

MASTER THESIS | MASTER'S THESIS

Titel | Title

Tornados in Österreich und Europa – Ein Konzept zur Risikokommunikation

verfasst von | submitted by

Stefan Eisenbach

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:

Dipl.-Geogr. Dr. Sven Fuchs

II. Danksagung

An dieser Stelle möchte ich all jenen danken, die zum Gelingen dieser Masterarbeit beigetragen und mich während des gesamten Studiums begleitet und unterstützt haben.

Mein besonderer Dank gilt den Expert*innen, die sich im Rahmen der Experteninterviews bereitwillig Zeit genommen haben. Ohne ihre Offenheit, ihr Fachwissen und ihr Engagement hätten die empirischen Ergebnisse dieser Arbeit nicht in dieser Tiefe und Qualität gewonnen werden können.

Ein ebenso herzlicher Dank geht an die Kolleg*innen des European Severe Storms Laboratory. Das ESSL war während meiner gesamten Studienzeit eine herausragende fachliche Anlaufstelle. Durch die vielfältigen Projekte, den kollegialen Austausch und die praktische Arbeit beim ESSL durfte ich mein Verständnis für Tornados und konvektive Prozesse maßgeblich vertiefen und erweitern. Die Unterstützung und das Vertrauen, das mir dort entgegengebracht wurde, waren für meine fachliche Entwicklung von großer Bedeutung.

Danken möchte ich darüber hinaus allen Studienkolleg*innen des Lehrgangs für die konstruktive Zusammenarbeit, die gegenseitige Unterstützung und die gemeinsame Zeit. Mein Dank richtet sich auch an alle Professor*innen, die durch engagierte und praxisbezogene Lehre, kritischen Diskurs und persönliche Rückmeldungen zum Gelingen dieses Studiums und dieser Arbeit beigetragen haben.

Abschließend möchte ich meiner Familie von ganzem Herzen danken. Durch ihre beständige Unterstützung, ihren Zuspruch und ihr Verständnis haben sie mir den nötigen Freiraum gegeben, mich mit vollem Engagement diesem Studium zu widmen. Ohne sie wäre dieser Weg nicht möglich gewesen.

Wien, 27.07.2025

III. Inhaltsverzeichnis

1	Einleitung	1
1.1	Problemstellung.....	1
1.2	Forschungskontext.....	3
1.3	Zielsetzung und Forschungsfragen.....	4
2	Theoretischer Hintergrund	7
2.1	Tornados in Österreich und Europa.....	7
2.2	Risikowahrnehmung und -kommunikation	15
3	Methodik	25
3.1	Forschungsdesign	25
3.2	Qualitative Literaturanalyse.....	25
3.3	Experteninterviews.....	29
4	Ergebnisse	37
4.1	Literaturanalyse.....	37
4.2	Auswertung der Experteninterviews	39
4.3	Korrelation zwischen Tornadodichte und Bewusstsein von Tornado-Risken	62
5	Diskussion	67
5.1	Interpretation der Ergebnisse.....	67
5.2	Vergleich mit bisherigen Forschungsergebnissen.....	70
5.3	Einschränkungen der Studie	72
6	Schlussfolgerungen und Ausblick	75
6.1	Zentrale Erkenntnisse.....	75
6.3	Überprüfung der Hypothesen und Forschungsfragen	77
6.4	Empfehlungen.....	78
6.5	Perspektiven für zukünftige Forschung.....	80
	Literaturverzeichnis	83
	Abstract	89
	Anhänge	91

Abbildungsverzeichnis

Abbildung 1: Tornado in Graz vom 21.5.2024 - Videoscreenshots. Quelle: Stefanie Filzmoser via Facebook/uwz.at & @herr.wolke.....	2
Abbildung 2: Schadensbild der 2021 Tornados in Tschechien. Quelle: Damage Survey of the Violent Tornado in Southeast Czechia on 24 June 2021 (Púčik, et al., 2024).....	3
Abbildung 3: Vergleich bestehender Tornado-Skalen mit der IF Skala aus Groenemeijer, et al. (2023).....	11
Abbildung 4: Tornadohäufigkeit in Österreich nach Holzer A. M. (2001, S. 208)	12
Abbildung 5: Poster des ESSL beim Niederösterreichischen Forschungsfest 2023 mit einer Österreich-Karte von Tornadomeldungen und Hinweisen zu Selbstschutzmaßnahmen. Quelle: European Severe Storms Laboratory	13
Abbildung 6: Veränderung des gesellschaftlichen Gefahrenbewusstseins nach einem Ereignis © IKSR 2002.....	17
Abbildung 7: Sirenenalarm in Österreich (Rudolf-Miklau, 2018, S. 257).....	20
Abbildung 8: Konzeptuelles Modell der Risikokommunikation bei Tornados nach Schilds & Schumacher 2018	24
Abbildung 9: Umfrageergebnis aus den Experteninterviews, in wie vielen Ländern Wetterdienste Tornadowarnungen erstellen können.....	40
Abbildung 10: Frage 7 aus der Umfrage über den Anteil der Bevölkerung, der sich bewusst ist, dass in ihrem Land Tornados auftreten können.....	40
Abbildung 11: Frage 20 aus der Umfrage über den Anteil der Bevölkerung, der Bescheid weiß, wie man sich bei einem Tornado verhalten soll.....	41
Abbildung 12: Grafische Darstellung der Ergebnisse aus der Expertenumfrage zu den Einflussfaktoren zum Tornadorisikobewusstsein in Europa.. ..	47
Abbildung 13: Grafische Darstellung der Ergebnisse.	55
Abbildung 14: Detailbewertung der Expert*innen der geeignetsten Kommunikationswege.	59
Abbildung 15: Korrelation zwischen der Tornadodichte in einem Land (Antonescu, Schultz, Holzer, & Groenemeijer, 2017) und dem von den Expert*innen in der Umfrage geschätzten Bewusstseinsgrad über das Auftreten von Tornados im jeweiligen Land.....	69

Tabellenverzeichnis

Tabelle 1: Instantane 3D-Windgeschwindigkeiten in km/h für die verschiedenen IF-Stufen.....	10
Tabelle 2: Welche Faktoren hatten in den letzten 25 Jahren den meisten Einfluss auf das Risikobewusstsein in Bezug auf Tornados.	46
Tabelle 3: Welche Kommunikationsformate sind laut den Expert*innen am besten geeignet, um Schutzmaßnahmen bei Tornados zu kommunizieren.	54
Tabelle 4: Auswertung der präferierten Kommunikationswege zur Vermittlung des Tornadorisikos und von Selbstschutzmaßnahmen bei Tornados.	58
Tabelle 5: Vergleich der Tornadodichte in Europäischen Staaten (Antonescu, Schultz, Holzer, & Groenemeijer, 2017, S. 716 f.) mit den Ergebnissen der Experteninterviews zu deren Einschätzung wie hoch der Anteil der Bevölkerung ist, die sich bewusst sind, dass in ihrem Land Tornados auftreten können („Bewusstseinsgrad“).	62

Anhänge

I. Antworten aus den Experteninterviews.....	91
--	----

III. Abkürzungsverzeichnis

BMI	Bundesministerium für Inneres (Österreich)
DI	Damage Indicator (Schadensindikator)
DoD	Degree of Damage (Schadensausmaß)
ESSL	European Severe Storms Laboratory
EUMETNET	European Meteorological Network (Dachverband 26 nationaler Wetterdienste)
F#	Fujita-Scale (F0 bis F5) zur Klassifizierung der Tornadostärke
IF#	International Fujita-Scale (IF0 bis IF5) zur Klassifizierung der Tornadostärke
NSSL	National Severe Storms Laboratory (USA)
NWS	National Weather Service (USA)
SPC	Storm Prediction Center (USA)
UTC	Coordinated Universal Time (Koordinierte Weltzeit)

IV. Vorwort

Immer wieder wird mir mit Erstaunen begegnet, wenn ich darüber spreche, dass es auch in Österreich und Europa Tornados gibt. Diese Reaktion zeigt, wie wenig bekannt dieses Naturphänomen bei uns ist – sowohl hinsichtlich seines Auftretens in unseren Breiten als auch bezüglich der richtigen Schutz- und Verhaltensmaßnahmen.

Im Rahmen meiner langjährigen meteorologischen Tätigkeit, unter anderem auf öffentlichen Informationsveranstaltungen und in Vorträgen, ist es mir daher zunehmend wichtig geworden, nicht nur über die Existenz von Tornados zu informieren, sondern vor allem auch praktikable Verhaltensweisen und Selbstschutzmaßnahmen zu vermitteln.

Die vorliegende Masterarbeit bildet den Auftakt für ein Konzept, das darauf abzielt, das Bewusstsein für das Tornadorisiko in Europa zu stärken und geeignete Wege der Risikovermittlung aufzuzeigen. Eine zentrale Rolle bei der Verbreitung von Informationen und Empfehlungen zum Selbstschutz nehmen nationale wie auch private Wetterdienste und Behörden ein. Ziel der Arbeit ist es, für diese Multiplikatoren sowohl bestehende Herausforderungen als auch konkrete Ansatzpunkte zu identifizieren, um die Kommunikation zum Thema Tornados und den Schutz der Bevölkerung so wirkungsvoll wie möglich zu gestalten.

Wien, 27.07.2025

Hinweis zur gendergerechten Sprachanwendung

Aus Gründen der besseren Lesbarkeit wird in dieser Arbeit bei Personenbezeichnungen teilweise auf die gleichzeitige Nennung weiblicher, männlicher und diverser Formen verzichtet. Das generische Maskulinum bezieht sich dann – sofern nicht ausdrücklich anders angegeben – auf alle Geschlechter.

1 Einleitung

1.1 Problemstellung

Auch wenn Tornados in Europa und Österreich nicht so häufig vorkommen wie in den USA, stellen sie eine durchaus unterschätzte Gefahr für die Bevölkerung dar.

Im Gegensatz zu den Vereinigten Staaten von Amerika, wo aufgrund der höheren Tornadofrequenz und intensiven medialen Berichterstattung etablierte Präventions- und Frühwarnsysteme existieren (einschließlich meteorologischer Warnungen, Sirenenalarme und Schutzübungen), wird die Tornadogefahr in Europa als peripheres Phänomen wahrgenommen (Antonescu, Schultz, Holzer, & Groenemeijer, 2017) und stellen dadurch womöglich eine unterschätzte Gefahr für die Bevölkerung dar. In Europa werden laut dem Direktor des European Severe Storms Laboratory (ESSL), Dr. Pieter Groenemeijer, jährlich durchschnittlich 300 Tornados registriert (du Brulle, 2013), in Österreich treten laut Auswertungen der Europäischen Unwetterdatenbank (ESWD) etwa drei Tornados pro Jahr auf (siehe Kapitel 2.1).

Die wirtschaftlichen und gesellschaftlichen Auswirkungen von Tornados sind erheblich. Zwischen 1950 und 2015 haben Tornados in Europa fast eine Milliarde Euro Schaden verursacht, über 300 Todesopfer und mehr als 4400 Verletzte gefordert (Antonescu, Schultz, Holzer, & Groenemeijer, 2017, S. 722).

