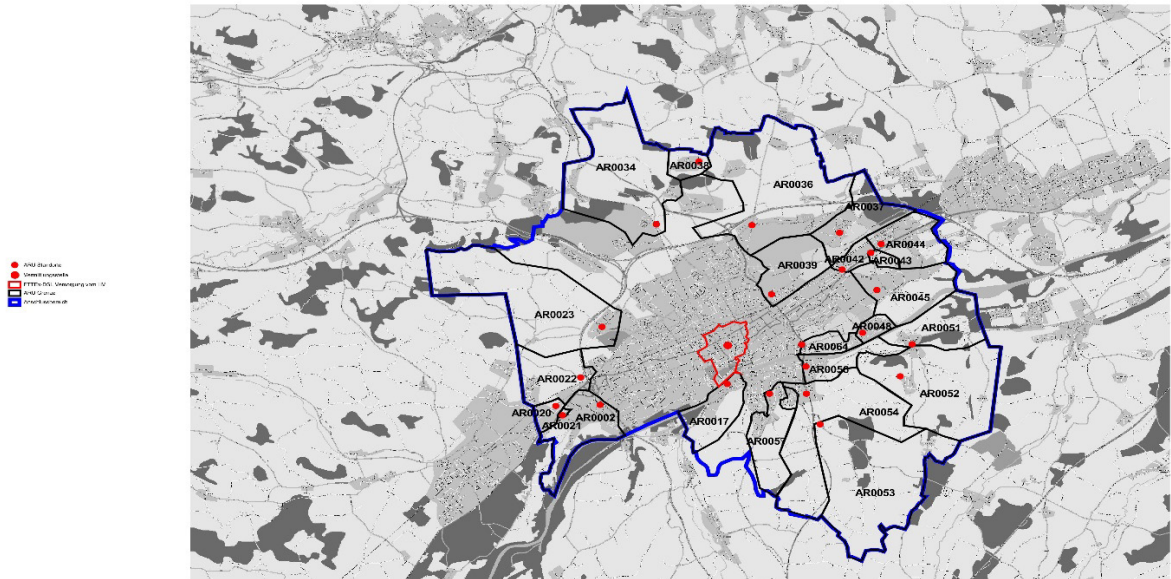


Figure 17: A1-Telekom - Wels -ARU und Vermittlungsstelle (A1-Telekom, S. 1)

In den beiden Ansichten ist exemplarisch die Ortsvermittlungsstelle von „Weißenkirchen an der Perschling“ (Blauer Pin) sowie deren Eingliederung in die Topographische Umgebung ersichtlich.

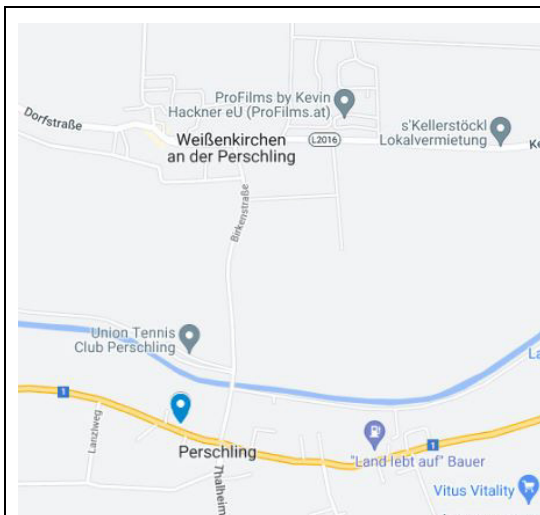


Figure 18: VST-A1_Weißenkirchen an der Peischling (Google maps 2024)



Figure 19: A1-Weißenkirchen_VST (Google maps 2024, a1-Weißenkirchen_VST)

Die österreichische Topographie verdeutlicht, dass die landschaftliche Vielfalt die Telekommunikationsinfrastruktur, insbesondere die Vermittlungsstellen, diversen naturräumlichen Gefährdungspotenzialen (Naturgefahren) aussetzt sind. Diese topographisch bedingten Risikofaktoren lassen sich anhand der im Anhang beigefügten Datenextraktion aus dem HORA-System (Natural Hazard Overview & Risk Assessment Austria) Objektbezogen nachweisen.



Figure 20: Hora_Perschling_A1_Vermittlungsstelle
HQ300_3D (Hochwasserrisikozone 2025, S. 1)



Figure 21: Hora_3D_Wels_Ringstrasse
(Hochwasserrisikozone 2025, S. 1)

1.6.2 Mobilfunk

Die Mobilfunkkommunikation charakterisiert sich dadurch, dass die Übertragung zwischen Endgeräten und Basisstationen lediglich partiell über Funk erfolgt. Nach dieser initialen Funkübertragung wird die Kommunikation fast ausschließlich über kabelgebundene Vermittlungsstellen weitergeleitet, um letztendlich den gewünschten Empfänger zu erreichen. Diese hybride Infrastruktur aus Funk- und Festnetzkomponenten bildet die Grundlage moderner Mobilfunksysteme. Die Systeme selbst lassen sich nach verschiedenen Kriterien kategorisieren, beispielsweise in analog bzw. digital, öffentlich oder nicht öffentlich, terrestrisch und satellitengestützt, wobei jede dieser Klassifizierungen spezifische technische und operative Charakteristika aufweist. (vgl. Höher 2011, S. 429–430)

In der Übersicht des Sendekatasters ist ersichtlich, dass in Österreich eine hohe Dichte an Mobilfunkstationen (ca. 18.000 lt. Rundfunk und Telekom Regulierungs-GmbH) vorhanden sind.

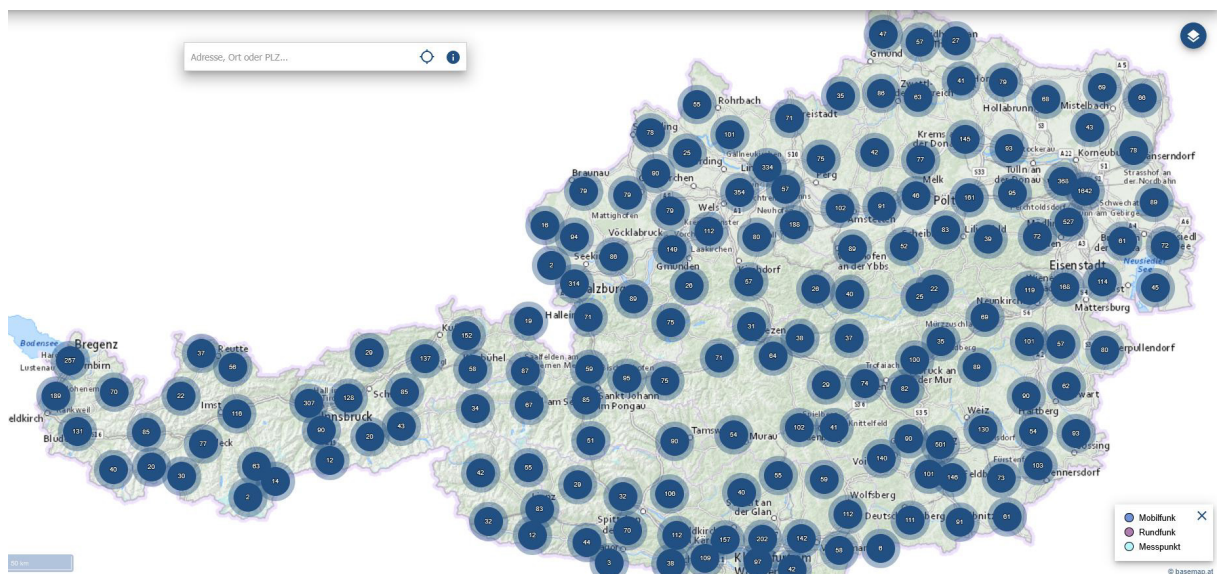


Figure 22: Übersicht Sendekataster – Österreich 2024 (Sendekataster.at 2024)

Die graphische Darstellung verdeutlicht die Funknetzdichte am Beispiel des ersten Wiener Gemeindebezirks (Innere Stadt).

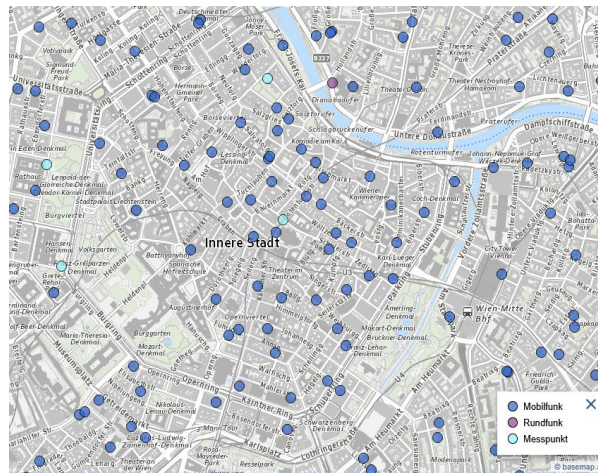


Figure 23: Sendekataster_2025_Detail_Wien-Innererstadt (Senderkataster.at 2024, S. 1)

1.6.3 Überblick über relevante Konzepte (Lichtinseln)

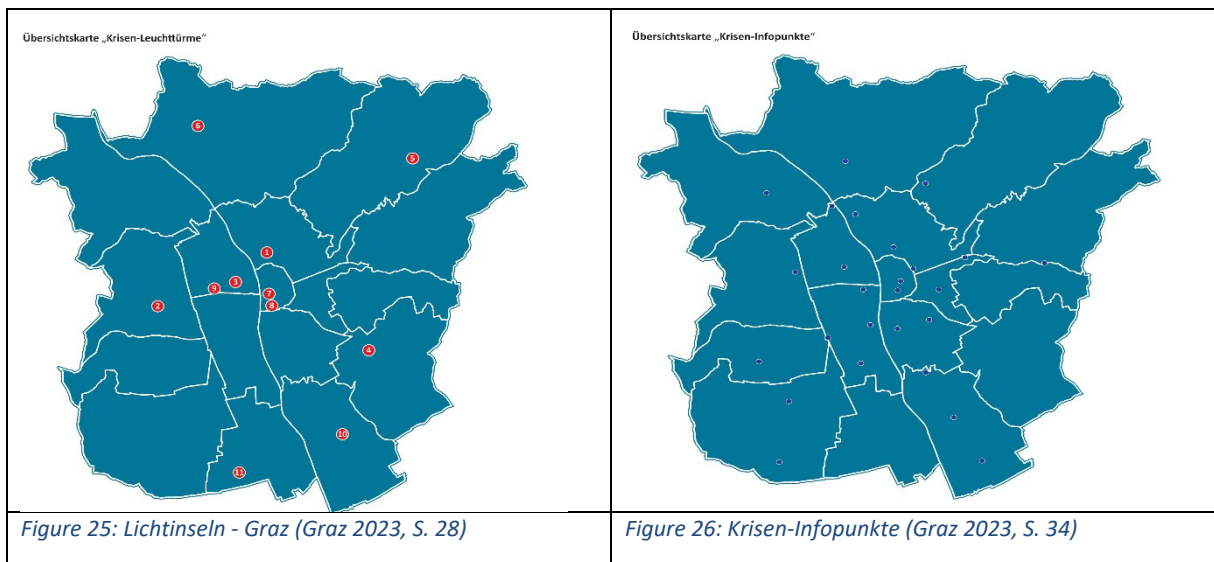
Im Kontext mit der seit einigen Jahren bekannt geworden Thematik des Blackouts und dessen Vorsorge wurde die Thematik der Lichtinsel, Leuchttürme, Lichtpunkte oder auch Sicherheitsinseln genannt, entwickelt. Die ersten wesentlichen Erwähnungen, wo sich im deutschsprachigen Bereich mit der Thematik befasst wurde, war in Deutschland das Büro für „Technikfolgen-Abschätzungen des Deutschen Bundestages TAB“ in dem die Folgen eines langandauernden und großflächigen Stromausfalls dargelegt wurden. (vgl. Petermann et al. 2010) Weiters erfolgte die Verbreiterung des Themas in der Öffentlichkeit durch den Buchautor Elsberg Marc mit seinem Werk „Blackout – Morgen ist es zu spät“ (vgl. Elsberg 2012). Des Weiteren erfolgten bereits erste Erwähnungen in im Rahmen der österreichischen Sicherheitsstrategie im Jahr 2012, wo Herausforderungen, Risiken und Bedrohungen „...Knappheit von Ressourcen, [...], (Energie,...“ dargelegt wurden. (vgl. ÖBH, S. 7) Das Schweizer Bundesamt für Bevölkerungsschutz hat im Rahmen des Risikoberichtes 2015 das Thema inkludiert (vgl. BABS 2015). In Folge dessen erfolgte auch eine verstärkte Aufnahme der Thematik in die Novellierungen der Katastrophenschutzpläne (Bundesländer 2024). Am Beispiel von Burgenland und Kärnten ist gemäß den Presseaussendungen ersichtlich zu welchem Zeitpunkt die ersten Leuchttürme verwirklicht wurden. Im Jahr 2019 erging die Mitteilung aus dem Burgenland, dass „Die sogenannten „Florianistationen“ sind der erste Teil des Projekts „Leuchtturm Feuerwehrhaus“ für Krisensituationen“. (vgl. Pittner 2019, S. 2). Des Weiteren sind Aussendungen aus Kärnten im Jahre 2021 bekannt. „Deswegen haben wir auch die ‚Richtlinie zur Förderung einer Notstromversorgung für mindestens einen Standort (Leuchtturm) als zentrale Anlaufstelle für Katastrophenfälle in den Kärntner Gemeinden‘ beschlossen“ (vgl. Fellner 2021, S. 1). Diese zuvor exemplarisch genannten Anlaufstellen dienen der Bevölkerung als zentrale Versorgungsknotenpunkte. In Österreich bestehen in wesentlichen die Ebenen der BOS-Dienste und unterschiedliche Institutionen wie die Amateurfunken oder Religionsgemeinschaften als Kommunikationsschnittstellen zur Bevölkerung. In der nachfolgenden Abbildung ist die Kommunikationsübersicht in der Bundeshauptstadt dargelegt.



Figure 24: Amateurfunkversorgung für den Krisenfall Wien (ÖVSV 2024)

Die hierarchische Strukturierung des Wiener Notfunknetzwerks beinhaltet eine vierstufige Segmentierung der operativen Einheiten. Die primäre Ebene bildet sich durch die zentrale Einsatzleitstelle des behördlichen Krisenmanagements, die als übergeordnete Koordinationsinstanz fungiert. In der sekundären Ebene sind die dezentralen Krisen-Vorsorge-standorte als behördliche Satellitenstellen in den einzelnen Verwaltungsbezirken situiert. Die tertiäre Ebene umfasst die strategisch positionierten Lichtinseln, die in Synergie mit den Krisen-Vorsorge-standorten als direkte Interventionspunkte für die Zivilbevölkerung konzipiert sind. Die quaternäre Ebene integriert das dezentrale Netzwerk der im Stadtgebiet Wien lokalisierten Amateurfunkstationen. Diese multidimensionale Infrastruktur gewährleistet eine gewisse „redundante Kommunikationsarchitektur“ zur Aufrechterhaltung essentieller Informationsflüsse in Krisensituationen. (vgl. ÖVSV 2022, S. 1)

Als weiteres Beispiel für die Etablierung von Anlaufstellen der Bevölkerung (Lichtinseln) kann die Stadt Graz herangezogen werden. In dieser Landeshauptstadt wurden elf Orte (zumeist städtische Einrichtungen) für Lichtinseln und 26 Objekte als Kriseninformationspunkten (zumeist Religiöse Standorte) vorgesehen. (vgl. Graz 2023, 28, 34)



1.6.4 Funkübertragung

„»Es blitzt doch gar nicht ...« Zumindest in der heutigen Zeit nicht mehr. Der Begriff stammt aus der Urzeit der Funktechnik, in der man aus kräftigen Funken noch die gewünschte Frequenz herausgefiltert und an die Antenne gegeben hatte.“ (Zisler und Lauterbach 2024, S. 30)

Die historische Entwicklung der Funktechnik zeigt eine Evolution von der ursprünglichen Verwendung gefilterter Funken zur Frequenzerzeugung bis hin zu modernen Modulationsverfahren. Nach dem fundamentalen Prinzip der Funkübertragung wird die zu übertragende Information mit einem hochfrequenten Trägersignal gemischt, verstärkt und über eine Antenne ausgestrahlt, wobei beim Empfang das Trägersignal wieder extrahiert wird, um die ursprüngliche Information zu rekonstruieren (siehe nachfolgende Abbildung Figure 27: Das Prinzip der Funkübertragung (Zisler und Lauterbach 2024, S. 31)Figure 27). Die Modulation, bei der niederfrequente Signale mit hochfrequenten Trägern gemischt werden, erzeugt dabei die spezifische Sendart. Für die Rundfunkübertragung auf Lang-, Mittel- und Kurzwelle sowie im Flugfunk etablierte sich primär die Amplitudenmodulation (AM). Im Amateurfunkbereich wird vornehmlich die Einseitenbandmodulation (SSB) für effektiven Sprechfunk genutzt, während die Frequenzmodulation (FM) besonders im UKW-Radio und im Nahbereich des Amateurfunks Anwendung findet. Die Frequenz der Übertragung, gemessen in Hertz und deren Vielfachen, steht in inverser Relation zur Wellenlänge, welche wiederum die Antennendimensionierung und Ausbreitungscharakteristiken beeinflusst. Die modernen digitalen Übertragungsverfahren ermöglichen eine weitgehend störungsresistente Kommunikation auch unter suboptimalen Ausbreitungsbedingungen. Die Kommunikation im Bereich des Amateurfunk erfolgt dabei stets in offener, unverschlüsselter Sprache im Gegensatz zur militärischen oder behördlichen Kommunikation und kann von jedermann empfangen werden, wodurch sich die Rolle des "SWL" (Short Wave Listener, Kurzwellenhörens) als passive Teilnehmer der Amateurfunkgemeinschaft etablierte. Zur effizienten Kommunikation entwickelte sich ein international standardisiertes System von Abkürzungen (Q-Gruppen), das seinen Ursprung in der Morsetelegrafie hat und bis heute Anwendung findet. Die technische Implementierung der Signalverarbeitung umfasst

gegebenenfalls zusätzliche Frequenzvervielfachung oder -mischung, um die gewünschte Übertragungsfrequenz zu erreichen. (vgl. Zisler und Lauterbach 2024, S. 30–34)

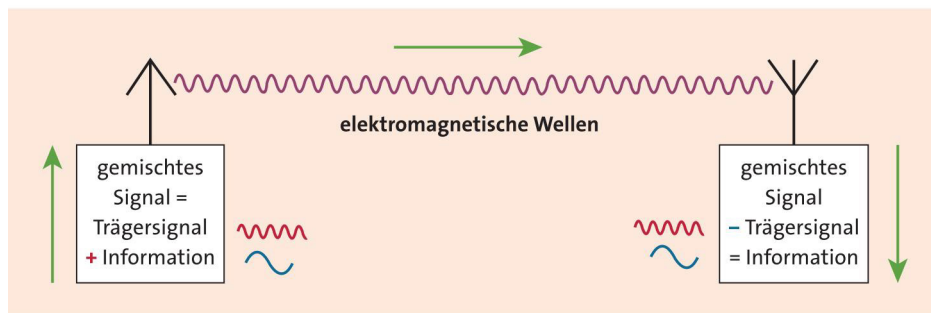


Figure 27: Das Prinzip der Funkübertragung (Zisler und Lauterbach 2024, S. 31)

1.7 Zivilschutz der Bevölkerung

Die historische Entwicklung des Zivilschutzes lässt sich bis in die Frühgeschichte der menschlichen Zivilisation zurückverfolgen, wenngleich diese Form des Bevölkerungsschutzes damals nicht explizit als solcher spezifiziert wurde. Die damaligen Gesellschaften etablierten bereits rudimentäre Frühwarnsysteme, die auf akustischer bzw. visueller Signalgebungen basierten. (vgl. Uni-Augsburg 2025, S. 1–18) Im Gegensatz zum gegenwärtigen, breiten gefassten Verständnis des Zivilschutzes lag der geschichtliche Fokus vornehmlich auf der Warnung vor militärischen Konflikten, während der Schutz vor Naturkatastrophen eine untergeordnete Rolle spielte. (vgl. Juri Jaquemet 2025, S. 1–4) In Bezug auf die Österreichische Geschichte erfolgte der Zivilschutz bis 1985 vorwiegend auf den Schutz der Bevölkerung vor kriegerischen Auseinandersetzungen, jedoch zeigte sich nach 1985 durch das Bundesministerium für Inneres ein Paradigmenwechsel. Der Fokus verlagerte sich auf zivile Katastrophen und Selbstschutzmaßnahmen. Als neue Bedrohungsszenarien wurden unter anderem die Verbreitung von Massenvernichtungswaffen, Terrorismus, organisierte Kriminalität sowie technologische und umweltbezogene Risiken identifiziert. Die österreichische Sicherheitsstrategie von 2011 definiert Zivilschutz schließlich als umfassendes Konzept zum Schutz der Bevölkerung vor Gefahren natürlicher, technischer, terroristischer und kriegerischer Art. (vgl. BMI 2025b, S. 1–2) Im Regelfall und bei funktionierenden Systemen (zb Stromausfall oder Wegfall der Infrastruktur durch Naturkatastrophen) erfolgt die Warnung der Bevölkerung über verschiedene sich ergänzende Kanäle wie schriftliche Broschüren, Informationen im Internet, Textnachrichten (SMS), E-Mails, digitale Anzeigetafeln an Haltestellen und Social Media-Plattformen, wobei kein einzelnes System alle Menschen gleichermaßen erreicht. Traditionelle Warnmittel umfassen Sirenen, die trotz ihrer veralteten Anmutung einen effektiven „Weckeffekt“ von 80-90 % der Bevölkerung erreichen können, sowie Lautsprecherdurchsagen von Einsatzfahrzeugen. Moderne Systeme wie die Warn-App „AT-Alert“ ermöglicht eine gezielte Information der Bevölkerung über Smartphones in definierten geografischen Bereichen. Zusätzlich werden klassische Informationskanäle wie Rundfunk (UKW), Fernsehen, Internet und soziale Medien für die Verbreitung von Warnmeldungen genutzt. Bei länger andauernden oder vorhersehbaren Gefahrenlagen werden auch Bürgertelefone eingerichtet und schriftliche Informationsmaterialien verteilt. Zur effektiven Warnung der Bevölkerung ist

eine Kombination verschiedener Warnmittel notwendig, die sowohl schnelle Alarmierung als auch detaillierte Information ermöglichen. (vgl. Karutz et al. 2017, S. 247–254)

Es ist festzuhalten, dass es sich hierbei primär um die Kommunikation staatlicher Stellen handelt, die der Warnung und Information der zivilen Bevölkerung dient. Diese Warnungen erfolgen typischerweise vor dem Eintreten eines Ereignisses und, sofern die infrastrukturellen Voraussetzungen intakt bleiben, auch währenddessen. Ein gängiges Medium hierfür ist beispielsweise der Rundfunk, über den die Bevölkerung mit aktuellen Informationen versorgt werden kann. Jedoch stellt sich die Frage, wie die Kommunikation seitens der zivilen Bevölkerung organisiert werden kann, wenn es nach einer Naturkatastrophe – wie etwa im Fall des Ahrtals (GER), oder des Sturm „Éowyn“ (IRL) – zu großflächigen Ausfällen sämtlicher Kommunikationsinfrastrukturen kommt. Die Zerstörung grundlegender Kommunikationsmittel wirft erhebliche Herausforderungen für die Krisenbewältigung und die Aufrechterhaltung des Informationsflusses von Behörden und der zivilen Bevölkerung auf.

2 Hypothesen, Ziele und Fragestellungen

In diesem Abschnitt wird Bezug auf die eingangs angeführte Problemstellung der Kommunikationsmöglichkeit der zivilen Bevölkerung im Katastrophenfall genommen. Die nachfolgende Hypothesenbildung sowie die daraus abgeleiteten Forschungsfragen stehen in direktem Bezug zur eingangs dargelegter Problemstellung der Kommunikationsresilienz der Zivilbevölkerung.

Hypothese (n)

Verfügt die Zivilbevölkerung über ein Kommunikationssystem, das durch finanzielle Erschwinglichkeit, Benutzerfreundlichkeit und angemessene Reichweite gekennzeichnet ist, und existiert ein adäquater rechtlicher Rahmen für dessen Nutzung?

Forschungsfragen (FFx)

FF1: Welche finanziellen und rechtlichen Rahmenbedingungen sind erforderlich, um der Zivilbevölkerung ein benutzerfreundliches Kommunikationssystem zur Verfügung zu stellen?

FF2: Welche technischen und organisatorischen Voraussetzungen müssen geschaffen werden, um ein Kommunikationssystem zwischen der zivilen Bevölkerung und den Behörden während eines Katastrophenfalls zu gewährleisten?

Unterforschungsfragen (UFx)

UF1: Wäre nicht alternative Funkkommunikation mittels Kurzwelle oder Ultrakurzwellen als Lösung für das Problem der fehlenden Kommunikationsmöglichkeit im Katastrophenfall?

UF2: Hat der staatlich geprüfte Funker (= Amateurfunkler) das Potenzial als Brücke zwischen staatlichen Maßnahmen und zivilgesellschaftlichen Initiativen zur Verbesserung der Krisenkommunikation zu fungieren?

2.1 Formulierung des Ziels und Nichtziele der Arbeit

Diese wissenschaftliche Arbeit untersucht Möglichkeiten zur Etablierung eines finanziellen und resilienten Kommunikationssystems für die Zivilbevölkerung im Katastrophenfall. Ziel ist es, die notwendigen finanziellen, rechtlichen, technischen und organisatorischen Rahmenbedingungen zu identifizieren, um ein anwenderfreundliches, erschwingliches und reichweitenstarkes Kommunikationssystem zu identifizieren. Besondere Berücksichtigung findet dabei die potenzielle Rolle des Amateurfunks als Brückentechnologie zwischen staatlichen Einrichtungen und der Zivilbevölkerung während Krisensituationen mit Systemausfällen.

In Bezug zur Abgrenzung der wissenschaftlichen Arbeit dienen nachfolgend angeführte Punkte. Diese Arbeit umfasst nicht:

- Die detaillierte technische Entwicklung spezifischer Kommunikationsgeräte oder -systeme. Der Fokus liegt auf der Analyse bestehender Technologien und ihrer Anwendbarkeit.
- Die umfassende Untersuchung aller Katastrophenszenarien. Die Arbeit konzentriert sich auf Situationen mit Ausfall der herkömmlichen Kommunikationsinfrastruktur.
- Die vollständige Implementierung eines einsatzbereiten Kommunikationssystems.
- Die detaillierte Analyse internationaler rechtlicher Rahmenbedingungen. Der Fokus liegt primär auf dem nationalen rechtlichen Kontext.
- Die Evaluierung aller technischen Kommunikationsalternativen. Die Arbeit konzentriert sich hauptsächlich auf Funkkommunikation (insbesondere Kurz- und Ultrakurzwelle) als resiliente Option.
- Die Entwicklung detaillierter Schulungs- und Ausbildungsprogramme für die Zivilbevölkerung, obwohl Aspekte der Benutzerfreundlichkeit und Zugänglichkeit berücksichtigt werden.

2.2 Begriffsdefinitionen – Theoretischer Teil

Im nachfolgenden Kapitel werden die in dieser wissenschaftlichen Arbeit verwendeten Schlüsselbegriffe präzisiert und abgegrenzt.

2.2.1 Äquivalenzausgaben

Unter den Äquivalenzausgaben versteht sich gemäß den Begriffsbestimmungen der Statistik - Austria eine gewichtete Pro-Kopf-Ausgabe.

"Wie viel ein Haushalt ausgibt hängt in erster Linie von der Anzahl, aber auch dem Alter der darin lebenden Personen ab. Um nun die Ausgaben von Haushalten unterschiedlicher Größe besser vergleichen zu können, werden gewichtete Pro-Kopf-Ausgaben, sogenannte Äquivalenzausgaben, berechnet. In Mehrpersonenhaushalten können gewisse Einsparungseffekte angenommen werden, vor allem bei Wohnungs- und Ernährungsausgaben und insbesondere dann, wenn es sich bei den weiteren Personen um Kinder handelt. Dementsprechend ist es nicht zweckmäßig, die Haushaltsausgaben durch die Anzahl der Haushaltsmitglieder zu dividieren. Ein Haushalt, der aus zwei Erwachsenen und zwei Kindern besteht, wird in der Regel zwar

mehr Geld für Lebensmittel aufwenden als ein Einpersonenhaushalt, wohl aber nicht viermal so viel. Daher werden bei der Berechnung der Äquivalenzausgaben den einzelnen Haushaltsmitgliedern – unterschiedlich für Erwachsene und Kinder – Gewichte zugewiesen, die den Mehrbedarf pro weiterer Person bewerten sollen."
(Statistik Austria 2025d, S. 8–9)

2.2.2 Katastrophe

In der ÖNORM - Integriertes Katastrophenmanagement wird dies in Bezug auf die Größenordnung des Ereignisses exakter spezifiziert.

"Ereignis, bei dem Leben oder Gesundheit einer Vielzahl von Menschen, die Umwelt oder bedeutende Sachwerte in außergewöhnlichem Ausmaß gefährdet oder geschädigt werden und die Abwehr oder Bekämpfung der Gefahr oder des Schadens einen durch eine Behörde koordinierten Einsatz der dafür notwendigen Kräfte und Mittel erfordert." (ÖNORM S 2304, S. 10)

Die österreichischen Bundesländer haben aufgrund ihrer Zuständigkeit für den Katastrophenschutz unterschiedliche rechtliche Regelungen erlassen (Katastrophenhilfegesetze), die sich an den jeweiligen topografischen Bedingungen und EU-Vorgaben orientieren. Die Hauptaufgaben der Katastrophenbehörden umfassen dabei die Feststellung und Kommunikation der Katastrophe, die Anordnung von Verhaltensmaßnahmen für die Bevölkerung sowie die Koordination der Einsätze bis hin zur Ausübung von Zwangsbefugnissen. (vgl. Jachs 2011, S. 161–162)

Auf der Seite des Digitalen Amtsservice Österreich wird eine Katastrophe wie folgt beschrieben

"Eine Katastrophe ist eine Ausnahmesituation, in der die täglichen Lebensgewohnheiten der Menschen plötzlich unterbrochen sind und die Betroffenen infolgedessen Schutz, Nahrung, Kleidung, Unterkunft, medizinische und soziale Fürsorge und andere lebensnotwendige Güter benötigen." (N.N 2024, S. 1)

2.2.3 Großschadensfall und Massenanfall von Verletzten

Im Bereich des Rettungswesens wird vor dem Katastrophenfall noch unterschieden, ob es sich um einen Großschadensfall oder einen Massenanfall von Verletzten (MANV) handelt. Auf den Seiten der Behörden ist diesbezüglich nachfolgendes dargestellt.

"Ein Großschadensfall ist gekennzeichnet durch eine Vielzahl von Verletzten bei häufig nicht mehr funktionsfähiger oder nicht mehr ausreichender Infrastruktur am Schadensort, teilweise auch durch das Bestehen einer erheblichen Gefährdung der Einsatzkräfte im Bereich des Schadensereignisses. Dabei ist davon auszugehen, dass ein Missverhältnis zwischen dem Bedarf an der Schadensstelle und der Kapazität des Rettungsdienstes entsteht, so dass -zumindest für einen gewissen Zeitraum - nicht mehr nach den Kriterien der individuellen medizinischen Versorgung verfahren werden kann." (Ministerium für Inneres 2016, S. 7)

Hingegen wird der MANV nachfolgend zusammengefasst, ein Massenanfall von Verletzten oder Erkrankten bezeichnet ein Notfallereignis, bei dem eine größere Anzahl von Verletzten oder Erkrankten zu versorgen ist und die vorhandenen Rettungsmittel des Regelrettungsdienstes nicht ausreichen. Der MANV überfordert die normalen Versorgungskapazitäten und erfordert besondere organisatorische Maßnahmen. (vgl. Ministerium für Inneres 2016, S. 5)

2.2.4 Kommunikation

Bereits Paul Watzlawick²⁷ beschrieb in seinem Werk "Menschliche Kommunikation Formen, Störungen, Paradoxien" im Jahr 1967 die Bedeutung der menschlichen verbale und nonverbale Kommunikation um die Ordnung in der Gesellschaft aufrecht zu erhalten. (vgl. Watzlawick et al. 2017, 13) Ebenso wird ihm eines der ersten Axiome in der Metakommunikation zugeschrieben, dass wie folgt lautet: *"Man kann nicht nicht kommunizieren."* (Watzlawick et al. 2017, S. 60) In der weiterführenden Literatur wird nach Ansicht der neuzeitlichen Sprachwissenschaften insbesondere das menschliche Sprechen im Fokus der Kommunikation gestellt, während sich Medientheorien auf die theoretische Betrachtung der Kommunikationsmedien konzentrieren. (vgl. Reichertz 2009, S. 17) Ein nicht außer Acht zu lassender Aspekt in der Kommunikation ist die Thematik des Senders und Empfängers, da sich in der Kommunikation beteiligte auf eine synchronisierte Zeichenfolge (Sprache, Signale, Gestik, Nachricht, usw.) im Vorfeld oder zu Beginn der Kommunikation einigen müssen. Ebenso ist auf die Rückkoppelung der Zeichenfolge in der Kommunikation zu achten, hat die Modulation der Zeichenfolge funktioniert und erfolgt eine positive Rückmeldung. (vgl. Watzlawick et al. 2017)

2.2.5 Zivile Person

Gemäß den Genfer Abkommen von 1949 Abschnitt IV beschreibt die zivile Person und dessen Zugehörigkeit in Bezug auf das Völkerrecht und die Humanitäre Abgrenzungen wie folgt:

"Zivilperson ist jemand, der nicht den bewaffneten Kräften angehört und nicht an den Feindseligkeiten teilnimmt. Sie darf nicht angegriffen werden, ist zu schonen, zu schützen und jederzeit mit Menschlichkeit zu behandeln." (Ulmann 1949, S. 15)

2.2.6 Staatlich geprüfter Funkamateure (lizenzierter Dienst)

Laut der Regulierungsbehörde gelten als Funkamateure ausschließlich jene Personen, die nach Vollendung des 14. Lebensjahres und bestandener Amateurfunkprüfung eine offizielle Bewilligung (Rufzeichen) erhalten haben und den Funkdienst ohne kommerzielle Interessen, sondern aus persönlicher Motivation betreiben. (vgl. Fernmeldebüro 2025, S. 1)

"Der Amateurfunkdienst (Amateur Service) ist ein Funkdienst, der von Funkamateuren für die eigene Ausbildung, für den Verkehr der Funkamateure untereinander und für technische Studien wahrgenommen wird." (Fernmeldebüro 2025, S. 1)

²⁷ Paul Anton Watzlawick (* 25. Juli 1921 in Villach, Kärnten; † 31. März 2007 in Palo Alto, Kalifornien) war ein österreichisch-US-amerikanischer Philosoph, Psychotherapeut und Kommunikationswissenschaftler.