Der heftigste dokumentierte Tornado in Österreich ereignete sich am 10. Juli 1916 in Wiener Neustadt mit einer Bilanz von 32 Toten und hunderten Verletzten (Holzer & Schreiner, 2018). Der Wiener Neustädter Tornado erreichte mit F4 die zweithöchste Kategorie auf der Fujita-Skala (siehe Kapitel 2.1).

Der letzte als IF5 / F5 klassifizierte Tornado in Europa ereignete sich am 24. Juni 1967 bei Palluel in Nordfrankreich. Dieser Tornado zog nordostwärts und verursachte entlang seiner Zugbahn in acht Dörfern massive Zerstörungen. Besonders schwer betroffen waren die Orte Écoust-Saint-Quentin und Palluel, wo der Tornado F5-Schäden anrichtete. Insgesamt wurden 17 Häuser vollständig zerstört und weitere 135 schwer beschädigt. Die Katastrophe forderte sechs Todesopfer und 30 Verletzte (Antonescu, Fairman, & Schultz, 2018, S. 326).

Trotz regelmäßig auftretender Tornados, mit teilweise beachtlicher Stärke, sind die wenigsten Wetterdienste in Europa vorbereitet spezifische Tornadowarnungen zu erstellen (Rauhala & Schultz, 2009). In Gesprächen auf öffentlichen Veranstaltungen fällt auf, dass trotz sporadischer Medienberichterstattungen über Tornados (Abb. 1) es in der

Bevölkerung oft an fundiertem Wissen über adäquate Schutzmaßnahmen mangelt. Eine Quantifizierung dieses Wissensdefizits wurde jedoch noch nicht untersucht und ist sicherlich ein interessanter Aspekt zukünftiger Forschungsarbeiten.



Abbildung 1: Tornado in Graz vom 21.5.2024 - Videoscreenshots.
Quelle: Stefanie Filzmoser via Facebook/uwz.at & @herr.wolke

In der Risikokommunikation von Tornadophänomenen nehmen primär die nationalen meteorologischen Dienste und Behörden, sowie jedoch auch Medien und private Wetterdienstleister eine zentrale Position ein. Eine besondere Rolle kommt dabei dem European Severe Storms Laboratory (ESSL) zu, das als eine der wenigen europäischen Institutionen systematische Tornadoforschung betreibt und entsprechende Ausbildungen für Meteorologen im Vorhersagedienst anbietet (Groenemeijer, et al., 2017). Bei der Untersuchung des schweren Tornados in der Tschechischen Republik 2021 (Abb. 2) hat sich gezeigt, dass es sowohl bei den Wetterwarnungen als auch beim Risikobewusstsein in der Bevölkerung Optimierungsbedarf gibt (Púčik, et al., 2024).

Im Rahmen der Masterarbeit soll eine systematische Evaluation des Status quo der Tornadorisikokommunikation durchgeführt werden, sowie versucht zu ermitteln welche Kommunikationsstrategien zur Verbesserung des Risikobewusstseins und der Selbstschutzkompetenzen in der Bevölkerung geeignet sind. Die gewonnenen Erkenntnisse sind insbesondere für europäische Wetterdienste hinsichtlich der strategischen Ausrichtung ihrer Kommunikationspraxis des Tornadorisikos von Bedeutung.



Abbildung 2: Schadensbild der 2021 Tornados in Tschechien. Quelle: Damage Survey of the Violent Tornado in Southeast Czechia on 24 June 2021 (Púčik, et al., 2024).

1.2 Forschungskontext

Im Gegensatz zu den USA, wo Tornados ein zentrales Thema meteorologischer Forschung und Risikokommunikation sind, ist das Phänomen in Europa weniger systematisch untersucht und in der öffentlichen Wahrnehmung schwach verankert (Antonescu, Schultz, Holzer, & Groenemeijer, 2017). Während in den USA etablierte Warnsysteme, regelmäßige Schutzübungen und eine hohe Medienpräsenz existieren, sind wie bereits erwähnt in Europa nur wenige nationale Wetterdienste in der Lage, spezifische Tornadowarnungen zu erstellen (Rauhala & Schultz, 2009).

Basierend auf einer Befragung von 32 europäischen meteorologischen Diensten, gaben zwischen 1967 und 2006 lediglich acht der befragten Wetterdienste an, Tornadowarnungen auszusprechen (Niederlande, Zypern, Spanien, Deutschland, Rumänien, Malta, Türkei und Estland) (Antonescu, Schultz, Holzer, & Groenemeijer, 2017, S. 713 f.). Eine spätere Untersuchung aus dem Jahr 2015 zeigt, dass nur drei von 18 befragten Wetterdiensten direkt vor Tornados warnen können (Holzer, et al., 2015, S. 101). Es ist zu beachten, dass im Rahmen dieses Projekts neben 13 staatlichen Wetterdiensten auch fünf private Wetterdienste befragt wurden (Holzer, et al., 2015, S. 106).

Diese Zahlen verdeutlichen, dass Tornadowarnungen in Europa die Ausnahme und nicht die Regel sind. Die meisten europäischen Wetterdienste verfügen weder über etablierte Warnsysteme noch über spezifische Kommunikationsstrategien für Tornadoereignisse (Rauhala & Schultz, 2009, S. 375).

Das European Severe Storms Laboratory (ESSL) nimmt zwar eine zentrale Rolle in der Sammlung und Analyse von Unwetterdaten und in der Ausbildung von Meteorologen ein, jedoch mangelt es an einem europaweit koordinierten Vorgehen (Antonescu, Schultz, Holzer, & Groenemeijer, 2017, S. 723 f.).

1.3 Zielsetzung und Forschungsfragen

Die vorliegende Masterarbeit hat zum Ziel, eine systematische Evaluation des Status quo der Tornadorisikokommunikation in Österreich und Europa durchzuführen sowie effektive Kommunikationsstrategien zur Verbesserung des Risikobewusstseins und der Selbstschutzkompetenzen in der Bevölkerung zu untersuchen.

Die zentrale Forschungshypothese ist, dass eine Differenz zwischen der faktischen Tornadoinzidenz in Österreich bzw. Europa einerseits und der öffentlichen Risikoperzeption andererseits besteht. Diese mangelnde Risikowahrnehmung korreliert mit einem defizitären Kenntnisstand über adäquate Schutzmaßnahmen in der Bevölkerung. Durch strategisch konzipierte Risikokommunikation soll zukünftig eine Verbesserung des öffentlichen Risikobewusstseins, sowie der individuellen Handlungskompetenz erzielt werden.

HYPOTHESE 1: In der Bevölkerung gibt es ein Wissensdefizit in Bezug auf Tornados in Österreich bzw. Europa und daraus resultierenden Risiken im Allgemeinen. Damit verbunden existiert kaum Bewusstsein über die aus Tornados resultierenden Gefahren im speziellen, wie z.B. hinsichtlich Intensitäten und Frequenzen und damit verbundene Schäden.

Forschungsfrage 1.1.: Existiert in der Bevölkerung ein Informationsdefizit hinsichtlich der Tornadoinzidenz und korrespondierender Eigenschutzmaßnahmen?

Forschungsfrage 1.2.: Inwiefern existieren bereits Kommunikationsstrategien oder Informationen zum Tornadorisiko?

HYPOTHESE 2: Mittels gezielter, multimodaler Risikokommunikation kann eine Sensibilisierung der Bevölkerung hinsichtlich des Auftretens von Tornados und korrespondierender Selbstschutzstrategien erreicht werden.

Forschungsfrage 2.1.: Mittels welcher Kommunikationskanäle kann eine optimale Reichweite und Wirksamkeit der Risikoinformation zu Tornados in der Bevölkerung erzielt werden?

Forschungsfrage 2.2.: Welche kommunikativen Strategien ermöglichen eine universell verständliche, niedrigschwellige Vermittlung von Verhaltensmaßnahmen bei Tornadoereignissen?

Forschungsfrage 2.3.: Welche Komponenten muss ein Kommunikationskonzept zur Risikosensibilisierung in Bezug auf Tornados beinhalten?

2 Theoretischer Hintergrund

2.1 Tornados in Österreich und Europa

Entstehung eines Tornados

Tornados entstehen im Zusammenhang mit starken Aufwärtsbewegungen der Luft, sogenannten konvektiven Prozessen. Wenn warme, feuchte Luft vom Boden aufsteigt und dabei abkühlt und kondensiert, bilden sich Kumuluswolken die zu Gewittern anwachsen können. Dabei entwickeln sich starke Aufwinde, die über hundert Kilometer pro Stunde erreichen können (NOAA, 2023). Besonders wichtig für die Entstehung von Tornados ist die sogenannte vertikale Windscherung – also eine deutliche Veränderung von Windrichtung und -geschwindigkeit mit zunehmender Höhe. Diese Windscherung versetzt die aufsteigende Luft in Rotation. Wenn diese organisierte, rotierende Luftsäule (Trichterwolke) sich bis zum Boden ausdehnt, spricht man von einem Tornado. Besonders wichtig sind dabei eine feuchte bodennahe Luftschicht und starke Windscherung, da sie die Ausbildung eines Mesozyklons (Superzelle) und letztlich die Tornadogenese begünstigen. Nicht-superzellige Tornados können auch durch das Aufsteigen und Strecken bodennaher Wirbel entlang von Konvergenzlinien entstehen, diese sind aber meist schwächer (Holzer, et al., 2015).

Begriff des Tornados

In der Meteorologie wird heute zunehmend der Begriff „Tornado“ verwendet, auch im deutschsprachigen Raum. Frühere Bezeichnungen wie „Windhose“, „Großtrombe“ oder „Wirbelsturm“ galten lange als gängig, beschreiben aber teils unterschiedliche oder ungenau definierte Phänomene (Rauch, Berz, & Dotzek, 2000, S. 166). Der Begriff „Tornado“ stammt aus dem Englischen und hat sich im wissenschaftlichen und öffentlichen Sprachgebrauch international durchgesetzt, da er präziser und weltweit einheitlich verstanden wird.

Die Verwendung älterer Begriffe wie „Windhose“ kann daher zu Verwirrung führen, etwa weil sie manchmal auch für schwächere Luftwirbel oder kleinräumige Böen verwendet werden, die keine echten Tornados im meteorologischen Sinn sind (Rauch, Berz, & Dotzek, 2000, S. 166). Die Vereinheitlichung auf den Begriff „Tornado“ dient deshalb der wissenschaftlichen Genauigkeit und der klaren Kommunikation, etwa im Katastrophenschutz, in Wetterwarnungen oder in der Forschung.

Eine **Wasserhose** ist aus meteorologischer Sicht einfach ein Tornado über Wasser – sei es über dem Meer oder über einem See. Laut dem Glossary of Meteorology der American Meteorological Society (AMS, 2024) bezeichnet der Begriff waterspout grundsätzlich jeden Tornado, der sich über einer Wasseroberfläche befindet – oft handelt es sich dabei um relativ

schwache, nicht mit Superzellen verbundene Wirbel, die unter einer Kumulus- oder Kumulonimbus-Wolke auftreten.

Zusätzlich anzumerken ist, dass Wasserflächen die Entstehung und Lebensdauer von Tornados positiv beeinflussen können. Grund die deutlich geringere Oberflächenrauigkeit von Wasser im Vergleich zu Land. Diese geringe Rauigkeit führt zu weniger Reibung, wodurch die Windgeschwindigkeitsprofile stabiler bleiben und die Bedingungen für die Ausbildung und Aufrechterhaltung einer rotierenden Luftsäule günstiger sind – vergleichbar mit der höheren Tornadohäufigkeit über ebenen, glatten Terrains im Vergleich zu Gebirgen (Houser, et al., 2020).

Häufigkeit und Intensität

In Europa treten jährlich durchschnittlich 300 Tornados auf, verglichen mit etwa 1.200 in den USA. Die meisten dieser Tornados sind schwach und verursachen nur geringe Schäden, aber einige können durchaus verheerend sein (du Brulle, 2013).

In Österreich werden laut European Severe Weather Database (30-jähriger Auswertungszeitraum 1994 bis 2024, Abfrage vom 06.07.2025) im Schnitt drei Tornados pro Jahr registriert. Die meisten österreichischen Tornados sind laut ESWD schwach (IF0 bis IF1), aber alle ein bis zwei Jahre tritt ein IF2/IF2.5-Tornado auf (22), und etwa alle zehn Jahre kommt es zu einem IF3-Tornado (3).

Bewertung der Stärke eines Tornados

Die Bewertung der Stärke von Tornados basiert primär auf Schadensanalysen, da direkte Messungen der Windgeschwindigkeiten aufgrund der Unvorhersehbarkeit und geringen räumlichen Ausdehnung von Tornados selten möglich sind (Golden & Snow, 1991). Die ursprüngliche Fujita-Skala (F-Skala), eingeführt von Tetsuya Fujita in 1971, klassifizierte Tornados anhand von Schadensmustern in sechs Intensitätsstufen F0–F5. Diese Skala wies jedoch Limitationen in der Objektivität auf, da sie nicht ausreichend zwischen Bauwerksfestigkeit und Windgeschwindigkeit differenzierte (Feuerstein, Groenemeijer, Dirksen, Hubrig, & Holzer, 2011). Als Weiterentwicklung entstand 2007 in den USA die Enhanced Fujita Scale (EF-Skala), die detaillierte Schadensindikatoren (z. B. Bautyp, Gebäudestruktur) mit präzisen Windgeschwindigkeitsbereichen verknüpfte (Doswell, Brooks, & Dotzek, 2009). Allerdings ist die EF-Skala spezifisch auf nordamerikanische Baumaterialien und Bauweisen kalibriert, was ihre Anwendbarkeit in Europa einschränkt (Holzer & Schreiner, 2018).

Um eine internationale Nutzung zu ermöglichen, wurde die International Fujita Scale (IF-Skala) entwickelt (European Severe Storms Laboratory, 2025). Sie nutzt 3D-Windgeschwindigkeitsdaten aus Doppler-Radarmessungen, Satellitendaten oder Modellsimulationen, um physikalisch basierte Schadensprognosen zu erstellen, und

integriert universelle Schadensindikatoren wie Vegetations- oder Infrastrukturtypen (Holzer & Schreiner, 2018, S. 1563). Dies ermöglicht eine präzisere, ortsunabhängige Einstufung. Die Bewertung erfolgt stets durch forensische Meteorologie: Dabei analysieren Expert*innen Schadensmuster (z. B. Baumfallrichtungen, Trümmerverteilung, Mauerwerkszertrümmerung), rekonstruieren die Zugbahn und leiten daraus die Intensität ab (Holzer & Schreiner, 2018, S. 1557-1558). Diese Methode ist essenziell, da stationäre Messgeräte selten von Tornados getroffen werden und mobile Messungen direkt aus Tornados lebensgefährlich sind.

Die Fujita-Skala

Die Intensität von Tornados wird historisch anhand der Fujita-Skala gemessen. Diese teilt Tornados basierend auf den verursachten Schäden in sechs Kategorien von F0 bis F5 ein (du Brulle, 2013):

- F0 (64-116 km/h): (fast) keine Schäden
- F1 (117-180 km/h): leichte bis mäßige Schäden am Dach
- F2 (181-253 km/h): erhebliche Dachschrägen / Dach abgedeckt
- F3 (254-332 km/h): Dach abgedeckt / einige Wände eingestürzt
- F4 (333-418 km/h): die meisten Wände eingestürzt
- F5 (419-512 km/h): niedergeblasen und möglicherweise weggeblasen

Die Internationale Fujita-Skala

Ziel bei der Entwicklung der International Fujita Scale (IF) war es ein international anwendbares System zur Klassifikation der Intensität von Tornados und anderen extremen Windereignissen zu schaffen. Sie wurde entwickelt, um die Schwächen bestehender Skalen – insbesondere der ursprünglichen Fujita-Skala (F) und der Enhanced Fujita Scale (EF) – im europäischen und globalen Kontext zu überwinden. Die IF-Skala berücksichtigt die Vielfalt der Bauweisen, Vegetationstypen und Schadensindikatoren weltweit und ermöglicht so eine konsistente und vergleichbare Bewertung von Windschäden (Leyser, 2024).

Die IF-Skala bezieht sich auf die instantane dreidimensionale Windgeschwindigkeit am Ort des Schadens, nicht auf einen Mittelwert über mehrere Sekunden. Dies berücksichtigt, dass Schäden oft durch sehr kurzzeitige, extreme Windspitzen verursacht werden. Die Windgeschwindigkeiten der IF-Skala sind zentrale Werte, die sich an den ursprünglichen Fujita-Werten orientieren, aber an die neue Messmethodik angepasst wurden (Groenemeijer, et al., 2023).

Die Berechnung der Windgeschwindigkeit für eine IF-Stufe X erfolgt nach folgender Formel:

$$IF(x) = 6,30 \cdot (x+2,5)^{1,5} \text{ m/s}$$

$$IF(x) = 22,7 \cdot (x+2,5)^{1,5} \text{ km/h}$$

Tabelle 1: Instantane 3D-Windgeschwindigkeiten in km/h für die verschiedenen IF-Stufen

IF-Stufe	Windgeschwindigkeit (m/s)	Windgeschwindigkeit (km/h)
IF0	25	90
IF0.5	33	120
IF1	40	150
IF1.5	50	180
IF2	60	220
IF2.5	70	250
IF3	80	290
IF4	105	380
IF5	130	470

Die Werte in der Tabelle sind zentrale Richtwerte. Die genaue Zuordnung erfolgt über die Matrix aus Schadensindikator und Schadensausmaß. Bei der IF Skala wird im Gegensatz zu den anderen Tornado-Skalen, bei denen jeder Tornado-Stufe ein Minimal- und Maximalwert der Windgeschwindigkeit zugeordnet ist, nur ein zentraler Wert der Windgeschwindigkeit angegeben, mit einem Fehlerbereich von etwa $\pm 20\%$ (Groenemeijer, et al., 2023).

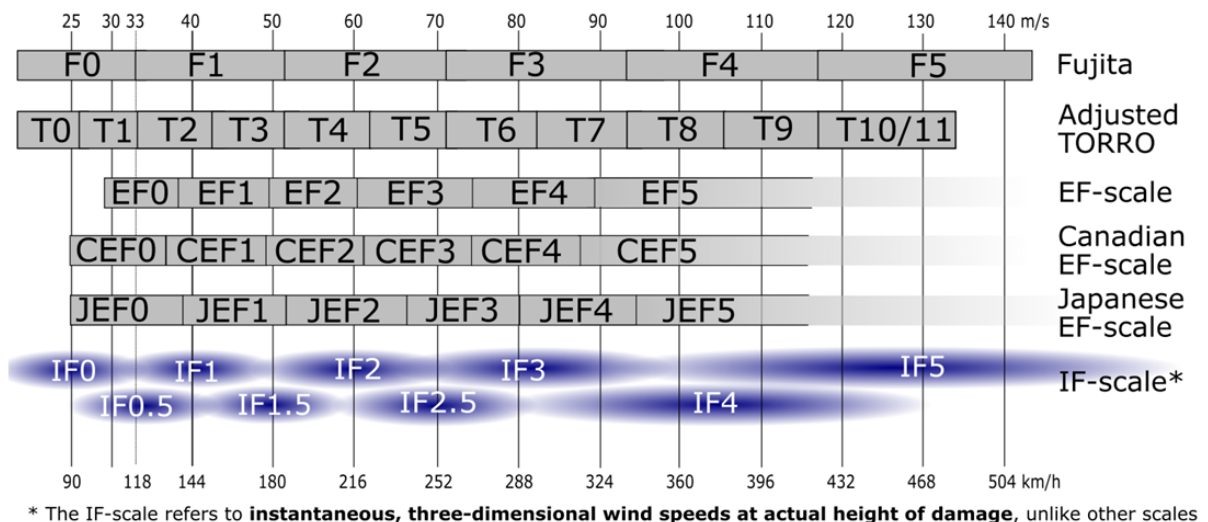


Abbildung 3: Vergleich bestehender Tornado-Skalen mit der IF Skala aus Groenemeijer, et al. (2023).

Die Bewertung der Windgeschwindigkeit erfolgt auf Basis von Schadensindikatoren, die durch forensische Untersuchungen nach Tornado- und Starkwindereignissen durchgeführt werden.

Die IF-Skala definiert eine Vielzahl von Schadensindikatoren (DI), darunter:

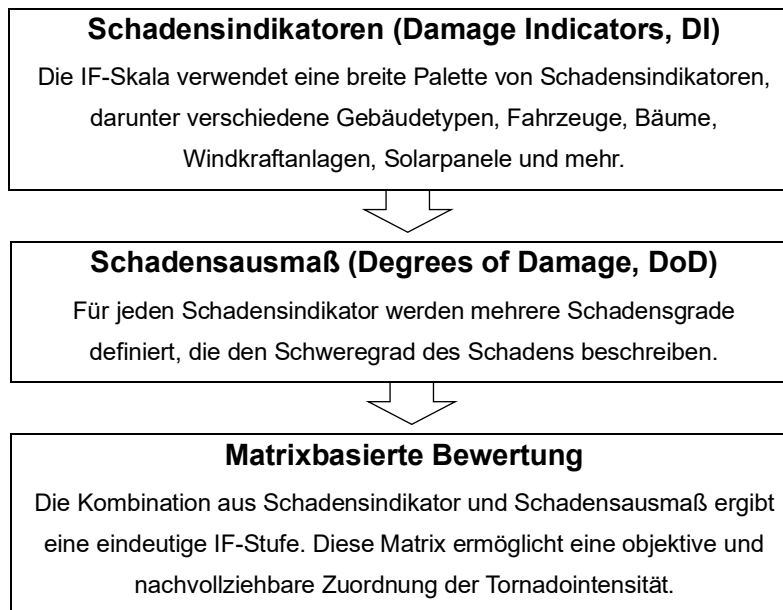
- Gebäude (Struktur, Dach, nicht-strukturelle Elemente, Verankerung)
- Fahrzeuge
- Bäume und Baumgruppen
- Windkraftanlagen, Solarpaneele, Zäune, Schilder, Container, Kräne, u.v.m.