2.2.7 Hobbyfunker - Laienfunk (lizenzfreier Dienst)

Laut Sprachforschung leitet sich der Begriff „Amateur“ vom lateinischen Wort „amator“ (der Liebende/Liebhaber) beziehungsweise „amare“ (lieben) ab, was die fundamentale Differenzierung zwischen dem staatlich zertifizierten Funkamateurlizenzierter und dem nicht-lizenzierten Hobbyfunker verdeutlicht, wobei diese Termini im allgemeinen Sprachgebrauch häufig eine semantische Vermischung erfahren. (vgl. Zisler und Lauterbach 2024, S. 29–31)

Die für die Öffentlichkeit (Laie) verfügbaren lizenzfreien Funksysteme umfassen, das europäisch ausgerichtete PMR-System (Private Mobile Radio) im 446-MHz-Bereich sowie den CB-Funk (Citizen Band) im 27-MHz-Spektrum, die allesamt gebührenfrei nutzbar sind und geprüfte Geräte erfordern. Ein Sonderfall ist Deutschland in diesem noch das Freenet als analoger und digitaler Sprechfunk zur Verfügung steht. (vgl. Zisler und Lauterbach 2024, S. 30)

2.2.8 Bevölkerungsschutz

Im fachlichen Diskurs wird Bevölkerungsschutz als Oberbegriff betrachtet, der sämtliche Aufgaben und Maßnahmen von Bund, Gemeinden und Ländern im Katastrophenschutz im Zivilschutz umfasst, ergänzt durch eine Konkretisierung, die dessen spezifischen Umfang näher beschreibt. (vgl. Karutz et al. 2017)

2.2.9 Zivilschutz

Zivilschutz wird in Österreich definiert als „*Gesamtheit aller Maßnahmen zum Schutz der Bevölkerung vor Gefahren, die von Naturereignissen sowie technischen, terroristischen oder kriegserischen Ereignissen ausgehen*“. Katastrophenschutz wird als „*Gesamtheit aller vor Eintritt einer Katastrophe getroffenen Maßnahmen in der Katastrophenvermeidung und Katastrophenvorsorge*“ verstanden. (BMI 2025c, S. 1)

Unter Zivilschutz versteht man in Deutschland alle nicht-militärischen Maßnahmen im Verteidigungs- oder Spannungsfall, welche dem Schutz der Bevölkerung an sich sowie dem Aufrechterhalten der öffentlichen Infrastruktur dienen. Er unterscheidet sich damit definitionsgemäß und vor allem hinsichtlich der verfassungsrechtlichen Zuständigkeiten vom Katastrophenschutz. Es handelt sich hier um grundsätzlich unterschiedliche Sachverhalte und Aufgabenbereiche: Der Zivilschutz gehört nach Art. 73 Nr. 1 Grundgesetz (GG) zur ausschließlichen Gesetzgebungskompetenz des Bundes über „die Verteidigung einschließlich des Schutzes der Zivilbevölkerung“. Er ist ein Teilbereich der *Zivilverteidigung*, für die das Bundesministerium des Innern zuständig ist. Der Begriff *Bevölkerungsschutz* bezeichnet zusammenfassend alle Aufgaben und Maßnahmen des Bundes im Zivilschutz sowie die Aufgaben und Maßnahmen der Kommunen und Länder im Katastrophenschutz. (vgl. Deutscher Bundestag 2007, S. 3–16)

Ausgehend von Deutschland und der Schweiz, etabliert sich immer mehr der Begriff „Bevölkerungsschutz“ als Überbegriff für Zivil- und Katastrophenschutz. Der Begriff Zivilschutz wird in diesem Zusammenhang wieder in seiner ursprünglichen Bedeutung

verstanden und durch den Begriff Katastrophenschutz für Natur- und technische Ereignisse ergänzt.

2.2.10 Notfall

Im TKG wird der Begriff des Notfalls wie folgt definiert *"Notfall ist ein Ereignis, bei dem die Sicherheit menschlichen Lebens zumindest gefährdet erscheint."* (Telekommunikationsgesetz 2021, S. 87) Hingegen beschreibt das Bundesamt für Bevölkerungsschutz (BBK) in seinem Glossar den Begriff wie folgt *"Situation mit dem Potenzial für oder mit bereits eingetretenen Schäden an zB Schutzgütern, die neben Selbsthilfemaßnahmen des Einzelnen staatlich organisierte Hilfeleistung erforderlich machen kann."* (BBK 2024, S. 1) Ebenso stellt im Bereich der körperlichen Verletztheit von Menschen dies einen Notfall aus Sicht der jeweils Betroffenen eine Ausnahmesituation dar, der Umgang mit den als solchen bezeichneten Situationen erfolgt in den zuständigen Institutionen jedoch tagtäglich und in Form von Routine Abläufen. (vgl. Karutz et al. 2017, S. 35)

2.2.11 Funkamateure und Funkamateurin

Gemäß der Legislatur des Telekommunikationsgesetz ist ein Funkamateur bzw. eine Funkamateurin (staatlich geprüft) *„eine natürliche Person, welcher eine Amateurfunkbewilligung erteilt wurde und die sich mit der Funktechnik und dem Funkbetrieb aus persönlicher Neigung oder im Rahmen einer im öffentlichen Interesse tätigen Organisation, jedoch nicht in Verfolgung anderer, insbesondere wirtschaftlicher oder politischer Zwecke, befasst.“* (Telekommunikationsgesetz 2021, S. 11)

2.2.12 Amateurfunkdienst

Der Amateurfunkdienst ist *„ein technisch-experimenteller Funkdienst, der die Verwendung von Erd- und Weltraumfunkstellen einschließt und der von Funkamateuren für die eigene Ausbildung, für den Verkehr der Funkamateure untereinander, für die Durchführung von Not- und Katastrophenfunkverkehr und für technische Studien betrieben wird.“* (Telekommunikationsgesetz 2021, S. 11)

2.2.13 Notfunk- und Katastrophenfunkverkehr

In der TKG wird der Abschnitt des Notfunk- und Katastrophenfunkverkehr abgegrenzt in die zwei zuvor erwähnten Bereiche.

„Der Notfunkverkehr ist die Übermittlung von Nachrichten zwischen einer Funkstelle, die selbst in Not ist oder an einem Notfall beteiligt oder Zeuge des Notfalles ist, und einer oder mehreren Hilfe leistenden Funkstellen...“ (Telekommunikationsgesetz 2021, S. 86)

„Katastrophenfunkverkehr ist die Übermittlung von Nachrichten, die den nationalen oder internationalen Hilfeleistungsverkehr betreffen, zwischen Funkstellen innerhalb eines Katastrophengebietes sowie zwischen einer Funkstelle im Katastrophengebiet und Hilfe leistenden Organisationen“. (Telekommunikationsgesetz 2021, S. 87)

Im Bereich der staatlich geprüften Funker (Amateurfunker) stehen nachfolgenden analoge und digitalen Frequenzen für den Notfunk-Sprachverkehr zu Verfügung. Hierbei ist zu beachten, dass im digitalen Bereich eher von Talkgroup [TG] gesprochen wird.

Notfunk Frequenzen Amateurfunk

Band	Frequenz	Mhz	Betriebsart	Wo
160m	1,873	Mhz	LSB	DACH
80m	3,643	Mhz	LSB	DACH
	3,760	Mhz	LSB	IARU Region 1
40m	7,085	Mhz	LSB	DACH
	7,110	Mhz	LSB	IARU Region 1
30m	10,138	Mhz	USB	DACH
20m	14,180	Mhz	USB	DACH
	14,300	Mhz	USB	IARU-Region 1,2 und 3
17m	18,160	Mhz	USB	IARU-Region 1,2 und 3
15m	21,360	Mhz	USB	IARU-Region 1,2 und 3
11m	27,065	Mhz	AM/FM/SSB	weltweit CB-Funk Kanal 9
10m	28,238	Mhz	USB	DACH
6m	51,950	Mhz	FM	
2m	144,260	Mhz	USB	Empfehlung im 2m-Band
	145,500	Mhz	FM	(S20) – (mobil) Anruf
	145,525	Mhz	FM	(S21)
	145,550	Mhz	FM	(S22)
70cm	433,500	Mhz	FM	Anruf weltweit
	434,000	Mhz	FM	DACH

(C) by www.DL2FBO.de

Figure 28: Darstellung-Notfunkfrequenzen_AFU-DL2FBO (Amateurfunk by DL2FBO 2024)

Am Beispiel des Brandmeisternetzwerkes werden die Sprechgruppe TG 9911 – EMCOM US; TG 9112 – EMCOM EU zur Notkommunikation bereitgestellt. (vgl. Brandmeister-Netzwerk 2016)

Auf Anordnung von Behörden werden im Ereignisfall auch bestimmte Frequenzen reserviert bzw. freigehalten.

2.2.14 Netzwerke

Ein Netzwerk ist eine Verbindungsstruktur zwischen technischen Geräten wie zb Computern, die dem Datenaustausch und der Kommunikation dient. Die technische Umsetzung erfolgt dabei über verschiedene Medien wie Telefonleitungen, spezielle Netzwerkkarten, Glasfaserkabel oder drahtlose Übertragungswege. Die Kommunikation wird durch Netzwerkprotokolle geregelt, die entweder herstellerabhängig oder - wie TCP/IP - offen und weit verbreitet sind. Die Anwendungsbereiche erstrecken sich vom einfachen Datenaustausch bis hin zu komplexen verteilten Systemen und der gemeinsamen Nutzung von Ressourcen. (vgl. Kersken 2017, S. 179–180)

2.2.15 Sender und Empfänger

Watzlawick beschreibt in seiner wissenschaftlichen Abhandlung zur menschlichen Kommunikation die Informationsübermittlung, das sowohl verbale als auch nonverbale Komponenten beinhaltet. Im Zentrum seiner Analyse steht die Sender-Empfänger-Beziehung sowie die komplexen Prozesse der Nachrichtenübermittlung. Diese umfassen die Codierung der Information, die Wahl der Kommunikationskanäle sowie deren Kapazitätsgrenzen. Dabei berücksichtigt er potenzielle Störfaktoren wie kommunikatives Rauschen, Codierung und die

Kapazitäten. Er betont die Relevanz der korrekten Encodierung durch den Sender sowie der präzisen Decodierung durch den Empfänger als essentielle Elemente erfolgreicher Kommunikation als Informationsübertragungsvorgang. (vgl. Watzlawick et al. 2017, S. 13–25) Hingegen in der technischen Kommunikation basiert der grundlegende Datenaustausch zwischen Sender und Empfänger auf der Interpretation von Energieimpulsen, wobei diese als digitale Informationen codiert werden. Die übertragenen Daten durchlaufen beim Sender mehrere Schichten nach unten, wobei jede Schicht spezifische Zusatzinformationen hinzufügt, bevor sie über die physikalische Verbindung zum Empfänger gelangen. Auf der Empfängerseite werden die Daten wieder schichtweise nach oben weitergeleitet, wobei jede Schicht nur die für sie relevanten Informationen auswertet und die Weiterleitung an die nächsthöhere Schicht regelt, wodurch eine virtuelle Verbindung zwischen den korrespondierenden Schichten entsteht. (vgl. Kersken 2017, S. 193–194)

2.2.16 Drahtgebunden Netze

Drahtgebundene Kommunikation bezeichnet die Datenübertragung über physische Leitungen wie Kupfer-, Glasfaser- oder Koaxialkabel und wird in Netzwerken, Telekommunikation sowie industriellen Anwendungen eingesetzt. Lokale Netzwerke (LAN) verbinden Recheneinheiten (Personal Computer, Peripherie) in räumlicher Nähe, von einfachen Punkt-zu-Punkt-Verbindungen bis hin zu großen Firmen- oder Campusnetzwerken. Diese Netze sind technisch auf eine bestimmte geografische Ausdehnung und Rechneranzahl begrenzt, was zur Entwicklung unterschiedlicher LAN-Technologien führte. Um Kompatibilität sicherzustellen, wurden Standards unter der IEEE²⁸-Organisation geschaffen. Ethernet (Star-Topologie) und Token Ring sind bekannte kabelgebundene LAN-Technologien. Im Fokus stehen Protokollmechanismen, Adressverwaltung. (vgl. Meinel 2012, S. 141)

2.2.17 Drahtlose Netze

Die Geschichte der drahtlosen Kommunikation reicht bis zu Marconis Erfindung der drahtlosen Telegrafie zurück, die als erste Anwendung bereits digitale Datenübertragung mittels des binären Morsealphabets nutzte. Im modernen Netzwerkbereich gewinnen drahtlose Technologien wie Funk, Mikrowellen, Satellit und Infrarot zunehmend an Bedeutung und finden immer breitere Anwendung. Die moderne drahtlose Datenübertragung nutzt das Frequency-Hopping-Verfahren²⁹, bei dem Funkwellen über mehrere, schnell wechselnde Frequenzen übertragen werden, was die Störanfälligkeit im Vergleich zur Einzelfrequenznutzung deutlich reduziert. (vgl. Kersken 2017, S. 211–213)

2.2.18 Staatliche Systeme

Das staatliche System Österreichs ist als föderale Republik, die auf demokratischen und rechtsstaatlichen Prinzipien der Verfassung von 1920 aufbaut und sich in neun Bundesländer gliedert. Die staatliche Ordnung folgt dem klassischen Gewaltenteilungsprinzip zwischen Exekutive, Legislative und Judikative, wobei das zweigeteilte Parlament und die Landesregierungen die verschiedenen Verwaltungsebenen repräsentieren. Als neutraler

²⁸ Institute of Electrical and Electronics Engineers

²⁹ Hedy Lamarr (eigentlich Hedwig Eva Maria Kiesler; * 9. November 1914 in Wien, Österreich-Ungarn; † 19. Jänner 2000 in Casselberry, Florida, USA) war eine österreichisch-amerikanische Filmschauspielerin und Erfinderin.

Staat seit 1955 und EU-Mitglied seit 1995 wird die Verfassungsmäßigkeit des staatlichen Handelns durch den unabhängigen Verfassungsgerichtshof überwacht. (vgl. Bundes-Verfassungsgesetz 2025, S. 4–11)

2.2.19 Betriebsarten

Im Bereich des staatlich geprüften Funkamateurdienstes stehen eine Reihe von unterschiedlichen Betriebsarten auf den Funkbänder zur Verfügung die in nachfolgender Abbildung (Figure 29) nicht endlich zusammengefasst dargestellt sind.

Anwendung	Bezeichnung	Hinweise
Sprechfunk	AM	kaum verwendet
	FM	im VHF/UHF-Bereich gebräuchlich, auch im 10-m-Band
	SSB	KW, VHF, UHF
	DMR	VHF seltener, UHF
	C4FM	VHF seltener, UHF
	D-Star	VHF seltener, UHF
	FreeDV	KW, 700 Hz Bandbreite!
Morsetelegrafie	CW	KW, VHF, UHF
Funkfernreiben	RTTY	KW, VHF, selten UHF
Fax	FAX	KW, VHF, selten UHF
Fernsehen	ATV	UHF
Schmalbandfernsehen	SSTV	KW, VHF, selten UHF
Packet Radio	PR	VHF, UHF
HAMNET	HAMNET	2,4 GHz und 5 GHz
Textübertragung	PSK31	KW
Paketorientiertes Fernreiben	PACTOR	KW, fehlerkorrigierend
Textübertragung	FT-8	KW, auch VHF, UHF, sehr schmalbandig
Textübertragung	FT-4	KW, auch VHF, UHF

Figure 29: Übersicht über Betriebsarten und deren Anwendungen (Zisler und Lauterbach 2024, S. 372)

2.2.20 Frequenzabschnitte bzw. -Bänder

Die Frequenzzuordnung im internationalen Amateurfunkdienst folgt einer systematischen Segmentierung der zugewiesenen Frequenzbänder, wobei die Bandbreite der jeweiligen Sendart als primäres Strukturierungskriterium dient und sich in einer hierarchischen Anordnung von Telegrafie (CW) über digitale Übertragungsmodi bis hin zu Sprachübertragungen wie Single-Side-Band (SSB) veranschaulicht. Die standardisierte Bandorganisation findet ihre Anwendung sowohl in den klassischen Kurzwellenbereichen, als auch in den höherfrequenten UKW- und UHF-Spektren. Die Effektivität der Funkübertragung in den verschiedenen Amateurfunkbändern unterliegt dabei multipler Einflussfaktoren, wobei insbesondere die Wellenlängencharakteristik, solare Aktivitäten, meteorologische Bedingungen die Ausbreitungscharakteristika beeinflussen. (vgl. Zisler und Lauterbach 2024, S. 43)

2.2.21 Kurzwelle

Die Kurzwelle bezeichnet elektromagnetische Wellen im Frequenzbereich von 3 bis 30 Megahertz, was Wellenlängen zwischen 10 und 100 Metern entspricht. Diese Frequenzen haben die besondere Eigenschaft, dass sie an der Ionosphäre reflektiert werden können, wodurch Übertragungen über sehr große Entfernungen (interkontinental) möglich sind. Die

Ausbreitungsbedingungen von Kurzwellen sind stark von Tageszeit, Jahreszeit und Sonnenaktivität abhängig, da diese Faktoren die Beschaffenheit der Ionosphäre beeinflussen. Kurzwellen werden hauptsächlich für internationalen Rundfunk, Amateurfunk, militärische Kommunikation und Seefunk eingesetzt. Trotz modernerer Kommunikationstechnologien bleibt die Kurzwelle aufgrund ihrer Unabhängigkeit von Infrastruktur und globaler Reichweite besonders in Krisensituationen relevant. (vgl. Zisler und Lauterbach 2024, S. 561–568)

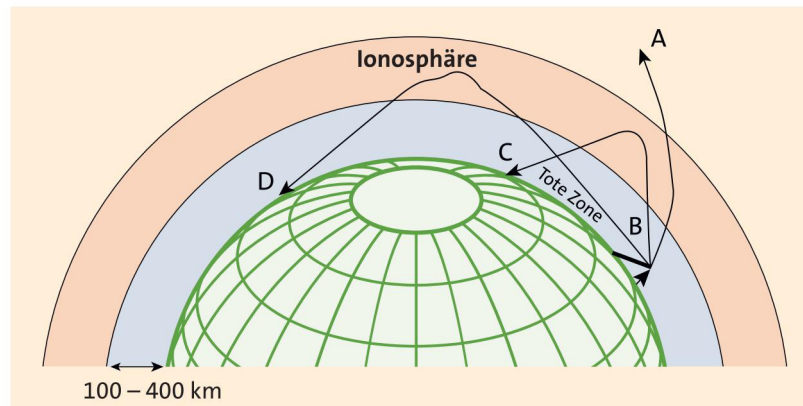


Figure 30: Die Ionosphäre und Kurzwellenausbreitung (Zisler und Lauterbach 2024, S. 562)

"Vom Sender aus macht sich die hochfrequente Energie auf den Weg:

- *Der Strahl A ist zu steil oder die maximal nutzbare Frequenz (MUF) liegt zu tief und geht somit in die unendliche Weite des Weltalls.*
- *Der Strahl B zeigt die kurze Bodenwellenausbreitung.*
- *Der Strahl C zeigt eine Verbindung im Bereich um die 2.000 km.*

Das Auftreffen eines Signals nennt man Skip, die Distanz zwischen dem Sender und dem erstmaligen Auftreffen Sprungentfernung. Das Ende des Strahls C auf der Erde entspricht hier dem ersten Skip. Zwischen dem Auftreffen von B und C auf der Erde liegt die tote Zone. Sie kann mit der verwendeten Frequenz nicht erreicht werden, auch nicht mit höchster Sendeleistung. Das Auftreffen des Strahls D auf der Erdoberfläche kennzeichnet den zweiten Skip. Es ist auch möglich, dass die Funkwellen auf die Erde zurückfallen, z. B. über Wasseroberflächen erneut zur Ionosphäre reflektiert werden und ihren Weg um die Erde fortsetzen." (Zisler und Lauterbach 2024, S. 562)

2.2.22 Ultrakurzwelle (UKW)

Die Ultrakurzwelle (UKW) bezeichnet elektromagnetische Wellen im Frequenzbereich von 30 bis 300 Megahertz, was Wellenlängen zwischen 1 und 10 Metern entspricht. Im Gegensatz zur Kurzwelle breiten sich UKW-Signale hauptsächlich geradlinig (quasi-optisch) aus und werden nicht von der Ionosphäre reflektiert, wodurch ihre Reichweite meist auf den Horizont begrenzt ist. UKW-Signale weisen eine hohe Störfestigkeit auf, weshalb sie bevorzugt für den lokalen und regionalen UKW-Hörfunk sowie für Fernsehübertragungen verwendet werden. Durch ihre relative Unempfindlichkeit gegenüber atmosphärischen Störungen bieten Ultrakurzwellen eine zuverlässige Kommunikation innerhalb ihres Abdeckungsbereichs. (vgl. Zisler und Lauterbach 2024, S. 569)

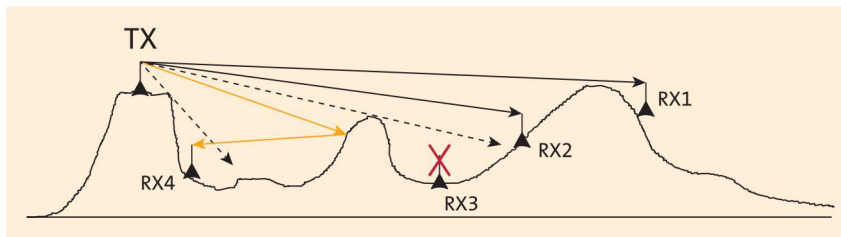


Figure 31: Wellenausbreitung im VHF- und UHF-Bereich (Zisler und Lauterbach 2024, S. 569)

Die Abbildung (Figure 31) zuvor zeigt, dass die Funkwellenausbreitung oberhalb von 30 MHz stark von topografischen Gegebenheiten und Bebauung abhängig ist. Anhand mehrerer Empfangsszenarien wird dargestellt, wie die Verbindung von TX zu RX1 über den optischen Horizont hinausgeht, während die Verbindung von TX zu RX2 mit ungehinderter Sichtlinie optimale Verbindungen ermöglicht. Im Gegensatz dazu kann RX3 nicht erreicht werden, da er durch einen Berg abgeschattet wird. Daher wird ersichtlich, dass für solche abgeschatteten Bereiche eine bestimmte Mindesthöhe notwendig ist, um Verbindungen herzustellen. Gemäß der Abbildung können verschiedene Objekte einschließlich Berge und Gebäude, die UKW-Funkwellen (VHF- und UHF) reflektieren und dadurch Verbindungen auch ohne direkte Sichtlinie ermöglichen. Als Range Extender werden Relaisfunkstellen und Satelliten zur Reichweitenerweiterung sowohl im Amateurfunk als auch bei anderen Funkanwendungen verwendet. (vgl. Zisler und Lauterbach 2024, S. 569–570)

2.2.23 Long Rang Technologie

Die Entwicklung der LoRa-Technologie (Long Rang) lässt sich auf das Jahr 2009 zurückführen, als die französischen Entwickler Sornin und Seller die Vision einer energieeffizienten Langstrecken-Modulationstechnologie hatten und sich auf die Entwicklung von drahtlosen Kommunikationsfunktionen für Messgeräte mittels Chirp Spread Spectrum (CSS) fokussierte. Im Jahre 2012 erfolgte die technische Weiterentwicklung der Chips sowie die Entwicklung des proprietären MAC-Protokolls "LoRaMAC", das die fundamentale Basis für das spätere LoRaWAN-Protokoll bildete. Es erfolgte im Jahre 2015 die Standardisierung und globale Verbreitung der Technologie. Die kontinuierliche Weiterentwicklung der Technologie konzentrierte sich auf die IoT-Lösungsentwicklungsprozesse. Die Verwendung der CSS-Technologie, die bereits in maritimen und aeronautischen Anwendungen sowie im Tierreich vorzufinden war, stellte in der Datenkommunikation eine zentrale Rolle dar. (vgl. Slats 2020, S. 2) LoRa ist eine Übertragungstechnik der ersten OSI-Schicht, die trotz niedriger Sendeleistung von 27 mW durch Breitbandübertragung im 433- oder 868-MHz-Bereich beachtliche Reichweiten erzielt. Bei direkter Sichtverbindung seien Distanzen von bis zu 200 km möglich, wobei mit Meshtastic bereits 166 km nachgewiesen wurden. Daher eignen sich LoRa-Anwendungen besonders für IoT im städtischen Bereich und ermöglichen durch Infrastrukturen wie LoRaWAN die Anbindung von Geräten ans Internet über die letzte Meile. (vgl. Fischer 2023, S. 21)

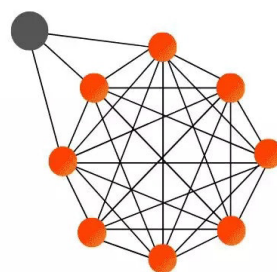
2.2.24 Long Rang World Area Network

Die LoRaWAN-Technologie ist ein Kommunikationssystem für das Internet der Dinge, das besonders durch seine Fähigkeit zur Überbrückung großer Distanzen bei gleichzeitig geringem Energieverbrauch überzeugt. Die grundlegende Infrastruktur basiert auf einem

dreistufigen System, bestehend aus den Endgeräten zur Datenerfassung, strategisch platzierten Gateways zur Signalweiterleitung und einem zentralen Server zur Datenverarbeitung und -verteilung. Für die Signalübertragung werden je nach geografischer Region unterschiedliche Frequenzbänder genutzt, wobei in Europa vorwiegend das 868-MHz-Band zum Einsatz kommt, dass sich durch besonders gute Ausbreitungseigenschaften auszeichnet. Im Vergleich zu anderen drahtlosen Technologien ermöglicht LoRaWAN eine deutlich größere Reichweite bei geringerer Bandbreite, was die Technologie besonders für Anwendungen wie Umweltüberwachung oder Objektverfolgung (zb Tierverfolgung) prädestiniert. Die Integration der LoRa-Funktechnologie in das LoRaWAN-Netzwerkprotokoll schafft dabei die Grundlage für eine zuverlässige und sichere Kommunikation zwischen den verschiedenen IoT-Geräten und der zentralen Datenverarbeitung. (vgl. USKA 2025, S. 2–5)

2.2.25 Mesh-Netzwerke (Wireless)

Ein Mesh-Netzwerk besitzt eine dezentrale Netzwerkarchitektur, bei der mehrere Knotenpunkte gleichberechtigt miteinander verbunden sind und sowohl als Sender als auch als Empfänger darstellen. Die Besonderheit liegt in der Selbstorganisation und -konfiguration des Netzwerks, wodurch bei Ausfall einzelner Knoten alternative Datenwege genutzt werden können. Dies erhöht die Ausfallsicherheit und verbessert die Lastverteilung. Die Implementierung kann sowohl drahtgebunden als auch drahtlos erfolgen, wie beispielsweise bei Mesh-WLAN-Systemen im Heimbereich, die eine nahtlose WLAN-Abdeckung unter einem einzigen Netzwerknamen ermöglichen. Allerdings erfordert die Umsetzung, besonders bei größeren Netzwerken, eine sorgfältige Planung für eine effiziente Verwaltung der Netzwerkknoten und -verbindungen. (vgl. Esfahani 2022, S. 12–21)



Mesh Topology

Figure 32: Datenerfassungssysteme (Datenerfassungssysteme (DAQ) und Lösungen 2023, S. 2)

Der englische Begriff Mesh beschreibt ein Netz oder ein Geflecht. Dementsprechend handelt es sich bei einem Mesh-Netzwerk um ein netzartiges oder verflechtes Netzwerk. Dieses steht einer klaren Struktur, wie Stern, Baum oder Ring gegenüber. Man spricht auch von einer vermaschten Topologie. Es existiert also keine wohldefinierte Struktur. Jeder Knoten kann mit jedem anderen, aber auch nur mit einem einzigen anderen Knoten verbunden sein. Häufig werden diese Netzwerke auch als Ad-Hoc-Netzwerk bezeichnet. (vgl. Fischer 2023, S. 21)

2.2.26 Meshtastic®

Meshtastic® ist ein Open-Source-Projekt³⁰, das die Nutzung kostengünstiger LoRa-Funkgeräte als Plattform für langfristige, netzunabhängige Kommunikation ermöglicht. Das Hauptziel des Projekts besteht darin, eine dezentrale Kommunikation ohne den Bedarf an bestehender Infrastruktur bereitzustellen. Die Entwicklung von Meshtastic® wird vollständig von einer engagierten Community vorangetrieben. Mit Meshtastic® können Benutzer Textnachrichten senden und empfangen sowie GPS-basierte Standortdaten austauschen, was besonders in Gebieten ohne zuverlässige Kommunikationsinfrastruktur von Vorteil ist. Die Geräte zeichnen sich durch eine hervorragende Batterielaufzeit aus und unterstützen verschlüsselte Kommunikation, um die Sicherheit der übertragenen Daten zu gewährleisten. Werden die Endgeräte mit einer staatlich geprüften Funkkennung (z.B. Amateurfunkrufzeichen) betrieben, kann die Sendeleistung erhöht werden, jedoch entfällt die verschlüsselte Kommunikation. (vgl. *Introduction - Meshtastic 2024*, S. 1–3)

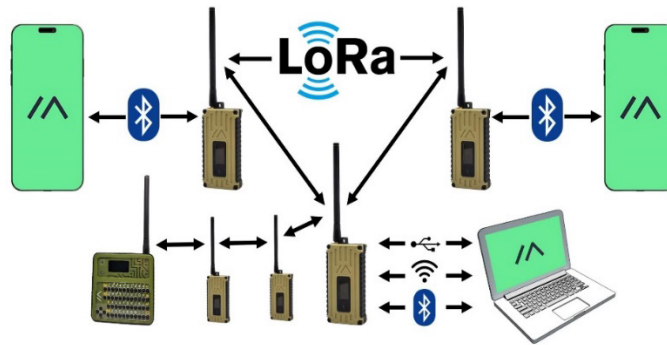


Figure 33: Meshtastic - Kommunikation über LoRa und Endgeräte (*Introduction - Meshtastic 2024*)

2.2.27 Highspeed Amateurradio Multimedia NETWORK

Das Highspeed Amateurradio Multimedia NETWORK (HAMNET) ist eine autonome, TCP/IP-basierte Netzwerkinfrastruktur des Amateurfunkdienstes. Es bietet eine Richtfunknetzwerkarchitektur, bei der Sektor- und Rundstrahlantennen an spezifischen Netzwerkknoten eine benutzerorientierte Zugangstopologie ermöglichen. Das Netzwerk arbeitet autark, ohne Verbindung zum Internet, erlaubt jedoch an bestimmten Punkten lizenzierte VPN-Verbindungen für Funkamateure. Verschlüsselungstechnologien sind aufgrund der Regelung zur „offenen Sprache“ im Amateurfunkverkehr nicht zulässig. Die technische Infrastruktur umfasst Richtfunkstrecken im 6-cm-Band sowie Endnutterzugänge im 13-cm-Band (2,3–2,4 GHz) und 70-cm-Band. Hierbei kommt modifizierte WLAN-Hardware zum Einsatz, die eine Verbindung auch für weiter entfernte Stationen ermöglicht. Darüber hinaus integriert das HAMNET analoge und digitale Relaisfunkstellen, Packet-Radio-Mailboxen sowie Digipeater und bietet Zugang zu Diensten wie Webservern und E-Mails. (vgl. Zisler und Lauterbach 2024, S. 751) Das HAMNET eröffnet experimentierfreudigen Funkamateuren ein breites Betätigungsfeld. Es eignet sich besonders für Funkexperimente und Hochgeschwindigkeits-Datenübertragungen im Frequenzspektrum ab 2,4 GHz. Der Einstieg ist mit minimalem Aufwand realisierbar, da die notwendigen Geräte kostengünstig

³⁰ GNU General Public License v3.0

sind und kompakte Antennen eine einfache Installation ermöglichen. (vgl. ÖVSV 2025, S. 2)
In der nachfolgenden Abbildung (Figure 34) sind exemplarisch am Beispiel von Niederösterreich Zugangs und Knotenpunkte des HAMNET ersichtlich.

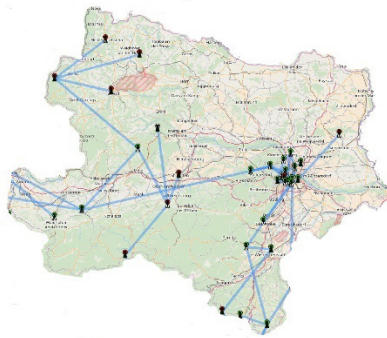


Figure 34: HAMNET in Niederösterreich (ÖVSV 2025, S. 1)

Die geografische Verteilung der HAMNET-Infrastrukturknoten im deutschsprachigen Raum Zentraleuropas (siehe nachfolgende Abbildungen Figure 35 und Figure 36) generiert eine sekundäre Netzwerkarchitektur, die eine strukturelle Redundanz zu bestehenden behördlichen und öffentlichen Kommunikationsnetzen etabliert. Die Realisierung dieser Konnektivität setzt jedoch die Implementierung spezifischer Schnittstellenknoten (Interconnection-Nodes) auf der Seite der öffentlichen Infrastruktur voraus.

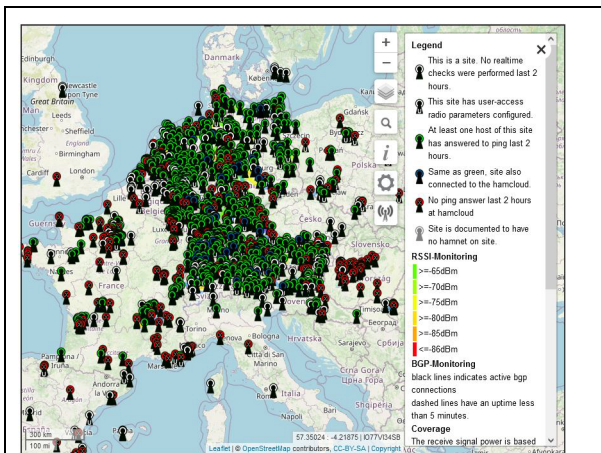


Figure 35: HAMNET - EUROPA (Radlherr 2025, S. 1)

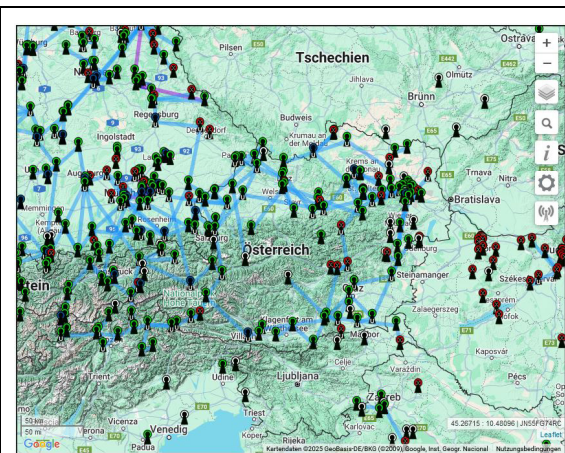


Figure 36: HAMNET - Österreich_Google_geoBasis (Radlherr 2025, S. 1)

2.2.28 Redundanz und seine Unterformen

Redundanz beschreibt die Bereitstellung zusätzlicher Kapazitäten zur Absicherung gegen Ausfälle und existiert in verschiedenen Formen, etwa als Betriebs-, Wartungs- oder geographische Redundanz. Modularität ermöglicht eine effizientere Ressourcennutzung durch kleinere, parallel arbeitende Einheiten, wodurch Überkapazitäten reduziert und die Systemverfügbarkeit erhöht werden. Skalierbarkeit bezeichnet die Fähigkeit eines Systems, durch die einfache Integration zusätzlicher Komponenten ansteigende Anforderungen angepasst zu werden, ohne den laufenden Betrieb wesentlich zu beeinträchtigen. Trotz der mit diesen Prinzipien verbundenen Kosten sind sie unverzichtbare Bestandteile moderner, ausfallsicherer Infrastrukturen. (vgl. BSI 2018)

2.2.29 Packet Radio und Automatic Packet Reporting System

Das Packet Radio entwickelte sich als bedeutende Kommunikationstechnologie während der späten 1980er- und frühen 1990er-Jahre. Dabei erfolgte die Verbindung zwischen Funkgerät und Computer mittels eines Terminal Node Controllers (TNC), welcher die AFSK-Töne (Audio Frequency Shift Keying) für Datenübertragungen mit 1200 Baud³¹ erzeugte und demodulierte. Die Übertragung basierte primär auf FM-Funkgeräten in den Frequenzbereichen von 2m und 70 cm. Das der Technologie zugrunde liegende AX.25³²-Protokoll stellte eine modifizierte Version des X.25³³-Paketübertragungsprotokolls dar und ermöglichte eine komplexe Adressierung mit Absender- und Empfängerrufzeichen. Das Protokoll erlaubte zudem die Zwischenvermittlung über bis zu acht Stationen, wodurch Funkverbindungen auch ohne direkte Verbindung mittels sogenannter Digipeater realisiert werden konnten. Die Digipeater hatten dabei die Funktion, Adressdaten zu modifizieren und Datenpakete von bis zu 256 Byte unverändert weiterzuleiten. Die Weiterentwicklung führte schließlich zum Automatic Packet Reporting System (APRS), dass die Möglichkeiten des Packet Radio erweiterte und insbesondere die Übertragung mit 9600 Baud ermöglichte. Diese höhere Übertragungsrate erforderte allerdings spezielle technische Anpassungen, wie direkte Signaleinspeisung vor dem FM-Modulator oder -Demodulator, um die Bandbreitenbeschränkungen traditioneller Funkgeräte zu überwinden. (vgl. Zisler und Lauterbach 2024, S. 750–751)

2.2.30 Sprechverkehr (Allgemein)

Der Sprachdienst oder Sprechverkehr (auch Sprechfunk genannt) bezeichnet eine Kommunikationsform zur Informationsübertragung mittels verbaler Sprache zwischen einem Sender und einem Empfänger. Im Kontext der Sprachdienste wird zwischen Einzel- und Gruppenkommunikation differenziert. Die Einzelkommunikation beschränkt sich ausschließlich auf den Informationsaustausch zwischen zwei Teilnehmern. Demgegenüber ist die Gruppenkommunikation eine Multi-Akteur basierte Kommunikationsmethode zum Informationsaustausch. (vgl. Kohlhammer 2019, S. 8–10)

2.2.31 Analog- und Digitalfunk

Im Bereich der Funkübertragung wird zwischen dem Analog- und dem Digitalfunk unterschieden. Während beide Technologien der drahtlosen Kommunikation dienen, unterscheiden sie sich grundlegend in ihrer Signalverarbeitung, Leistungsfähigkeit und Anwendungsgebieten.