Für jeden Schadensindikator gibt es mehrere Schadensgrade (DoD), die jeweils einer IF-Stufe und einer Windgeschwindigkeit zugeordnet werden. Die Bewertung erfolgt anhand von Tabellen, die für jede Kombination aus Schadensindikator, Sturdiness-Klasse (z. B. Bauweise) und Schadensgrad eine IF-Stufe angeben (Groenemeijer, et al., 2023).

Bewertungsbeispiel anhand von Gebäuden:

- **Sturdiness-Klassen:** Von A (sehr schwach) bis F (sehr stark, z. B. Stahlbeton).
- **Schadensgrade:** Von „keine oder geringe Schäden“ bis „nahezu vollständige Zerstörung“.
- **Zuordnung:** Je nach Kombination ergibt sich eine IF-Stufe, z. B. IF1.5 für teilzerstörte, schwache Gebäude oder IF4 für nahezu vollständige Zerstörung sehr robuster Gebäude
-

Zusammengefasst erfolgt die Bewertung von Tornados nach folgendem Ablauf:



Räumliche Verteilung von Tornados

Das Auftreten von Tornados in Europa ist nicht gleichmäßig verteilt. Hotspots mit erhöhter Aktivität konzentrieren sich auf West- und Mitteleuropa (Belgien, Niederlande, Norddeutschland) sowie auf Südeuropa (Po-Ebene in Norditalien, Balearen, griechische Küstenregionen und Südtürkei) (Grieser & Haines, 2020). Besonders hohe Dichten treten in Inselregionen wie Malta und Zypern auf (8,2–22,2 Tornados/10.000 km²/Jahr) (Antonescu, Schultz, Holzer, & Groenemeijer, 2017, S. 714).

In Österreich treten Tornados besonders häufig im Umfeld von Wien, sowie in den Gebieten um Linz und Graz auf. In diesen Regionen werden die meisten starken Tornados registriert, während Tornados in den alpinen Gebieten selten sind.

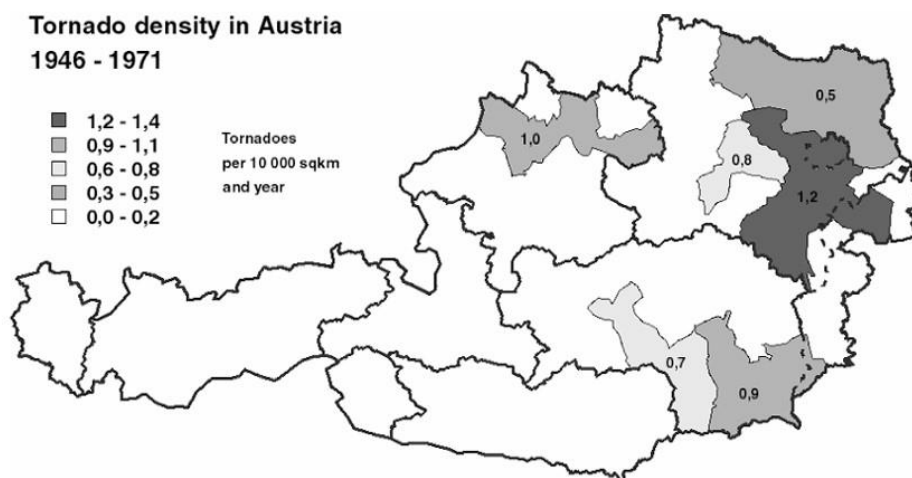


Abbildung 4: Tornadohäufigkeit in Österreich nach Holzer A. M. (2001, S. 208)

Statistisch betrachtet liegt die Tornadohäufigkeit in den Alpen bei weniger als 0,3 Tornados pro 10.000 km² und Jahr, während im Großraum Graz 0,9, im Großraum Linz 1,0 und im Großraum Wien sogar 1,2 Tornados pro 10.000 km² und Jahr gezählt werden. In einzelnen Bezirken dieser Ballungsräume können die Werte bis zu 3 Tornados pro 10.000 km² und Jahr erreichen, was mit den Mittelwerten aus Florida vergleichbar ist (Holzer A. M., 2001).

Diese Verteilung wird durch orografische Faktoren geprägt: Tieflandregionen begünstigen konvektive Prozesse die zu langlebigen Gewitterzellen wie Superzellen führen, während in Gebirgszonen (Alpen, Karpaten) durch die Geländerauigkeit die Entwicklung großräumiger Konvektion gehemmt wird (Grieser & Haines, 2020, S. 11 f.).



European Severe Storms Laboratory

Wr. Neustadt

Was ist ein Tornado?

- Tornados sind **heftig rotierende Luftsäulen**, die in Verbindung mit konvektiven Wolken entstehen. Starke Tornados bilden sich bei rotierenden **Superzellen-Gewittern**.
- Gewitter saugen Luft aus der Umgebung an. Werden **rotierende Luftpakete in die Höhe gestreckt**, komprimiert sich die Rotation, und es entsteht ein Tornado.



Wie schützt man sich?

In Gebäuden:

- Suchen Sie Schutz in Innenräumen ohne Fenster
- Suchen Sie Erdgeschoß oder besser den Keller auf

Im Freien:

- Achtung vor herumfliegenden Teilen!
- Flach in Mulden/Senken legen / Kopf schützen

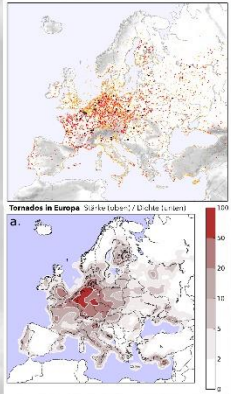
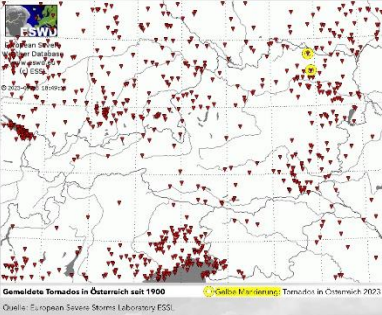
Im Auto:

Wenn man nicht vor dem Tornado wegfahren kann; suchen Sie Schutz in Gebäuden bzw. im Freien (siehe Punkte oberhalb).



Wo gibt es Tornados?

Tornados gibt es weltweit, auch bei uns in Europa! In **Österreich** werden im Schnitt **5 Tornados** pro Jahr gesichtet.

Gemeldete Tornados in Österreich seit 1900
Quelle: European Severe Storms Laboratory ESSL

Wie meldet man einen Tornado?

1. EWOB App
European Weather Observer
2. Geosphere Austria
www.wettermelden.at



www.essl.org

Abbildung 5: Poster des ESSL beim Niederösterreichischen Forschungsfest 2023 mit einer Österreich-Karte von Tornadomeldungen und Hinweisen zu Selbstschutzmaßnahmen. Quelle: European Severe Storms Laboratory

Zeitliche Variabilität

Die zeitliche Verteilung von Tornados zeigt sowohl jahreszeitliche als auch tageszeitliche Muster.

Saisonal dominieren klare Muster: In Mitteleuropa liegt das Maximum zwischen Mai und August (66% aller Ereignisse), wobei der Juni als Spitzenmonat 27% der Verletzungen und 38% der Todesfälle verzeichnet (Antonescu, Schultz, Holzer, & Groenemeijer, 2017, S. 719). In der Mittelmeerregion verschiebt sich der Aktivitätsgipfel in den Herbst (September–November), was sich durch erhöhtes Auftreten von Wasserhosen erklären lässt (Taszarek, et al., 2020, S. 10256).

Tageszeitlich zeigt sich für Tornados ein Nachmittagsmaximum zwischen 13:00–18:00 Uhr UTC, begünstigt durch maximale konvektive Energie. Wasserhosen weichen davon ab und weisen einen Häufigkeitsgipfel am Vormittag (09:00–10:00 Uhr) auf. In Süd- und Südosteuropa treten die meisten Tornados tageszeitlich früher auf, mit einer Spitze zwischen 11:00 und 13:00 UTC. Die meisten nächtliche Ereignisse treten im Mittelmeerraum auf, mit der größten Wahrscheinlichkeit zwischen 23:00 und 05:00 UTC (Taszarek, et al., 2020, S. 10248).

Historische Ereignisse und Schäden

Der wohl bekannteste und verheerendste Tornado in der österreichischen Geschichte ereignete sich am 10. Juli 1916 in Wiener Neustadt. Dieser Tornado der Stärke F4 forderte 34 Menschenleben und verletzte hunderte weitere Personen. Die forensische Neuanalyse dieses Ereignisses hat ergeben, dass der Tornado eine maximale Intensität von F4 erreichte, einen Schadensweg von 20 km zurücklegte und einen maximalen Durchmesser von 1 km hatte (Holzer & Schreiner, 2018).

In Europa verursachten Tornados zwischen 1950 und 2015 erhebliche Schäden: Sie führten zu 4.462 Verletzungen, 316 Todesfällen und Sachschäden von über einer Milliarde Euro (Antonescu, Fairman, & Schultz, 2018). Besonders hervorzuheben ist der Tornadoausbruch vom 24.–25. Juni 1967 in Westeuropa, bei dem sieben Tornados Frankreich, Belgien und die Niederlande trafen. Dieser Ausbruch inkludierte einen F5-Tornado in Palluel (Frankreich), der sechs Todesopfer forderte und 152 Häuser zerstörte, sowie einen F4-Tornado in Pommereuil mit zwei Todesopfern und 200 zerstörten Häusern. Insgesamt verzeichnete dieser Ausbruch 15 Todesopfer und 232 Verletzungen (Antonescu, Schultz, Holzer, & Groenemeijer, 2017).

Der letzte starke Tornado ereignete sich am 24. Juni 2021 im Süden Tschechiens nur wenige Kilometer von der österreichischen Grenze entfernt. Der Tornado zog eine 27,1 Kilometer lange und bis zu 3,5 Kilometer breite Schneise durch die Region Südmähren und traf dabei insbesondere die Orte Hrušky, Moravská Nová Ves, Mikulčice, Lužice und Hodonín. Die Intensität des Tornados wurde mit IF4 auf der Internationalen Fujita-Skala

bewertet, was Windgeschwindigkeiten von über 300 km/h entspricht. Insgesamt wurden sechs Todesopfer und mindestens 576 Verletzte registriert, davon 259 direkt durch den Tornado verursacht (die Differenz ergibt sich durch Verletzungen im Rahmen von Rettungs- und Aufräumarbeiten). Im Pfad des Tornados lagen 3.241 Gebäude, von denen 76,1 % Schäden der Stufen IF0/IF1, 23,3 % IF2/IF3 und 0,5 % IF4 aufwiesen. Die Zerstörung in den betroffenen Gemeinden war teilweise gravierend: In Hrušky mussten beispielsweise 58 von 201 beschädigten Häusern abgerissen werden, und in einigen Orten wurden bis zu 87 % der Wohngebietsfläche getroffen. Neben den Gebäuden wurden auch Infrastruktur, Stromleitungen, Bahnstrecken, Fahrzeuge und Vegetation massiv beschädigt. Begleitet wurde das Ereignis von sehr großem Hagel mit Durchmessern bis zu 9 Zentimetern. Die Breite der Tornadoschneise von 3,5 Kilometern stellt einen Rekord für Europa dar (Púčik, et al., 2024).