Analogfunk basiert auf der kontinuierlichen Übertragung von elektromagnetischen Wellen, wodurch Sprachsignale (AM, FM, SSB, CW) direkt gesendet werden. Dies führt oft zu einer robusteren Verbindung bei schlechten Empfangsbedingungen, jedoch leidet die Sprachqualität durch Störungen und Rauschen. Zudem bietet Analogfunk keine native Verschlüsselung, was die Abhörsicherheit verringert. Trotz

³¹ Einheit für die Symbolrate (Schrittgeschwindigkeit) - 1 Baud ist die Geschwindigkeit, wenn 1 Symbol pro Sekunde übertragen wird.

³² Ist ein von der ITU-T standardisiertes Protokoll für WANs über das Telefonnetz. Es umfasst die ersten drei Schichten des OSI-Modells und wird international als paketvermittelter Netzaustausch, häufig von Telefongesellschaften. In DACH-Region ist es unter dem Namen Datex-P bekannt.

³³ Weiterentwicklung des X.25 Protokolls speziell für den Amateurfunk (AX.25)

dieser Nachteile wird er in bestimmten Bereichen weiterhin genutzt, insbesondere dort, wo einfache, kostengünstige Kommunikationslösungen ohne komplexe Infrastruktur gefragt sind. (vgl. Zisler und Lauterbach 2024, S. 353–369)

Digitalfunk ist eine Form der drahtlosen Kommunikation, die digitale Signalverarbeitung nutzt, um Sprach- und Datenübertragung zu optimieren. Dabei werden analoge Sprachsignale digitalisiert und anschließend als komprimierte Datenpakete versendet, wodurch eine effizientere Frequenznutzung erreicht und optional eine Verschlüsselung angewendet werden kann. Digitalfunk ermöglicht zudem zusätzliche Funktionen wie Gruppenrufe, Priorisierung von Notrufen und integrierte Datenübertragung, was insbesondere für (BOS) von Vorteil ist. Bekannte Standards sind TETRA und DMR (Digital Mobile Radio). (vgl. Zisler und Lauterbach 2024, S. 735–750)

Der direkte Vergleich beider Technologien zeigt, dass Digitalfunk in Funktionalität und Verschlüsselung überlegen ist, während Analogfunk durch geringere Latenzzeiten und seine zuverlässige Übertragung unter extremen Bedingungen punktet. Während Digitalfunk zunehmend den Analogfunk ablöst, jedoch eine im Hintergrund notwendige Infrastruktur benötigt, bleibt der Analogfunk in spezifischen Anwendungsfällen weiterhin relevant.

2.2.32 Kommunikation zwischen Professionalität und Bürgerpflicht

Der Amateurfunkdienst, der als offiziell anerkannter Funkdienst eine wichtige Rolle bei Katastropheneinsätzen spielt, erfordert von seinen aktiven Teilnehmern ein Amateurfunkzeugnis sowie ein einzigartiges Rufzeichen, wobei ihre Übertragungen grundsätzlich öffentlich empfangbar sind. (vgl. Zisler und Lauterbach 2024, S. 30)

Sendart	Hinweise
Sprechfunk: AM	<i>Amplitudenmodulation</i> , im Amateurfunk nicht mehr gebräuchlich
Sprechfunk: FM	<i>Frequenzmodulation</i> , ab dem 10-m-Band
Sprechfunk: SSB/LSB/USB	Einseitenbandmodulation (<i>Single Sideband/Lower Sideband/Upper Sideband</i>), effektive Sendart, auf fast allen Bändern eingesetzt

Figure 37: Analoge Sendarten (Zisler und Lauterbach 2024, S. 40)

2.2.33 Die W-Fragen

Bereits in der Literatur zur Forschung finden sich die „W-Fragen“ - Was ist passiert? Wie hat es sich ereignet? Warum, ist es passiert? Wo ist es geschehen? Wer ist beteiligt? – wieder. Diese W-Fragen, welche nicht nur zur wissenschaftlichen Forschung, sondern auch im Rahmen der Hilfeleistung von Einsatzkräften herangezogen werden. Da es sich hierbei um offene Fragestellungen handelt, mit der systematisch eingegrenzt werden kann. In dieser Arbeit ist diese Thematik vor allem im Bereich der Datenübertragung von Relevanz, da die präzise Informationserfassung und -übermittlung einen entscheidenden Einfluss auf die Effizienz von Kommunikationssystemen hat. Die systematische Anwendung der W-Fragen ermöglicht eine strukturierte Datenerhebung, die insbesondere bei komplexen

Kommunikationsszenarien von zentraler Bedeutung ist. Sie dient nicht nur der Informationsreduktion und -verdichtung, sondern gewährleistet auch eine standardisierte Erfassung kritischer Kommunikationsparameter, die für die Analyse und Optimierung von Einsatzleitsystemen unerlässlich sind. Die Methodik der W-Fragen erweist sich somit als universelles Instrument zur Informationsgewinnung, das sowohl in der wissenschaftlichen Forschung als auch in praktischen Anwendungsfeldern wie der Notfallkommunikation und Datenfunkübertragung seine Wirksamkeit unter Beweis stellt. (vgl. Hug und Poscheschnik 2015, S. 46)

2.2.34 Ereignis

Die Ö-Norm 2304 - Integriertes Katastrophenmanagement definiert ein Ereignis als *"plötzlicher oder allmählicher Eintritt einer bestimmten Kombination von Umständen"*. (ÖNORM S 2304, S. 6)

2.2.35 Krise

Als eine Krise wird in der einschlägigen Norm nachfolgendes festgehalten.

"Die Krise ist eine Periode vorübergehender Destabilisierung eines Systems oder einer Organisation, verbunden mit beschleunigten bis umbruchartigen Veränderungen und erhöhter Unsicherheit." (ÖNORM S 2304)

2.2.36 Katastrophenmanagement

In der ÖNORM - Integriertes Katastrophenmanagement wird das Katastrophenmanagement wie folgt definiert.

"Gesamtheit aller aufeinander abgestimmten Maßnahmen in den Bereichen Katastrophenvermeidung, Katastrophenvorsorge, Katastrophenbewältigung und Wiederherstellung nach Katastrophen, einschließlich der laufenden Evaluierung der in diesen Bereichen getroffenen Maßnahmen." (ÖNORM S 2304, S. 11)



Figure 38: Regelkreis – Katastrophenmanagement mit Ereignis (BMI 2025a, S. 1)

Die wesentliche theoretische Grundlage in Bezug auf das Katastrophenmanagement ist der PDCA-Kreislauf nach Demming.³⁴

³⁴ William Edwards Deming US -Physiker und Statistiker (* 14. Oktober 1900 in Sioux City, Iowa; † 20. Dezember 1993 in Washington, D.C.)

„1. Planen (Plan): In dieser Phase wird der Prozess konzeptionell erarbeitet bzw. geplant. Offensichtliche Verbesserungspotenziale sollten hierbei bereits erkannt und in die Planung mit einbezogen werden.

2. Durchführen (Do): Die Durchführungsphase beinhaltet das Umsetzen des geplanten Prozesses. Mit möglichst einfachen Mitteln soll in dieser Phase der Prozess schnell realisiert werden, um schnelles Feedback zu generieren.

3. Kontrollieren (Check): Messung und Überprüfung des durchgeführten Prozesses.

4. Verbessern (Act): Optimierungspotenziale werden in dieser Phase aus den Messergebnissen abgeleitet und systematisch in die weitere Planung mit einbezogen. Sobald der Prozess als optimiert gilt, wird dieser als neuer Standard unternehmensweit eingesetzt.“ (Wagner und Patzak 2015, S. 38)

Der Risikomanagementprozess wird in der ÖNORM EN ISO 31000 "als systematische Anwendung von Managementgrundsätzen, -verfahren und –prozessen zur Kommunikation und Konsultation, zum Erstellen des Zusammenhangs sowie zur Identifikation, Analyse, Bewertung, Bewältigung, Überwachung und Überprüfung von Risiken" (ISO 31000, S. 7) definiert.

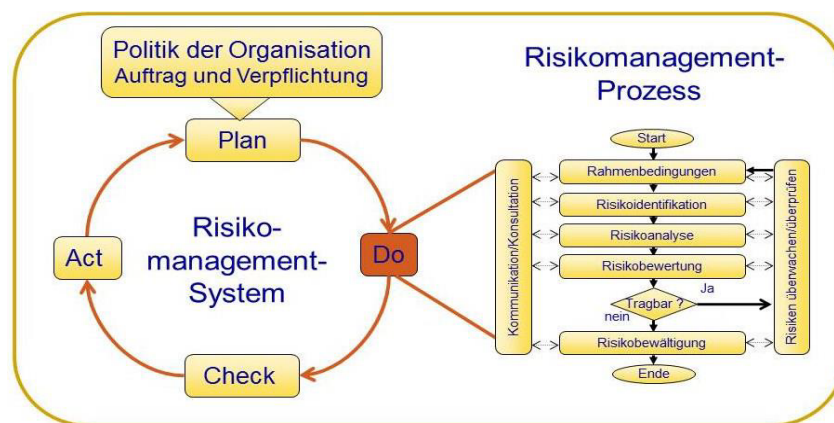


Figure 39: Risikomanagementprozess (ISO 31000, S. 19)

2.2.37 Gebrauchstauglichkeit (Usability)

Die Gebrauchstauglichkeit (Usability) beschreibt in der wissenschaftlichen Literatur und Normung die Effektivität, Effizienz und Zufriedenstellung, mit der ein Nutzer ein Produkt oder System verwenden kann, um ein definiertes Ziel in einem bestimmten Nutzungskontext zu erreichen. Die vier zentralen Begriffe die in der Norm dargelegt werden sind die Gebrauchstauglichkeit, Effektivität, Effizienz und die Zufriedenheit. (vgl. ISO 9241-11)

- Gebrauchstauglichkeit, ist das Ausmaß in den ein Produkt durch bestimmte Benutzer in einem bestimmten Nutzungskontext genutzt werden kann, um die erforderlichen Ziele (Prozess, Bedienbarkeit) effektiv, effizient und mit Zufriedenheit zu erreichen
- Die Effektivität beschreibt die Genauigkeit und Vollständigkeit, mit der die Benutzer ein bestimmtes Ziel erreichen
- Die Effizienz stellt das Verhältnis zur Genauigkeit und Vollständigkeit in Bezug mit dem eingesetzten Aufwand für die Benutzer

- Im Bereich der Zufriedenheit wird die Nutzung hinsichtlich der Beeinträchtigungsfreiheit sowie der Nutzungsakzeptanz festgehalten. (vgl. ISO 9241-11)

2.3 Resümee der technischen Bestandsaufnahme

Bezogen auf die technischen Grundlagen und zugehörigen Aspekten in dem zuvor erörterten Kapiteln kristallisieren sich nachfolgende technischen Systeme (Endgeräte) die auch für die zivile Bevölkerung als bidirektional Kommunikation bei Ausfall das standardisierte System nutzbar sind hervor.

Tabelle 1: Übersicht der Kommunikationsmittel (eigene Darstellung)

Kommunikationsmittel	Vorteile	Nachteile
Amateurfunk (staatlich geprüfter Funker)	Große Reichweite, verschiedene Betriebsarten, Analog - Digital (SSB, CW, FT8), weltweite Kommunikation möglich, Notfunk-Einsatzfähig	Amateurfunk-Lizenz erforderlich, komplexere Bedienung
APRS (Automatic Packet Reporting System)	Ermöglicht die Übertragung von Standort-, Wetter- und Nachrichteninformationen über Amateurfunk, gute Netzabdeckung durch Digipeater und I-Gates, weltweit nutzbar, effizient für Notfallkommunikation und Tracking	Amateurfunk-Lizenz erforderlich, begrenzte Datenrate, abhängig von bestehenden Digipeatern für größere Reichweiten, nicht für Sprachkommunikation geeignet
CB - Funk (Citizens Band)	Große Reichweite, keine Lizenz erforderlich, etablierte Nutzerbasis	Keine Verschlüsselung, anfällig für Störungen, begrenzte Anzahl an Kanälen, stark wetterabhängig
DMR (Digital Mobile Radio)	Gute Sprachqualität, hohe Reichweite, digitale Verschlüsselung möglich, große Nutzergemeinschaft	Lizenz erforderlich, teurere Geräte als PMR/CB, komplexere Bedienung
LoRa (Long Range Radio)	Sehr energieeffizient, große Reichweite (bis zu mehreren km), gute Durchdringung in Gebäuden	Geringe Datenrate, hohe Latenz, meist nur für Sensordaten oder Textnachrichten geeignet
Meshtastic	Dezentral, keine Infrastruktur erforderlich, große Reichweite (Überregional), verschlüsselte Kommunikation, energieeffizient, geeignet für Off-Grid-Kommunikation	Geringe Datenrate, anfällig für Überlastung, begrenzte Anzahl an Nutzern im Netzwerk, zurzeit max. 3-7 Hops, verursacht in größeren Netzwerken hohe Datenströme
PMR446	Lizenzfrei, kompakte Geräte, digitale und analoge Modi, gut für	Geringe Reichweite, anfällig für Störungen, keine externe Antenne möglich

	Kurzstreckenkommunikation (1-5km)	
Satellitenkommunikation (z.B. Iridium, Starlink, InReach)	Weltweite Abdeckung, hohe Zuverlässigkeit, funktioniert in entlegenen Gebieten	Spezielle Geräte und Nutzung, zumeist hohe Latenzzeiten, oft Abo-Gebühren
TETRA	Hohe Sicherheit, verschlüsselte Kommunikation, zuverlässige Infrastruktur, Gruppenkommunikation zurzeit wesentlichste Anwendung (Behörden- und Betriebsfunk)	Lizenzpflichtig, benötigt bestehende Infrastruktur, Geräteregistrierung im Netz

3 Methoden

Im Methodenabschnitt erfolgt die systematische Darlegung des Forschungsvorgehens sowie die Beschreibung der in der Masterarbeit angewandten wissenschaftlichen Erhebungs- und Analyseverfahren.

3.1 Allgemein

Unter Forschungsdesign und Forschungsmethode versteht man zentrale Elemente der Planung und Durchführung empirischer Forschungsvorhaben, die klar voneinander zu unterscheiden sind. Das Forschungsdesign beschreibt dabei die äußere Form und den methodologischen Rahmen einer Studie, welcher als Untersuchungsplan, Forschungsstrategie oder Forschungskonzeption bezeichnet werden kann. Es legt fest, wie die Forschungsfrage strukturell bearbeitet wird. Forschungsmethoden hingegen beziehen sich auf konkrete Verfahren zur Datenerhebung, -aufbereitung und -auswertung, die innerhalb des Forschungsdesigns zum Einsatz kommen. Verschiedene Forschungsdesigns bieten dabei je nach Forschungsziel spezifische Ansätze. Experimente eignen sich zur Überprüfung von Kausalzusammenhängen, Einzelfallanalysen für die detaillierte Untersuchung individueller Fälle und Surveys sowie Panels für breit angelegte Befragungen, die häufig in der Meinungsforschung verwendet werden. Feldstudien ermöglichen es, Forschungsobjekte in ihrer natürlichen Umgebung zu beobachten, während die Aktionsforschung das Ziel verfolgt, sowohl Erkenntnisse zu gewinnen als auch praktische Verbesserungen herbeizuführen. Evaluationsforschung prüft die Wirksamkeit spezifischer Interventionen, wohingegen die Dokumentenanalyse bestehende Datenquellen nutzt. Schließlich dienen Meta-Analysen dazu, durch die Zusammenführung mehrerer Studien fundiertere Schlussfolgerungen zu ziehen. (vgl. Hug und Poscheschnik 2015, S. 74–76)

3.2 Vier Standards der Wissenschaftlichkeit

Im Bereich human und sozial Wissenschaft existieren vier allgemeine Standards die gemäß der essentiellen Fachliteratur in allen Methoden der Forschung zum Einsatz gelangen.

Die prägende Formulierung eines wissenschaftlichen Forschungsproblems, erfordert den aktuellen Erkenntnisstand (Stand der Forschung) und muss empirisch untersuchbar sein. Der wissenschaftliche Forschungsprozess erforderte eine Strukturierung und systematische auf Phasen basierte Vorgehensweise. Die Legitimation erfolgt durch methodisches Vorgehen

und Referenzieren auf die elementare Fachliteratur. Daraus resultiert, dass die ausgewählte Methode zur Datenerhebung und Datenanalyse wissenschaftlichen Standards entsprechen muss. Die Wissenschaft verlangt ethische Regeln, wie die Forschungs- oder Wissenschaftsethik. Darunter ist der wohl ergehende Umgang mit Menschen, Tieren im Rahmen der Untersuchung zu verstehen. Des Weiteren ist auch ein Augenmerk auf die Technisierung, Globalisierung und die Diversität zu legen. Ein fundamentales Element ist die über den gesamten Forschungsprozess andauernde Dokumentation (Recherche, Datenbasis, Keywords, udgl.) zur validen und Transparenten Nachvollziehbarkeit der wissenschaftlich Gütekriterien und deren Replizierbarkeit. (vgl. Döring 2023, S. 83–84)

3.3 Empirische Forschungsmethoden

In der empirischen Sozialforschung existieren zwei fundamentale methodologische Paradigmen, die quantitative und die qualitative Forschung. Diese Ansätze unterscheiden sich grundlegend in ihren erkenntnistheoretischen Grundannahmen, Forschungszielen und methodischen Vorgehensweisen.

3.3.1 Quantitativ

Die quantitative Forschung orientiert sich am naturwissenschaftlichen Modell und verfolgt das Ziel, objektive, zuverlässige und valide Ergebnisse zu generieren. Ihr primäres Anliegen besteht darin, soziale Phänomene numerisch zu erfassen und statistische Zusammenhänge sichtbar zu machen. Dabei wird in der Regel mit standardisierten Erhebungsinstrumenten gearbeitet, wie etwa strukturierten Fragebögen, um die Vergleichbarkeit der Daten zu gewährleisten. Häufig kommen dabei Bewertungsskalen wie die Likert-Skala oder bipolare Skalen zum Einsatz, die graduelle Unterschiede in den Antworten quantifizierbar machen. Ein wesentliches Merkmal der quantitativen Forschung ist der Einsatz großer Stichproben, um die statistische Repräsentativität sicherzustellen und generalisierbare Aussagen über die untersuchte Population zu treffen. Die Analyse der erhobenen Daten erfolgt mithilfe komplexer statistischer Verfahren, darunter Regressions- oder Varianzanalysen, um Zusammenhänge zwischen Variablen zu quantifizieren und Muster zu erkennen. Ein weiterer zentraler Aspekt dieser Methode ist die Überprüfung vorab formulierter Hypothesen, die anhand empirischer Daten verifiziert oder falsifiziert werden. Die quantitative Forschung eignet sich besonders für die Untersuchung klar definierter Variablen und ihrer wechselseitigen Beziehungen. Sie ermöglicht es, aus den Ergebnissen Rückschlüsse auf größere Populationen zu ziehen, doch kann sie möglicherweise nicht die notwendige Tiefe bieten, um individuelle Erfahrungen oder komplexe soziale Phänomene umfassend zu erfassen. (vgl. Hug und Poscheschnik 2015, 96ff.)

3.3.2 Qualitativ

Die qualitative Forschung verfolgt das Ziel, gesellschaftliche Vorgänge in ihrer Tiefe zu verstehen und zu interpretieren. Im Gegensatz zur quantitativen Forschung betont sie die Subjektivität menschlicher Erfahrungen sowie die Kontextabhängigkeit Realitäten. Statt standardisierter Erhebungsinstrumente nutzt die qualitative Forschung offene und flexible Methoden wie semi-strukturierte Interviews oder teilnehmende Beobachtungen, um detaillierte Einblicke in die individuellen Perspektiven der Befragten zu gewinnen. Ein

zentrales Merkmal dieser Methodik ist die Durchführung von Experteninterviews, die tiefgehende Einsichten durch Gespräche mit Fachleuten ermöglichen. Im Fokus der qualitativen Forschung stehen häufig kleine Stichproben, die intensive Fallstudien ermöglichen. Die Datenauswertung erfolgt dabei durch interpretative Verfahren, wie etwa deutende- oder inhaltsanalytische Ansätze, die darauf abzielen, Bedeutungsschichten und Zusammenhänge innerhalb der Daten zu erschließen. Ein weiterer zentraler Aspekt der qualitativen Forschung ist die Theoriegenerierung. Anders als in der quantitativen Forschung, die Hypothesen prüft, entwickelt die qualitative Forschung neue theoretische Konzepte direkt aus den erhobenen Daten, etwa mithilfe der „Grounded-Theory“. Diese Methoden eignen sich besonders gut zur Erforschung komplexer Prozesse, subjektiver Bedeutungszuschreibungen und bisher wenig untersuchter Phänomene. Sie ermöglichen ein tiefes Verständnis spezifischer Kontexte, sind jedoch in ihrer Generalisierbarkeit eingeschränkt. (vgl. Hug und Poscheschnik 2015, 91ff.)

Zusammenfassend lässt sich festhalten, dass die Wahl zwischen quantitativen und qualitativen Methoden oder deren Kombination von der spezifischen Forschungsfrage, dem Untersuchungsgegenstand und dem angestrebten Erkenntnisgewinn abhängt. Beide Ansätze leisten wertvolle Beiträge zum wissenschaftlichen Erkenntnisprozess und zur Erforschung von sozialen Realitäten.

3.3.3 Literaturrecherche

Auf Grundlage einer systematischen Literaturrecherche wird der aktuelle Forschungsstand für das ausgewählte Themengebiet erfasst und einer kritischen Analyse unterzogen. Um den wissenschaftlichen Standard zu entsprechen wird eine wissenschaftliche Vorgehensweise angewandt. Durch die Selektion relevanter Datenbanken (zb Bibliotheken, ResearchGate,...) und unter der Verwendung von spezifischen Ein- und Ausschlusskriterien erfolgt der strukturierte Aufbau und die wissenschaftliche Auseinandersetzung. Im Zusammenhang mit der Recherche kommen primäre und sekundäre Suchbegriffe zum Einsatz. Im primären Schritt wird die Suche breit angelegt, um einen breitgefächerten Überblick über das Themengebiet zu gewährleisten. Im sekundären Schritt der eingrenzenden Recherche werden spezifische Schlagwörter und Filter in den unterschiedlichen Datenbanken angewandt. Mit dieser Methodik bzw. Vorgehensweise wird sichergestellt, dass sowohl inhaltliche als auch die thematische Breite der Literatúrauswahl gewährleistet wird. (vgl. Döring 2023, S. 159–161)

3.4 Methode der Rechtsanalyse

Im Kapitel der Rechtsgrundlage erfolgte die methodische Auswertung mithilfe der Anwendung der qualitativen Inhaltsanalyse, welche zuvor bereits ausführlich dargelegt wurde. Diese Methode ermöglicht eine systematische und nachvollziehbare Analyse rechtlicher Texte, indem zentrale Themen, Argumentationsmuster und normative Grundlagen herausgearbeitet werden. Durch die strukturierte Kategorisierung und Interpretation der Inhalte konnten fundierte Erkenntnisse über die rechtlichen Rahmenbedingungen gewonnen werden. (vgl. Larenz 1991, S. 133–186)

3.5 Methode der Anwenderbedienbarkeit

Die binäre Bewertungsmethode ist ein Verfahren zur Beurteilung eines Systems, bei dem ausschließlich zwei mögliche Bewertungen – meist „erfüllt“ oder „nicht erfüllt“ – vergeben werden. Diese Methode reduziert komplexe Analysen auf eine einfache „Ja oder Nein“-Entscheidung, wodurch sie eine schnelle und klare Einschätzung ermöglicht. (vgl. Döring 2023, S. 547)

3.6 Stand der Forschung

Eine fundierte Darstellung des Forschungsstandes ist ein unerlässlicher Bestandteil, um sich mit dem aktuellen Forschungsstand auseinanderzusetzen. Dabei wird zwischen explorativen, deskriptiven und explanativen Studien unterschieden. Explorative Studien fokussieren hierbei auf die Forschungslücken, während explanative auf der Ableitung von Hypothesen beruhen. Im Kontext der deskriptiven Forschung erfolgt die Analyse unter Einbezug der historischen Entwicklung sowie unter Identifikation zentraler Forschungselemente, um schlussendlich die kritische Auseinandersetzung zu beschreiben und zu dokumentieren. (vgl. Döring 2023, S. 163–164)

3.7 Sampling und Feldzugang

Im Rahmen der Konzeption einer empirischen Untersuchung stellen Sampling und Feldzugang zwei essentielle Komponenten dar, die maßgeblich die Qualität und Validität der Forschungsergebnisse beeinflussen. Diese Elemente sind integraler Bestandteil des Forschungsdesigns und bedürfen einer sorgfältigen Planung und Durchführung.

3.7.1 Sampling

Sampling bezieht sich auf die Auswahl von Personen, Gruppen, Daten oder Fällen, die in einer wissenschaftlichen Studie untersucht werden. Es umfasst die Methoden und Strategien, die verwendet werden, um eine Stichprobe aus einer größeren Population zu ziehen. Je nach Forschungsansatz und Zielsetzung können unterschiedliche Sampling-Methoden zum Einsatz kommen. (vgl. Flick et al. 2022, S. 144–145)

Im qualitativen Forschungsdesign liegt der Fokus weniger auf dem Abbild der Gesamtheit, sondern mehr auf Tiefe und Detailgenauigkeit. Methoden wie theoretisches Sampling oder die gezielte Auswahl eingesetzt werden, um besonders Informationsreiche Fälle auszuwählen, die für das Verständnis entscheidend sind. (vgl. Flick et al. 2022, S. 441–442)

3.7.2 Feldzugang

Der Feldzugang beschreibt den Prozess, wie die Forschung Zugang zu dem Untersuchungsfeld erhält, sei es eine bestimmte Gruppe von Menschen, eine Institution oder eine soziale Umgebung, die untersucht werden soll. Im Wesentlichen können gemäß Literatur nachfolgend zwei Aspekte identifiziert werden, die es im Rahmen der wissenschaftlichen Arbeit einzubeziehen gilt.

Aus ethischer Perspektive ist die Wahrung der Unabhängigkeit und Würde der Forschungsteilnehmer von höchster Priorität. Dies äußert sich in der Notwendigkeit, Einwilligungen einzuholen und die Prinzipien der Forschungsethik stringent zu befolgen.

Besondere Sorgfalt ist geboten, wenn es sich um vulnerable Gruppen oder sensible Forschungsthemen handelt. (vgl. Deutsche Gesellschaft für Soziologie 2017, S. 2–4)

In praktischer Hinsicht erweist sich der Feldzugang häufig als komplexer Prozess, der strategisches Vorgehen und soziale Kompetenz erfordert. Die Identifikation und Kontaktierung von Schlüsselpersonen ist oft unerlässlich, um Zugang zu geschlossenen sozialen Systemen oder Institutionen zu erlangen (vgl. Wolff 2000, S. 334–349)

Beide Bereiche – Sampling und Feldzugang – sind für den Erfolg einer wissenschaftlichen Arbeit entscheidend, da sie die Grundlage für die Erhebung von Daten legen, die später analysiert und interpretiert werden. Sie beeinflussen sowohl die Gültigkeit der Ergebnisse als auch die Qualität der Datenerhebung. Im Kontext der wissenschaftlichen Arbeit erfordert die Auswahl geeigneter Experten und Expertinnen die Festlegung und Einhaltung spezifischer Mindestkriterien. Diese Kriterien gewährleisten die fachliche Expertise sowie die Relevanz der ausgewählten Personen in Bezug auf die jeweilige Forschungsfrage. Die Kriterien wie fachliche Expertise im relevanten Themengebiet, berufliche Position und langjährige Erfahrung sowie Entscheidungskompetenz innerhalb der untersuchten Organisation oder des Forschungsfeldes wird als Basis vorausgesetzt. Die ausgewählten Interviewpartner und Interviewpartnerinnen sollten einen praxisorientierten und unmittelbaren Zugang zum Untersuchungsfeld sicherstellen. Idealerweise sollten sie im mittleren technischen Management, mit dem Hobby Funkamateure tätig sein, um eine fundierte Perspektive auf die operativen Abläufe z.B. Notfall- oder Krisenmanagement und relevanten Fragestellungen bieten zu können.

3.8 Vergleich Methodischer Werke

Das nachfolgende Kapitel widmet sich einer gegenüberstellenden Analyse der Werke "Qualitative Inhaltsanalyse" von Philipp Mayring (Mayring 2015) sowie "ExpertInneninterviews - vielfach erprobt, wenig bedacht" von Michael Meuser und Ulrike Nagel (Meuser und Nagel 1991). Diese Gegenüberstellung zielt darauf ab, die methodologischen Ansätze und theoretischen Fundamente beider Publikationen kritisch zu beleuchten und in den breiteren Kontext der qualitativen Forschung einzuordnen. Dabei werden sowohl die Gemeinsamkeiten als auch die Divergenzen in den wissenschaftlichen Modellen und analytischen Verfahren herausgearbeitet, um ein differenziertes Verständnis der jeweiligen Beiträge zur qualitativen Methode zu ermöglichen. Besonderes Augenmerk liegt auf der Beurteilung der praktischen Anwendbarkeit und die wissensbezogenen Auswirkungen der vorgestellten Methoden. Darüber hinaus wird der Einfluss beider Werke auf die Entwicklung der qualitativen Forschungspraxis kritisch reflektiert. Der Vergleich soll nicht nur die spezifischen Stärken und Schwächen der einzelnen Ansätze aufzeigen, sondern auch begründen, welche Methode für die weitere Arbeit ausgewählt wurde.

Fokus, Anwendungsbereich und Methodische Ausrichtung:

Das Werk von Mayrings (2015) fokussiert sich auf die systematische und regelgeleitete Analyse diverser Textformen, darunter Dokumente, Interview Transkripte und mediale Inhalte bzw. Texte aller Art. (vgl. Mayring 2015, S. 22)

Während Meuser und Nagel (1991) sich auf die Erhebung und Auswertung von Expertenwissen durch Interviews, mit einem stärker interpretativen Ansatz konzentriert. (vgl. Meuser und Nagel 1991, S. 452–453)

Analyseprozess:

Während Mayring (2015) ein schrittweises, systematisches Vorgehen wählt, dass die Bildung von Kategorien, Kodierung und Interpretation umfasst, (vgl. Mayring 2015, S. 68) empfiehlt Meuser und Nagel (1991) einen flexibleren Prozess, der sich an den Inhalten der Experteninterviews orientiert und thematische Einheiten identifiziert. (vgl. Meuser und Nagel 1991, S. 458)

Kategorienbildung:

Im Sektor des Kategoriensystem, arbeitet Mayring (2015) sowohl deduktiv (theoriegeleitet) als auch induktiv, aus dem Material heraus. (vgl. Mayring 2015, S. 70) Vergleicht man hierzu Meuser und Nagel (1991), so legen diese mehr Wert auf die induktive Kategorienbildung aus dem Interviewmaterial heraus. (vgl. Meuser und Nagel 1991, S. 459–460)

Generalisierbarkeit:

Mayring (2015) zielt auf eine höhere Generalisierbarkeit der Ergebnisse, durch systematische und teils quantifizierende Vorgehensweisen ab. (vgl. Mayring 2015, S. 33) Meuser und Nagel (1991) betrachten stärker die Erfassung von spezifischem Expertenwissen, was die Generalisierbarkeit einschränken kann. (vgl. Meuser und Nagel 1991, S. 446)

Theoretische Fundierung und Datenerhebung:

Nach Mayring (2015) basiert die Methodologie auf einer klar strukturierten und theoretisch fundierten Vorgehensweise. (vgl. Mayring 2015, S. 30). Demgegenüber stehen Meuser und Nagel (1991) mit einem flexibleren Rahmen, der stärker auf die praktische Anwendung und der Datenerhebung in der Expertenforschung ausgerichtet ist. (vgl. Meuser und Nagel 1991, S. 465)

Auf Grundlage der zuvor erarbeiteten Erkenntnisse und ihrer Relevanz für die Forschungsfragen wird in dieser Arbeit die Methode von Meuser und Nagel herangezogen. Diese Methode ermöglicht es, die Forschungsfragen systematisch zu bearbeiten, indem sie detaillierte Schritte, wie die Gewinnung von thematischen Inhalten der Einsichten von Expertinnen und Experten erfasst und den Experten einen stärker interpretativen Ansatz bietet.

3.9 Auswertemethodik

In Bereich der empirischen Forschung werden Interviews mit Personen (Fachexperten und Fachexpertinnen) als Auswertemethodik durchgeführt. Dies erfolgt nach den Verfahren der halbstandardisierten Interviews. Hierzu wird ein Interviewleitfaden unter zu Hilfenahme der Forschungsfrage und den zugehörigen Forschungsleitenden Fragen erstellt. Im Anschluss erfolgt eine Befragung (Interview) von Experten und Expertinnen mithilfe von offen-

theoriegeleiteten- und Konfrontation Fragen. (vgl. Hug und Poscheschnik 2015, S. 110) Bei der Erstellung von Interviewleitfäden für die qualitative Forschung ist es wichtig, auf die Einhaltung bestimmter Prinzipien „golden Regeln“ zu achten. Diese Regeln helfen dabei, einen effektiven Interviewprozess zu gewährleisten. Die sieben goldenen Regeln besagen, dass während der Durchführung der Interviews auf die Verständlichkeit der Worte, die eingesetzte Technik, die entspannte sowie ungestörte Atmosphäre, eine Steuerung des Gespräches, Geduld und Flexibilität geachtet werden soll. (vgl. Hug und Poscheschnik 2015, S. 113). Im nachfolgenden werden die Regeln detaillierter erläutert.