2.2 Risikowahrnehmung und -kommunikation

Risikowahrnehmung von Tornados in Europa

Die Risikowahrnehmung von Tornados in Europa unterscheidet sich deutlich von der in den USA. Während Tornados in den USA als signifikante und weithin anerkannte Gefahr wahrgenommen werden, werden sie in Europa oft als peripheres Phänomen betrachtet (Antonescu, Schultz, Holzer, & Groenemeijer, 2017).

Diese unterschiedliche Wahrnehmung spiegelt sich auch in der institutionellen Bereitschaft wieder. Laut einer Umfrage unter europäischen Wetterdiensten gaben nur acht von 32 befragten Ländern an, Tornadowarnungen herauszugeben (darunter die Niederlande, Zypern, Spanien, Deutschland, Rumänien, Malta, die Türkei) (Antonescu, Schultz, Holzer, & Groenemeijer, 2017). Dies zeigt, dass die Gefahr von Tornados in Europa weitgehend unterschätzt wird, sowohl von der Öffentlichkeit als auch von den zuständigen Behörden.

Die Auswertung des Naturgefahrenmonitors 2023 in Österreich zeigt, dass die Bevölkerung in vielen Fällen nicht oder nicht angemessen auf die kommenden Risiken vorbereitet ist. Im internationalen Vergleich hat die österreichische Bevölkerung bei der Eigenvorsorge im Bezug auf Naturgefahren noch deutliches Verbesserungspotenzial (Straif, 2024).

Grundlage der Risikokommunikation bei Naturgefahren

Risikokommunikation bei Naturgefahren umfasst den systematischen Austausch von Informationen über potenzielle Gefahren zwischen verschiedenen Akteuren, darunter Behörden, Wissenschaftler*innen, Medien und der breiten Öffentlichkeit. Eine effektive Risikokommunikation ist entscheidend für die Verbesserung des öffentlichen Bewusstseins, der Förderung von Vorbereitungsmaßnahmen und letztendlich der Reduzierung von

Schäden und Verlusten.

Im Kontext von Tornados ist die Risikokommunikation besonders herausfordernd, da es sich um seltene, aber potenziell katastrophale Ereignisse handelt. Diese Kombination aus geringer Wahrscheinlichkeit und hohem Schadenspotenzial führt oft zu einer verzerrten Risikowahrnehmung in der Bevölkerung.

Risikokommunikation aus Behördensicht

Risikokommunikation ist ein zentrales Element im Umgang mit Naturgefahren und Extremwetterereignissen. Für Behörden und Wetterdienste besteht die Herausforderung darin, Risiken verständlich, glaubwürdig und handlungsorientiert an die Bevölkerung und relevante Akteure zu vermitteln. Die Kommunikation muss Unsicherheiten adressieren, Vertrauen schaffen und zur Eigenvorsorge motivieren (Rudolf-Miklau, 2018).

Behördliche Risikokommunikation umfasst den Austausch von Informationen über Gefahren, Wahrscheinlichkeiten und mögliche Auswirkungen von Risiken. Ziel ist es, Risikomündigkeit zu fördern, also die Fähigkeit der Bevölkerung, Risiken zu erkennen, zu bewerten und angemessen darauf zu reagieren (Rudolf-Miklau, 2018, S. 32).

Nach Rudolf-Miklau (2018) können folgende Phasen für die Entwicklung einer effektiven Risikokommunikation identifiziert werden:

Einwegkommunikation: Vermittlung von Wahrscheinlichkeiten und Szenarien, um Akzeptanz für Risikomanagementmaßnahmen zu schaffen.

Überzeugungsarbeit: Ziel ist die Verhaltensänderung und Sensibilisierung der Betroffenen.

Interaktive Kommunikation (Risikodialog): Austausch zwischen allen Akteuren, um Motivation für Eigenvorsorge und Beteiligung zu fördern.

(Rudolf-Miklau, 2018, S. 32)

Laut Rudolf-Miklau (2018) erfordert eine effektive Risikokommunikation eine kontinuierliche und regelmäßige Ansprache der Bevölkerung, die nicht nur anlassbezogen erfolgt. Nur durch eine dauerhafte Kommunikation kann das Risikobewusstsein langfristig gestärkt und aufrechterhalten werden. Dabei ist es entscheidend, die Inhalte und Formate der Kommunikation an das Vorwissen, die Erfahrungen und die spezifischen Bedürfnisse der jeweiligen Zielgruppen anzupassen. Insbesondere das lokale Gefahrenwissen sowie Erinnerungswissen spielen eine zentrale Rolle für die Wahrnehmung von Risiken und das Verhalten im Ernstfall, was jedoch bei seltenen Ereignissen wie Tornados jedoch ein Hindernis darstellt.

Darüber hinaus sollte Risikokommunikation dialogorientiert gestaltet werden: Ein aktiver Einbezug der Bevölkerung in den Kommunikationsprozess erhöht die Akzeptanz und Wirksamkeit von Schutzmaßnahmen. Der offene Risikodialog fördert nicht nur das Verständnis für Risiken, sondern stärkt auch die Eigenverantwortung und die Bereitschaft zur Prävention in der Bevölkerung (Rudolf-Miklau, 2018, S. 32-35).

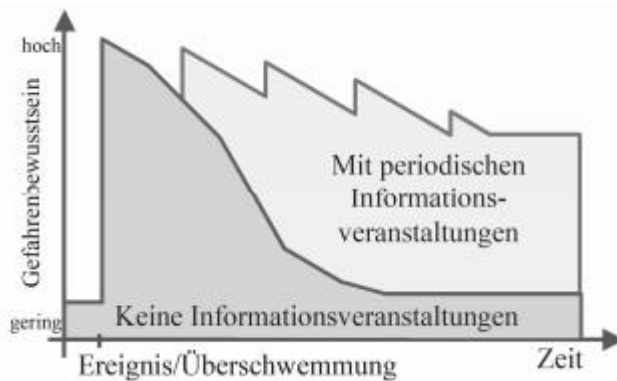


Abbildung 6: Veränderung des gesellschaftlichen Gefahrenbewusstseins nach einem Ereignis © IKS 2002 (Rudolf-Miklau, 2018, S. 34)

Bei seltenen Ereignissen, wie Tornados, kann man nicht auf das Gefahrenwissen aufbauen, daher sind Informationskampagnen wichtig, um das Gefahrenbewusstsein zu erhöhen (y-Achse).

Wetterdienste stehen vor der Aufgabe, komplexe meteorologische Informationen verständlich und handlungsrelevant aufzubereiten. Die Nutzung von Warn-Apps, SMS-Diensten und klassischen Medienkanälen ist dabei ebenso wichtig wie die Zusammenarbeit mit lokalen Behörden und Notfalldiensten (Holzer, et al., 2015).

Die Rolle der Medien bei der Risikokommunikation

Medien sind zentrale Akteure in der Risikokommunikation von Naturgefahren. Sie vermitteln nicht nur Informationen über bevorstehende oder eingetretene Ereignisse, sondern prägen auch das Risikobewusstsein, die Wahrnehmung und das Verhalten der Bevölkerung. Dies ist besonders relevant bei seltenen, aber potenziell katastrophalen Ereignissen wie Tornados, bei denen Unsicherheiten und Wissensdefizite in der Bevölkerung häufig sind.

Funktionen der Medien in der Risikokommunikation

Medien erfüllen im Kontext von Naturgefahren mehrere zentrale Funktionen:

- **Informationsvermittlung:** Medien verbreiten Warnungen, Hintergrundinformationen und Handlungsempfehlungen sowohl im Vorfeld als auch während und nach einem Ereignis. Sie sind oft die erste und wichtigste Informationsquelle für die Bevölkerung (Rudolf-Miklau, 2018, S. 197).

- **Deutungsrahmen und Meinungsbildung:** Durch die Auswahl und Gewichtung von Themen sowie durch die Darstellung von Expert*innen, Betroffenen und Behörden beeinflussen Medien, wie Risiken wahrgenommen und bewertet werden (Drews, 2017).
- **Vertrauensbildung:** Die Glaubwürdigkeit und das Vertrauen, das die Bevölkerung in Medien und insbesondere in lokale Wetterexpert*innen setzt, hat einen signifikanten Einfluss auf die Bereitschaft, Schutzmaßnahmen zu ergreifen (Sherman-Morris, 2005).
- **Krisenmanagement:** Medien dienen als Schnittstelle zwischen Behörden, Expert*innen und Öffentlichkeit und tragen dazu bei, Unsicherheiten zu reduzieren und Handlungsorientierung zu geben (Rudolf-Miklau, 2018, S. 41).

Spezifika bei Tornados

Bei Tornados zeigen sich einige Besonderheiten in der Risikokommunikation:

- **Seltenheit und Wahrnehmung:** In Regionen mit geringer Tornadohäufigkeit, wie Mitteleuropa, werden Tornados oft als Randphänomen wahrgenommen. Die Medienberichterstattung ist meist ereignisgetrieben und trägt dazu bei, das Bewusstsein für diese Gefahr temporär zu erhöhen, ohne jedoch nachhaltiges Risikowissen zu etablieren (Rudolf-Miklau, 2018, S. 33-35).
- **Warnsysteme und Medien:** Selbst in Ländern mit etablierten Warnsystemen (z.B. wie in den USA) übernehmen Medien, insbesondere lokale Fernsehsender und Wetterdienste, eine Schlüsselrolle bei der raschen Verbreitung von Warnungen. Die Bevölkerung entwickelt häufig ein Vertrauensverhältnis zu lokalen Wettermoderatoren, was die Wirksamkeit der Risikokommunikation erhöht (Sherman-Morris, 2005).
- **Parasoziale Beziehungen:** Eine US-Studie zeigt, dass Zuschauer zu lokalen Wettermoderatoren eine parasoziale Beziehung aufbauen. Dieses Vertrauensverhältnis kann die Bereitschaft, Schutzmaßnahmen zu ergreifen, signifikant erhöhen. Vertrauen und wiederholte Kommunikation sind dabei entscheidend für die Akzeptanz von Warnungen und Empfehlungen (Sherman-Morris, 2005).
- **Herausforderungen:** Medien stehen vor der Herausforderung, Unsicherheiten und komplexe meteorologische Informationen verständlich zu vermitteln, ohne Panik zu erzeugen oder die Gefahr zu verharmlosen. In der Praxis kommt es häufig zu Inkonsistenzen in der Berichterstattung und zu Missverständnissen in der Bevölkerung (Drews, 2017).

Die Logik der Medien unterscheidet sich häufig von der behördlichen Risikokommunikation. Während Behörden auf Genauigkeit und Zurückhaltung bedacht sind, orientieren sich Medien an Nachrichtenwerten wie Dramatik, Personalisierung und Aktualität. Dies kann zu Spannungen führen, insbesondere wenn Behörden und Medien unterschiedliche Einschätzungen über die Dringlichkeit oder das Ausmaß einer Gefahr kommunizieren (Drews, 2017).