Die erste Regel hält fest, dass die Verständlichkeit der Kommunikation in beide Richtungen von zentraler Bedeutung ist. Die Formulierung der Fragen sollte so gestaltet sein, dass die Befragten diese problemlos verstehen und die dahinterstehende Intention erfassen können. Dabei ist es essenziell, die Sprache an die der Interviewten anzupassen und auf Fachtermini zu verzichten, es sei denn, die Befragten sind Experten auf dem jeweiligen Gebiet. (vgl. Hug und Poscheschnik 2015, S. 113)

Es wird empfohlen, sich vor dem Interview mit der Technik vertraut zu machen. Man solle die Bedienungsanleitung des Aufnahmegeräts studieren und dessen Funktionsfähigkeit überprüfen, um peinliche Situationen zu vermeiden und sicherzustellen, dass das Interview erfolgreich aufgezeichnet wird. (vgl. Hug und Poscheschnik 2015, S. 113)

Schließlich wird betont, dass Flexibilität in der Gesprächsführung von großer Bedeutung ist. Der Interviewer sollte in der Lage sein, auf interessante Aspekte einzugehen, auch wenn diese nicht im vorbereiteten Leitfaden enthalten sind, um potenziell wertvolle Informationen nicht zu übersehen. (vgl. Hug und Poscheschnik 2015, S. 113)

Es wird zudem empfohlen, dem Befragten genügend Zeit für seine Antworten zu lassen und Gesprächspausen auszuhalten, anstatt diese sofort mit einer neuen Frage oder anderweitigen Äußerungen zu überbrücken. Antwortverweigerungen sollten respektiert werden, da ein Interview kein Verhör darstellt. (vgl. Hug und Poscheschnik 2015, S. 113)

Der Interviewer hat die Aufgabe, das Gespräch auf relevante Themenbereiche zu lenken, ohne dabei Suggestivfragen zu stellen. Sollte der Befragte vom Thema abschweifen, sollte er behutsam und mit Fingerspitzengefühl wieder zurückgeführt werden. (vgl. Hug und Poscheschnik 2015, S. 113)

Eine zentrale Rolle spielt der Aufbau einer Vertrauensbasis, um die Offenheit des Befragten zu fördern. Der Interviewer sollte ernsthaftes Interesse zeigen und die Erzählungen des Gesprächspartners wertschätzend aufnehmen, selbst wenn diese nicht mit dem eigenen Weltbild übereinstimmen. (vgl. Hug und Poscheschnik 2015, S. 113)

Schließlich beschreibt die letzte Regel, dass es wesentlich ist ebenso eine störungsfreie Umgebung auf die während des Interviews geachtet werden sollte. Lärm und häufige Unterbrechungen werden als hinderlich für den Gesprächsfluss und die Qualität des Interviews angesehen und sollten daher vermieden werden. (vgl. Hug und Poscheschnik 2015, S. 113)

Werden die zuvor dargelegten Grundlagen bei der Erstellung und Durchführung der Experten-Interviews beachtet, so stellt dies eine sichere Grundlage für den weiteren Erfolg der wissenschaftlichen Arbeit dar. Die Auswertung der einzelnen Interviews erfolgt nach der qualitativen Inhaltsanalyse. Zu diesem Zweck wird ein Analyseraster erstellt und einer Datenauswertung (Reduktion und Paraphrasierung) unterzogen. (vgl. Hug und Poscheschnik 2015, S. 160–161)

3.10 Methodische Anpassung - Von der qualitativen zur quantitativen Analyse

Nach Durchführung eines Probeinterviews wurde deutlich, dass die ursprünglich gewählte Methodik der Experteninterviews für die vorliegende Forschungsfrage Einschränkungen aufwies. Die im Probeinterview gewonnenen Erkenntnisse offenbarten, dass die untersuchten Zusammenhänge komplexer und vielschichtiger waren als zunächst angenommen. Um die Forschungsfrage in ihrer Gesamtheit angemessen zu erfassen, erschien ein methodischer Wechsel zu einem quantitativen Ansatz sinnvoll. Die Notwendigkeit standardisierter Messverfahren zur Gewährleistung der Vergleichbarkeit der Daten waren ausschlaggebende Faktoren für diese methodische Neuausrichtung. Der quantitative Ansatz ermöglicht zudem eine präzisere Überprüfung der Hypothesen und verspricht validere Ergebnisse im Hinblick auf die Generalisierbarkeit der Forschungsergebnisse.

3.10.1 Datenerhebung

Im Rahmen der Datenerhebung unterscheidet man grundsätzlich zwischen Primär- und Sekundärdaten, wobei ein wesentliches Ziel darin besteht, reale Phänomene anhand passender Daten zu erklären oder zu überprüfen. Die Primärerhebung umfasst hauptsächlich Befragungen, mit wissenschaftlicher Zielsetzung sowie Beobachtungen. Die Stichprobenziehung erfolgt durch unterschiedliche Verfahren, die ggf. repräsentative Ergebnisse ermöglichen, oder mit bewusster oder willkürlicher Auswahl gewählt werden. Während bei wissenschaftlichen Abschlussarbeiten häufig keine repräsentativen Erhebungen durchgeführt werden können, ist die transparente Darstellung der Datenerhebung und Stichprobenzusammensetzung für die Einordnung und Beurteilbarkeit der Studienergebnisse unerlässlich. Auch nicht-repräsentative Erkenntnisse, die sich auf eine klar definierte Stichprobe beziehen, stellen einen wichtigen Beitrag zur Forschung dar. (vgl. Boßow-Thies und Krol 2022a, S. 15–17)

3.10.2 Datenaufbereitung

Wesentlich ist, dass die Datenaufbereitung in einer methodisch überprüfbar und kommentierten Weise erfolgt, da eine unzureichende Nachvollziehbarkeit die Bewertung der

Forschungsarbeit erschwert und dem Transparenzprinzip widerspricht. (vgl. Boßow-Thies und Krol 2022a, S. 18)

3.10.3 Datenanalyse

Bereits bei der Datenerhebung sollte die spätere statistische Auswertung berücksichtigt werden, da bestimmte Aspekte, wie das Skalenniveau, später nicht mehr korrigiert werden können. Eine unzureichende Planung kann dazu führen, dass eine geplante Analyse nicht durchgeführt werden kann, was hohe Kosten und Zeitaufwand nach sich zieht. Zudem wird betont, dass Hypothesen vor der Datenerhebung formuliert werden sollten, da sie eine theoriebasierte Auseinandersetzung mit möglichen Ergebnissen ermöglichen. (vgl. Boßow-Thies und Krol 2022a, S. 19)

3.10.4 Analyseverfahren

Im Rahmen der Datenanalyse werden im Wesentlichen zwei Hauptgruppen unterschieden, die der „*Analyse von Daten ohne Hypothese*“ und „*Statistische Test zum Testen von Hypothesen*“ (vgl. Boßow-Thies und Krol 2022a, S. 19)

Bezogen auf die zuvor genannten Hauptgruppen steht eine Vielzahl von Verfahren zur Auswertung, Prüfung und Testung zur Verfügung. Diese lassen sich in situationsorientierte oder parametrische Verfahren zur Hypothesenprüfung unterteilen. Für Analysen ohne Hypothesenprüfung können verschiedene Datenanalysemethoden herangezogen werden, wie beispielsweise die deskriptive Datenanalyse, die Clusteranalyse oder die Hauptkomponentenanalyse. (vgl. Boßow-Thies und Krol 2022a, S. 20–24)

3.10.5 Methodik zur Anwendung

Im Rahmen dieser Arbeit erfolgt die Annäherung zur Erreichung des Forschungsziels über eine Kombination aus unterschiedlichen Verfahren bzw. einer schrittweisen Bearbeitung.

Ausgabenanteilsanalyse: Mit Hilfe der Daten aus dem Warenkorb der Statistik Austria kann ermittelt werden, welcher Anteil des Haushaltsbudgets typischerweise für bestimmte Gütergruppen ausgegeben wird.

3.11 Begründung zur Wahl der Methode

In der Verteidigung einer wissenschaftlichen Arbeit (Defensio) kann die Anwendung der deskriptiven Statistik im Vergleich zur qualitativen Inhaltsanalyse von Interviews signifikante methodische Vorteile aufweisen. Diese Überlegenheit zeichnet sich primär in den drei Dimensionen der Objektivität, Nachvollziehbarkeit und Reproduzierbarkeit der Forschungsergebnisse aus. Die deskriptive Statistik operiert auf Basis numerischer Daten, die einer eindeutigen Verifikation zugänglich sind. Empirische Aussagen wie beispielsweise ein Zustimmungswert von X % in einer standardisierten Befragung lassen sich durch klar definierte mathematische Operationen belegen. Im Gegensatz hierzu basiert die qualitative Inhaltsanalyse auf analytischen Prozessen, die eine interpretative Auseinandersetzung mit textuellen Daten erfordern, was die Nachvollziehbarkeit und Validität der Ergebnisse limitiert. Hinsichtlich der Reproduzierbarkeit weist die deskriptive Statistik ebenfalls eine höhere methodologische Robustheit auf. Identische Datensätze führen bei korrekter

Anwendung statistischer Verfahren zu gleichen Resultaten. Qualitative Analysen hingegen sind von der subjektiven Perspektive der Forschenden abhängig. Ein weiterer signifikanter Vorteil der deskriptiven Statistik besteht in ihrer Resistenz gegenüber methodischer Kritik. Numerische Ergebnisse basieren auf expliziten algorithmischen Berechnungen. Bei qualitativen Analysen besteht dagegen das Risiko, dass die Selektion oder Interpretation von Daten als subjektiv oder selektiv deklariert wird. Diese methodologischen Differenzen weisen darauf hin, dass die deskriptive Statistik für die argumentative Fundierung in einer wissenschaftlichen Verteidigung eine stabilere Basis bilden kann als die qualitative Inhaltsanalyse. (vgl. Boßow-Thies und Krol 2022b, S. 479–495)

3.12 Auswertemethodik der Datenerhebung

In den vorhergehenden Kapiteln wurden die grundlegenden methodischen Vorgehensweisen erläutert. Zur Analyse und Auswertung der Datenbasis wird eine Matrix in Form einer Excel-Tabelle verwendet. Die Datenauswertung erfolgt anhand einer systematischen Bewertung der relevanten Aspekte unter Berücksichtigung der zugrunde liegenden theoretischen Grundlagen.

3.13 Rechtliche Evaluationsmethodik zur Durchführbarkeit von Notfunkübungen

Die rechtliche Bewertung der legalen Durchführbarkeit einer Notfunkübung erfolgt mittels einer binären Klassifikationsmethodik (Ja/Nein). Diese Methodik reduziert die rechtliche Komplexität auf eine einfache zweistufige Entscheidungsstruktur.

- Vollständige rechtliche Legimitation und Durchführbarkeit der Notfunkübung (in der Matrix mit „Ja“ deklariert)
- Die rechtliche Restriktion, die eine Durchführung der Übung ausschließen (mit „Nein“ in der Matrix deklariert)

Diese Bewertung basiert auf der systematischen Analyse der rechtlichen Rahmenbedingungen, ob diese für die Durchführung der Übung vollständig erfüllt sind.

3.14 Methodik zur Analyse der funktechnischen Reichweitendifferenzierung

Im Bereich der Reichweiten Untersuchung wird die Bewertung mittels quantitativer Methode vorgenommen. Die Klassifikation unterteilt die Signalreichweite in unterschiedliche Bereiche ein, um deren Ausbreitung zu analysieren. Das Bewertungssystem erfolgt durch ein fünfstufiges Punkteschema, das eine einheitliche und objektive Messung ermöglicht.

Tabelle 2: Auswertematrix zur Reichweitendifferenzierung (eigene Darstellung)

Distanz (km)	Bewertungspunkte	Charakterisierung
1-1,9	1 Punkt	minimale Reichweite
2-4,9	2 Punkte	begrenzte Lokalausbreitung
5-9,9	3 Punkte	mittlere Kommunikationsdistanz
10-29,9	4 Punkte	erweiterte Regionale Reichweite
30 und darüber	5 Punkte	maximale Weitbereichskommunikation

3.15 Evaluierungsmethodik der Gebrauchstauglichkeit

Zur Evaluierung der Gebrauchstauglichkeit der dargelegten Endgeräte (siehe Tabelle 1: Übersicht der Kommunikationsmittel (eigene Darstellung)) wird ebenso die binäre Bewertungsmethode (Ja/Nein) vereinfacht angewandt, indem sie die vielschichtige Nutzererfahrung auf eine grundlegende Einschätzung der Nutzbarkeit reduziert. Dabei steht vor allem die Perspektive des Durchschnittsnutzers (Otto-Normalverbraucher) im Mittelpunkt, wodurch spezifischere Nutzungskontexte möglicherweise nicht vollständig berücksichtigt werden.

Ein System oder eine Anwendung wird als gebrauchstauglich (Ja) eingestuft, wenn es die folgenden Merkmale erfüllt:

- Sofortige Verständlichkeit und Funktionsfähigkeit ohne Einschulung
- Keine zusätzlichen technischen Vorkenntnisse erforderlich
- Klare, selbsterklärende Benutzeroberfläche bzw. Bedienelemente

Ein System oder eine Anwendung wird als nicht gebrauchstauglich (Nein) bewertet, wenn es folgende Einschränkungen aufweist:

- Komplexe Bedienungsanleitung erforderlich mit Einschulung
- Technische Vorkenntnisse notwendig
- Userfreundliche verständliche Benutzeroberfläche
- Benötigt spezielle Zusatzmittel zur Nutzung
- Nicht barrierefrei nutzbar

3.16 Finanzieller Aspekt

Zur Bewertung des finanziellen Aspekts wurde ein mathematisches Berechnungsmodell herangezogen, das verschiedene ökonomische Parameter in Beziehung setzt. Dabei werden unter anderem die Daten des Warenkorb der Statistik-Austria, das Nettohaushaltseinkommen sowie die durchschnittlichen Haushaltsausgaben korreliert.

Ziel dieser Analyse ist es, finanzielle Leistbarkeit innerhalb unterschiedlicher Haushaltstypen zu identifizieren und entsprechende Clustergruppen abzuleiten.

Die Ergebnisse der zuvor erörterten Methoden zur Beantwortung der Forschungsfrage werden in einer Entscheidungsmatrix zusammengeführt.

Tabelle 3: Bewertungsmatrix – Grundlage (eigene Darstellung)

Bewertungskriterien in Bezug zur möglichen Technologie	rechtlicher Rahmen (Ja/Nein)	finanzieller Aspekt (Ja/Nein)	Reichweite (1-5)	Gebrauchs- tauglichkeit (Ja/Nein)
Amateurfunk (UKW)				
Amateurfunk (KW)				
APRS (Automatic Packet Reporting)				
CB-Funk (Citizen band)				
PMR (Private Mobile Radio)				
DMR (Digital Mobile Radio)				
LoRa (Long Range Radio)				
Meshtastic				
Sat.Kom.				
Tetra (Terrestrial Trunked Radio)				
Ergebnis				

4 Daten und Berechnungsmodell - Analyse, Berechnung und Interpretation

Grundlagen

Die Statistik Austria stellt als unabhängige, gemeinnützige Bundesanstalt öffentlichen Rechts (siehe Bundesstatistikgesetz-BStatG) ein umfassendes statistisches Informationssystem zur Verfügung, das auf rechtlichen Grundlagen (EU-Rechtsakte, Bundesgesetze, Verordnungen) basiert. Wie im BStatG festgelegt, muss die Institution bei ihrer Arbeit wesentliche Grundsätze beachten, darunter die Anwendung wissenschaftlich anerkannter Methoden, kontinuierliche Qualitätsverbesserung und die unentgeltliche zur Verfügungsstellung von Hauptergebnissen. Die Kernaufgaben der Statistik Austria umfassen neben der Datenerhebung auch die öffentliche Bereitstellung dieser Informationen. (vgl. Statistik Austria 2025, S. 1)

Als Datengrundlage für die Analyse der aufgestellten Hypothesen und Forschungsfragen dient der Warenkorb 2024 der Statistik Austria. Die Verknüpfung der Warenkorbdaten mit den entsprechenden Ausgabengruppen erfolgt mittels des harmonisierten Verbraucherpreisindex (HVPI) beziehungsweise durch das Classification of Individual Consumption by Purpose (COICOP) - System. Die methodischen Details dieser Verknüpfung werden in den nachfolgenden Absätzen ausführlicher erläutert.

4.1 Warenkorb

Der Warenkorb bildet die Grundlage für die Berechnung des Verbraucherpreisindex und folglich die der Inflationsrate. Dieser umfasst mehr als 750 Güter und Dienstleistungen, die gemäß internationaler Richtlinien ausgewählt werden und das Konsumverhalten der

österreichischen Bevölkerung repräsentieren sollen. Die Zusammenstellung des Warenkorbs unterliegt einer europaweiten Verordnung auf Basis verschiedener empirischer Datenquellen. Die Erhebung der Daten erfolgt im Fünfjahresrhythmus. Seit 2010 erfolgt eine jährliche Anpassung der Zusammensetzung und Gewichtung des Warenkorbs. Für vertiefende Informationen kann auf die entsprechenden Publikationen der Statistik Austria verwiesen werden. (vgl. Statistik Austria 2023, S. 2–3)

Der Verbraucherpreis (VPI) sowie der Harmonisierte Verbraucherpreis (HVPI) werden wie folgt dargelegt:

"Der Verbraucherpreisindex (VPI) ist ein Maßstab für die allgemeine Preisentwicklung bzw. für die Inflation in Österreich. Der Harmonisierte Verbraucherpreisindex (HVPI) ist die Grundlage für die vergleichbare Messung der Inflation in Europa und für die Bewertung der Geldwertstabilität innerhalb der Euro-Zone, internationale Werte können auf der Internetseite von Eurostat abgerufen werden. Der VPI wird neben seiner Rolle als allgemeiner Inflationsindikator für die Wertsicherung von Geldbeträgen (z. B.: Mieten, Unterhaltszahlungen) verwendet, ..." (Statistik Austria 2025c, S. 1)

4.2 Classification of Individual Consumption by Purpose (COICOP)

Diese international anerkannte Klassifikationssystematik strukturiert den Konsum privater Haushalte nach dem Verwendungszweck in zwölf Hauptgruppen deren Berechnungsgrundlage monatlich dargestellt ist. (vgl. Statistik Austria 2023, S. 2)

4.3 Datenbereichseingrenzung

Bezüglich der Datengrundlage des Warenkorbes ist eine methodische Eingrenzung des verwendeten Datenbereiches erforderlich, da innerhalb der bestehenden gesetzlichen Rahmenbedingungen bereits eine Klassifikationsgruppe für den Bereich der Nachrichtenübermittlung definiert wurde. In Bezug auf den gewählten Datensatz ist festzuhalten, dass Anschaffung von Computern, Radio und Fernsehgebühren in der Warengruppe nicht enthalten sind.

WARENKORB	2024	VPI		HVPI	
COICOP	BEZEICHNUNG	Gewicht 2024	Anzahl	Gewicht 2024	Anzahl
08	NACHRICHTENÜBERMITTLUNG	1,71114	8	1,90852	8
081	Postdienste	0,03680	3	0,11220	3
0810	Post- und Kurierdienstleistungen	0,03680	3	0,11220	3
08101	Briefbearbeitungsdienstleistungen	0,02099	2	0,06459	2
081010	Briefporto, Inland	0,01808		0,05566	
081010	Briefporto, Ausland	0,00291		0,00893	
08109	Andere Post- und Kurierdienstleistungen	0,01581	1	0,04761	1
081090	Pakettarif	0,01581		0,04761	
082	Telefonapparate und Telefaxgeräte	0,34309	1	0,38054	1
0820	Telefon- und Telefaxgeräte, einschließlich Reparatur	0,34309	1	0,38054	1
08202	Mobiltelefone	0,34309	1	0,38054	1
082020	Mobiltelefongerät	0,34309		0,38054	
083	Telefon- und Telefaxdienste	1,33125	4	1,41578	4
0830	Telefon- und Telefaxdienstleistungen	1,33125	4	1,41578	4
08302	Dienstleistungen für Mobiltelefonie	0,83345	1	0,90471	1
083020	Mobiltelefonie	0,83345		0,90471	
08303	Internetzugangsdienste	0,20282	2	0,20499	2
083030	Internetgebühr	0,13547		0,13573	
083030	0968 Mobiles Internet	0,06735		0,06926	
08304	Gebündelte Telekommunikationsdienste	0,29498	1	0,30608	1
083040	Gebündelter Tarif	0,29498		0,30608	
09	FREIZEIT UND KULTUR	10,85939	91	11,32819	86

Q: Statistik Austria, erstellt am 8.2.2024

Seite 15 von 24

Figure 40: Warenkorb 2024 - Bereich 08 - Nachrichtenübermittlung (Statistik Austria 2023, S. 15)

Um den Bereich der „finanziellen Leistbarkeit“ der bidirektionalen alternativen Kommunikationsmittel in der breiten Maße der Bevölkerung bewerten zu können, wurde der Datensatz der „Haushaltseinkommen“ der Statistik-Austria herangezogen. In diesem Datensatz wird das Nettohaushaltseinkommen dargestellt. Das verfügbare Nettohaushaltseinkommen ergibt sich aus den Einkünften aller Haushaltsmitglieder, einschließlich Erwerbseinkommen, Kapitalerträgen, Pensionen und Sozialleistungen. Davon werden Steuern sowie Sozialversicherungsbeiträge abgezogen. (vgl. Statistik Austria 2025b, S. 1)

Cluster	Haushaltstyp	Anzahl Haushalte (= 100 %) in 1 000	25 % der Haushalte leben mit einem jährlichen Nettoeinkommen von weniger als... EUR	50 % der Haushalte leben mit einem jährlichen Nettoeinkommen von weniger als... EUR	75 % der Haushalte leben mit einem jährlichen Nettoeinkommen von weniger als... EUR
A+B	Insgesamt	4113	27305	45180	68796
A	Haushalte mit Pension ¹	1053	23900	34911	50146
A1	Alleinlebende Männer mit Pension	176	21437	26319	34242
A2	Alleinlebende Frauen mit Pension	349	18178	23884	32106
A3	Mehrpersonenhaushalt mit Pension	528	37128	47674	60737
B	Haushalte ohne Pension	3060	29758	50916	75175
B1	Alleinlebende Männer ohne Pension	548	18539	28303	37882
B2	Alleinlebende Frauen ohne Pension	493	19015	26148	35995
B3	Mehrpersonenhaushalt ohne Kinder ohne Pension	953	48162	64906	87730
B4	Haushalte mit Kindern	1065	47415	64090	84956
B4.1	Einelpersonenhaushalt	101	24541	35218	49020
B4.2	Mehrpersonenhaushalt + 1 Kind	432	51480	66727	85719
B4.3	Mehrpersonenhaushalt + 2 Kinder	375	50612	69572	90422
B4.4	Mehrpersonenhaushalt + mind. 3 Kinder*)	158	48400	64645	82316

Figure 41: Verfügbares Nettoeinkommen _2024_ Statistik Austria (Statistik Austria 2023) – Projektadaptierung „Cluster“

Bei der Durchführung der Berechnungen ist jedoch darauf zu achten, dass die Datenbasis des Nettohaushaltseinkommen jährlich dargestellt wird, wohingegen die gewichteten VPI und HVPI des Warenkorb als monatliche Ausgaben dargelegt werden. Ein weiterer Grund für die Verwendung des Nettohaushaltseinkommens anstelle des Bruttohaushaltseinkommens besteht darin, dass im Nettohaushaltseinkommen unter anderem die Sonderzahlungen wie Weihnachts- und Urlaubsentgelt bereits abgezogen wurden. Dies reduziert zwar in der wissenschaftlichen Betrachtung das potenziell des zur Verfügung stehenden Budget für alternative zivile Kommunikationsmittel, stellt jedoch im Hinblick auf die in Europa und darüber hinaus unterschiedlichen Steuer- und Lohnbezüge eine reell optimale Vergleichsmöglichkeit dar.

4.4 Haushaltsabgaben

Als Datengrundlage für die Haushaltsausgaben wurden die Daten von 2019/20 herangezogen und gemäß den VPI auf die Preisbasis 2024 valorisiert. Gemäß der Informationsaussendung der Statistik Austria erfolgt die Aktualisierung der Konsumerhebung im Zeitraum der Erstellung dieser wissenschaftlichen Arbeit und werden erst Mitte 2026 veröffentlicht.

„Die aktuelle Konsumerhebung 2024/25 findet von Ende April 2024 bis Anfang Mai 2025 statt.“ (Statistik Austria 2024, S. 1)

Durchschnittliche monatliche Haushaltsausgaben	Durchschnittliche monatliche Äquivalenzausgaben
2019/20	2019/20
3 250 Euro	2 160 Euro

Figure 42: Statistik Austria_ Haushaltsausgabe 2019/20 (Statistik Austria 2025d, S. 1)

Für die weitere Berechnung wird die durchschnittliche monatliche Äquivalenzausgabe als Berechnungsgrundlage herangezogen. Dies ist methodisch sinnvoll, da die Äquivalenzausgabe eine nach Haushaltszusammensetzung gewichtete Pro-Kopf-Ausgabe darstellt und somit die unterschiedlichen Haushaltsstrukturen entsprechend berücksichtigt werden.

Die nachfolgende Grafik zeigt die Verteilung der Haushaltsausgaben auf einzelne Ausgabengruppen.

Verteilung der Haushaltsausgaben auf einzelne Ausgabengruppen (in %) (Grafik)

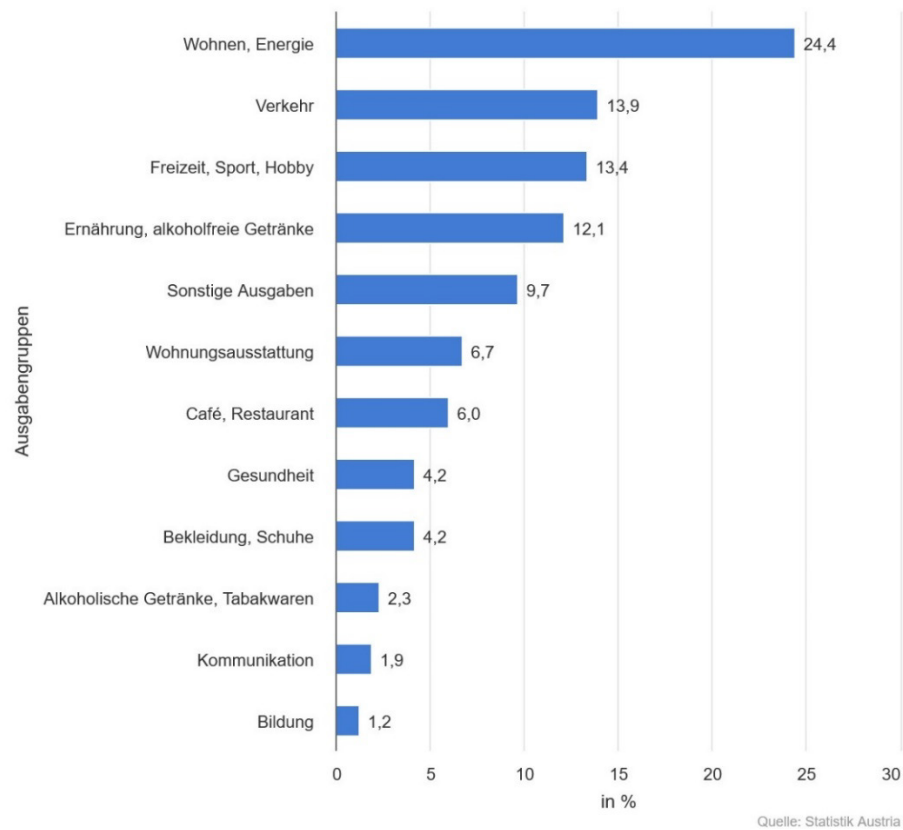


Figure 43: Verteilung der Haushaltsausgaben auf einzelne Ausgabengruppen (Statistik Austria 2025d, S. 2)

Für die Berechnung des VPI in Bezug auf die zuvor erwähnte Haushaltsabgabe wurde der Wertsicherungsrechner der Statistik-Austria angewandt.

Verbraucherpreisindex

Indexreihe Verbraucherpreisindex 2015	Ausgangsmonat Jänner	Ausgangsjahr 2020
	Vergleichsmonat Jänner	Vergleichsjahr 2024
	Betrag 2160	Währung EUR

Zurück Berechnen

Figure 44: Statistik-Austria-Wertsicherungsrechner 2020-2024_Haushaltsausgaben_VPI-Hochrechnung (Statistik Austria 2024, S. 1)

Verbraucherpreisindex

Zeitpunkt	Indexwert Basis 2015	Veränderungsrate	Wert in EUR
Jänner 2020	107,6	-	2 160,00
Jänner 2024	132,5	23,1	2 658,96

Der Indexwert Basis 2015 hat sich von Jänner 2020 bis Jänner 2024 um 23,1% verändert.

Ausgehend von einem Betrag in der Höhe von 2 160,00 EUR im Jänner 2020 beträgt dieser 2 658,96 EUR im Jänner 2024.

Figure 45: Statistik-Austria_Wertsicherung_Ergebnis (Statistik Austria 2024, S. 1)

Das Ergebnis für die Wertsicherungsrechnung des durchschnittlich monatlichen Haushaltsäquivalents für den Zeitraum 2020 bis 2024 beträgt EUR **2.658,96**.

An dieser Stelle der wissenschaftlichen Arbeit ist es aufgrund der bereits vorhanden Datenbasis möglich, eine überschlagsmäßige Ermittlung der durchschnittlichen verfügbaren finanziellen Mittel vorzunehmen.

Dies erfolgt unter der Berücksichtigung der allgemein gültigen Prozentrechnung:

Formel 1: Prozentrechnung

$$\text{Prozentwert} = \text{Grundwert} * \frac{\text{Prozentsatz}}{100}$$

Unter Verwendung dieser Formel wird das Ergebnis der Wertsicherung in Höhe von EUR 2.658,96, sowie der Prozentwert von 1,9% aus der Grafik der Verteilung der Ausgabengruppe für den Bereich der Kommunikation hergezogen.

Formel 2: Prozentwert - Ermittlung

$$\text{Prozentwert} = 2.658,96 * \frac{1,9}{100}$$

Daraus ergibt sich ein berechneter durchschnittlicher Haushaltsausgabenwert von monatlich EUR **51,03** für die Ausgabengruppe der Kommunikation.

4.5 Berechnungsmodell

Nach der Preisstatistik-Methodologie stellt der Laspeyres-Preisindex (Formel siehe nachfolgend) die häufigste verwendete Methode zur Messung reiner Preisveränderungen dar. Ein zentrales Merkmal dieses Indextyps ist die konstante Zusammensetzung des Güterbündels über die gesamte Indexperiode, wodurch ausschließlich Preisänderungen erfasst werden. Bei aggregierten Preisindizes bedeutet dies eine unveränderte Gewichtungsstruktur während der kompletten Indexlaufzeit. Gegenüber alternativen Indexformeln wie „Paasche, Fisher oder Törnqvist“ bietet der Laspeyres-Ansatz den Vorteil einer verhältnismäßig unkomplizierten und schnellen monatlichen Berechnung trotz umfangreicher Datensätze, da nach Festlegung der Basisjahr Gewichtung lediglich aktuelle Preisdaten benötigt werden. Aufgrund seiner konsistenten Aggregierungseigenschaften ist

er zudem leicht interpretierbar und wird in dieser Form als Festbasisindex bezeichnet (vgl. Statistik Austria 2025a, S. 1–2)

Die Laspeyres-Formel bezeichnet daher wie haben sich die Preise des konstanten Warenkorbs im Vergleich zum Basisjahr verändert.

Formel 3: Laspeyres-Formel

$$P_L = \frac{\sum(p_t * q_0)}{\sum(p_0 * q_0)} \times 100$$

Legende:

p_t = Preise im aktuellen Zeitraum „t“

p_0 = Preise im Basisjahr „0“

q_0 = Mengen (fixiert auf das Basisjahr 0)

P_L = Preisänderung

4.6 Zielsetzung der methodischen Anpassung

Im Rahmen der vorliegenden Untersuchung ist nicht die Berechnung von Preisänderungen relevant, sondern die Quantifizierung der realen monetären Ausgaben in EUR für den spezifischen COICOP-Bereich der Nachrichtentechnik. Für diesen methodischen Ansatz ergeben sich folgende Erfordernisse:

- Implementierung der prozentualen Gewichtungsfaktoren der einzelnen für die wissenschaftliche Untersuchung benötigten COICOP-Kategorien aus der Warenkorbklassifikation
- Integration eines absoluten Referenzwertes (Konsumausgaben) als Basis für die Ableitung der monetären Werte

In Bezug auf die Anwendbarkeit des Laspeyres-Index in diesem modifizierten Kontext ist festzuhalten, dass dieser unter Voraussetzung einer mathematischen Umformulierung der Indexformel einsetzbar bleibt, wobei die Gewichtungsfaktoren (G) als konstante Anteile an den Gesamtausgaben dargestellt werden.

Daher ergibt sich für die gewichtete Berechnung eines COICOP-Bereiches nachfolgende Ableitung.

Formel 4: Ableitung nach gewichteten COICOP

$$G_i = \frac{\sum(p_0 * q_0)_i}{\sum(p_0 * q_0)_{gesamt}} \times 100$$

Legende:

G_i = Gewichtung der Kategorie „i“

$\sum(p_0 * q_0)_i$ = Gesamtausgaben für die Kategorie „i“ im Basisjahr

$\sum(p_0 * q_0)_{gesamt}$ = Gesamtausgaben aller Haushalte im Basisjahr

Um in weitere Folgen die reellen Eurowerte der einzelnen gewichteten Klassifikation des COICOP quantifizieren zu können, ist es erforderlich die Gleichung nach der Kategorie „i“ umzustellen.

Formel 5: Ableitung nach der gewichteten Klassifikation

$$\sum(p_0 * q_0)_{gesamt} = G_i * \frac{\sum(p_0 * q_0)_{gesamt}}{100}$$

Auf Basis der Erkenntnis das Gesamtausgaben aller Haushalte im Basisjahr die gesamten Haushaltsabgaben des Warenkorb repräsentieren, erfolgt im mathematischen Einsetzverfahren „E_{gesamt}“ als Gesamtausgaben in Euro. Somit ergibt sich die vereinfachte Formel zur Berechnung des reellen Eurowerte (E_i) einer Kategorie bzw. Unterkategorie aus der jeweiligen Gewichtung des COICOP mal die gesamte Haushaltsausgabe durch den Faktor 100.

Formel 6: Vereinfachung zur Berechnung der Gewichtung in reelle Eurowerte

$$E_i = G_i * \frac{E_{gesamt}}{100}$$

Diese Umformulierung ist möglich, weil die Gewichtung der Daten des Warenkorbs der Statistik-Austria als prozentueller Anteil der Gesamtausgaben vorliegen. Die Summen aus der Laspeyres-Formel beziehen sich auf den Gesamtverbrauch, was wiederum mit der benötigten Summe in Euro gleichzusetzen ist. Des Weiteren ist zur Bewertung der wissenschaftlichen Untersuchung keine Berücksichtigung der Preisänderung notwendig. Somit kann mit dieser vereinfachten Formel alle Berechnungen zur Ermittlung der reellen Eurowerte auf alle COICOP-Kategorien angewandt werden.

4.7 Datenerhebung

Zur Ermittlung der nachfolgenden Daten (Preise, Leistungen, technische Spezifikationen etc.) wurde eine umfassende Internetrecherche durchgeführt. Die Datenerhebung erfolgte im ersten Quartal 2025 mittels systematischer Analyse diverser Vergleichsportale (wie Geizhals, Idealo, Check24, Amazon) und ergab die nachstehenden Preiskategorien für Einstiegsgeräte sowie für Modelle mit erhöhter Sendeleistung. Die technischen Spezifikationen, insbesondere Angaben zur Reichweite, wurden direkt den offiziellen Herstellerwebseiten (u.a. Motorola, Kenwood, Meshtastic, Albrecht, ICOM, Yaesu) entnommen, um eine präzise Datenbasis zu gewährleisten.

Tabelle 4: Auflistung der Daten

Kommunikationsmittel	Bestpreis in Euro	Ergebnis / Preisspanne	Leistung (Handgerät)	Anmerkung I	Preis in Euro	Leistung (mobil)	Anmerkung II	Preis2 in Euro	Leistung Pro - Serie	Anmerkung III	Bemerkung	Angaben zur Typischen Reichweite des Systems (gemäß Hersteller oder Lieferanten)
Amateurfunk (ICOM ¹ Yaesu)	40	40 bis 50	5 - 10W	2M /70 cm Direkt KW mit 10 Watt	600	50W	2m 70 CM (UKW)	6700	100W - 1.000W	1.000W mit Auflagen	Lizenz erforderlich (Jährliche Kosten)	Schlechteste Reichweite: Einige Kilometer (bei niedriger Leistung, z. B. 1–5 W im VHF/UHF- Bereich, ohne hohe Antenne) Beste Reichweite: Weltweit (mit hoher Leistung, z. B. 100– 1500 W im Kurzwellenbereich und guter Antenne)
APRS (Automatic Packet Reporting System)	80	80 bis 150	k.A.	Nur Trackerfunktion - zusätzliche Geräte notwendig	–	–	–	–	–	–	–	Typische Reichweite: 10–50 km (über Digipeater und Gateways erweiterbar) Über Internet-Gateways (i- Gate): Weltweit
CB -Funk (Albrecht ¹)	130	130	AM 1Watt FM 4Watt	–	220	–	Sendeleistung 4 Watt	–	–	–	–	AM/FM (4 W Sendeleistung): 5–15 km SSB-Modus (12 W Sendeleistung): Bis zu 50 km Mit guter Antenne & speziellen Bedingungen: Über 100 km möglich
DMR (Digital Mobile Radio ¹)	150	150	0.1 Watt	–	–	–	–	–	–	–	Lizenz erforderlich (Jährliche Kosten)	Direkte Kommunikation (ohne Repeater): 5–10 km Mit Repeater- Infrastruktur: Über 50 km möglich Über DMR-Netzwerke (z. B. Brand-Meister): Weltweit
LoRa (Long Range Radio ¹)	35	25 bis 50	0,5 - 1,5W	Modul	–	–	–	–	–	–	In den Frequenzband 443 und 868 Mhz Lizenzfrei	Städtische Umgebung: 2–5 km Freies Gelände: 10–20 km Optimale

												Bedingungen (hohe Antennen, freie Sicht): Bis zu 100 km
Meshtastic (Liliygo Tdeck ¹)	95	50 bis 150	0,15 Watt	je nach Version und Bezugsquelle	–	–	–	–	–	–	T-Beam Repeater mit 60 Euro zu Reichweiten Erhöhung	Typische Reichweite: 2–10 km Mit hoher Antenne & optimalen Bedingungen: Bis zu 20–30 km
PMR446 (Kenwood, Stabo, Midland)	25	25 bis 50	500 mW	Set mit 2 Stk	–	–	–	–	–	–	In den Frequenzband 443 und 868 Mhz Lizenzfrei	Städtische Umgebung: 1–3 km Freies Gelände: 5–10 km
Satellitenkommunikation (z.B. Iridium, Starlink, InReach)	390	350	2-5W	Inreach	600		zb Thuraya XT-LITE Satellitentelefon	bis 1725€	Iridium Extrem		10 Einheiten für Satphone (11 Min) 40€	Iridium (Satellitentelefone & PTT-Funk): Weltweit (außer in Gebäuden oder tiefen Tälern) Starlink (Satelliten-Internet): Weltweit (mit Starlink-Terminal) InReach (Garmin, SMS & Notruf): Weltweit (aber nur mit freier Sicht zum Himmel)
TETRA (Behörden- und Betriebsfunk - Motorola)	500	500	0,5W - 1W	Per Stk	–	–	–	–	–	–	Lizenz erforderlich	Direktmodus (DMO, ohne Infrastruktur): 1–5 km Mit Repeater/Infrastruktur (TMO): Bis zu 30 km In städtischen Netzen mit mehreren Basisstationen: Über 100 km

4.8 Berechnung anhand der erhobenen Basisdaten

In diesem Abschnitt erfolgt die Berechnung anhand der erhobenen Basisdaten. Um eine Vergleichbarkeit des durchschnittlichen Haushaltseinkommen und den zuvor ermittelten Kommunikationsmitteln (CB, PMR, usw.) gewährleisten zu können, ist es wesentlich, die Berechnungen auf Basis des VPI durchzuführen. Wie bereits in den vorhergegangenen Abschnitten dargelegt, wird der VPI für den nationalen Vergleich herangezogen.

Für internationale Vergleiche ist hingegen der HVPI von Bedeutung. Bei der Erstellung der Berechnungstabellen wurde der HVPI ebenfalls berechnet, um potenzielle Basisreferenzen für ggf. späterer EU weite Analysen zu ermöglichen. Allerdings wird der HVPI im weiteren Verlauf dieser Arbeit nicht weiter berücksichtigt (siehe Anhang).

Auf Basis der zuvor erhobenen Grundlagen und mit der für diese wissenschaftliche Arbeit adaptierte Formel erfolgte die Berechnung, wobei diese Formel um die Berechnung von Jahr auf Monatswerte erweitert wurde, um die Vergleichbarkeit mit den durchschnittlichen monatlichen Haushaltsabgabewert zu gewährleisten.

Formel 7: Erweiterung der Formel um Jahr zu Monat

$$E_i = G_i * \frac{E_{gesamt}}{100} / 12$$

Legende:

G_i = Gewichtung der Kategorie „i“

E_i = reeller Eurowerte

E_{gesamt} = als Gesamtausgaben in Euro

12 = Umrechnung des Jahreswert in Monatswert

In der nachfolgenden Tabelle wurde die zuvor beschriebene Berechnung mittels Excel-Tabellenkalkulation durchgeführt.

Tabelle 5: Anwendung "Nettoeinkommen" auf erweiterte Formel für COICOP

Nettoeinkommen (gemäß Statistik-Austria 2024)						Ausgabengruppe "08 Nachrichtenübermittlung"			
Cluster	Haushaltstyp	Anzahl Haushalte (= 100 %) in 1 000	25 % der Haushalte leben mit einem jährlichen Nettoeinkommen von weniger als... EUR	50 % der Haushalte leben mit einem jährlichen Nettoeinkommen von weniger als... EUR	75 % der Haushalte leben mit einem jährlichen Nettoeinkommen von weniger als... EUR	VPI	Bei 25% VPI pro Mona	Bei 50% VPI pro Mona	Bei 75% VPI pro Mona
A+B	Insgesamt	4113	27.305 €	45.180 €	68.796 €	1,71114	38,94 €	64,42 €	98,10 €
A	Haushalte mit Pension ¹	1053	23.900 €	34.911 €	50.146 €	1,71114	34,08 €	49,78 €	71,51 €
A1	Alleinlebende Männer mit Pension	176	21.437 €	26.319 €	34.242 €	1,71114	30,57 €	37,53 €	48,83 €
A2	Alleinlebende Frauen mit Pension	349	18.178 €	23.884 €	32.106 €	1,71114	25,92 €	34,06 €	45,78 €
A3	Mehrpersonenhaushalt mit Pension	528	37.128 €	47.674 €	60.737 €	1,71114	52,94 €	67,98 €	86,61 €
B	Haushalte ohne Pension	3060	29.758 €	50.916 €	75.175 €	1,71114	42,43 €	72,60 €	107,20 €
B1	Alleinlebende Männer ohne Pension	548	18.539 €	28.303 €	37.882 €	1,71114	26,44 €	40,36 €	54,02 €
B2	Alleinlebende Frauen ohne Pension	493	19.015 €	26.148 €	35.995 €	1,71114	27,11 €	37,29 €	51,33 €
B3	Mehrpersonenhaushalt ohne Kinder ohne Pension	953	48.162 €	64.906 €	87.730 €	1,71114	68,68 €	92,55 €	125,10 €
B4	Haushalte mit Kindern	1065	47.415 €	64.090 €	84.956 €	1,71114	67,61 €	91,39 €	121,14 €
B4.1	Einelternerhaushalt	101	24.541 €	35.218 €	49.020 €	1,71114	34,99 €	50,22 €	69,90 €
B4.2	Mehrpersonenhaushalt + 1 Kind	432	51.480 €	66.727 €	85.719 €	1,71114	73,41 €	95,15 €	122,23 €
B4.3	Mehrpersonenhaushalt + 2 Kinder	375	50.612 €	69.572 €	90.422 €	1,71114	72,17 €	99,21 €	128,94 €
B4.4	Mehrpersonenhaushalt + mind. 3 Kinder*)	158	48.400 €	64.645 €	82.316 €	1,71114	69,02 €	92,18 €	117,38 €

Ausgehend von einem ermittelten durchschnittlichen Haushaltsausgabenwert von EUR 51,03 lässt sich folgende Schlussfolgerung ziehen:

Tabelle 6: Berechnung des Grenzwertes (eigene Darstellung)

Nettoeinkommen (gemäß Statistik-Austria 2024)						Ausgabengruppe "08 Nachrichtenübermittlung"			
Cluster	Haushaltstyp	Anzahl Haushalte (= 100 %) in 1.000	25 % der Haushalte leben mit einem jährlichen Nettoeinkommen von weniger als 40 EUR	50 % der Haushalte leben mit einem jährlichen Nettoeinkommen von weniger als... EUR	75 % der Haushalte leben mit einem jährlichen Nettoeinkommen von weniger als... EUR	VPI	Bei 25% VPI pro Monat	Bei 50% VPI pro Monat	Bei 75% VPI pro Monat
A+B	Insgesamt	4113	27.305 €	45.180 €	68.796 €	1,71114	38,94 €	64,42 €	98,10 €
A	Haushalte mit Pension¹	1053	23.900 €	34.911 €	50.146 €	1,71114	34,08 €	49,78 €	71,51 €
A1	Alleinlebende Männer mit Pension	176	21.437 €	26.319 €	34.242 €	1,71114	30,57 €	37,53 €	48,83 €
A2	Alleinlebende Frauen mit Pension	349	18.178 €	23.884 €	32.106 €	1,71114	25,92 €	34,06 €	45,78 €
A3	Mehrpersonenhaushalt mit Pension	528	37.128 €	47.674 €	60.737 €	1,71114	52,94 €	67,98 €	86,61 €
B	Haushalte ohne Pension	3060	29.758 €	50.916 €	75.175 €	1,71114	42,43 €	72,60 €	107,20 €
B1	Alleinlebende Männer ohne Pension	548	18.539 €	28.303 €	37.882 €	1,71114	26,44 €	40,36 €	54,02 €
B2	Alleinlebende Frauen ohne Pension	493	19.015 €	26.148 €	35.995 €	1,71114	27,11 €	37,29 €	51,33 €
B3	Mehrpersonenhaushalt ohne Kinder ohne Pension	953	48.162 €	64.906 €	87.730 €	1,71114	68,68 €	92,55 €	125,10 €
B4	Haushalte mit Kindern	1065	47.415 €	64.090 €	84.956 €	1,71114	67,61 €	91,39 €	121,14 €
B4.1	Einelternerhaushalt	101	24.541 €	35.218 €	49.020 €	1,71114	34,99 €	50,22 €	69,90 €
B4.2	Mehrpersonenhaushalt + 1 Kind	432	51.480 €	66.727 €	85.719 €	1,71114	73,41 €	95,15 €	122,23 €
B4.3	Mehrpersonenhaushalt + 2 Kinder	375	50.612 €	69.572 €	90.422 €	1,71114	72,17 €	99,21 €	128,94 €
B4.4	Mehrpersonenhaushalt + mind. 3 Kinder*)	158	48.400 €	64.645 €	82.316 €	1,71114	69,02 €	92,18 €	117,38 €

Bei der Analyse der österreichischen Haushaltstypen wurden in Relation zum genannten Ausgabenwert mehrere Cluster identifiziert.

Tabelle 7: Darstellung Ergebnis (eigene Darstellung)

Nettoeinkommen (gemäß Statistik-Austria 2024)						Ausgabengruppe "08 Nachrichtenübermittlung"			
Cluster	Haushaltstyp	Anzahl Haushalte (= 100 %) in 1.000	25 % der Haushalte leben mit einem jährlichen Nettoeinkommen von weniger als 40 EUR	50 % der Haushalte leben mit einem jährlichen Nettoeinkommen von weniger als... EUR	75 % der Haushalte leben mit einem jährlichen Nettoeinkommen von weniger als... EUR	VPI	Bei 25% VPI pro Monat	Bei 50% VPI pro Monat	Bei 75% VPI pro Monat
A1	Alleinlebende Männer mit Pension	176	21.437 €	26.319 €	34.242 €	1,71114	30,57 €	37,53 €	48,83 €
A2	Alleinlebende Frauen mit Pension	349	18.178 €	23.884 €	32.106 €	1,71114	25,92 €	34,06 €	45,78 €
B1	Alleinlebende Männer ohne Pension	548	18.539 €	28.303 €	37.882 €	1,71114	26,44 €	40,36 €	54,02 €
B2	Alleinlebende Frauen ohne Pension	493	19.015 €	26.148 €	35.995 €	1,71114	27,11 €	37,29 €	51,33 €
B4.1	Einelternerhaushalt	101	24.541 €	35.218 €	49.020 €	1,71114	34,99 €	50,22 €	69,90 €

Als vulnerabel wurden hierbei die Clustergruppen A1, A2, B1, B2 sowie B4.1 identifiziert, bei welchen der Wert von EUR 51,03 nicht erreicht wird. Diese umfassen bei einer Grundgesamtheit von 4.113.000 Haushalten insgesamt 1.667.000 Einheiten, was einem prozentualen Anteil von 41 % der Gesamthaushalte entspricht.

4.9 Bewertungsmatrix und Ergebnis

Zur umfassenden Beantwortung der eingangs formulierten Forschungsfrage ist eine vergleichende Analyse der in dieser Studie gewonnenen Erkenntnisse hinsichtlich finanzieller, rechtlicher, reichweitenbezogener sowie gebrauchstauglicher Aspekte erforderlich. Durch diese methodische Gegenüberstellung soll die für die zivile Bevölkerung optimal geeignete Technologie identifiziert werden.

Tabelle 8: Bewertungsmatrix – Ergebnis (eigene Darstellung)

Bewertungskriterien in Bezug zur möglichen Technologie	rechtlicher Rahmen (Ja/Nein)	finanzieller Aspekt (Ja/Nein)	Reichweite (1-5)	Gebrauchs- tauglichkeit (Ja/Nein)
Amateurfunk (UKW)	Ja	Ja	3	Nein
Amateurfunk (KW)	Ja	Nein	5	Nein
APRS (Automatic Packet Reporting)	Ja	Nein	4	Nein
CB-Funk (Citizen band)	Nein	Nein	4	Nein
PMR (Private Mobile Radio)	Nein	Ja	1	Ja
DMR (Digital Mobile Radio)	Nein	Nein	3	Nein
LoRa (Long Range Radio)	Nein	Ja	3	Nein
Meshtastic	Nein	Nein	3	Nein
Sat.Kom.	Nein	Nein	5	Nein
Tetra (Terrestrial Trunked Radio)	Ja	Nein	1	Nein
Ergebnis	Amateurfunk (UKW, KW); Tetra	Amateurfunk (UKW), PMR, Lora	Amateurfunk (KW), Sat.Kom, CB Funk	PMR

Die empirische Analyse der erhobenen Daten zeigt, eine ausgeprägte Variabilität in der Erfüllung der vordefinierten Anforderungskriterien durch die untersuchten Kommunikationstechnologien.

Im rechtlichen Rahmen entsprechen vier (Amateurfunk (UKW/KW), APRS und TETRA) der Zehn ausgewählten Technologien.

Die finanzielle Tragfähigkeit wird insbesondere durch drei (Amateurfunk (UKW), PMR und LoRa-Technologie) von 10 gewährleistet.

Mit Skalenwerten ≥ 4 hinsichtlich der Reichweite erweisen sich ebenfalls vier (Amateurfunk (KW), APRS, CB-Funk und Satellitenkommunikation) als besonders leistungsfähig.

Besonders auffällig ist die nahezu durchgängige Limitation im Bereich der Gebrauchstauglichkeit. Nur die PMR-Technologie erfüllt wird, welche jedoch Defizite im rechtlichen Rahmen und der Reichweite aufweist.

5 Diskussion der Ergebnisse

In dieser wissenschaftlichen Arbeit wurden die finanziellen und rechtlichen Aspekte sowie die Reichweite und Gebrauchstauglichkeit alternativer Kommunikationsmittel im Krisenfall für die zivile Bevölkerung umfassend analysiert. Die gewonnenen Erkenntnisse ermöglichen nun eine fundierte Gesamtbetrachtung der untersuchten Aspekte und ihrer wechselseitigen Beziehungen.

Der nachfolgende Schlussteil fasst die zentralen Ergebnisse zusammen, ordnet sie in den aktuellen Forschungskontext ein und diskutiert ihre Auswirkungen für Theorie und Praxis.

Darüber hinaus werden Grenzen der vorliegenden Untersuchung kritisch reflektiert und Perspektiven für weiterführende Forschungsansätze aufgezeigt.

5.1 Das finanzielle Kriterium

Die vorliegende Analyse im Bereich des finanziellen Kriteriums zeigt, dass die modifizierte Berechnungsmethodik der Laspeyres-Formel eine präzise Quantifizierung der realen Ausgaben für den COICOP-Bereich Nachrichtenübermittlung ermöglicht. Durch die Implementierung der gewichteten Anteile aus dem VPI in Verbindung mit den gesamten privaten Haushaltsausgaben konnten realistische absolute Eurowerte abgeleitet werden. Diese Methodik erlaubt eine differenzierte Analyse der finanziellen Belastung unterschiedlicher Haushaltsgruppen.

Besonders relevant ist die Anwendung dieser Berechnung für vulnerable Haushaltsgruppen. Die Identifikation der Clustergruppen A1, A2, B1, B2 sowie B4.1 als vulnerable Einheiten zeigt, dass insgesamt 1.667.000 Haushalte, was 41 % der Gesamtbevölkerung entspricht, potenziell stärker von finanziellen Belastungen im Bereich der Kommunikation betroffen sind. Die Berücksichtigung des Nettohaushaltseinkommens als Referenzwert ermöglicht eine realistische vergleichbare Bewertung der finanziellen Leistbarkeit von Kommunikationsmitteln. Die Ergebnisse verdeutlichen, dass die Anwendung der Gewichtungsfaktoren des Warenkorbs eine belastbare Grundlage für die Bestimmung der realen Ausgaben für Nachrichtenübermittlung bietet. Dies ist besonders für wirtschafts- und sozialpolitische Analysen relevant, da es die finanzielle Belastung verschiedener Bevölkerungssegmente aufzeigt und eine evidenzbasierte Entscheidungsfindung unterstützt. Daraus ergibt sich ein berechneter durchschnittlicher Haushaltsausgabenwert von monatlich EUR 51,03 für die Ausgabengruppe der Kommunikation. Dies unterstreicht die Relevanz der finanziellen Belastung in diesem Bereich und liefert wertvolle Erkenntnisse für politische und wirtschaftliche Maßnahmen (zB Subventionen) zur Sicherstellung der Erschwinglichkeit von bidirektionalen Kommunikationsleistungen im Katastrophenfall für die zivile Bevölkerung.

5.2 Der rechtliche Aspekt

Die Untersuchung des rechtlichen Rahmens hat ergeben, dass die gegenwärtigen gesetzlichen Bestimmungen sowohl Möglichkeiten als auch Grenzen für die effektive Kommunikation im untersuchten Kontext setzen, wobei insbesondere die Aspekte der Zuteilung von Kommunikationsparameter (Frequenzbereiche), des Datenschutzes, verschlüsselte Informationsübertragung im Spannungsverhältnis zueinanderstehen.

Der Gesetzgeber reguliert die Nutzung und Zuteilung der Frequenzen, zudem ist der Betrieb eines Kommunikationsnetzes gemäß § 6 des TKG anzeigepflichtig. Somit ist ein Betrieb beziehungsweise – für diese wissenschaftliche Arbeit von Relevanz – der Notbetrieb für die zivile Bevölkerung grundlegend nicht vorgesehen, da zunächst ein berechtigtes Interesse zur Erlangung eines möglichen Dienstes bestehen und behördlich bewilligt werden muss. In den Frequenzbereichen des sogenannten „Jedermannfunks“ (Hobbyfunk) im Frequenzbereich 446 und 886 MHz sind Anwendungen mit geringer Leistung (0,5W – ERP) sowie im Bereich des CB-Bands 27 MHz (12W-SSB/PEP) für die zivile Bevölkerung zugelassen. In diesen Frequenzbereichen sind zwar grundsätzlich Notrufe erlaubt, jedoch sieht das TKG für diesen

Bereich keine Notfunkübungen für den zivilen Bereich vor. Diese Aspekte werden in der Regel von motivierten Amateurfunkverbänden, die den Notfunkverkehr üben, berücksichtigt. Eine zentrale, übergeordnete Regelung zur jährlichen Durchführung der alternativen bidirektionalen Notfallkommunikation der zivilen Bevölkerung ist derzeit nicht vorgesehen. Im Rahmen der gewerblichen und privaten Nutzung ist eine Verschlüsselung von Daten zulässig, bei Übertragungen im Bereich des staatlich geprüften Funkers (Amateurfunkers) hingegen nicht. Dies kann sich im Bereich der Notfallkommunikation des Hilfesuchenden in Bezug auf den Schutz seiner persönlichen Daten unterschiedlich auswirken (z.B. durch potentiellen Missbrauch).

5.3 Der Gesichtspunkt der Gebrauchstauglichkeit

Im Hinblick auf die Gebrauchstauglichkeit verschiedener alternativer Kommunikationstechnologien für die bidirektionalen Kommunikation im Katastrophenfall zeigt sich ein komplexes Spannungsfeld zwischen technischer Leistungsfähigkeit und Nutzungsbarrieren. Die nach ISO 9241-11 definierten Kriterien – Effektivität, Effizienz und Zufriedenstellung – offenbaren, dass keine der untersuchten Technologien für alle Bevölkerungsgruppen gleichermaßen geeignet ist. Traditionelle Funktechnologien wie der Amateur- oder CB-Funk zeichnen sich durch ihre Krisenfestigkeit aus, scheitern jedoch an der Gebrauchstauglichkeit für ungeübte Personengruppen. PMR-Geräte optimieren zwar die Benutzerzufriedenheit durch die selbsterklärende einfache Bedienung, besitzen jedoch technischen Limitationen. Die neueren Mesh-Netzwerk-Technologien unter LoRa bzw. LoRaWAN (Meshtastic und Lilygo) versuchen, diese Lücke zu schließen, erreichen jedoch noch nicht die notwendige Marktdurchdringung für flächendeckende Wirksamkeit. Besonders kritisch stellt sich die Situation für Menschen mit Beeinträchtigungen dar. Die Gebrauchstauglichkeit der untersuchten Technologien weist hier erhebliche Defizite auf, da Personengruppen mit unterschiedlichen Beeinträchtigungen wie körperlichen bzw. persönliche Einschränkung im Design der Geräte kaum Berücksichtigung finden. Wobei gerade die vulnerablen Bevölkerungsgruppen verlässliche Kommunikationsmittel benötigen.

5.4 Der Reichweitenfaktor

Im Rahmen der Reichweitenuntersuchung werden in Tabelle 4 die verfügbaren und potenziell geeigneten alternativen Kommunikationsmittel dargestellt. Die Analyse der verschiedenen Funksysteme führt zu den folgenden Ergebnissen.

Der Amateurfunk bietet die größte Reichweite unter den betrachteten Funktechnologien, die je nach Frequenzbereich weltweit sein kann. Dies macht ihn besonders vielseitig einsetzbar. Allerdings ist für die Nutzung eine Lizenz erforderlich, was technisches Wissen sowie eine Prüfung voraussetzen.

PMR (Private Mobile Radio) ist eine lizenzfreie Funktechnologie, die Reichweite ist jedoch stark von der Umgebung abhängig und liegt typischerweise zwischen 100 Metern und fünf Kilometern. Besonders in städtischen Gebieten kann die Reichweite durch bauliche Hindernisse erheblich eingeschränkt sein.

CB-Funk stellt eine weitere lizenzfreie Kommunikationsmöglichkeit dar. Mit einer Stationsantenne kann eine Reichweite von 20 bis 30 km (Überreichweiten rund 100 km) erzielt werden, während mobile Geräte auf etwa fünf bis 15 km begrenzt sind. Allerdings ist die Reichweite nur mittelmäßig, und atmosphärische Bedingungen können die Signalqualität beeinflussen.

LoRa Meshtastic basiert auf einer energieeffizienten Funktechnologie und ermöglicht durch seine Mesh-Netzwerkfähigkeit eine potenziell erweiterbare Reichweite. Unter realistischen Bedingungen beträgt die Reichweite zwei bis fünf Kilometer, kann aber unter optimalen Umständen (Antennenstandort ungefähr 25 km) höher ausfallen. Ein Nachteil dieser Technologie ist ihre teils komplexe Einrichtung, die technisches Verständnis erfordert.

Für Technologien wie den Amateurfunk, CB-Funk und LoRa stehen Repeater-Systeme (Range-Extender) zur Verfügung, die zur Reichweitenverlängerung eingesetzt werden können. Die effektive Nutzung dieser Erweiterungen setzt jedoch eine zuverlässige Energieversorgung voraus, wobei redundante Systeme zur Sicherstellung eines kontinuierlichen Betriebs beitragen können.

6 Schlussfolgerungen und Zusammenfassung

In diesem Kapitel werden die wichtigsten Erkenntnisse der vorliegenden Arbeit zusammengefasst und in einen größeren Zusammenhang eingeordnet. Dabei wird darauf eingegangen, inwieweit die aufgestellten Forschungsfragen beantwortet und die zugrunde liegenden Hypothesen bestätigt oder widerlegt wurden.

Forschungsfrage 1: Welche finanziellen und rechtlichen Rahmenbedingungen sind erforderlich, um der Zivilbevölkerung ein benutzerfreundliches Kommunikationssystem zur Verfügung zu stellen?

Basierend auf den vorliegenden Analyseergebnisse lässt sich zusammenfassen, dass die gegenwärtigen finanziellen und rechtlichen Rahmenbedingungen keine optimale Lösung bieten. Die Analyse zeigt, dass Technologien mit rechtlicher Konformität (Amateurfunk UKW/KW, APRS, TETRA) entweder finanzielle Hürden aufweisen oder Defizite in der Benutzerfreundlichkeit haben.

Erforderlich wäre ein regulatorischer Rahmen, der finanzierbare und benutzerfreundliche Technologien wie PMR rechtlich für den breiten zivilen Katastropheneinsatz legitimiert. Dies würde zum Beispiel durch eine Anpassung der Lizenzierungsanforderungen oder durch die Etablierung spezieller Frequenzbereiche für den zivilen Katastrophenschutz möglich sein.

Forschungsfrage 2: Welche technischen und organisatorischen Voraussetzungen müssen geschaffen werden, um ein Kommunikationssystem zwischen der zivilen Bevölkerung und den Behörden während eines Katastrophenfalls zu gewährleisten?

Die Datenanalyse zeigt, dass ein effektives Kommunikationssystem zwischen Zivilbevölkerung und Behörden folgende Voraussetzungen erfordert:

- Nutzung der Reichweitevorteile von Amateurfunk (KW) oder Satellitenkommunikation
- Anwendung der Benutzerfreundlichkeit von PMR

- Sicherstellung rechtlicher Kompatibilität wie bei Amateurfunk oder TETRA
- Entwicklung finanziell tragbarer Lösungen ähnlich PMR oder LoRa

Organisatorisch wäre ein zweistufiges System denkbar: Amateurfunker als technisch versierte Mittler könnten mit den Behörden über TETRA oder Amateurfunk kommunizieren, während die breite Bevölkerung benutzerfreundlichere Systeme wie PMR nutzt. Diese Möglichkeit besteht bereits, jedoch ist diese keine vollwertige bidirektionale Kommunikation der Zivilbevölkerung mit den BOS-Organisationen, wie dies im Normalbetrieb möglich ist.

Unterforschungsfrage 1: Wäre nicht alternative Funkkommunikation mittels Kurzwelle oder Ultrakurzwellen als Lösung für das Problem der fehlenden Kommunikationsmöglichkeit im Katastrophenfall?

Die erhobenen Daten unterstützen diese Annahme teilweise. Amateurfunk (KW) bietet hervorragende Reichweite und erfüllt die rechtlichen Anforderungen, scheitert jedoch an finanziellen Aspekten und insbesondere an der Gebrauchstauglichkeit. Amateurfunk mittels staatlich geprüfter Funker (UKW) ist rechtlich und finanziell akzeptabel, zeigt jedoch ebenfalls Defizite in der Benutzerfreundlichkeit und erfordert eine Lizenz.

Diese Technologien könnten somit Teil einer Lösung sein, insbesondere für technisch versierte Nutzer, benötigen jedoch Ergänzungen, um für die breite Bevölkerung zugänglich zu werden.

Unterforschungsfrage 2: Haben die staatlich geprüften Funker (= Amateurfunker) das Potenzial als Brücke zwischen staatlichen Maßnahmen und zivilgesellschaftlichen Initiativen zur Verbesserung der Krisenkommunikation zu fungieren?

Die Datenanalyse zeigt, dass Amateurfunker eine ideale Brückenfunktion einnehmen könnten. Sie verfügen über das technische Know-how für komplexere, reichweitenstarke Systeme wie Amateurfunk (KW/UKW) und APRS, die rechtlich konform sind. Diese Kompetenz könnte die Lücke zwischen den behördlichen Kommunikationssystemen und den benutzerfreundlicheren, aber technisch begrenzten Systemen für die Zivilbevölkerung wie PMR überbrücken. Ein koordiniertes Netzwerk aus Amateurfunkern könnte somit als Kommunikationsknotenpunkt zwischen Behörden und Bevölkerung fungieren.

Hypothese: Verfügt die Zivilbevölkerung über ein Kommunikationssystem, das durch finanzielle Erschwinglichkeit, Benutzerfreundlichkeit und angemessene Reichweite gekennzeichnet ist, und existiert ein adäquater rechtlicher Rahmen für dessen Nutzung?

Die Hypothese muss auf Basis der vorliegenden Daten falsifiziert werden. Kein einzelnes Kommunikationssystem erfüllt alle genannten Kriterien gleichzeitig. PMR ist das einzige benutzerfreundliche System und zudem finanziell erschwinglich, weist jedoch eine unzureichende Reichweite auf und operiert außerhalb des rechtlichen Rahmens. Diese Erkenntnisse indizieren, dass die Zivilbevölkerung derzeit nicht über ein optimales Kommunikationssystem verfügt, das allen Anforderungen einer bidirektionalen Kommunikationsverbindung im Katastrophenfall gerecht wird.

Die Untersuchung kostengünstiger Kommunikationslösungen mit erweiterter Reichweite für die zivile Nutzung führt zu dem Schluss, dass eine ideale Kombination aus

Kurzwellenteknologie, Lizenzfreiheit, einfacher Bedienbarkeit und niedrigen Anschaffungskosten (< EUR 50) in der gegenwärtigen technologischen Landschaft nicht existent ist.

Diese Limitierung ist primär auf regulatorische Rahmenbedingungen zurückzuführen, jedoch nicht auf technologische Beschränkungen. Die fundamentale Herausforderung bleibt die internationale Frequenzregulierung, die Kurzwellenbereiche (KW) mit guter Ausbreitungscharakteristik überwiegend lizenzierten Diensten vorbehält. Eine Modifikation dieser Situation würde internationale regulatorische Anpassungen erfordern, was angesichts der etablierten Frequenzzuweisungen durch die International Telecommunication Union (ITU) als perspektives unwahrscheinliches Szenario anzusehen ist.

7 Perspektiven

Die Ergebnisse dieser Arbeit liefern zentrale Aspekte, die als Ausgangspunkt für weiterführende Untersuchungen dienen können. Dieses Kapitel skizziert zukünftige Forschungsrichtungen und zeigt auf, wie die gewonnenen Erkenntnisse vertieft oder in neuen Kontexten angewendet werden können.

Die Untersuchung hat gezeigt, dass es weiterhin offenen Forschungsbedarf gibt, insbesondere hinsichtlich der notwendigen Ausstattung pro Haushalt. Dabei sollte unter Berücksichtigung der finanziellen Belastbarkeit der Bevölkerung ein Kostenrahmen definiert werden, der eine möglichst breite gesellschaftliche Durchdringung sicherstellt.

Ein zentrales Thema für die zukünftige Forschung ist die Anpassung und Resilienz der Kommunikationsinfrastruktur an unterschiedliche Katastrophenszenarien. Während Blackouts, wie im Projekt Neuhaus untersucht, eine intakte, aber nicht funktionale Infrastruktur voraussetzen, erfordert die vollständige Zerstörung durch Naturkatastrophen, wie im Ahrtal, alternative Lösungen. Zukünftige Forschungsansätze müssen daher gezielt Strategien entwickeln, die sowohl infrastrukturelle Schäden als auch die Bedürfnisse besonders vulnerabler Gruppen berücksichtigen, um eine effektive bidirektionale Krisenkommunikation mit der zivilen Bevölkerung sicherzustellen.

Technologische Entwicklung und Gebrauchstauglichkeit

Eine zukünftige Strategie sollte daher auf einem dualen Ansatz basieren: Zum einen die Vereinfachung komplexer, aber effektiver Technologien für eine breite Nutzbarkeit, zum anderen die Weiterentwicklung niedrigrschwelliger Lösungen mit verbesserter technischer Leistungsfähigkeit. Dabei müssen insbesondere die spezifischen Anforderungen unterschiedlicher Nutzergruppen im Katastrophenfall berücksichtigt werden.

Die vorliegende Analyse konnte keine einzelne Technologie als optimale Lösung für die zivile Bevölkerung identifizieren. Dies verdeutlicht die Notwendigkeit einer Priorisierung von Anforderungskriterien oder die Entwicklung hybrider Systeme, die verschiedene technologische Vorteile kombinieren. Zudem wäre eine weiterführende Untersuchung zur technologischen Adaption oder Weiterentwicklung bestehender Systeme sinnvoll, um die erkannten Defizite zu schließen.

Gerätedichte und Infrastruktur

Die Frage nach der optimalen Gerätedichte erfordert eine differenzierte Betrachtung. Eine flächendeckende Implementierung an strategischen Standorten – etwa ehemalige Telefonzellen (welche aber sukzessive abgebaut werden) oder zentrale Wohneinheiten analog zur früheren Hausmeisterfunktion – könnte eine adäquate Lösung darstellen. Darüber hinaus ist zu berücksichtigen, dass moderne Smartphones im Premium-Segment, die als Flaggschiffmodelle bezeichnet, zunehmend mit einer zeitlich limitierten Satellitenkommunikationsfähigkeit ausgestattet werden, nach deren Ablauf die Nutzer selbst für die Weiterführung sorgen müssen. Dies wirft Fragen hinsichtlich der Ausfallsicherheit sowie der langfristigen Finanzierung und Tarifgestaltung auf.