Empfehlungen für eine wirksame Risikokommunikation über Medien

- **Konsistente und koordinierte Kommunikation:** Eine enge Abstimmung zwischen Behörden und Medien ist notwendig, um widersprüchliche Botschaften zu vermeiden und die Glaubwürdigkeit zu stärken (Drews, 2017; Rudolf-Miklau, 2018).
- **Verständliche und zielgruppengerechte Informationen:** Komplexe meteorologische Sachverhalte sollten in eine für Laien verständliche Sprache übersetzt werden (Drews, 2017, S. 291).
- **Förderung von Vertrauen:** Der Aufbau langfristiger Vertrauensverhältnisse – etwa durch regelmäßige Auftritte von Expert*innen in den Medien – ist entscheidend für die Akzeptanz von Warnungen (Sherman-Morris, 2005).
- **Einbindung neuer Medien:** Soziale Medien gewinnen zunehmend an Bedeutung für die schnelle und zielgerichtete Verbreitung von Warnungen und Handlungsempfehlungen (Rudolf-Miklau, 2018, S. 41).

Medien sind ein unverzichtbarer Akteur in der Risikokommunikation von Naturgefahren. Ihre Rolle reicht von der reinen Informationsvermittlung über die Meinungsbildung bis zur Vertrauensschaffung und Handlungsorientierung. Eine wirksame Risikokommunikation erfordert jedoch eine enge Zusammenarbeit zwischen Behörden, Expert*innen und Medien sowie eine kontinuierliche Anpassung an die sich wandelnden Medienlandschaften und gesellschaftlichen Erwartungen.

Warn- und Alarmsysteme

Österreich verfügt über ein gut entwickeltes Warn- und Alarmsystem, das vom Bundesministerium für Inneres (BMI) gemeinsam mit den Ämtern der Landesregierungen betrieben wird. Mit über 8.000 Feuerwehrsirenen im ganzen Land und zusätzlichen 165 Zivilschutzsirenen in Wien ist Österreich eines der wenigen Länder mit einem landesweiten Sirenenwarnsystem (BMI, 2024). Das System umfasst Sirenen (Signale

für Warnung, Alarm, Entwarnung; ausgelöst durch Gemeinden oder Bezirksbehörden) und AT-Alert (seit 2023 aktiviert; direkte Warnmeldungen an Handys in Gefahrenzonen ohne App; Zuständigkeit beim BMI). Die APP „KATWARN Österreich“ wurde im Oktober 2024 vollständig vom Cell Broadcast System AT-Alert abgelöst (OOELFV, 2024).

Medienkooperationen, insbesondere mit dem ORF, gewährleisten die gesetzlich verpflichtete Verbreitung behördlicher Warnungen (Rudolf-Miklau, 2018, S. 197). Die gesetzlichen Grundlagen bilden die Landeskatastrophenhilfegesetze (Regelung behördlicher Befugnisse) und das Wasserrechtsgesetz (WRG) für Hochwasserrisiken (Gefahrenzonenplanung) (Rudolf-Miklau, 2018). Jeden ersten Samstag im Oktober wird zwischen 12 und 13 Uhr ein Zivilschutzalarm getestet, um die Technik zu überprüfen und die Bevölkerung mit den Signalen vertraut zu machen (Rudolf-Miklau, 2018, S. 257). Auf europäischer Ebene existiert kein einheitliches Gesamtsystem, jedoch koordiniert das EU-ALERT System die Nutzung von Cell Broadcast, wobei die Zuständigkeit bei nationalen Behörden liegt (ETSI, 2019).

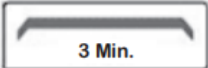
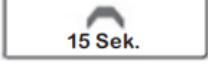
Signal		Information	Handlung der Bevölkerung
Gleichbleibender Dauerton für drei Minuten		Warnung vor einer herannahenden Gefahr, aber noch keine akute Gefährdung.	Einschalten von Radio und Fernsehen (österreichischer Kanal), um rechtzeitig über eventuelle Verhaltensmaßnahmen informiert zu werden.
Auf- und abschwellender Ton für eine Minute		Es besteht unmittelbare Gefahr.	Aufenthalt im Freien vermeiden und schützende Räumlichkeiten aufsuchen. Weitere Verhaltens- und Schutzmaßnahmen (Anweisungen der Behörden) über Radio und Fernsehen.
Gleichbleibender Dauerton für eine Minute		Die Gefahr ist vorüber.	Weiterhin Beachtung von Durchsagen in Radio oder Fernsehen, da es vorübergehend Beschränkungen im täglichen Lebensablauf geben kann.
Alarmierung der Feuerwehr		Bekämpfung eines Brandes oder Abwehr von anderen Gefahren bzw. technische Einsätze.	Keine
Probealarm		Jeden Samstag um 12 Uhr findet die Sirenenprobe statt.	Keine

Abbildung 7: Sirenenalarm in Österreich (Rudolf-Miklau, 2018, S. 257).

Wetterwarnungen werden primär von nationalen Wetterdiensten herausgegeben. In Österreich ist die Geosphere Austria, vormals Zentralanstalt für Meteorologie und Geodynamik (ZAMG), zuständig, in Deutschland der Deutsche Wetterdienst (DWD). Europaweit erfolgt die Koordination durch Meteoalarm (Portal europäischer Wetterdienste unter Federführung von EUMETNET).

Private Wetterdienste können ebenfalls Warnungen ausgeben, in manchen Ländern gibt es jedoch Einschränkungen zur Nutzbarkeit von Unwetterwarnungen privater Wetterdienste durch Behörden und staatsnahe Betriebe wie Infrastrukturbetreibern:

Das „One-Voice“ oder "Single Voice"-Prinzip: Ziel ist konsistente Information durch abgestimmte Kommunikation aller offiziellen Stellen. In der Schweiz kann das Bundesamt für Meteorologie und Klimatologie (MeteoSchweiz) bei extremen Wetterereignissen das Single Official Voice Prinzip initiieren, bei dem dann staatliche Medien verpflichtet sind, die Wetterwarnungen von MeteoSchweiz zu distribuieren. Dies ist jedoch erst einmal erfolgt (Popovic, Asseburg, & Weber, 2023). In der Praxis erweist sich jedoch die Umsetzung des One-Voice-Prinzips, besonders bei komplexen Krisen, oft als schwierig (Drews, 2017).

Prinzip der Amtlichen Wetterwarnungen am Beispiel Deutschland: Der Deutsche Wetterdienst (DWD) ist alleiniger Herausgeber sogenannter „Amtlicher Unwetterwarnungen“, welche die verbindliche Grundlage für behördliches Handeln bilden. Rechtliche Grundlage hierfür ist § 4 des DWD-Gesetzes (Gesetz über den Deutschen Wetterdienst), das dem DWD die alleinige Zuständigkeit für amtliche Warnungen zuweist. Diese Warnungen bilden die Basis für Katastrophenalarme.

Zusammenfassend basieren effektive Alarmsysteme bei Naturgefahren wie Tornados auf mehreren Säulen: einer robusten technischen Infrastruktur (Sirenen, Cell Broadcast, Apps), klaren Zuständigkeiten (nationale Wetterdienste, BMI), abgestimmten Konzepten wie dem "Single Voice"-Prinzip und/oder der Nutzung diverser Verbreitungs Kanäle. Die gesetzliche Verankerung erfolgt primär über Landeskatastrophenhilfegesetze und fachspezifischen Gesetzen wie dem DWD-Gesetz .

Forschungsergebnisse und Tornado-Risikokommunikation in den USA

Die Vereinigten Staaten verfügen über ein weltweit führendes Tornado-Warn- und Risikokommunikationssystem, das durch technologische Innovation, evidenzbasierte Forschung und kontinuierliche Optimierung gekennzeichnet ist. Dieses System integriert präzise Vorhersagemechanismen, effiziente Warnverbreitung und evidenzbasierte Selbstschutzprotokolle, welche zu einer signifikanten Reduktion von Tornado-Opfern führte. 1925 lag die durchschnittliche jährliche Tornado-Todesrate bei 1,8 pro Million Einwohner; bis zum

Jahr 2000 sank sie um 93% auf 0,11 pro Million (Simmons & Sutter, 2008, S. 246).

Das meteorologische Warnsystem in den USA obliegt dem National Weather Service (NWS), der durch den Weather Bureau Act (1890) und später der Weather Research and Forecasting Innovation Act of 2017 (Congress, 2017) mandatiert ist, offizielle Warnungen herauszugeben. Der entscheidende Durchbruch war die Einführung des NEXRAD-Doppler-Radarnetzwerks in den 1990ern, das Tornado-Erkennungsraten um 40% steigerte und die durchschnittliche Vorwarnzeit verlängerte (Simmons & Sutter, 2008, S. 246).

Mehrstufiges Warnökosystem für Tornadoinformationen in den USA

1. Vorhersage und Risikokommunikation

Das Storm Prediction Center (SPC) gibt konvektive Risikoprognosen bis zu 8 Tage im Voraus heraus, unterteilt in fünf Stufen (marginal bis hoch). Diese grafischen Produkte werden durch "Tornado Watch"-Ausgaben ergänzt, die Gebiete mit erhöhtem Tornadorisiko markieren (SPC, 2025).

2. Warntauslösung und -verbreitung

Die lokalen Vorhersagezentren der National Weather Service nutzen meist das US-Wetterradarnetzwerk (Dual-Pol-Radartechnologie) zur Identifikation von Tornado-Mesozyklonen und Debris-Signaturen (durch Tornados aufgewirbelte Trümmer). Bei Bestätigung (durch Radar oder Spotter) werden Tornado Warnungen mit spezifischen Geofencing-Daten über folgende Kanäle verbreitet:

- **NOAA Weather Radio** (Broadcast-System über das auch Alarmer, wie Sirenen, Blinklichter, Signaltöne, usw. auf Receivern getriggert werden können) (NWR, 2025)
- **Wireless Emergency Alerts (WEA)** zum Beispiel als SMS auf Mobilgeräte (WEA, 2025)
- **Integrated Public Alert and Warning System (IPAWS)** (FEMA, 2025)

3. Multiplikatorensystem

Medien, Apps (z.B. *FEMA*, *American Red Cross – Emergency App*) und lokale Behörden verstärken die Warnungen. Das "Single Voice"-Prinzip stellt Konsistenz sicher, indem alle Akteure wie Emergency Managers auf Gemeindeebene auf NWS-Daten zurückgreifen (League, et al., 2010, S. 163).

Schutz vor Tornados in den USA

- **Schutzräume:** Aufenthalte in innenliegenden Räumen ohne Fenster gelten als sicherste Orte (FEMA, 2021, S. B3-21) in Gebäuden ohne dezidierte

Schutzräume.

- **Mobile Homes:** Laut dem National Weather Service haben Bewohner von Mobilheimen ein 15 bis 20-fach höheres Todesrisiko (NOAA Jackson MI, 2025), sprich die Baustruktur hat einen Einfluss auf die Überlebensrate.
- **Community-Shelter:** In den USA gibt es die Möglichkeit für Gemeinden Förderungen für öffentlichen Tornadoschutzeinrichtungen zu erhalten (FEMA, 2016). Dies ermöglicht der Bevölkerung bei Tornado-Warnungen in sicheren Räumen Zuflucht zu suchen. Die Anzahl an Kommunen mit Community Safe Rooms in den USA steht leider nicht zur Verfügung.