8 Literaturverzeichnis

- A1-Telekom. Wels -ARU und Vermittlungsstellen. ArcView-Druckauftrag. https://cdn1.a1.net/final/de/media/pdf/724202_ARU_A3.pdf. Zugegriffen: 22. Februar 2025.
- AMARS. (2025, 19. April). US Army MARS. About Army MARS. <https://www.usarmymars.org/about-army-mars>. Zugegriffen: 19. April 2025.
- Amateurfunk by DL2FBO. (2024, 30. August). Amateurfunk by DL2FBO – Infos rund um das Thema Amateurfunk. <https://www.dl2fbo.de/geschichte/>. Zugegriffen: 7. Dezember 2024.
- Amateurfunkverordnung. (2024). Amateurfunkverordnung. AFV.
- ISO, 31000 (2014). *Risikomanagement*. Wien.
- ISO, 9241-11 (2018 11 15). *Ergonomie der Mensch-Systeme-Interaktion*.
- ÖNORM S 2304 (06.01.2025). *ÖNORM S 2304*:. Wien.
- BABS. (2015). Risikobericht 2015. Nationale Risikoanalyse Katastrophen und Notlagen Schweiz. Zugegriffen: 24. November 2024.
- BBK. (2024, 27. November). Glossar - N. https://www.bbk.bund.de/DE/Infothek/Glossar/_functions/glossar.html?nn=19742&lv2=19824. Zugegriffen: 27. November 2024.
- Becker, L. (2024, 22. Juli). Auf der Spur der globalen IT-Störung. Chronologie des CrowdStrike-Ausfalls. *IT Verlag für Informationstechnik GmbH*. <https://www.it-daily.net/it-sicherheit/cloud-security/crowdstrike-ausfall>. Zugegriffen: 15. Februar 2025.
- BGBI. I Nr. 159/2023. (2024). Rettungs- und Zivilschutzorganisationen-Unterstützungsgesetz. https://www.ris.bka.gv.at/Dokumente/BgblAuth/BGBLA_2023_I_159/BGBLA_2023_I_159.html.
- BGBLA_2018_I_78. Änderung des Telekommunikationsgesetzes 2003, des Funkanlagen-Marktüberwachungs-Gesetzes, des Funker-Zeugnisgesetzes 1998, des Gebäude- und Wohnungsregister-Gesetzes und des KommAustria-Gesetzes. BGBLA_2018_I_78 2018. https://www.ris.bka.gv.at/Dokumente/BgblAuth/BGBLA_2018_I_78/BGBLA_2018_I_78.pdfsig.
- BMI. (2025a, 11. Januar). *Krisen- und Katastrophenmanagement* (Bundesministerium des Inneres, Hrsg.). <https://www.bmi.gv.at/204/Katastrophenmanagement/start.aspx>. Zugegriffen: 11. Januar 2025.
- BMI, o.V. (Mitarbeiter) (Bundesministerium des Inneres, Hrsg.). (2025b, 11. Januar). Zivilschutz in Österreich. https://www.bmi.gv.at/204/geschichte_Leichter_Lesen.aspx. Zugegriffen: 11. Januar 2025.
- BMI. (2025c, 27. Mai). Geschichte. <https://www.bmi.gv.at/204/geschichte.aspx>. Zugegriffen: 27. Mai 2025.
- Böhn, A. & Seidler, A. (2014). *Mediengeschichte. Eine Einführung* (bachelor-wissen, 2., durchges. und korrig. Auflage). Tübingen: Narr Francke Attempto Verlag.

- Boßow-Thies, S. & Krol, B. (Hrsg.). (2022a). *Quantitative Forschung in Masterarbeiten. Best-Practice-Beispiele wirtschaftswissenschaftlicher Studienrichtungen* (Lehrbuch). Wiesbaden, Germany: Springer Gabler.
- Boßow-Thies, S. & Krol, B. (Hrsg.). (2022b). *Quantitative Forschung in Masterarbeiten. Best-Practice-Beispiele wirtschaftswissenschaftlicher Studienrichtungen* (Lehrbuch). Wiesbaden, Germany: Springer Gabler.
- Brandmeister-Netzwerk, Ralph (Mitarbeiter) (Brandmeisternetzwerk, Hrsg.). (2016). Notfunk - Talkgroups 2016 (Erdbeben Italien). Digitale Kommunikation. <https://bm262.de/aus-aktuellem-anlass-notfall-tgs-im-bm/>. Zugegriffen: 16. Februar 2025.
- BSI. (2018). *Redundanz. Modularität - Skalierbarkeit* (Bundesamt für Sicherheit in der Informationstechnik, Hrsg.), Bonn. https://www.bsi.bund.de/SharedDocs/Downloads/DE/BSI/RZ-Sicherheit/redundanz-modularitaet-skalierbarkeit.pdf?__blob=publicationFile&v=1. Zugegriffen: 9. März 2025.
- Bundeskanzleramt. *Österreichische Sicherheitsstrategie*.
- Bundesländer. (2024). RIS - Gesamtabfrage - Novelierungen. Katastrophen - hilfe, -management;-gesetz, 1–11. <https://www.ris.bka.gv.at/Ergebnis.wxe?Abfrage=Gesamtabfrage>.
- Bundesministerium für Finanzen. (2024). BMF. Zahlen und Fakten zum Telekommunikationswesen in Österreich. https://www.bmf.gv.at/themen/telekommunikation-post_2/telekommunikationswesen-zahlen-fakten.html. Zugegriffen: 3. Dezember 2024.
- Bundes-Verfassungsgesetz. (2025). Bundes-Verfassungsgesetz. B-VG, 1–83. <https://www.ris.bka.gv.at/GeltendeFassung.wxe?Abfrage=Bundesnormen&Gesetzesnummer=10000138>.
- CrowdStrike. (2024, 20. Juli). Technische Details zum Ausfall am 19. Juli 2024. Standpunkt der Geschäftsleitung. <https://www.crowdstrike.de/technical-details-on-todays-outage/>. Zugegriffen: 27. September 2024.
- CrowdStrike. (2025, 16. Februar). *Endpoint Protection & Threat* (CrowdStrike, Hrsg.) (S. 1–7). Zugegriffen: 16. Februar 2025. <https://www.nomios.de/partner/crowdstrike>.
- DARC, DLOHBS (Mitarbeiter). (2023). Notfunk. Geschichtliche Ereignisse. <http://www.dlohbs.de/notfunk.html>. Zugegriffen: 16. Februar 2025.
- Datenerfassungssysteme (DAQ) und Lösungen. (2023, 22. Februar). Mesh-WLAN-Netzwerk für Remote-Datenerfassung. <https://dewesoft.com/de/blog/ferndatenerfassung-mit-mesh-netzwerken>. Zugegriffen: 25. Februar 2025.
- DBU. (2023, 14. Juli). *NetzWind. Netzbildende Windenergieanlagen für zukünftige Energieversorgungsnetze zur Verbesserung der Schwarzstart- und Inselnetzfähigkeit.* : Deutsche Bundesstiftung Umwelt. <https://www.dbu.de/projektdatenbank/35340-01/>. Zugegriffen: 15. Februar 2025.

- Deutsche Gesellschaft für Soziologie. (2017). Ethik-kodex. Der Deutsche Gesellschaft für Soziologie (DGS) und des Berufsverbandes Deutscher Soziologen (BDS). https://soziologie.de/fileadmin/user_upload/dokumente/Ethik-Kodex_2017-06-10.pdf. Zugriffen: 6. Oktober 2024.
- Deutscher Bundestag. (2007). *Zur Kompetenz des Bundes für den Bevölkerungsschutz*. <https://www.bundestag.de/resource/blob/412762/e2918de45dab4107d5b0d5e06012159a/wd-3-423-07-pdf-data.pdf>. Zugriffen: 23. April 2025.
- Diarmuid Pepper & O'Connor, N. (TheJournal.IE, Hrsg.). (2025). TETRA. All emergency services suffered a radio communications collapse during Storm Éowyn. <https://www.thejournal.ie/hse-ambulance-service-storm-eowyn-secure-communications-system-outage-6610372-Jan2025/>. Zugriffen: 8. Februar 2025.
- Döring, N. (2023). *Forschungsmethoden und Evaluation in den Sozial- und Humanwissenschaften* (Lehrbuch, 6., vollständig überarbeitete, aktualisierte und erweiterte Auflage). Berlin: Springer.
- Elsberg, M. (2012). *Blackout. Morgen ist es zu spät*. München: Blanvalet.
- (2024). EMRK. Bundesrecht konsolidiert,. <https://www.ris.bka.gv.at/NormDokument.wxe?Abfrage=Bundesnormen&Gesetzesnummer=10000308&FassungVom=2024-01-09&Artikel=2&Paragraf=&Anlage=&Uebergangsrecht=>. Zugriffen: 22. November 2024.
- ERCC-Portal. (2025, 04. Februar). *Flash News. Storm Eowyn* (ERCC, Hrsg.). <https://erccportal.jrc.ec.europa.eu/ECHO-Products/Maps#/maps/5165>. Zugriffen: 4. Februar 2025.
- ESB -Networks. Power Check. Zugriffen: 4. Februar 2025.
- Esfahani, A. A. (2022). *Eine Einführung in Wireless Mesh Networks*: Verlag Unser Wissen.
- EU-Kommission. (2022, 18. November). *Für eine sichere und effiziente Konnektivität. EU gibt Startschuss für neues EU-Satellitensystem* (EU-Kommission, Hrsg.). https://germany.representation.ec.europa.eu/news/fur-eine-sichere-und-effiziente-konnektivitat-eu-gibt-startschuss-fur-neues-eu-satellitensystem-2022-11-18_de. Zugriffen: 27. Januar 2024.
- Fekete, A. (2024). *Risiko, Katastrophen und Resilienz. Eine Einführung in Methoden, Konzepte und Themen* (Lehrbuch). Berlin: Springer Spektrum.
- Kommunal. (2021). *Ein Leuchtturm für jede Gemeinde*. <https://kommunal.at/ein-leuchtturm-fuer-jede-gemeinde>.
- Fernmeldebüro. (2025, 18. Januar). Amateurfunkdienst. Funkamateure. <https://www.fb.gv.at/Funk/amateurfunkdienst.html>. Zugriffen: 18. Januar 2025.
- Fischer. (2023). *Forensische Analyse von Mesh-Netzwerken am Beispiel von Meshtastic*. Masterarbeit, Mittweida. Mittweida. <https://monami.hs-mittweida.de/frontdoor/deliver/>

- index/docId/14305/file/MA_46661_Felix-Fischer_geschwaerzt.pdf. Zugriffen: 23. Februar 2025.
- Flick, Kardorff & Steinke (Hrsg.). (2022). *Qualitative Forschung. Ein Handbuch* (Rororo Rowohlt's Enzyklopädie, Bd. 55628, 14. Auflage, Originalausgabe). Reinbek bei Hamburg: rowohlt's enzyklopädie im Rowohlt Taschenbuch Verlag.
- Der Fluss die Ahr (Höhenprofil)*. (2025). Esri: <https://www.arcgis.com>.
- Google maps. (2024): A1-Vermittlungsstellen.
- Graz, S. d. L. (2023). *BLACKOUT. Konzept für die Landeshauptstadt Graz* (Graz, L., Hrsg.), Graz. https://www.sicherheit.graz.at/cms/dokumente/10419200_12275429/892fbddf/Blackout_Konzept.pdf. Zugriffen: 22. November 2024.
- (2025, 23. April). Great ShakeOut Earthquake Drills. <https://www.shakeout.org/>. Zugriffen: 23. April 2025.
- Hochwasserrisikozonierung. (2025): BEV. <https://hora.gv.at/>.
- Höher, P. A. (2011). *Grundlagen der digitalen Informationsübertragung. Von der Theorie zu Mobilfunkanwendungen* (SpringerLink Bücher). Wiesbaden: Vieweg+Teubner.
- Hommel, Grabatin, Altgenug & Silaci. (2025, 19. Februar). *ROLORAN: Resilient Operation of LoRa Networks*, Universität München. Professur für IT-Sicherheit von Software und Daten. <https://www.unibw.de/software-security/forschung/roloran>. Zugriffen: 19. Februar 2025.
- Hug & Poscheschnik. (2015). *Empirisch forschen. Die Planung und Umsetzung von Projekten im Studium* (Studieren, aber richtig, Bd. 3357, 2., überarbeitete Auflage). Konstanz: UVK Verlagsgesellschaft mbH; UVK/Lucius.
- International Amateur Radio Union, Greg, G. (Mitarbeiter). (2024, 27. Oktober). Notkommunikationsaktivitäten in der Karibik. <https://www.iaru-r1.org/2024/emergency-communications-activity-in-the-caribbean/>. Zugriffen: 27. Oktober 2024.
- (2024). Introduction - Meshtastic. <https://meshtastic.org/docs/introduction/>. Zugriffen: 25. Februar 2025.
- The Irish Sun. (2025). RECORD Storm Eowyn 183kph gusts hit Ireland as 'unprecedented' 725k lose power, 266785760017516. <https://www.thesun.ie/news/14589028/storm-eowyn-tracker-met-eireann-worst-esb-schools-flights/page/3/>. Zugriffen: 8. Februar 2025.
- Jachs, S. (2011). *Einführung in das Katastrophenmanagement*. Hamburg: Tredition.
- Juri Jaquemet. (2025, 11. Januar). *Sirenenalarm. Druckluft und sich sträubende Haare - Blog zur Schweizer Geschichte* (Schweizerisches Nationalmuseum, Hrsg.), Bern. <https://blog.nationalmuseum.ch/2020/02/sirenenalarm-druckluft-und-sich-straeubende-haare/>. Zugriffen: 11. Januar 2025.
- Karutz, H., Geier, W. & Mitschke, T. (Hrsg.). (2017). *Bevölkerungsschutz. Notfallvorsorge und Krisenmanagement in Theorie und Praxis*. Berlin: Springer.

- Kersken. (2017). *IT-Handbuch für Fachinformatiker. Der Ausbildungsbegleiter* (Rheinwerk computing, 8., aktual. Aufl.). Bonn: Rheinwerk Verlag GmbH.
- Köck, Gemeinde Galtür (Mitarbeiter). (2024, 04. November). Die Lawine von Galtür. <https://galtuer.gv.at/unser-galtuer/lawine-1999/96-die-lawine-von-galtuer>. Zugegriffen: 4. November 2024.
- Kohlhammer. (2019). *Feuerwehr Dienstvorschrift. Sprech- und Datenfunkverkehr* (Feuerwehr-Dienstvorschrift (FwDV), Bd. 810, Ausgabe 2018, Stand: 14.09.2018, 1. Auflage). Stuttgart: Verlag W. Kohlhammer; Deutscher Gemeindeverlag (FwDV810).
- Körner. (1963). *Geschichte des Amateurfunks*. 7016 Gerlingen/württ.: Lörnersche Drucker und Verlagsanstalt.
- Koschitzki, L. (2024). *Sensemaking in der Katastrophe. Eine Rekonstruktion der Flutkatastrophe 2021 im Ahrtal* (Organisationsstudien). Wiesbaden: Springer VS.
- Kühn, P. J. (1995). *Vom FernsprechnetZ Zum Information Superhighway. Die Entwicklung der Kommunikations-Infrastrukturen und Ihre Herausforderung an Technik und Gesellschaft* (Sitzungsberichte der Heidelberger Akademie der Wissenschaften Ser, v.1995 / 2). Berlin, Heidelberg: Springer Berlin / Heidelberg.
- Landeszentrale für politische Bildung NRW. (2024). Geschichte der Medienwelt, 1. https://www.politische-bildung.nrw.de/fileadmin/imperia/md/content/Digitale_Medien/Digitale_Demokratiekompetenz/News_Room_4.0/Infografik_Mediengeschichte_zum_Download.pdf. Zugegriffen: 1. Dezember 2024.
- Larenz, K. (1991). *Methodenlehre der Rechtswissenschaft* (Enzyklopädie der Rechts- und Staatswissenschaft Abteilung Rechtswissenschaft, 6., neu bearb. Aufl.). Berlin: Springer.
- Large, M. (2017, 23. Februar). Die Entwicklung des Autotelefons. Von Null bis 65. *all-electronics.de*. <https://www.all-electronics.de/automotive-transportation/65-jahre-autotelefon-918.html>. Zugegriffen: 3. Dezember 2024.
- Looker Studio. (2025, 23. April). TSUNAMI. https://lookerstudio.google.com/embed/reporting/9ed90da8-2058-4907-829c-c2f07e17fba1/page/p_8mitzhz3fd. Zugegriffen: 23. April 2025.
- Lossin, C. (2023, 16. Oktober). Vom Papyrus zum E-Mail. Die Geschichte des Schriftverkehrs. *LinkedIn*. https://de.linkedin.com/pulse/von-papyrus-zum-e-mail-die-geschichte-des-schriftverkehrs?trk=public_post. Zugegriffen: 1. Dezember 2024.
- Mayring. (2015). *Qualitative Inhaltsanalyse*: Beltz Verlagsgruppe.
- Meinel, C. (2012). *Internetworking. Technische Grundlagen und Anwendungen* (SpringerLink Bücher). Berlin, Heidelberg: Springer-Verlag Berlin Heidelberg.
- Meuser & Nagel (Hrsg.). (1991). *ExpertInneninterviews. vielfach erprobt, wenig bedacht* (Qualitativ-empirische Sozialforschung : Konzepte, Methoden, Analysen).
- Ministerium für Inneres. (2016). *ManV-Konzept 2016* (Ministerium für inneres, Digitalisierung und Migration, Hrsg.). <https://www.lfs-bw.de/fileadmin/LFS-BW/themen/>

- einsatzdienst/sonderlagen/dokumente/ManV_Konzept_2016.pdf. Zugriffen: 11. Januar 2025.
- Bundeskanzleramt Österreich. (2024). *Großunfall/Katastrophe*. oesterreich.gv.at - Österreichs digitales Amt. https://www.oesterreich.gv.at/themen/notfaelle_unfaelle_und_kriminalitaet/unfall/Seite.2896000.html.
- NASA. (1962). Telstar 1. <https://nssdc.gsfc.nasa.gov/nmc/spacecraft/display.action?id=1962-029A>. Zugriffen: 7. Dezember 2024.
- NASA (NASA Gov, Hrsg.). (1976). MARISAT. <https://nssdc.gsfc.nasa.gov/nmc/spacecraft/display.action?id=1976-017A>. Zugriffen: 7. Dezember 2024.
- Nön.at, A. & Redaktion, N. (2025, 31. Januar). Nach Sturm Éowyn: Netz NÖ leistet technische Unterstützung in Irland. *NÖN - Niederösterreichische Nachrichten*. <https://www.noen.at/niederoesterreich/chronik-gericht/zwoelf-mitarbeiter-nach-sturm-eowyn-netz-noe-leistet-technische-unterstuetzung-in-irland-459160918>. Zugriffen: 15. Februar 2025.
- Nötzold, A., Fels, E., Rotter, A. & Brake, M. (Hrsg.). (2024). *Strategischer Wettbewerb im Weltraum. Politik, Recht, Sicherheit und Wirtschaft im All* (Sicherheit, Strategie & Innovation). Wiesbaden: Springer VS.
- ÖBH. Österreichische Sicherheitsstrategie. Sicherheit in einer neuen Dekade, 1–27. Sicherheit gestalten. https://www.bmlv.gv.at/pdf_pool/publikationen/130717_sicherheitsstrategie_kern_a4_web_barrierefrei.pdf. Zugriffen: 24. November 2024.
- ÖNORM, S 2304. *Integriertes Katastrophenmanagement*.
- ÖVSV, Martin OE1MVA; Tom OE1TRI & Oliver OE1LYK (Mitarbeiter) (Österreichischer Versuchssende Verband, Hrsg.). (2022). Notfunknetz Wien. <https://oe1.oevsv.at/not-und-katastrophenfunk/Notfunknetz-Wien/>. Zugriffen: 11. Januar 2025.
- ÖVSV (Österreichischer Versuchssende Verband, Hrsg.). (2024, 22. Oktober). Eingetroffene Logs AOEE 80/40m. <http://kw-service.oevsv.at/cgi-bin/show.cgi>. Zugriffen: 22. Oktober 2024.
- ÖVSV, Bauman, M. (Mitarbeiter). (2025, 18. Januar). HAMNET. <https://oe3.oevsv.at/amateurfunk/hamnet/>. Zugriffen: 18. Januar 2025.
- Petermann, T., Bradke, H., Lüllmann, A., Poetzsch, M. & Riehm, U. (2010). *TAB. Gefährdung und Verletzbarkeit moderner Gesellschaften - am Beispiel eines großräumigen und langandauernden Ausfalls der Stromversorgung. Endbericht zum TA-Projekt. Technikfolgen-Abschätzungen des Deutschen Bundestages* (KARLSRUHER INSTITUT FÜR TECHNOLOGIE (KIT), Hrsg.), Berlin. <https://www.tab-beim-bundestag.de/tab-berichte.php>.
- Kurier. (2019). *Neuer Funk für Feuerwehrhaus „Leuchttürme“*. <https://kurier.at/chronik/burgenland/neuer-funk-fuer-feuerwehrhaus-leuchttuerme/400515682>.
- Proll. Behördenspiegel. Rettung. Feuer. Katastrophe. In (S. 1–8).

- Radlherr. (2025, 18. Januar). *Hamnez IP-Database*. <https://hamnetdb.net/map.cgi>.
Zugegriffen: 18. Januar 2025.
- Rakowsky, Lackinger, Heisig & Prinz. (2021). *Blackout. Einstellung der österreichischen Bevölkerung und Empfehlung zur Krisenbewältigung* (BMLV, Hrsg.), Wien.
- red, o. (2025, 28. Januar). Unwettereinsatz: Spezialisten helfen nach Sturm in Irland. *ORF.at*, S. 1–2. <https://ooe.orf.at/stories/3290911/>. Zugegriffen: 4. Februar 2025.
- Reichertz, J. (2009). *Kommunikationsmacht. Was ist Kommunikation und was vermag sie? Und weshalb vermag sie das?* (Wissen, Kommunikation und Gesellschaft, 1. Aufl.). Wiesbaden: VS-Verl. für Sozialwissenschaften.
- Reichwald, R. & Piller, F. T. (2009). *Interaktive Wertschöpfung. Open Innovation, Individualisierung und neue Formen der Arbeitsteilung* (2., vollständig überarbeitete und erweiterte Auflage). Wiesbaden: Gabler Verlag / GWV Fachverlage GmbH Wiesbaden.
- Rotes Kreuz Gmünd, Dolomites Radio Club (Mitarbeiter). (2024, 27. Oktober). Funkamateure in OE3 ersetzen ausgefallenes TETRA Funknetz. <https://drc.bz/rotes-kreuz-gmuend-a-funkamateure-in-oe3-ersetzen-ausgefallenes-tetra-funknetz/>. Zugegriffen: 27. Oktober 2024.
- Schäfer, K. F. (2024). *Blackout. Ursachen und Folgen von Stromausfällen* (1st ed. 2024). Wiesbaden: Springer Fachmedien Wiesbaden; Imprint Springer Vieweg.
- Schnabel. (2025, 18. Januar). *Elektronik Kompendium. Satelliten-Telefonie* (Das ELKO, Hrsg.). <https://www.elektronik-kompendium.de/sites/kom/0311091.htm>. Zugegriffen: 18. Januar 2025.
- Schweizer Radio und Fernsehen. (2024). CrowdStrike-Softwarefehler - Der Tag, an dem die IT weltweit verrückt spielte – ein Überblick. <https://www.srf.ch/news/international/crowdstrike-softwarefehler-der-tag-an-dem-die-it-weltweit-verrueckt-spielte-ein-ueberblick>. Zugegriffen: 27. September 2024.
- Seidel, J. (2021, 9. September). Ahrtal unter Wasser - Chronik einer Katastrophe - wdr.de. *Westdeutscher Rundfunk*. <https://reportage.wdr.de/chronik-ahrtal-hochwasser-katastrophe#chronik-hochwasser-im-ahrtal>. Zugegriffen: 4. November 2024.
- (2024, 18. November). Senderkataster.at. <https://www.senderkataster.at/>. Zugegriffen: 9. Februar 2025.
- (2024, 22. November). Sicherheitsgesetz. <https://ris.bka.gv.at/GeltendeFassung.wxe?Abfrage=LrW&Gesetzesnummer=20000160>. Zugegriffen: 22. November 2024.
- Silaci. (2025, 25. Februar). *ROLORAN. Resilient Operation of LoRa Networks* (Universität der Bundeswehr Münschen, Hrsg.). : Institut für Softwaretechnologie. <https://www.unibw.de/software-security/forschung/roloran>. Zugegriffen: 20. März 2025.
- Slats, L. (2020). A Brief History of LoRa. Three Inventors Share Their Story. <https://blog.semtech.com/a-brief-history-of-lora-three-inventors-share-their-personal-story-at-the-things-conference>. Zugegriffen: 18. Januar 2025.

- Starlink. (2024). Direct to Cell, 1–3. https://api.starlink.com/public-files/DIRECT_TO_CELL_FIRST_TEXT_UPDATE.pdf. Zugegriffen: 7. Dezember 2024.
- Statistik Austria, o.V. (Mitarbeiter). (2023). Warenkorb - Legende - Beschreibung, Statistik Austria. <https://www.statistik.at/statistiken/bevoelkerung-und-soziales/ausgaben-und-ausstattung-privater-haushalte/ausgaben>. Zugegriffen: 17. November 2024.
- Statistik Austria. (2024, 20. Dezember). *Wertsicherungsrechner - STATISTIK AUSTRIA* (Statistik Austria, Hrsg.), Wien. <https://www.statistik.at/Indexrechner/#/vpi/wsr>. Zugegriffen: 15. März 2025.
- Statistik Austria. (2025a). *Laspeyres - Preisindex*. Wien: Statistik Austria. <https://www.statistik.at/fileadmin/pages/216/Laspeyres-Preisindex.pdf>. Zugegriffen: 1. März 2025.
- Statistik Austria, o.V. (Mitarbeiter). (2025b, 01. März). Haushaltseinkommen. <https://www.statistik.at/statistiken/bevoelkerung-und-soziales/einkommen-und-soziale-lage/haushaltseinkommen>. Zugegriffen: 1. März 2025.
- Statistik Austria, o.V. (Mitarbeiter). (2025c, 01. März). Verbraucherpreisindex (VPI/HVPI). <https://www.statistik.at/statistiken/volkswirtschaft-und-oeffentliche-finanzen/preise-und-preisindizes/verbraucherpreisindex-vpi/hvpi>. Zugegriffen: 1. März 2025.
- Statistik Austria. (2025d, 14. März). Ausgaben 2019/20. <https://www.statistik.at/statistiken/bevoelkerung-und-soziales/ausgaben-und-ausstattung-privater-haushalte/ausgaben>. Zugegriffen: 14. März 2025.
- Statistik Austria. (2024). *Infoblatt_Konsumerhebung* (Statistik Austria, Hrsg.), Wien. https://www.statistik.at/fileadmin/pages/1859/Infoblatt_Konsumerhebung_2024_25.pdf. Zugegriffen: 14. März 2025.
- Statistik Austria, o.V. (Mitarbeiter). (2025, 01. März). Aufgaben und Grundsätze. <https://www.statistik.at/ueber-uns/aufgaben-und-grundsaeetze/aufgaben-und-grundsaeetze>. Zugegriffen: 1. März 2025.
- StGG. (2024). <https://www.ris.bka.gv.at/GeltendeFassung/Bundesnormen/10000006/StGG%2c%20Fassung%20vom%2022.11.2024.pdf>. Zugegriffen: 22. November 2024.
- Sticher, Birgitta, Ohder & Claudius. (2013). *Einbeziehung der Bevölkerung in das Katastrophenmanagement* (SIAC-Journal, Hrsg.) (81-93), Wien. https://www.bmi.gv.at/104/Wissenschaft_und_Forschung/SIAC-Journal/SIAC-Journal-Ausgaben/Jahrgang_2013/files/Sticher_2_2013.pdf. Zugegriffen: 18. Februar 2025.
- SWR3. (2025). Hunderttausende Haushalte ohne Strom: Sturm „Éowyn“ sorgt in Irland für Chaos, SWR3; SWR3. <https://www.swr3.de/aktuell/nachrichten/sturm-eowyn-irland-strom-ausfall-100.html>. Zugegriffen: 4. Februar 2025.
- Telekom, Jodl (Mitarbeiter). (2016). Telekom erklärt, wie eine Vermittlungsstelle funktioniert, Telekom AG. <https://www.telekom.com/de/blog/netz/artikel/telekom-erklaert-wie-eine-vermittlungsstelle-funktioniert-65588>. Zugegriffen: 22. Februar 2025.

Telekommunikationsgesetz 2021. Bundesgesetz. TKG 2021.

Times of India. Funkamateure helfen bei Flutkatastrophe in Indien. <https://oe7.oevsv.at/pdflink/en/ca595340-57ca-11e5-a989-0242ac11002b/Funkamateure-helfen-bei-Flutkatastrophe-in-Indien.pdf>. Zugriffen: 27. Oktober 2024.

Ullah, K. R. & Jung, T. (2025, 14. Februar). Interaktive Karte | Energy-Charts. <https://www.energy-charts.info/map/map.htm?l=de&c=DE&country=IE&zoom=7&lat=53.921&lng=-14.87&pp-source=osm&pp-bitmap=all>. Zugriffen: 15. Februar 2025.

Ulmann. (1949). *Die Vier Genfer Abkommen. Humanitäres Völkerrecht und seine Wurzeln*, Genf. https://www.bmlv.gv.at/pdf_pool/publikationen/ms_3_4.pdf. Zugriffen: 11. Januar 2025.

Uni-Augsburg (11.01.2025). *Kommunizieren in die Ferne*. <https://www.uni-augsburg.de/de/fakultaet/philhist/professuren/geschichte/didaktik-der-geschichte/forschung/weltgeschichte/>.

Union of Concerned Scientists. (2024, 07. Dezember). UCS Satellite Database. <https://www.ucsusa.org/resources/satellite-database>. Zugriffen: 7. Dezember 2024.

USGS. (2025, 17. April). Earthquake - Tsunami. 2025 Scenario. https://earthquake.usgs.gov/scenarios/eventpage/ustsunami_2025_se/executive. Zugriffen: 23. April 2025.

USKA. (2024, 04. Oktober). Amateurfunk im Lauf der Jahrzehnte. https://uska.ch/einsteiger_alt/einfuehrung/amateur-radio-through-the-decades/. Zugriffen: 7. Dezember 2024.

USKA (USKA Union Schweizerischer Kurzwellen Amateure, Hrsg.). (2025, 18. Januar). LoRa. <https://uska.ch/lora/>. Zugriffen: 18. Januar 2025.

Wagner, J. (2022). *Erste Schritte in die Theoretische Physik. Verständlich erklärt vom Abiturniveau aus* (2. Aufl. 2022). Berlin, Heidelberg: Springer Berlin Heidelberg.

Wagner, K. W. & Patzak, G. (2015). *Performance Excellence. Der Praxisleitfaden zum effektiven Prozessmanagement* (2., vollständig überarbeitete Auflage). München: Hanser.

Watzlawick, P., Bavelas, J. B. & Jackson, D. D. (2017). *Menschliche Kommunikation. Formen, Störungen, Paradoxien* (13., unveränderte Auflage). Bern: Hogrefe.

Wiedl. (2024, 29. Februar). *LOROWAN. Blackout-Kommunikation*. Mail (Gemeinde Neuhaus, Hrsg.), Wien.

WLNET-OE. (2025, 23. April). Winlink-Group. <https://groups.io/g/WLNET-OE/topics>. Zugriffen: 23. April 2025.

Wolff. (2000). Wege ins Feld und ihre Varianten. In Rowohlt (Hrsg.), *Qualitative Forschung. Ein Handbuch*. (S. 334–349). https://www.researchgate.net/publication/305495962_Wege_ins_Feld_und_ihre_Varianten.

Zisler & Lauterbach. (2024). Amateurfunk - Das umfassende Handbuch.

8.1 Abbildungsverzeichnis

Figure 1: Die Ahr-Flussverlauf-Topo (Der Fluss die Ahr (Höhenprofil) 2025, S. 1).....	6
Figure 2: Meteobild Sturm "Éowyn" (The Irish Sun 2025, S. 1)	8
Figure 3: ERCC-Karte_Sturm "Éowyn" vom 2025_01_24 (ERCC-Portal 2025)	9
Figure 4: Stromausfall durch Sturmschäden - Éowyn 24.01.2025 - Artikel The IrishSunNews (The Irish Sun 2025, S. 3).....	10
Figure 5: Powercheck-_Irland-Detail_Aghamore_bis_09-02-2025 (ESB -Networks).....	11
Figure 6: Powercheck-_Irland-Detail_Athenry (ESB -Networks, S. 1)	11
Figure 7: PowerCheck Irland_04.02.2025 (ESB -Networks).....	12
Figure 8: PowerCheck Irland_08.02.2025.JPG (ESB -Networks)	12
Figure 9: PowerCheck_Mohil_Auszug_“47“ Meldungen - 08-02-2025 (ESB -Networks).....	12
Figure 10: Power-_Check_2025-02-10 (ESB -Networks)	12
Figure 11: Energy-Chart-info-Irland_2025 (Ullah und Jung 2025, S. 1)	13
Figure 12: Energy-Chart-info-Irland_ohne PV_Wind_Akku_2025 (Ullah und Jung 2025)	13
Figure 13: Geschichte der Medienwelt (Landeszentrale für politische Bildung NRW 2024, S. 1) im Anhang als Vollbild ersichtlich	18
Figure 14: Staaten mit Satelliten_1966 (Union of Concerned Scientists 2024)	21
Figure 15: Staaten mit Satelliten_2020 (Union of Concerned Scientists 2024, S. 3)	21
Figure 16: A1-Vermittlungsstellen (VST) 2023 - Grobe Übersicht (Ersteller A1- Sub-Dienstleister) (Google maps 2024, S. 1)	25
Figure 17: A1-Telekom - Wels -ARU und Vermittlungsstelle (A1-Telekom, S. 1)	26
Figure 18: VST-A1_Weißenkirchen an der Peischling (Google maps 2024).....	26
Figure 19: A1-Weißenkirchen_VST (Google maps 2024, a1-Weisenkirchen_VST)	26
Figure 20: Hora_Perschling_A1_Vermittlungstelle HQ300_3D (Hochwasserrisikozonierung 2025, S. 1)	27
Figure 21: Hora_3D_Wels_Ringstrasse (Hochwasserrisikozonierung 2025, S. 1).....	27
Figure 22: Übersicht Sendekataster – Österreich 2024 (Senderkataster.at 2024)	27
Figure 23: Sendekataster_2025_Detail_Wien-Innerestadt (Senderkataster.at 2024, S. 1)....	28
Figure 24: Amateurfunkversorgung für den Krisenfall Wien (ÖVSV 2024).....	29
Figure 25: Lichtinseln - Graz (Graz 2023, S. 28)	30
Figure 26: Krisen-Infopunkte (Graz 2023, S. 34)	30
Figure 27: Das Prinzip der Funkübertragung (Zisler und Lauterbach 2024, S. 31).....	31
Figure 28: Darstellung-Notfunkfrequenzen_AFU-DL2FBO (Amateurfunk by DL2FBO 2024)	38

Figure 29: Übersicht über Betriebsarten und deren Anwendungen (Zisler und Lauterbach 2024, S. 372)	40
Figure 30: Die Ionosphäre und Kurzwellenausbreitung (Zisler und Lauterbach 2024, S. 562)	41
Figure 31: Wellenausbreitung im VHF- und UHF-Bereich (Zisler und Lauterbach 2024, S. 569)	42
Figure 32: Datenerfassungssysteme (Datenerfassungssysteme (DAQ) und Lösungen 2023, S. 2).....	43
Figure 33: Meshtastic - Kommunikation über LoRa und Endgeräte (Introduction - Meshtastic 2024).....	44
Figure 34: HAMNET in Niederösterreich (ÖVSV 2025, S. 1)	45
Figure 35: HAMNET - EUROPA (Radlherr 2025, S. 1).....	45
Figure 36: HAMNET - Österreich_Google_geoBasis (Radlherr 2025, S. 1)	45
Figure 37: Analoge Sendearten (Zisler und Lauterbach 2024, S. 40).....	47
Figure 38: Regelkreis – Katastrophenmanagement mit Ereignis (BMI 2025a, S. 1).....	48
Figure 39: Risikomanagementprozess (ISO 31000, S. 19)	49
Figure 40: Warenkorb 2024 - Bereich 08 - Nachrichtenübermittlung (Statistik Austria 2023, S. 15).....	64
Figure 41: Verfügbares Nettoeinkommen _2024_Statistik Austria (Statistik Austria 2023) – Projektadaptierung „Cluster“	64
Figure 42: Statistik Austria_ Haushaltsausgabe 2019/20 (Statistik Austria 2025d, S. 1)	65
Figure 43: Verteilung der Haushaltsausgaben auf einzelne Ausgabengruppen (Statistik Austria 2025d, S. 2).....	66
Figure 44: Statistik-Austria-Wertsicherungsrechner 2020-2024_Haushaltsausgaben_VPI-Hochrechnung (Statistik Austria 2024, S. 1).....	66
Figure 45: Statistik-Austria_Wertsicherung_Ergebnis (Statistik Austria 2024, S. 1)	67
Figure 46: Zeitachse	113

8.2 Formelverzeichnis

Formel 1: Laspeyers-Formel.....	68
Formel 2: Ableitung nach gewichteten COICOP	68
Formel 3: Ableitung nach der gewichteten Klassifikation	69
Formel 4: Vereinfachung zur Berechnung der Gewichtung in reelle Eurowerte	69
Formel 5: Erweiterung der Formel um Jahr zu Monat	72
Formel 6: Angewendete modifizierte Berechnungsformel . Fehler! Textmarke nicht definiert.	

8.3 Tabellenverzeichnis

Tabelle 1: Übersicht der Kommunikationsmittel	50
Tabelle 2: Auswertematrix zur Reichweitendifferenzierung.....	60
Tabelle 3: Bewertungsmatrix - Grundlage	62
Tabelle 4: Auflistung der Daten	70
Tabelle 5: Anwendung "Nettoeinkommen" auf erweiterte Formel für COICOP	72
Tabelle 6: Berechnung des Grenzwertes.....	73
Tabelle 7: Darstellung Ergebnis.....	73
Tabelle 8: Bewertungsmatrix - Ergebnis	74
Tabelle 9: Berechnungen der Untergruppen des Warenkorbs in Bezug auf das Netto Haushaltseinkommen Bereich 08 und 081	104
Tabelle 10: Berechnungen der Untergruppen des Warenkorbs in Bezug auf das Netto Haushaltseinkommen Bereich 082 und 083	105

9 Kurzzusammenfassung (dt.)

Kontext und Fragestellung

In der heutigen Gesellschaft zählen die Informations- und Kommunikationsprozesse zu den elementaren Ressourcen zur Sicherstellung der demokratischen Abläufe in der Gesellschaft. Bereits der bekannte Kommunikationswissenschaftler Paul Watzlawick beschrieb in seinem Werk die „*Menschliche Kommunikation – Formen, Störungen, Paradoxien*“ die Bedeutung der menschlichen verbal und nonverbal Kommunikation, um die Ordnung in der Gesellschaft aufrecht zu erhalten. (vgl. Watzlawick et al. 2017, 13.ff)

In Krisen- oder Katastrophenfällen ist die Kommunikation ein essentieller Bestandteil zur Aufrechterhaltung der öffentlichen Ruhe, Ordnung, Sicherheit, und medizinischen Betreuung und sowie der Sicherung der Grundbedürfnisse der Bevölkerung. Diese Kommunikationsprozesse umfassen sämtliche (BOS), Gesundheitsorganisationen und insbesondere die allgemeine Bevölkerung.

Neben der notwendigen Möglichkeit der Kommunikation der staatlichen Organisationseinheiten, darf das Interesse der zivilen Bevölkerung nicht außer Acht gelassen werden. Wenn dem Informations- und Kommunikationsbedarf der zivilen Bevölkerung nicht nachgekommen wird, kann sich diese in einer Krise nicht nur unkooperativ, sondern auch kontraproduktiv verhalten. Damit werden sämtliche Bemühungen staatlicher Stellen zur Lagebereinigung erschwert und möglicherweise ein allfälliger Schaden vergrößert. Durch „keine“ Information können Fehlinformation entstehen, was unterschiedliche Auswirkungen zur Folge haben kann. Während staatliche Organisationen in der Krise auf technische Ressourcen wie zb Satellitentelefonie zurückgreifen können, ist die Zivilbevölkerung, alleine schon aus finanziellen Gründen, bei der Anschaffung solcher technischen Vorrichtungen eingeschränkt. Daher ergibt sich die nachfolgende Fragestellung der wissenschaftlichen Forschungsarbeit.

Verfügt die Zivilbevölkerung über ein Kommunikationssystem, das durch finanzielle Erschwinglichkeit, Benutzerfreundlichkeit und angemessene Reichweite gekennzeichnet ist, und existiert ein adäquater rechtlicher Rahmen für dessen Nutzung?

Ziel der Arbeit

Diese wissenschaftliche Arbeit untersucht Möglichkeiten zur Etablierung eines finanziellen und resilienten Kommunikationssystems für die Zivilbevölkerung im Katastrophenfall. Ziel ist es, die notwendigen finanziellen, rechtlichen, technischen und organisatorischen Rahmenbedingungen zu identifizieren, um ein anwenderfreundliches, erschwingliches und reichweitenstarkes Kommunikationssystem zu identifizieren. Besondere Berücksichtigung findet dabei die potenzielle Rolle des Amateurfunks als Brückentechnologie zwischen staatlichen Einrichtungen und der Zivilbevölkerung während Krisensituationen mit Systemausfällen.

Theorie

Diese Forschungsarbeit basiert auf den theoretischen Grundlagen des Katastrophenmanagements die Grundlage dessen bildet das Prozess- und Risikomanagements sowie der PDCA-Kreislauf. Die Kombination dieser Grundlagen wurde mit dem theoretischen Ansatz Katastrophenmanagements auf die Kommunikationsmittel der zivilen Bevölkerung angewendet. Hierbei ist das Ziel die bidirektionalen Kommunikationssysteme für die zivile Bevölkerung im Katastrophenfall zu verbessern.

Wissenschaftliche Methoden

In der wissenschaftlichen Arbeit wurden verschiedene methodische Ansätze verwendet. Die quantitative Forschung basiert auf mathematischen Berechnungsmodellen und statistischen Verfahren, um Zusammenhänge zwischen Variablen bzw. Clustern sichtbar zu machen und generalisierbare Aussagen zu treffen. Die systematische Literaturrecherche erfolgte durch eine gezielte Auswahl relevanter Datenbanken und den Einsatz spezifischer Ein- und Ausschlusskriterien. Dabei wurden zunächst breite Suchbegriffe verwendet und anschließend durch gezielte Filter eingegrenzt, um eine umfassende Analyse des Forschungsstandes zu gewährleisten. Zur Rechtsanalyse wurde die qualitative Inhaltsanalyse angewendet, um rechtliche Texte systematisch zu untersuchen und normative Grundlagen herauszuarbeiten. Die Methode der Anwenderbedienbarkeit basierte auf einer binären Bewertungsmethode (Ja oder Nein), die eine schnelle und klare Einschätzung ermöglicht.

Ergebnisse

Das Untersuchungsergebnis nach einer kostengünstigen Kommunikationslösungen mit erweiterter Reichweite für die zivile Nutzung führt zu dem Schluss, dass eine ideale Kombination aus Kurzwellentechnologie, Lizenzfreiheit, einfacher Bedienbarkeit und niedrigen Anschaffungskosten (<EUR 50) in der gegenwärtigen technologischen Landschaft nicht existent ist. Diese Limitierung ist primär auf regulatorische Rahmenbedingungen zurückzuführen, jedoch nicht auf technologische Beschränkungen. Die fundamentale Herausforderung bleibt die internationale Frequenzregulierung, die Kurzwellenbereiche (KW) mit guter Ausbreitungscharakteristik überwiegend lizenzierten Diensten vorbehält. Eine Modifikation dieser Situation würde internationale regulatorische Anpassungen erfordern, was angesichts der etablierten Frequenzzuweisungen durch die International Telecommunication Union (ITU) als perspektives unwahrscheinliches Szenario anzusehen ist.

10 Abstract (en)

Context of the thesis

In contemporary democratic societies, the flow of information and communication is a cornerstone of public order and operational coherence. Paul Watzlawick, a distinguished communication theorist, underscored the significance of both verbal and non-verbal modes of interaction in upholding societal structure. In times of crisis or disaster, communication assumes a pivotal role in maintaining public calm, safety, healthcare provision, and the fulfilment of fundamental needs. These processes encompass not only governmental authorities and emergency services (BOS), but also healthcare organisations and, importantly, the civilian population.

Goal of the Thesis

This thesis sets out to investigate the viability of establishing a cost-efficient and resilient communication system tailored for civilian use in disaster contexts. It aims to identify the requisite financial, legal, technical, and organisational parameters necessary for such a system—emphasising affordability, user-friendliness, and adequate range. Particular attention is paid to the potential role of amateur radio as an intermediary technology bridging governmental institutions and the general public in scenarios where conventional systems are compromised.

Theory

The theoretical underpinning of this research is grounded in principles of disaster management, with a particular focus on process and risk management, as well as the PDCA cycle (Plan–Do–Check–Act). These frameworks are employed to critically examine communication strategies from a civilian perspective under emergency conditions. The overarching aim is to strengthen bidirectional communication channels for the general public, thereby contributing to a society that is more resilient and better equipped to navigate crises.

Methodology

A mixed-methods approach was adopted for this study. Quantitative analysis was conducted through mathematical modelling and statistical procedures to reveal correlations and develop generalisable insights. A systematic literature review was performed using selected academic databases, guided by explicit inclusion and exclusion criteria to ensure relevance and rigour. Legal frameworks were analysed via qualitative content analysis, enabling a structured examination of normative texts pertinent to civilian communication. Additionally, system usability was assessed using a binary evaluation method (yes/no), facilitating straightforward and pragmatic assessment.

Results

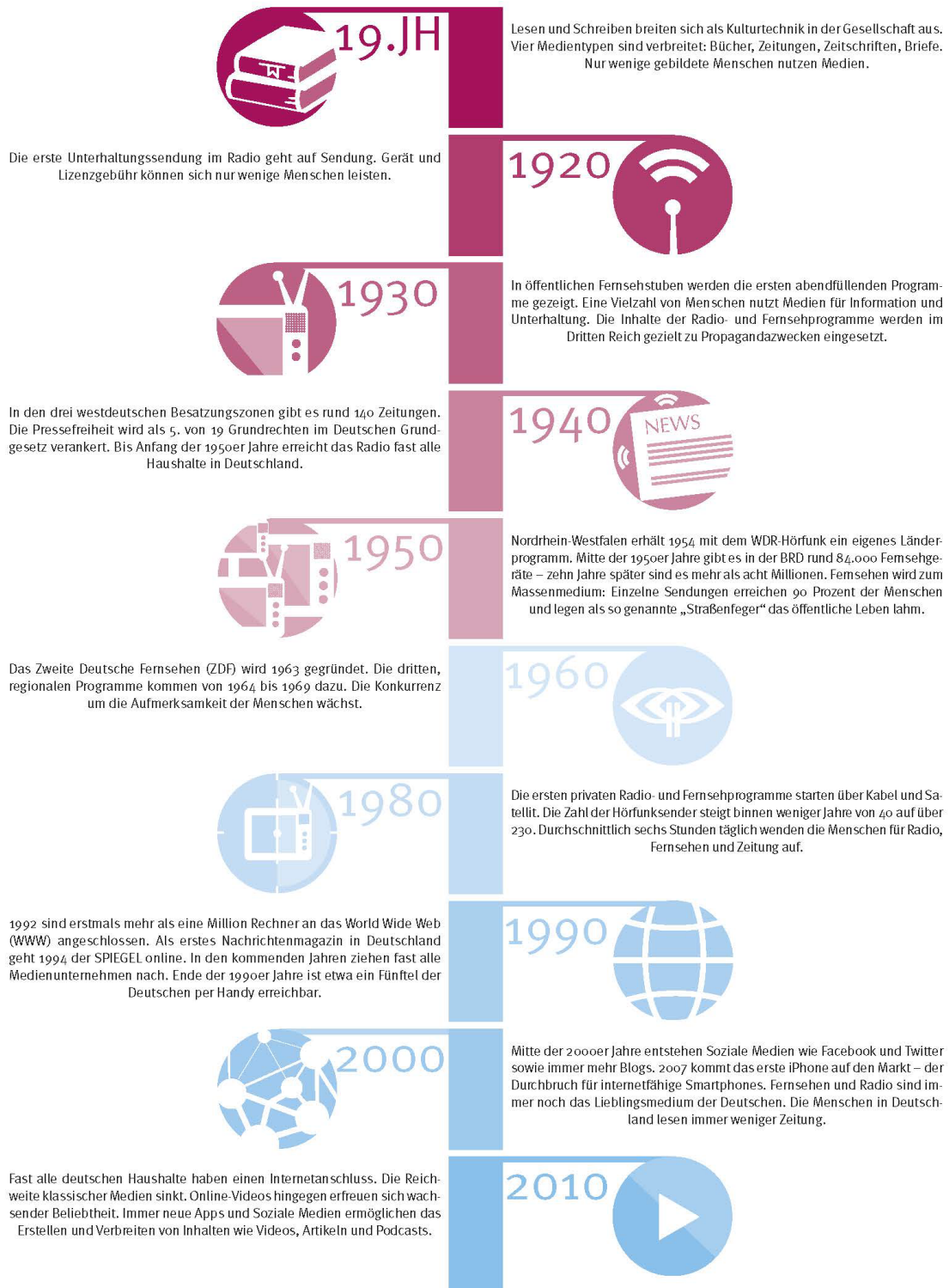
The findings indicate that no current system effectively combines shortwave radio technology, licence-free operation, ease of use, and low acquisition costs (under €50) in a

manner suitable for widespread civilian adoption. This deficiency is primarily attributed to regulatory constraints rather than technological limitations. The principal challenge lies in the global governance of radio frequencies: shortwave bands with favourable propagation properties are largely allocated to licensed services. Amending this framework would necessitate international regulatory reforms—an unlikely prospect given current allocations under the International Telecommunication Union (ITU). Nevertheless, the research demonstrates that the underlying technology is indeed viable. With appropriate legal and institutional reforms, it would be possible to significantly improve civilian access to robust communication channels in times of crisis.

11 Anhänge

11.1 Geschichte der Medienwelt

GESCHICHTE DER MEDIENWELT



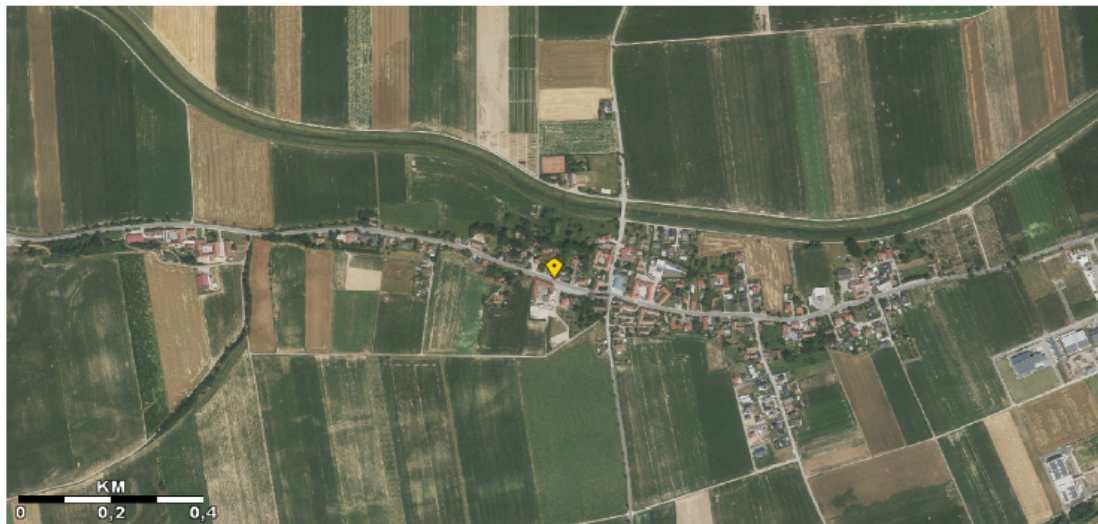
11.2 HORA – Pass der (TK-Vermittlungsstelle)

HORA-Pass 10m Auswertung (TK-Vermittlungsstelle)

HORA-Pass

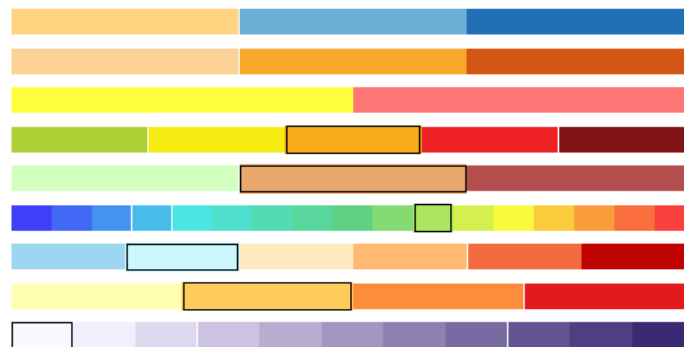
Adresse: Hauptstraße 13, 3142 Perschling
Seehöhe: 215 m
Auswerteradius: 10 m
Geogr. Koordinaten: 48,26097° N | 15,79368° O

Die Einschätzung der Gefährdung basiert auf den auf hora.gv.at hinterlegten Informationen. Bitte beachten Sie, dass sich die Gefährdung aufgrund äußerer Umstände oder lokaler Anpassungen auch deutlich ändern kann. Das tatsächliche Risiko hängt in erheblichem Maße vom Zustand und den Eigenschaften des Gebäudes ab. Die mit Hilfe der HORA-Pass-Analyse gewonnenen Einschätzungen zur ausgewiesenen Gefahrensituation stellen grundsätzlich eine erste grobe Beurteilung dar. Sie ersetzen nicht die gegebenenfalls erforderlichen Planungen von eigenen Schutzmaßnahmen. Wird aus einer Einschätzung der Gefährdung ein Handlungsbedarf abgeleitet, wird empfohlen, die Unterstützung von örtlichen Fachleuten oder auf kommunaler oder Landesebene oder bei Versicherungen einzuholen oder spezialisierte Ingenieurbüros zu Rate zu ziehen.



Naturgefahr:

Hochwasser
Oberflächenabfluss
Lawinen
Erdbeben
Rutschungen
Windspitzen
Blitzdichte
Hagel
Schneelast



Gefährdung:

keine Daten
keine Daten
keine Daten
mittel
mittel
mittel
niedrig
hoch
niedrig

Legende und weiterführende Informationen

Hochwasser

-  Hohe Gefährdung: Überflutung bei 30-jährlichem Hochwasser möglich
-  Mittlere Gefährdung: Überflutung bei 100-jährlichem Hochwasser möglich
-  Niedrige Gefährdung: Überflutung bei 300-jährlichem Hochwasser möglich

Erdbeben¹

-  Zone 4: (Grad VIII-XII) schwere Gebäudeschäden bis vollständige Zerstörung
-  Zone 3: (Grad VII) starke Gebäudeschäden
-  Zone 2: (Grad VI) mittlere Gebäudeschäden
-  Zone 1: (Grad V) leichte Gebäudeschäden
-  Zone 0: (Grad I-IV) nicht fühlbar bis starke Erschütterungen mit möglichen leichten Gebäudeschäden

Windspitzen [km/h]

-  > 190
-  180 - 189
-  170 - 179
-  160 - 169
-  150 - 159
-  140 - 149
-  130 - 139
-  120 - 129
-  110 - 119
-  100 - 109
-  90 - 99
-  80 - 89
-  70 - 79
-  60 - 69
-  50 - 59
-  40 - 49
-  < 40

Lawinen

-  Besiedlung nicht oder nur mit unverhältnismäßig hohem Aufwand möglich
-  Bebauung nur eingeschränkt und unter Einhaltung von Auflagen möglich

Rutschungen

-  mittlere bis hohe Anfälligkeit zu Rutschungen
-  geringe bis mittlere Anfälligkeit zu Rutschungen
-  keine bis geringe Anfälligkeit zu Rutschungen

Blitzdichte [Blitzeinschläge / km² / Jahr]

-  ≥ 5,0
-  ≥ 4,0 - 5,0
-  ≥ 3,0 - 4,0
-  ≥ 2,0 - 3,0
-  ≥ 1,0 - 2,0
-  < 1,0

Hagelgefährdung - max. Hagelkomgröße 30-jährlich

-  > 5 cm
-  > 4 cm - ≤ 5 cm
-  > 3 cm - ≤ 4 cm
-  ≤ 3 cm

Schneelast² [kN/m²]

-  > 10,0
-  > 8,0 - ≤ 10,0
-  > 6,0 - ≤ 8,0
-  > 5,0 - ≤ 6,0
-  > 4,0 - ≤ 5,0
-  > 3,0 - ≤ 4,0
-  > 2,5 - ≤ 3,0
-  > 2,0 - ≤ 2,5
-  > 1,5 - ≤ 2,0
-  > 1,0 - ≤ 1,5
-  ≤ 1,0

Oberflächenabfluss - Wassertiefe [cm]

-  > 50
-  > 20 bis ≤ 50
-  ≤ 20

¹ ... gemäß ÖNORM EN 1998-1

² ... gemäß ÖNORM B 1991-1-3:2022-05

 Die Info-Buttons führen Sie zu weiterführenden Informationen über die jeweiligen Gefahren. Des Weiteren finden Sie darunter Kontaktadressen zur Erste-Hilfestellung.

Disclaimer und Haftungsausschluss:

Die Karten und Texte sind Informationsmaterial für die Öffentlichkeit ohne rechtsverbindliche Aussage. Für die Richtigkeit, Vollständigkeit, Aktualität und Genauigkeit kann nicht garantiert werden. Das BML lehnt jegliche Haftung für Handlungen und allfällige Schäden, welche infolge der direkten oder indirekten Nutzung des Analyseinstruments gemacht werden bzw. durch die Interpretation der Geodaten entstehen könnten, ab. Die Betreiber von <https://hora.gv.at> sind nicht verantwortlich für die Inhalte verlinkter Webseiten innerhalb des HORA-Passes.

HORA-Pass

Adresse: Hauptstraße 13, 3142 Perschling
Seehöhe: 215 m
Auswerteradius: 100 m
Geogr. Koordinaten: 48,26097° N | 15,79368° O

Die Einschätzung der Gefährdung basiert auf den auf hora.gv.at hinterlegten Informationen. Bitte beachten Sie, dass sich die Gefährdung aufgrund äußerer Umstände oder lokaler Anpassungen auch deutlich ändern kann. Das tatsächliche Risiko hängt in erheblichem Maße vom Zustand und den Eigenschaften des Gebäudes ab. Die mit Hilfe der HORA-Pass-Analyse gewonnenen Einschätzungen zur ausgewiesenen Gefahrensituation stellen grundsätzlich eine erste grobe Beurteilung dar. Sie ersetzen nicht die gegebenenfalls erforderlichen Planungen von eigenen Schutzmaßnahmen. Wird aus einer Einschätzung der Gefährdung ein Handlungsbedarf abgeleitet, wird empfohlen, die Unterstützung von örtlichen Fachleuten oder auf kommunaler oder Landesebene oder bei Versicherungen einzuholen oder spezialisierte Ingenieurbüros zu Rate zu ziehen.



Naturgefahr:

Hochwasser

Oberflächenabfluss

Lawinen

Erdbeben

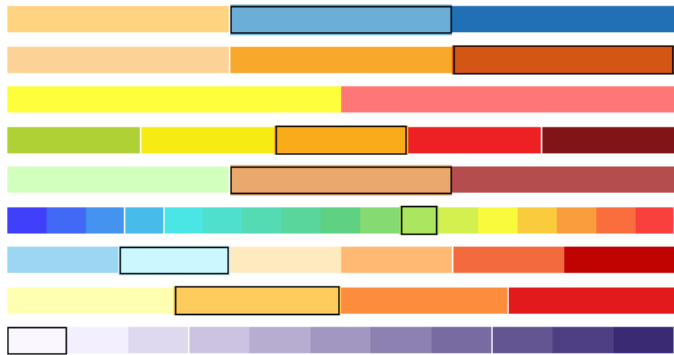
Rutschungen

Windspitzen

Blitzdichte

Hagel

Schneelast



Gefährdung:

mittel

hoch

keine Daten

mittel

mittel

mittel

niedrig

hoch

niedrig

Legende und weiterführende Informationen



Hochwasser

-  Hohe Gefährdung: Überflutung bei 30-jährlichem Hochwasser möglich
-  Mittlere Gefährdung: Überflutung bei 100-jährlichem Hochwasser möglich
-  Niedrige Gefährdung: Überflutung bei 300-jährlichem Hochwasser möglich



Erdbeben¹

-  Zone 4: (Grad VIII-XII) schwere Gebäudeschäden bis vollständige Zerstörung
-  Zone 3: (Grad VII) starke Gebäudeschäden
-  Zone 2: (Grad VI) mittlere Gebäudeschäden
-  Zone 1: (Grad V) leichte Gebäudeschäden
-  Zone 0: (Grad I-IV) nicht fühlbar bis starke Erschütterungen mit möglichen leichten Gebäudeschäden



Windspitzen [km/h]

-  > 190
-  180 - 189
-  170 - 179
-  160 - 169
-  150 - 159
-  140 - 149
-  130 - 139
-  120 - 129
-  110 - 119
-  100 - 109
-  90 - 99
-  80 - 89
-  70 - 79
-  60 - 69
-  50 - 59
-  40 - 49
-  < 40



Lawinen

-  Besiedlung nicht oder nur mit unverhältnismäßig hohem Aufwand möglich
-  Bebauung nur eingeschränkt und unter Einhaltung von Auflagen möglich



Rutschungen

-  mittlere bis hohe Anfälligkeit zu Rutschungen
-  geringe bis mittlere Anfälligkeit zu Rutschungen
-  keine bis geringe Anfälligkeit zu Rutschungen



Blitzdichte [Blitzeinschläge / km² / Jahr]

-  ≥ 5,0
-  ≥ 4,0 - 5,0
-  ≥ 3,0 - 4,0
-  ≥ 2,0 - 3,0
-  ≥ 1,0 - 2,0
-  < 1,0



Hagelgefährdung - max. Hagelkorngröße 30-jährlich

-  > 5 cm
-  > 4 cm - ≤ 5 cm
-  > 3 cm - ≤ 4 cm
-  ≤ 3 cm



Schneelast² [kN/m²]

-  > 10,0
-  > 8,0 - ≤ 10,0
-  > 6,0 - ≤ 8,0
-  > 5,0 - ≤ 6,0
-  > 4,0 - ≤ 5,0
-  > 3,0 - ≤ 4,0
-  > 2,5 - ≤ 3,0
-  > 2,0 - ≤ 2,5
-  > 1,5 - ≤ 2,0
-  > 1,0 - ≤ 1,5
-  ≤ 1,0



Oberflächenabfluss - Wassertiefe [cm]

-  > 50
-  > 20 bis ≤ 50
-  ≤ 20

¹ ... gemäß ÖNORM EN 1998-1

² ... gemäß ÖNORM B 1991-1-3:2022-05



Die Info-Buttons führen Sie zu weiterführenden Informationen über die jeweiligen Gefahren. Des Weiteren finden Sie darunter Kontaktadressen zur Erste-Hilfestellung.

Disclaimer und Haftungsausschluss:

Die Karten und Texte sind Informationsmaterial für die Öffentlichkeit ohne rechtsverbindliche Aussage. Für die Richtigkeit, Vollständigkeit, Aktualität und Genauigkeit kann nicht garantiert werden. Das BML lehnt jegliche Haftung für Handlungen und allfällige Schäden, welche infolge der direkten oder indirekten Nutzung des Analyseinstruments gemacht werden bzw. durch die Interpretation der Geodaten entstehen könnten, ab. Die Betreiber von <https://hora.gv.at> sind nicht verantwortlich für die Inhalte verlinkter Webseiten innerhalb des HORA-Passes.

11.3 Statistik Austria Grundlagen

Auszug aus dem Warenkorb 2024

WARENKORB 2024				VPI		HVPI	
COICOP	CODE	CODE ALT	BEZEICHNUNG	Gewicht 2024	Anzahl	Gewicht 2024	Anzahl
073110	072220	1222	Bahn - Jahreskarte	0,12524		0,13825	
0732			Straßenpersonenverkehr	0,14792	3	0,21446	3
07321			Personenbef. mit dem Omnibus u. mit dem Reisebus	0,05798	1	0,09346	1
073210	072500	0932	Ausflugsbus	0,05798		0,09346	
07322			Personenbef. mittels Taxi u. mit gemietetem Fahrzg. mit Fahrer	0,08994	2	0,12100	2
073220	072300	0496	Taxi, Tagesfahrt	0,04487		0,06039	
073220	072400	0497	Taxi, Nachtfahrt	0,04507		0,06061	
0733			Luftpersonenverkehr	0,58712	1	0,91925	1
07332			Personenbeförderung im Auslandsflugverkehr	0,58712	1	0,91925	1
073320	072702	1014	Flugticket Ausland	0,58712		0,91925	
0735			Kombinierter Personenverkehr	1,01297	12	0,95816	12
07350			Kombinierte Personenbeförderungsleistungen	1,01297	12	0,95816	12
073500			ÖPNV, Tagesticket (5 Positionen)	0,14554		0,13764	
073500			ÖPNV, Dauerkarte (7 Positionen)	0,86743		0,82052	
0736			Sonstige gekaufte Verkehrsdienstleistungen	0,04521	1	0,08111	1
07362			Umzugs- und Lagerungsdienste	0,04521	1	0,08111	1
073620	074301	1890	Mietlager	0,04521		0,08111	
08			NACHRICHTENÜBERMITTLUNG	1,71114	8	1,90852	8
081			Postdienste	0,03680	3	0,11220	3
0810			Post- und Kurierdienstleistungen	0,03680	3	0,11220	3
08101			Briefbearbeitungsdienstleistungen	0,02099	2	0,06459	2
081010	074500	0936	Briefporto, Inland	0,01808		0,05566	
081010	074600	0937	Briefporto, Ausland	0,00291		0,00893	
08109			Andere Post- und Kurierdienstleistungen	0,01581	1	0,04761	1
081090	074800	0939	Pakettarif	0,01581		0,04761	
082			Telefonapparate und Telefaxgeräte	0,34309	1	0,38054	1
0820			Telefon- und Telefaxgeräte, einschließlich Reparatur	0,34309	1	0,38054	1
08202			Mobiltelefone	0,34309	1	0,38054	1
082020	074900	0969	Mobiltelefongerät	0,34309		0,38054	
083			Telefon- und Telefaxdienste	1,33125	4	1,41578	4
0830			Telefon- und Telefaxdienstleistungen	1,33125	4	1,41578	4
08302			Dienstleistungen für Mobiltelefonie	0,83345	1	0,90471	1
083020	076101	1067	Mobiltelefonie	0,83345		0,90471	
08303			Internetzugangsdienste	0,20282	2	0,20499	2
083030	076200	0967	Internetgebühr	0,13547		0,13573	
083030	076300	0968	Mobiles Internet	0,06735		0,06926	
08304			Gebündelte Telekommunikationsdienste	0,29498	1	0,30608	1
083040	076301	1068	Gebündelter Tarif	0,29498		0,30608	
09			FREIZEIT UND KULTUR	10,85939	91	11,32819	86
091			Geräte f. Audiovision, Fotografie und Datenverarbeitung	0,99054	12	1,42996	12
0911			Empfangs-, Aufzeichnungs- und Wiedergabegeräte für Ton/Bild	0,31924	3	0,43681	3

11.4 Einzelberechnungen: verfügbares Nettoeinkommen nach Haushaltsgruppen und COPCOI Hauptgruppe 6 Nachrichtentechnik und zugehörige Untergruppen

Tabelle 9: Berechnungen der Untergruppen des Warenkorb in Bezug auf das Netto Haushaltseinkommen Bereich 08 und 081

Nettoeinkommen (gemäß Statistik-Austria 2024)				Ausgabengruppe '08 Nachrichtenübermittlung*									
Cluster	Haushaltstyp	Anzahl Haushalte (= 100 %) in 1.000	25 % der Haushalte leben mit einem jährlichen Nettoeinkommen von weniger als... EUR	50 % der Haushalte leben mit einem jährlichen Nettoeinkommen von weniger als... EUR	75 % der Haushalte leben mit einem jährlichen Nettoeinkommen von weniger als... EUR	VPI	HVPI	Bei 25% VPI pro Monat	Bei 25% HVPI pro Monat	Bei 50% VPI pro Monat	Bei 50% HVPI pro Monat	Bei 75% VPI pro Monat	Bei 75% HVPI pro Monat
A+B	Insgesamt	4113	27305	45180	68796	1,71114	1,90852	38,94 €	43,43 €	64,42 €	71,86 €	98,10 €	109,42 €
A	Haushalte mit Pension ¹	1053	23900	34911	50146	1,71114	1,90852	34,08 €	38,01 €	49,78 €	55,52 €	71,51 €	79,75 €
A1	Alleinlebende Männer mit Pension	176	21437	26319	34242	1,71114	1,90852	30,57 €	34,09 €	37,53 €	41,86 €	48,83 €	54,46 €
A2	Alleinlebende Frauen mit Pension	349	18178	23884	32106	1,71114	1,90852	25,92 €	28,91 €	34,06 €	37,99 €	45,78 €	51,06 €
A3	Mehrpersoneinhaushalt mit Pension	528	37128	47674	60737	1,71114	1,90852	52,94 €	59,05 €	67,98 €	75,82 €	86,61 €	96,60 €
B	Haushalte ohne Pension	3060	29758	50916	75175	1,71114	1,90852	42,43 €	47,33 €	72,60 €	80,98 €	107,20 €	119,56 €
B1	Alleinlebende Männer ohne Pension	548	18539	28303	37882	1,71114	1,90852	26,44 €	29,49 €	40,36 €	45,01 €	54,02 €	60,25 €
B2	Alleinlebende Frauen ohne Pension	493	19015	26148	35995	1,71114	1,90852	27,11 €	30,24 €	37,29 €	41,59 €	51,33 €	57,25 €
B3	Mehrpersoneinhaushalt ohne Kinder ohne Pension	953	48162	64906	87730	1,71114	1,90852	68,68 €	76,60 €	92,55 €	103,23 €	125,10 €	139,53 €
B4	Haushalte mit Kindern	1065	47415	64090	84956	1,71114	1,90852	67,61 €	75,41 €	91,39 €	101,93 €	121,14 €	135,12 €
B4.1	Einelterhaushalt	101	24541	35218	49020	1,71114	1,90852	34,99 €	39,03 €	50,22 €	56,01 €	69,90 €	77,96 €
B4.2	Mehrpersoneinhaushalt + 1 Kind	432	51480	66727	85719	1,71114	1,90852	73,41 €	81,88 €	95,15 €	106,12 €	122,23 €	136,33 €
B4.3	Mehrpersoneinhaushalt + 2 Kinder	375	50612	69572	90422	1,71114	1,90852	72,17 €	80,50 €	99,21 €	110,65 €	128,94 €	143,81 €
B4.4	Mehrpersoneinhaushalt + mind. 3 Kinder*)	158	48400	64645	82316	1,71114	1,90852	69,02 €	76,98 €	92,18 €	102,81 €	117,38 €	130,92 €