Wissenschaftliche Erkenntnisse zur Warnwirkung

- **Vorlaufzeit:** Jede zusätzliche Warnminute reduziert die Anzahl der erwarteten Verletzten durch Tornados um 1,1% (Simmons & Sutter, 2008, S. 247). Die rechtzeitige Erkennung von Tornados und die Vorhersage von Tornadozugbahnen sind daher nicht nur in den USA ein wichtiges Ziel.
- **False-Alarm-Rate:** Auch wenn Studien immer wieder darauf hinweisen, dass Fehlwarnungen zu einem Vertrauensverlust führen können (Breznitz, 1984, S. 11), wurden laut Simmons & Sutter (2009, S. 52) keine direkten Beweise dafür gefunden, dass Fehlalarme die wahrgenommene Glaubwürdigkeit von Warnungen beeinträchtigen.
- **Soziale Vulnerabilität:** Bevölkerungsgruppen mit geringem Bildungsstand zeigen zumindest in den USA eine reduzierte Warnrezeption (Childs & Schumacher, 2018, S. 429).

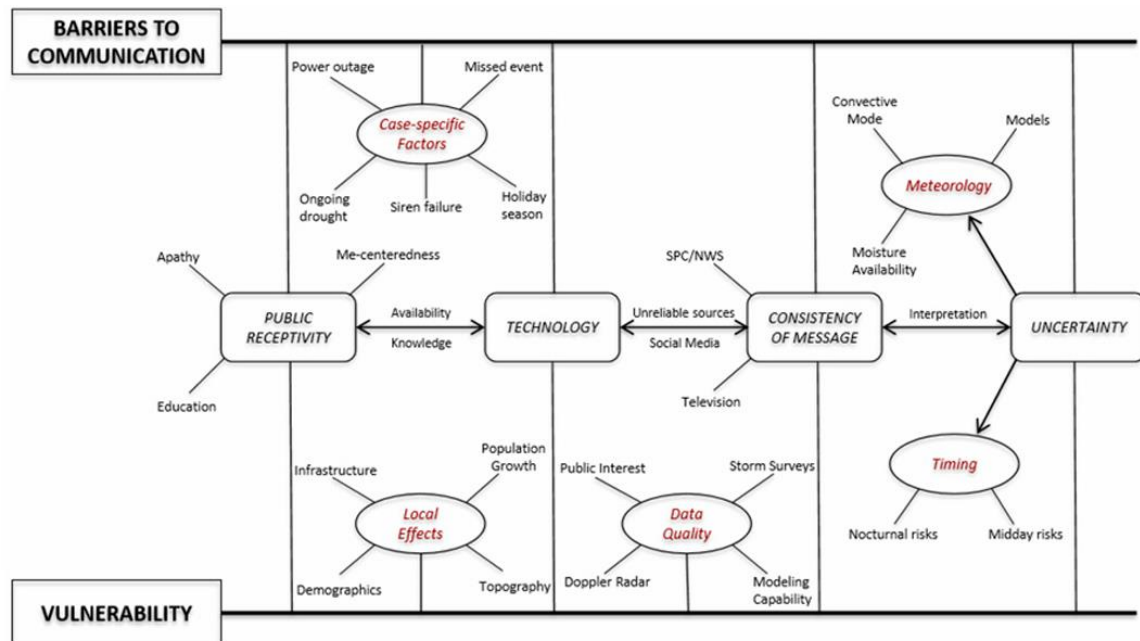


Abbildung 8: Konzeptuelles Modell der Risikokommunikation bei Tornados nach Childs & Schumacher 2018

Die beiden großen Rechtecke auf der linken Seite in Abbildung 7 stellen die zwei Hauptkategorien der Analyse dar („Kommunikationsbarrieren“ (Barriers of Communication) und „Verwundbarkeit“ (Vulnerability)).

Die vier abgerundeten Rechtecke repräsentieren Faktoren, die beide Kategorien beeinflussen – diese sind zudem über die Doppelpfeile miteinander verbunden. Die Linien, die von diesen Formen ausgehen, zeigen auf spezifische Komponenten innerhalb eines Faktors.

Die Ovale stehen für Faktoren, die nur in einer der beiden Kategorien eine Rolle spielen; ihre jeweiligen Komponenten werden ebenfalls durch gerade Linien markiert. Die Ovale, die mit dem Faktor „Unsicherheit“ verbunden sind, repräsentieren zwei Hauptquellen von Unsicherheit, die beide Kategorien beeinflussen. (Childs & Schumacher, 2018, S. 426)

3 Methodik

3.1 Forschungsdesign

Die vorliegende Masterarbeit verfolgt einen qualitativen Forschungsansatz, um ein tiefgehendes Verständnis der Tornadorisikokommunikation in Österreich und Europa zu erlangen. Qualitative Forschung eignet sich besonders gut für explorative Studien, bei denen es darum geht, komplexe Phänomene zu verstehen und neue Erkenntnisse zu gewinnen.

Das Forschungsdesign umfasst zwei Hauptkomponenten:

1. Eine qualitative Literaturanalyse nach Mayring (2022), um den aktuellen Stand der Forschung zur Tornadorisikokommunikation zu erfassen und zu systematisieren.
2. Experteninterviews, die ebenfalls nach der Methode von Mayring ausgewertet werden, um Einblicke von Fachleuten aus dem meteorologischen Bereich zu gewinnen.

Dieses zweistufige Vorgehen ermöglicht eine Triangulation der Daten und erhöht damit die Validität der Forschungsergebnisse. Die Literaturanalyse liefert einen theoretischen Rahmen und identifiziert Forschungslücken, während die Experteninterviews praktische Einblicke und Erfahrungen aus erster Hand bieten.

3.2 Qualitative Literaturanalyse

Grundlagen der qualitativen Inhaltsanalyse

Die qualitative Inhaltsanalyse nach Mayring (2022) ist eine systematische Methode zur Analyse von Textmaterial und anderem Kommunikationsmaterial. Sie dient dazu, Forschungsfragen zu beantworten und neue theoretische Überlegungen anzustellen.

Die Methode zeichnet sich durch ihre systematische und regelgeleitete Vorgehensweise aus, die eine intersubjektive Nachvollziehbarkeit gewährleistet. Im Zentrum steht ein Kategoriensystem, das entweder deduktiv aus theoretischen Überlegungen abgeleitet oder induktiv aus dem Material heraus entwickelt werden kann.

Mayring unterscheidet drei Grundformen der Inhaltsanalyse:

1. **Zusammenfassung:** Reduzierung des Textmaterials, wobei die wesentlichen Inhalte erhalten bleiben

2. **Explikation:** Erweiterung der vorhandenen Texte mit kontextbezogenen, zusätzlichen Informationen, um mehrdeutige Textpassagen oder Begriffe zu analysieren
3. **Strukturierung:** Herausfilterung bestimmter Aspekte aus dem Material, Querschnitt über das Material oder Einschätzung des Materials unter bestimmten Kriterien

Für diese Masterarbeit wurde primär die strukturierende Inhaltsanalyse angewendet, um relevante Aspekte der Tornadorisikokommunikation zu identifizieren und zu systematisieren.

Vorgehen bei der Literaturanalyse

Das Vorgehen bei der qualitativen Literaturanalyse erfolgt nach Mayring (2022) in folgenden Schritten:

1. **Materialauswahl:** Identifikation relevanter Literatur zum Thema Tornadorisikokommunikation in Österreich und Europa
2. **Festlegung der Richtung der Analyse:** Fokus auf Kommunikationsstrategien, institutionelle Strukturen und Verbesserungspotenziale
3. **Entwicklung eines Kategoriensystems:** Deduktive Ableitung von Hauptkategorien aus den Forschungsfragen und induktive Ergänzung durch Subkategorien aus dem Material
4. **Kodierung des Materials:** Systematische Zuordnung von Textstellen zu den entwickelten Kategorien
5. **Analyse und Interpretation:** Auswertung der kodierten Daten und Interpretation im Hinblick auf die Forschungsfragen

Bei der Auswahl der Literatur werden sowohl wissenschaftliche Publikationen als auch Berichte von relevanten Institutionen (z.B. meteorologische Dienste, ESSL, Katastrophenschutzbehörden) berücksichtigt. Ein besonderer Fokus lag auf aktuellen Studien zur Tornadoaktivität in Europa, sowie dem bestehenden Wissenstands zum Umgang mit Tornados und Warnsystemen.

Literaturrecherche im Rahmen dieser Masterarbeit

Die umfassende Recherche wissenschaftlicher Literatur erfolgte über u:search, das zentrale Recherchesystem der Universitätsbibliothek Wien. u:search ermöglicht den Zugriff auf eine Vielzahl von Ressourcen wie Bücher, Fachartikel, E-Journals, Dissertationen und Datenbanken aus unterschiedlichen Disziplinen.

Suchstrategie und verwendete Stichworte:

Es wurden sowohl deutsche als auch englische Begriffe genutzt, einzeln und in Kombination. Synonyme sowie verschiedene Schreibweisen wurden berücksichtigt, um die Ergebnisvielfalt zu erhöhen.

Beispiele für verwendete Suchwörter:

- Tornado, Tornados, Tornado*
- Risikokommunikation, risk communication
- Extremwetter, severe weather
- Naturgefahren, natural hazards
- Krisenverhalten, crisis behaviour, human behaviour
- Risikokommunikation, Krisenkommunikation, risk communication
- Risikowahrnehmung, hazard perception, risk perception
- Bevölkerungsschutz, civil protection
- Preparedness, Vorsorge
- Public awareness, Risikobewusstsein

Die Recherche wurde durch gezielte Kombination dieser Begriffe weiter verfeinert (z.B. „Tornado AND Risikokommunikation“, „natural hazards AND behaviour“).

Recherche von Grauliteratur und Informationsmaterialien

Ergänzend zur wissenschaftlichen Literatur wurden Grauliteratur (z.B. Leitfäden, Praxisberichte, Behördenpublikationen) und Infografiken gezielt über Internet-suchmaschinen sowie Webseiten nationaler und internationaler Wetterdienste recherchiert.

Genutzte Quellen:

- Internet-Suchmaschinen wie Google und Bing

- Offizielle Websites von Wetterdiensten (z.B. Deutscher Wetterdienst, GeoSphere Austria, National Weather Service (USA), European Severe Storms Laboratory)
- Fachportale zu Katastrophenschutz und Bevölkerungsschutz (z.B. FEMA, BMI)

Suchwörter und Suchstrategien:

- Tornado Safety, Tornado Verhalten, Tornado Schutzmaßnahmen
- Tornado infographic, Tornado Infografik
- Tornado shelter, Tornadoschutz
- Severe weather safety, emergency warnings infographic
- Naturgefahr Infografik, Katastrophenschutz Infografik
- Wetterdienst Tornado Hinweise, tornado instructions
- Preparedness tornado, Bevölkerungsschutz Extremwetter
- Risikokommunikation Unwetter

Für Infografiken wurden gezielt die Bild- und Mediensuche von Suchmaschinen eingesetzt, ergänzt durch Schlagwörter wie „Tornado shelter instructions“ sowie Filter nach Sprache oder Dateityp. Typische Ergebnisse waren beispielsweise Sicherheitshinweise und Verhaltensregeln bei Tornados, Infografiken zu Warnsystemen und Schutzmaßnahmen, Poster und Broschüren von Wetterdiensten oder Leitfäden für Behörden und die Öffentlichkeit.