Nettoeinkommen (gemäß Statistik-Austria 2024)				Unterausgabengruppen '081 Postdienste*									
Cluster	Haushaltstyp	Anzahl Haushalte (= 100 %) in 1.000	25 % der Haushalte leben mit einem jährlichen Nettoeinkommen von weniger als... EUR	50 % der Haushalte leben mit einem jährlichen Nettoeinkommen von weniger als... EUR	75 % der Haushalte leben mit einem jährlichen Nettoeinkommen von weniger als... EUR	VPI	HVPI	Bei 25% VPI pro Monat	Bei 25% HVPI pro Monat	Bei 50% VPI pro Monat	Bei 50% HVPI pro Monat	Bei 75% VPI pro Monat	Bei 75% HVPI pro Monat
A+B	Insgesamt	4113	27305	45180	68796	0,03680	0,11220	0,84 €	2,55 €	1,39 €	4,22 €	2,11 €	6,43 €
A	Haushalte mit Pension ¹	1053	23900	34911	50146	0,03680	0,11220	0,73 €	2,23 €	1,07 €	3,26 €	1,54 €	4,69 €
A1	Alleinlebende Männer mit Pension	176	21437	26319	34242	0,03680	0,11220	0,66 €	2,00 €	0,81 €	2,46 €	1,05 €	3,20 €
A2	Alleinlebende Frauen mit Pension	349	18178	23884	32106	0,03680	0,11220	0,56 €	1,70 €	0,73 €	2,23 €	0,98 €	3,00 €
A3	Mehrpersoneinhaushalt mit Pension	528	37128	47674	60737	0,03680	0,11220	1,14 €	3,47 €	1,46 €	4,46 €	1,86 €	5,68 €
B	Haushalte ohne Pension	3060	29758	50916	75175	0,03680	0,11220	0,91 €	2,78 €	1,56 €	4,76 €	2,31 €	7,03 €
B1	Alleinlebende Männer ohne Pension	548	18539	28303	37882	0,03680	0,11220	0,57 €	1,73 €	0,87 €	2,65 €	1,16 €	3,54 €
B2	Alleinlebende Frauen ohne Pension	493	19015	26148	35995	0,03680	0,11220	0,58 €	1,78 €	0,80 €	2,44 €	1,10 €	3,37 €
B3	Mehrpersoneinhaushalt ohne Kinder ohne Pension	953	48162	64906	87730	0,03680	0,11220	1,48 €	4,50 €	1,99 €	6,07 €	2,69 €	8,20 €
B4	Haushalte mit Kindern	1065	47415	64090	84956	0,03680	0,11220	1,45 €	4,43 €	1,97 €	5,99 €	2,61 €	7,94 €
B4.1	Einelterhaushalt	101	24541	35218	49020	0,03680	0,11220	0,75 €	2,29 €	1,08 €	3,29 €	1,50 €	4,58 €
B4.2	Mehrpersoneinhaushalt + 1 Kind	432	51480	66727	85719	0,03680	0,11220	1,58 €	4,81 €	2,05 €	6,24 €	2,63 €	8,01 €
B4.3	Mehrpersoneinhaushalt + 2 Kinder	375	50612	69572	90422	0,03680	0,11220	1,55 €	4,73 €	2,13 €	6,50 €	2,77 €	8,45 €
B4.4	Mehrpersoneinhaushalt + mind. 3 Kinder*)	158	48400	64645	82316	0,03680	0,11220	1,48 €	4,53 €	1,98 €	6,04 €	2,52 €	7,70 €

Tabelle 10: Berechnungen der Untergruppen des Warenkorb in Bezug auf das Netto Haushaltseinkommen Bereich 082 und 083

Nettoeinkommen (gemäß Statistik-Austria 2024)						Unterausgabengruppen "082 Telefonapparate und Telefax"							
Cluster	Haushaltstyp	Anzahl Haushalte (= 100 %) in 1.000	25 % der Haushalte leben mit einem jährlichen Nettoeinkommen von weniger als... EUR	50 % der Haushalte leben mit einem jährlichen Nettoeinkommen von weniger als... EUR	75 % der Haushalte leben mit einem jährlichen Nettoeinkommen von weniger als... EUR	VPI	HVPI	Bei 25% VPI pro Monat	Bei 25% HVPI pro Monat	Bei 50% VPI pro Monat	Bei 50% HVPI pro Monat	Bei 75% VPI pro Monat	Bei 75% HVPI pro Monat
A+B	Insgesamt	4113	27305	45180	68796	0,34309	0,38054	7,81 €	8,66 €	12,92 €	14,33 €	19,67 €	21,82 €
A	Haushalte mit Pension ¹	1053	23900	34911	50146	0,34309	0,38054	6,83 €	7,58 €	9,98 €	11,07 €	14,34 €	15,90 €
A1	Alleinlebende Männer mit Pension	176	21437	26319	34242	0,34309	0,38054	6,13 €	6,80 €	7,52 €	8,35 €	9,79 €	10,86 €
A2	Alleinlebende Frauen mit Pension	349	18178	23884	32106	0,34309	0,38054	5,20 €	5,76 €	6,83 €	7,57 €	9,18 €	10,18 €
A3	Mehrpersonenhaushalt mit Pension	528	37128	47674	60737	0,34309	0,38054	10,62 €	11,77 €	13,63 €	15,12 €	17,37 €	19,26 €
B	Haushalte ohne Pension	3060	29758	50916	75175	0,34309	0,38054	8,51 €	9,44 €	14,56 €	16,15 €	21,49 €	23,84 €
B1	Alleinlebende Männer ohne Pension	548	18539	28303	37882	0,34309	0,38054	5,30 €	5,88 €	8,09 €	8,98 €	10,83 €	12,01 €
B2	Alleinlebende Frauen ohne Pension	493	19015	26148	35995	0,34309	0,38054	5,44 €	6,03 €	7,48 €	8,29 €	10,29 €	11,41 €
B3	Mehrpersonenhaushalt ohne Kinder ohne Pension	953	48162	64906	87730	0,34309	0,38054	13,77 €	15,27 €	18,56 €	20,58 €	25,08 €	27,82 €
B4	Haushalte mit Kindern	1065	47415	64090	84956	0,34309	0,38054	13,56 €	15,04 €	18,32 €	20,32 €	24,29 €	26,94 €
B4.1	Einelpersonenhaushalt	101	24541	35218	49020	0,34309	0,38054	7,02 €	7,78 €	10,07 €	11,17 €	14,02 €	15,55 €
B4.2	Mehrpersonenhaushalt + 1 Kind	432	51480	66727	85719	0,34309	0,38054	14,72 €	16,33 €	19,08 €	21,16 €	24,51 €	27,18 €
B4.3	Mehrpersonenhaushalt + 2 Kinder	375	50612	69572	90422	0,34309	0,38054	14,47 €	16,05 €	19,89 €	22,06 €	25,85 €	28,67 €
B4.4	Mehrpersonenhaushalt + mind. 3 Kinder*)	158	48400	64645	82316	0,34309	0,38054	13,84 €	15,35 €	18,48 €	20,50 €	23,53 €	26,10 €

Nettoeinkommen (gemäß Statistik-Austria 2024)		Unterausgabengruppen "083 Telefon- und Telefaxdienste"												
		Anzahl Haushalte (= 100 %) in 1 000	25 % der Haushalte leben mit einem jährlichen Nettoeinkommen von weniger als... EUR	50 % der Haushalte leben mit einem jährlichen Nettoeinkommen von weniger als... EUR	75 % der Haushalte leben mit einem jährlichen Nettoeinkommen von weniger als... EUR	VPI	HVPI	Bei 25% HVPI pro Monat	Bei 50% VPI pro Monat	Bei 50% HVPI pro Monat	Bei 75% VPI pro Monat	Bei 75% HVPI pro Monat		
Cluster	A+B	Insgesamt	4113	27305	45180	68796	1,33125	1,41578	30,29 €	32,21 €	50,12 €	53,30 €	76,32 €	81,17 €
	A+B	Haushalte mit Pension ¹	1053	23900	34911	50146	1,33125	1,41578	26,51 €	28,20 €	38,73 €	41,19 €	55,63 €	59,16 €
	A1	Alleinlebende Männer mit Pension	176	21437	26319	34242	1,33125	1,41578	23,78 €	25,29 €	29,20 €	31,05 €	37,99 €	40,40 €
	A2	Alleinlebende Frauen mit Pension	349	18178	23884	32106	1,33125	1,41578	20,17 €	21,45 €	26,50 €	28,18 €	35,62 €	37,88 €
	A3	Mehrpersonenhaushalt mit Pension	528	37128	47674	60737	1,33125	1,41578	41,19 €	43,80 €	52,89 €	56,25 €	67,38 €	71,66 €
	B	Haushalte ohne Pension	3060	29758	50916	75175	1,33125	1,41578	33,01 €	35,11 €	56,48 €	60,07 €	83,40 €	88,69 €
	B1	Alleinlebende Männer ohne Pension	548	18539	28303	37882	1,33125	1,41578	20,57 €	21,87 €	31,40 €	33,39 €	42,03 €	44,69 €
	B2	Alleinlebende Frauen ohne Pension	493	19015	26148	35995	1,33125	1,41578	21,09 €	22,43 €	29,01 €	30,85 €	39,93 €	42,47 €
	B3	Mehrpersonenhaushalt ohne Kinder ohne Pension	953	48162	64906	87730	1,33125	1,41578	53,43 €	56,82 €	72,01 €	76,58 €	97,33 €	103,51 €
	B4	Haushalte mit Kindern	1065	47415	64090	84956	1,33125	1,41578	52,60 €	55,94 €	71,10 €	75,61 €	94,25 €	100,23 €
	B4.1	Einelpersonenhaushalt	101	24541	35218	49020	1,33125	1,41578	27,23 €	28,95 €	39,07 €	41,55 €	54,38 €	57,83 €
	B4.2	Mehrpersonenhaushalt + 1 Kind	432	51480	66727	85719	1,33125	1,41578	57,11 €	60,74 €	74,03 €	78,73 €	95,09 €	101,13 €
	B4.3	Mehrpersonenhaushalt + 2 Kinder	375	50612	69572	90422	1,33125	1,41578	56,15 €	59,71 €	77,18 €	82,08 €	100,31 €	106,68 €
	B4.4	Mehrpersonenhaushalt + mind. 3 Kinder(*)	158	48400	64645	82316	1,33125	1,41578	53,69 €	57,10 €	71,72 €	76,27 €	91,32 €	97,12 €

11.5 Kurzinterview – Forschungsprojekt LOROWAN der Universität der Bundeswehr München

Kurzzusammenfassung des Termins mit dem Projektteam LOROWAN der Uni BW vom 27.02.2025 (1300-1345 -Teams)

Welche Ursachen und Rahmenbedingungen führten zur Initiierung dieses Projekts?

Das Projekt entstand aus einem D-Forschungsprojekt (D-Tech) zur Wirtschaftsstützung

Die Integration von LoRa und LoRaWAN wurde durch einen staatlich geprüften Funker (Amateurfunke) aus dem Forschungsteam mit initiiert, der bereits Erfahrungen in diesem Bereich hatte. In der Gemeinde Neuhausen waren bereits zahlreiche LoRa-Geräte zur Erfassung verschiedener Naturdaten im Einsatz, was die Weiterentwicklung des Projekts begünstigte.

Welche empirischen Erkenntnisse und Erfahrungen konnten bisher im Rahmen der Projektumsetzung gewonnen werden?

In Bezug auf die Netzwerkleistung kann festgehalten werden, dass MESH und LoRa, insbesondere in Verbindung mit MESHTASTIC, funktionierten besser als erwartet, wobei Antennen und Standorte entscheidend für die Leistung sind

Allerdings wurde eine geringe Bandbreite und ein begrenzter Datendurchsatz in Krisensituationen festgestellt (Systemgrenzen)

Endgerätekompatibilität?

Es wurde erkannt, dass Endgeräte rückwärtskompatibel sein müssen, da Software-Updates über Over-The-Air-Verfahren Zeit und Energie benötigen

Welche finanziellen Aufwendungen waren für die Implementierung und Inbetriebnahme des Systems erforderlich?

Die Einführung und Umsetzung des Projekts erforderten:

- 3 Vollzeitmitarbeiter
- Komponenten im Wert von ca. 5.000 - 10.000 € pro Standort (inkl. Mast, Antennen, PV-Modul, Akku, Laderegler, LoRa-Komponenten und IP-Schutzgehäuse, usw.)
- Derzeit 5 Standorte in Neuhausen installiert

Welche wesentlichen Aspekte sind für den kontinuierlichen Betrieb und die Wartung der Infrastruktur zu berücksichtigen?

Folgende Aspekte sind im laufenden Betrieb zu beachten:

- WatchDog-Light-Überwachung
- Telemetriedaten und Bandbreitenmanagement
- Noch keine vollautomatische "Fire and Forget"-Lösung
- Updates per Fernzugriff benötigen GSM-Modul mit höherem Stromverbrauch
- Potenzielle Probleme bei höherer Auslastung

Benutzerfreundlichkeit und Anwendung

Es wurden Workshops mit Einsatzkräften wie Feuerwehr, Exekutive, Rettungsdiensten und Pflegebereichen durchgeführt, um die Benutzerfreundlichkeit zu optimieren. Dabei wurde besonderer Wert auf die Beantwortung der 5-W-Fragen gelegt

Welche Herausforderungen und potenziellen Optimierungsmöglichkeiten wurden im bisherigen Projektverlauf identifiziert?

Die zukünftigen Entwicklungen bzw. die nächsten Schritte umfassen:

- Einführung zusätzlicher mobiler Datenpunkte
- Ausrollung eines engeren Maschennetzes
- Derzeit noch auf ausgewählte Haushalte beschränkt (Forschungsprojekt)

11.6 Kurzinterview – Forschungsprojekt LOROWAN „Gemeinde Neuhaus (Ktn.)“ und Projektinformation (Präsentation)

Telefonnotiz mit Gemeinde Neuhausen in Kärnten am 29.02.2025 mit der zuständigen Projektleiterin im Rathaus. Im Zuge des Gespräches wurden Unterlagen des Projektes zur Verfügung gestellt.

Zusammenfassung: ROLORAN – Blackout-Kommunikation in der Gemeinde Neuhaus Case-Study

Das Forschungsprojekt ROLORAN (Resilient Operation of LoRa Networks) untersucht eine innovative Lösung zur Krisenkommunikation bei Blackouts. In Zusammenarbeit mit der Universität der Bundeswehr München, der Gemeinde Neuhaus und dem Sozialhilfverband Völkermarkt wird ein LoRa-basiertes Kommunikationssystem entwickelt. Ziel ist es, auch bei einem großflächigen Stromausfall eine funktionierende Informationsübertragung sicherzustellen. LoRa-Funktechnologie ermöglicht eine robuste, energiesparende und weitreichende Datenübertragung – auch ohne Mobilfunk oder Internet. Die Umsetzung erfolgt in drei Stufen: (1) digitale Anschlagtafeln zur unidirektionalen Information, (2) mobile Endgeräte mit Rückkanal für gezielte Nachrichtenübermittlung und (3) eine optionale Erweiterung zur Sicherung kritischer Infrastruktur. Diese Lösung bietet eine flexible und skalierbare Alternative zu herkömmlichen Kommunikationssystemen. Seit 2019 wurden verschiedene Maßnahmen zur Blackout-Vorsorge umgesetzt. Neben der Einrichtung von LoRa-Gateways zur Übertragung von Informationen wurden auch erste Prototypen für mobile Endgeräte entwickelt. Eine enge Zusammenarbeit mit dem Zivilschutz Kärnten und lokalen Einsatzkräften stellt sicher, dass die Lösungen praxistauglich und effizient sind. Insbesondere das Unwetterereignis „Tief Zacharias“ im August 2023 zeigte die Notwendigkeit robuster Krisenkommunikation auf. Ein wichtiger Bestandteil des Projekts sind Feldtests und Prototyp-Erprobungen, um die Reichweite, Zuverlässigkeit und Benutzerfreundlichkeit des Systems zu optimieren. Erste Testergebnisse bestätigen das Potenzial der LoRa-Technologie, insbesondere in ländlichen Gebieten mit schlechter Mobilfunkabdeckung. Das Projekt ROLORAN leistet einen wesentlichen Beitrag zur Erhöhung der Resilienz von Gemeinden gegenüber Krisensituationen. Durch die Schaffung einer unabhängigen Kommunikationsinfrastruktur können Bürgerinnen und Bürger auch im Notfall zuverlässig informiert werden. Dies stärkt nicht nur die Sicherheit, sondern auch das Vertrauen in die lokale Krisenvorsorge.





ROLORAN BLACKOUT-KOMMUNIKATION

Das europaweit einzigartige Forschungsprojekt zur LoRa-basierten (Krisen-)Kommunikation im Blackout-Fall

Universität der Bundeswehr München in Kooperation mit der Gemeinde Neuhaus und dem Sozialhilfverband Völkermarkt

Der Tag, an dem in Kärnten das Licht ausgeht.

Tag X, wenn der Blackout kommt.

INHALT

- Katastrophenschutz & Blackout-Vorsorge bisher sowie Erfahrungen der vergangenen Jahre.....3
- Forschungsprojekt ROLORAN Blackout-Kommunikation.....8

Sicher in der Gemeinde Neuhaus im Falle eines Blackouts.

2



KATASTROPHENSCHUTZ & BLACKOUT-VORSORGE

WAS WURDE BEREITS UMGESETZT?

Seit 2019

Analoger Katastrophenschutz (Abläufe, Kontakte, ...) und Vernetzung mit anderen Gemeinden als Backup für den Gemeindefeststellung im Katastrophenschutz und/oder Blackout-Fall

Seit 2021

„Lernen im Katastrophenfall“ inkl. Blackout-Szenario in der Gemeinde Neuhaus Konzept inkl. Schulungen des bürgerlichen Krisenstabs

Gemeinsam mit der Kollag entwickelte erste Konzepte zur LoRa-basierten Blackout-Kommunikation

Seit 2022

Vollständige Umsetzung des Leuchtturm-Konzepts des Landes Kärnten/Katastrophenschutz:

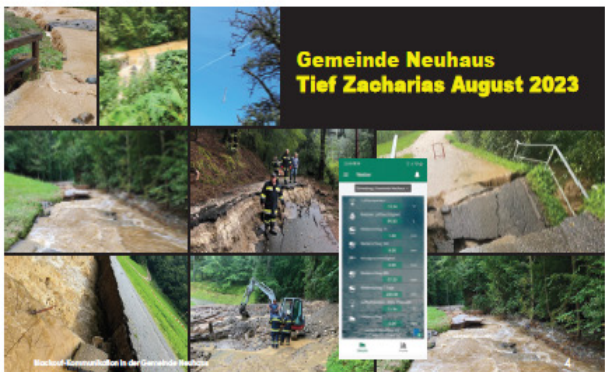
- BLACKOUT-SICHERHEIT ALLER KOMMUNALER GEBÄUDE mit Hilfe Photovoltaik, Batteriespeicher und Notstromversorgungsanlagen (Gesamt 33 kWp PV, 24 kWh Speicher)
- Anlauf 35 Wohngebiet zur Versorgung des „Leuchtturms“/Krisenstabszentrale Gemeindefeststellung

Gedruckte und digitale Blackout-Sprechzettel für die Gemeindeverwaltung mit allen Informationen im Blackout-Fall (Verhalten, Versorgung, Anlaufstellen, etc.)



3

Gemeinde Neuhaus Tief Zacharias August 2023



Blackout-Kommunikation in der Gemeinde Neuhaus

Aufgaben Gemeindefeststellung im Katastrophenschutz & Blackout-Fall



5

Unser Leitthema...

„Einfache und effiziente (Krisen-)Kommunikation“

„Gerade in schwierigen und herausfordernden Zeiten, bei Krisen oder während Großschadenslagen sind eine effiziente und einfache Kommunikation (z. B. mit Medien, Behörden, der Öffentlichkeit und eigenen Mitgliedern) erforderlich, um die Kontrolle über die Situation zu behalten.“

Auszug aus dem 44. GGV-Führungselement „Einfache und effiziente (Krisen-)Kommunikation“ am 11.04.2023 am Kärntner Landeshilfeschutzverband



6

Beispiele Bürgerinformation Tief Zacharias August 2023 mittels GemeindeApp und Homepage

7

UND WAS, wenn die Kommunikation nicht mehr funktioniert?

8

Unsere Antwort:

Universität der Bundeswehr München
Projekt ROLAN

LoRa-basierte Blackout-Kommunikation!

Entwurf einer digitalen Anzeigetafel
Mario Silec mit mobilem Endgerät
Outdoor-Antenne zum Empfang von LoRa-Signalen

Blackout-Kommunikation in der Gemeinde Neuhaus

9

Warum eignet sich die LoRa-Funktechnologie für die Blackout-Kommunikation?

DIE MÖGLICHKEITEN • Störresistente Übertragung • Günstige Komponenten (erweiter-/austauschbar) • Vernetzbar (Meshfähig) • Energieeffizient • Hohe Reichweite – bis zu 15 km • Hohe Gebäudedurchdringung • Keine Lizenzgebühren	DIE LIMITIERUNGEN • Begrenzte Datenübertragungsraten • Moderate Latenz • Vereinzelt gehen Datenpakete verloren ↓ Nicht geeignet für Sprachnachrichten
---	--

Blackout-Kommunikation in der Gemeinde Neuhaus

10

Universität der Bundeswehr München
Projekt ROLAN

DAS FORSCHUNGSTEAM

ROLAN-Projektteam v.l.: Buchenrieder, Allgenug, Silec, Grabatin, Hommel und Lenkeit

INSTITUT FÜR SOFTWARETECHNOLOGIE

- Prof. Dr. Wolfgang Hommel
- Dr. Michael Grabatin
- Mario Silec, M.Sc.
- Johann Allgenug, M.Sc.

INSTITUT FÜR TECHNISCHE INFORMATIK

- Prof. Klaus Buchenrieder, Ph. D.

INSTITUT FÜR FUNKKOMMUNIKATION

- Prof. Dr.-Ing. Florian Lenkeit

Blackout-Kommunikation in der Gemeinde Neuhaus

11

Universität der Bundeswehr München
Projekt ROLAN

DIE FORSCHUNGSZIELE

ROLAN = RESILIENT OPERATION OF LoRa NETWORKS

GESAMTZELE ROLAN

- Verbesserung und Härtung der LoRa(WAN)-Technologie

SCHWERPUNKTE ROLAN

- Technische Analyse von Reichweite, Störanfälligkeit und Ortbarkeit
- Untersuchung von Referenzimplementierungen mittels Softwareanalysewerkzeugen
- Prototypisierung von LoRa-Mesh-Netzwerken, Störsendem und Ortungsverfahren
- Realisierung und Bewertung realer Anwendungsszenarien mit Kooperationspartnern

Blackout-Kommunikation in der Gemeinde Neuhaus

12

EINDRÜCKE AUS DEM PROJEKT

Maßnahme zum Sachverständigen in Interdisziplinäre

Prototypen für mobile Endgeräte

Anwendung technischer Informationen
Blackout-Kommunikation in der Gemeinde Neuhaus

Aufbau für Feldmessungen

Prüfung des Antennensystems vor Ort

13

DIE KOOPERATIONEN

VERBÄNDER

- Gemeinde Neuhaus, Kärnten, Österreich (Kontext Blackout-Kommunikation)
- Landkreis Bad Kissingen, Bayern, Deutschland (Kontext Sturzunfallwurmung)

FORMLIS

MILITÄRISCH

- Österreichisches Bundesheer
- Führungsakademie der Bundeswehr (AK Planung)
- Martinslegenschaft Wilmshausen
- Tuppenübungsplatz Wilhelmsen
- Wehrtechnische Dienststellen 71 und 81

AKADEMISCH

- University of Arizona
- Projekt ReREST der Hochschule Koblenz
- FH Campus Wien
- Fraunhofer EMI & FKE

UNTERNEHMERISCH

- Minot ZENNER GmbH
- CONGAIA GmbH
- KELAG
- P&S
- MoXa Europe

ÖFFENTLICH

- Sozialhilfeverband Völkmarkt
- Land Kärnten/Katastrophenschutz
- Zivilschutz Kärnten
- LoRaPark Ulm

Blackout-Kommunikation in der Gemeinde Neuhaus

14

KOOPERATION BLACKOUT-KOMMUNIKATION

Seit Juli 2023 VERTRAGLICH GEREGLTE FORSCHUNGSKOOPERATION zur ROLAN Blackout-Kommunikation

- Inkl. Dauerleihvertrag aller Blackout-Gerätschaften zwischen der UniBw M und der Gemeinde Neuhaus
- Inkl. Arbeitsplan mit konkreten Umsetzungsmaßnahmen in 3 Ausbaustufen
- Leitung: Prof. Dr. Wolfgang Hommel
- Zusätzlicher aktiver Projektschutzpartner: Sozialhilfeverband Völkmarkt
- Kooperationsdauer bis 31.12.2026

Arbeitsplan Blackout-Kommunikation

Blackout-Kommunikation in der Gemeinde Neuhaus

15

ARBEITSPLAN BLACKOUT-KOMMUNIKATION

Geplante Umsetzung der Blackout-Kommunikation in Form von kurzen Textnachrichten, bestenfalls unterstützt mit Kartenmaterial, in das betroffene Punkte und Bereiche markiert werden können.

Arbeitsplan Blackout-Kommunikation mit 3 Ausbaustufen

Ausbaustufe 1: Digitale Display mit interaktiver Kommunikation

Ausbaustufe 2: Mobile Geräte mit Funknetz und drahtloser Weiterleitung

Ausbaustufe 3a: (optional) Drahtlose Weiterleitung und Weiterleitung des bestehenden Kommunikationssystems

Ausbaustufe 3b: (optional) Drahtlose Weiterleitung und Erweiterung des bestehenden Kommunikationssystems

Blackout-Kommunikation in der Gemeinde Neuhaus

16

ZIELGRUPPEN DES FORSCHUNGSPROJEKTS

Gemeindekrisenstab Leuchtturm

Bürgerinnen

Kritische Infrastrukturen und vulnerable Gruppen

Ausbaustufe 1, Ausbaustufe 2

Ausbaustufe 3

SHV Sozialhilfeverband Völkmarkt

Blackout-Kommunikation in der Gemeinde Neuhaus

17

KICK-OFF ROLAN BLACKOUT-KOMMUNIKATION

19.-21.09.2023, Neuhaus

TAG 1: Netzwerkgang des Neuhäuser Berg- und Grabengebietes durch Hm. Prof. Dr. Wolfgang Hommel und Hm. Mario Stadl M.Sc.

TAG 2: Moderierter Workshop zur Blackout-Kommunikation mit Frau Mag. Carmen Götzl in der Gemeinde Neuhaus

- mit Prof. Dr. Wolfgang Hommel und Hm. Mario Stadl M.Sc. von der Universität der Bundeswehr München
- mit allen relevanten Stakeholdern des Bezirksamtes Völkmarkt sowie des Katastrophenschutzes beim Land Kärnten und der Gemeinde Neuhaus

TAG 3: Technischer Workshop: Definieren der technischen Anforderungen an die Blackout-Kommunikation auf Basis der Ergebnisse der vergangenen Tage mit Einbindung Land Kärnten, Stadt Völk, Kelag und P&S

Blackout-Kommunikation in der Gemeinde Neuhaus

18








EINIGE OPERATIVE GEDANKEN UND ERKENNTNISSE AUS DEM ROLORAN KICK-OFF-WORKSHOP

1. Reflexion des Goals

„Vorgabe eines bestimmten Ziels ist ein notwendiges Element, das einen klaren Blick auf das Ziel (Folgerung) erlaubt und die Verantwortlichen auf das Ziel hin ausrichtet. Es ist ein notwendiges Element, das die Verantwortlichen auf das Ziel hin ausrichtet und die Verantwortlichen auf das Ziel hin ausrichtet.“

2. Identifizierung der Beteiligten

„Es ist wichtig, dass man in einem Team einen klaren Verantwortlichen identifiziert, der die Verantwortung für das Ziel trägt. Dieser Verantwortliche sollte die Verantwortung für das Ziel tragen und die Verantwortung für das Ziel tragen.“

3. Identifizierung der Beteiligten

„Es ist wichtig, dass man in einem Team einen klaren Verantwortlichen identifiziert, der die Verantwortung für das Ziel trägt. Dieser Verantwortliche sollte die Verantwortung für das Ziel tragen und die Verantwortung für das Ziel tragen.“

Blackout Kommunikation in der Gemeinde Neuhaus 19








BLACKOUT-KOMMUNIKATION VORBEREITUNG

HARDWARE

- Verbrauchsanalysen und Energiebudgetierung
- Komponentenauswahl
 - Peripherie (Eingabegeräte, Ausgabegeräte)
 - Verarbeitungselemente (LoRa-Module, Mikrocontroller, Schnittstellen)
 - Gehäusekonzeption

SOFTWARE

- Netzwerksimulationen basierend auf erfassten Messdaten
- Schnittstellenkonzeption und Aufgabenmodularisierung
 - Aufgabenspezifische Kommunikation zwischen Knotenkomponenten
- Protokollspezifikation
 - Definition von robuster Interaktion und Datenaustausch



Blackout Kommunikation in der Gemeinde Neuhaus 20








TESTUNG PROTOTYP

AUFBAU UND TESTPHASE PROTOTYP

- September 2024: Aufbau von 5 Stelen im Gemeindegebiet von Neuhaus
- Testungen und Weiterentwicklungen
- 2. Gerätegeneration für 2025 geplant






Blackout Kommunikation in der Gemeinde Neuhaus 21

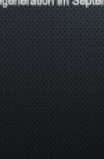
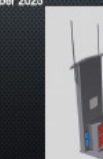







2. GENERATION 2025

- Rund 100 Stück Pager
- Softwareanforderungen in Finalisierung
- Derzeit Hardwareanforderungen der Blackout-Säulen in Ausarbeitung (Energieautarkie)
- Aufbau der 2. Gerätegeneration im September 2025


Blackout Kommunikation in der Gemeinde Neuhaus 22

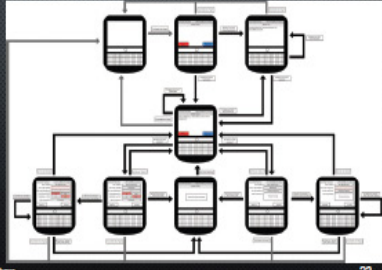




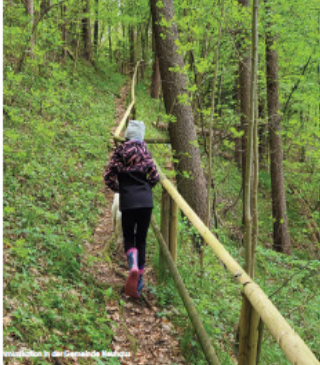



2. GENERATION

- Software Notfallkommunikation



Blackout Kommunikation in der Gemeinde Neuhaus 23



„Ein neuer Weg ist immer ein Wagnis. Aber wenn wir den Mut haben loszugehen, dann ist jedes Stolpern und jeder Fehltritt ein Sieg über unsere Ängste, über unsere Zweifel und Bedenken.“
(Demokrit, griechischer Philosoph)

Blackout Kommunikation in der Gemeinde Neuhaus 24

11.7 Zeitachse – Masterarbeit

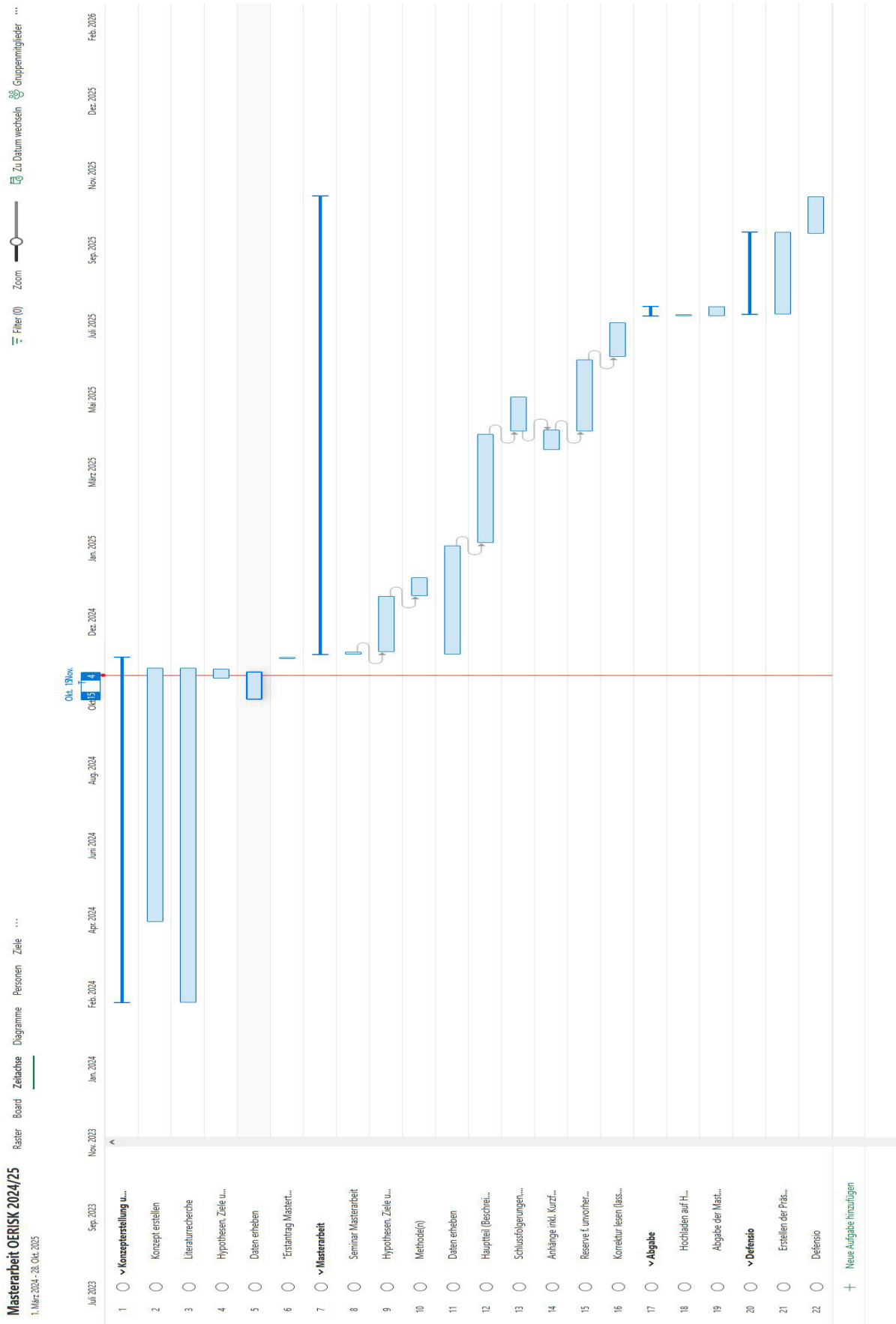


Figure 46: Zeitachse