Auswahl- und Auswertungsverfahren

Nach den Suchen erfolgte jeweils eine Sichtung der Titel und Abstracts, beziehungsweise der Materialien bei der Recherche der Grauliteratur. Die Auswahl für die Arbeit orientierte sich an Relevanz, wissenschaftlicher Qualität, beziehungsweise Praxistauglichkeit und visueller Aussagekraft von Informationsmaterialien in Bezug auf Tornados.

3.3 Experteninterviews

Auswahl der Expert*innen

Für die Experteninterviews wurden Fachleute aus verschiedenen europäischen Ländern ausgewählt, die über spezifisches Wissen und Erfahrung im Bereich Tornados und Risikokommunikation verfügen. Die Auswahl erfolgte nach dem Prinzip der maximalen geographischen Variation, um eine breite Palette von Perspektiven zu erfassen.

Expertenumfrage

Im Rahmen der qualitativen Sozialforschung nach Mayring (2022) kann ein Experteninterview auch in Form einer Umfrage durchgeführt werden, indem die Prinzipien der qualitativen Inhaltsanalyse auf die Erhebung und Auswertung der Daten angewendet werden. Zunächst wird ein offener, thematisch strukturierter Leitfaden entwickelt, der es ermöglicht, die spezifische Expertise der Befragten gezielt zu erfassen und dennoch ausreichend Flexibilität für individuelle Schwerpunkte und Vertiefungen zu lassen. Die Umfrage kann dabei schriftlich oder online erfolgen, wobei die Fragen so formuliert werden, dass sie offene, ausführliche Antworten ermöglichen und die Komplexität des Untersuchungsgegenstandes abbilden. Die Auswertung erfolgt regelgeleitet und theoriegeleitet, indem die Antworten systematisch codiert, in Kategorien eingeordnet und im Hinblick auf die Forschungsfrage interpretiert werden. Durch dieses Vorgehen wird sichergestellt, dass sowohl die Tiefe der Expertenaussagen als auch die Vergleichbarkeit der Ergebnisse gewährleistet sind (Mayring, 2022).

Auswertung der Umfragen

Die Auswertung der Expertenumfrage erfolgt ebenfalls nach der qualitativen Inhaltsanalyse von Mayring. Das Vorgehen ähnelt dem der Literaturanalyse, mit den folgenden Schritten:

1. **Transkription:** Verschriftlichung der Ergebnisse und Eintrag in EDV verwertbare Datenbanken. Im Fall dieser Masterarbeit wurden die einzelnen Interviewbögen in einer zentralen Datenbank zusammengefasst.
2. **Paraphrasierung:** Umformulierung der Aussagen in eine einheitliche Sprachebene.
3. **Generalisierung:** Verallgemeinerung der Aussagen auf ein höheres Abstraktionsniveau.
4. **Reduktion:** Zusammenfassung ähnlicher Paraphrasen und Generalisierungen.
5. **Kategorienbildung:** Zuordnung der reduzierten Aussagen zu einem Kategoriensystem, das sowohl deduktiv aus den Forschungsfragen als auch induktiv aus dem Material entwickelt wird.

6. **Analyse und Interpretation:** Auswertung der kategorisierten Daten und Interpretation im Hinblick auf die Forschungsfragen.

Methodik der Experteninterviews im Rahmen dieser Masterarbeit

Für die Erhebung wurden zwölf Expert*innen aus verschiedenen europäischen Ländern eingeladen, einen Online-Fragebogen auszufüllen; neun Expert*innen aus den Niederlanden, Ungarn, Polen, Kroatien, Portugal, Deutschland, Österreich, Italien und Frankreich nahmen teil. Der Fragebogen umfasste Fragen zur öffentlichen Wahrnehmung von Tornados in den jeweiligen Ländern und stellte diese Einschätzungen der Frage gegenüber, inwieweit die Bevölkerung über angemessenes Verhalten im Tornadofall informiert ist. Ein weiterer Schwerpunkt lag auf der Bewertung verschiedener Kommunikationsmittel hinsichtlich ihres Einflusses auf das Tornadowissen, ihrer Eignung und ihrer optimalen Verwendung zur Wissensvermittlung.

Im Rahmen der Befragung wurden den Expert*innen zudem verschiedene Infografiken präsentiert, aus denen sie jene auswählen sollten, die ihrer Meinung nach am besten zur Vermittlung von Selbstschutzmaßnahmen geeignet sind. Um zu verdeutlichen, dass Tornados in ganz Europa auftreten können, wurden außerdem unterschiedliche Tornadokarten gezeigt, wobei die Expert*innen zum Beispiel zwischen Flächenmittel- und Einzelereignisdarstellungen wählen mussten.

Die Befragung wurde mittels standardisiertem Online-Fragebogen durchgeführt, der sowohl geschlossene als auch offene Fragen zu Wissensstand, Risikowahrnehmung, Kommunikationskanälen und Herausforderungen enthielt. Ziel war es, ein differenziertes Bild des Status quo der Tornadorisikokommunikation in Europa zu gewinnen und Ansatzpunkte für Verbesserungen zu identifizieren. Während des gesamten Prozesses hatten die Expert*innen die Möglichkeit, eigene Anmerkungen und Ergänzungen einzubringen und bei Rückfragen Kontakt mit dem Autor aufzunehmen. Die geographisch breit gestreute Auswahl der Interviewpartner*innen gewährleistet einen umfassenden und möglichst repräsentativen Überblick über die europäische Perspektive auf das Thema.

Aufbau der Experteninterviews

Die Experteninterviews waren in acht Sektionen unterteilt. In der ersten Sektion wurden die Basisdaten wie Name, professionelle Erfahrung und das Land der Expertin oder des Experten aufgenommen. In Sektionen 2 und 3 ging es um Fragen der öffentlichen Wahrnehmung zu Tornados. Sektion 4 behandelte die Einschätzung, inwieweit die Bevölkerung über Selbstschutzmaßnahmen Bescheid weiß. In Sektion 5 wurden mehrere Informationsmaterialien und Tornadokarten gegenübergestellt. Hier mussten sich die Expert*innen entscheiden, welche Darstellung sie zur Vermittlung des Themas für besser erachten.

Sektionen 6 und 7 behandelten das Thema der Wissensvermittlung. Dies umfasst einerseits, welche Kommunikationsformen aus Sicht der Expert*innen am besten geeignet sind und andererseits welche Strategien am geeignetsten sind eine möglichst breite Masse in der Bevölkerung zu erreichen. In Sektion 8 wurde den Expert*innen nochmals ermöglicht Themen aufzugreifen und mittels Freitextes ihre Meinung kundzutun.

EXPERTENINTERVIEW AUFBAU

Einleitung:

Thank you for agreeing to participate in this expert interview. Your insights are essential for my master's thesis, which investigates tornado risk communication in Europe. The aim is to obtain an empirical estimation of the current state of tornado risk awareness, communication strategies, and self-protection knowledge among the population at this stage. Your expertise will help identify effective approaches and existing challenges in communicating tornado risks and protective measures. The findings will hopefully contribute to developing improved communication strategies for meteorological services and public institutions, ultimately enhancing public safety and preparedness.

SEKTION 1

Basic Data

1. Name
2. Organization / Employer
3. Position / Function
4. Country
5. Professional Experience
6. If you work at a weather service: Is your organisation capable of issuing tornado warnings to the public via your weather warning system?
 - Yes
 - No
 - I don't know
 - Not applicable / I do not work at a weather service

SEKTION 2

Risk Perception and Public Awareness

7. In your opinion, what percentage of the population is aware that tornadoes can occur in your country?
 - 0 – 20 %
 - 20 – 40 %
 - 40 – 60 %
 - 60 – 80 %
 - 80 – 100 %

8. Do you think there are differences by region, age group, or other sociodemographic characteristics?

9. How has this awareness changed over the past 25 years?

Would you say there has been an increase, stagnation, or decline?

10. If you observed an improvement: What were the main reasons for this?

Were there specific events, measures, or developments that were particularly effective?

11. Have there also been obstacles or setbacks in public awareness of tornadoes?

Which factors have hindered or prevented improvement?

SEKTION 3

RATING 1 to 10 | Which factors influence tornado risk awareness best?

Assessment of factors, which influenced the risk awareness of Tornadoes in Europe over the past 25 years.

12. Popular movies such as "Twister"

13. Social media reports / videos of extreme weather and tornadoes.

14. Media coverage of tornadoes (TV, Radio, Newspapers, Online-News)

15. Public relations activities and information from weather services

16. Improvements of weather warnings (SMS, more localised warnings, etc.)

17. School education/curricular

18. Governmental information campaigns (natural hazards and tornado risk specifically)

19. Other (please specify)

SEKTION 4

Knowledge of Protective Measures and Self-Protection Competence

How to protect in case of a Tornado?

20. In your estimation, what percentage of the population of your country knows how to behave correctly during a tornado?

- 0 – 20 %
- 20 – 40 %
- 40 – 60 %
- 60 – 80 %
- 80 – 100 %

21. Which protective measures are most frequently misunderstood or ignored, in your experience?

Are there typical misconceptions or dangerous misjudgments?

SECTION 5

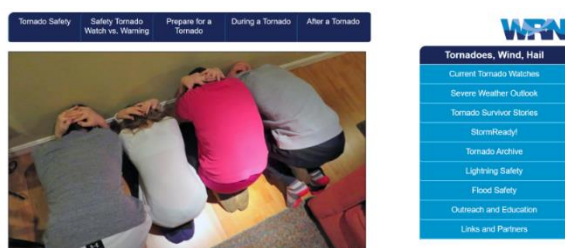
Evaluation of Information Materials

Here are some examples of tornado protection information materials. In your opinion, which are most understandable for the public?

22. Self protection of Tornadoes: Which of the two options is more understandable for the public?

1

<https://www.weather.gov/safety/tornado-during>



Find out what you can do when a tornado strikes. Acting quickly is key to staying safe and minimizing impacts.

- **Stay Weather Ready:** Continue to listen to local news or a NOAA Weather Radio to stay updated about tornado watches and warnings.
- **At Your House:** If you are in a tornado warning, go to your basement, safe room, or an interior room away from windows. Don't forget pets if time allows.
- **At Your Workplace or School:** Follow your tornado drill and proceed to your tornado shelter location quickly and calmly. Stay away from windows and do not go to large open rooms such as cafeterias, gymnasiums, or auditoriums.
- **Outside:** Seek shelter inside a sturdy building immediately if a tornado is approaching. Sheds and storage facilities are not safe. Neither is a mobile home or tent. If you have time, get to a safe building.
- **In a vehicle:** Being in a vehicle during a tornado is not safe. The best course of action is to drive to the closest shelter. If you are unable to make it to a safe shelter, either get down in your car and cover your head, or abandon your car and seek shelter in a low lying area such as a ditch or ravine.

2

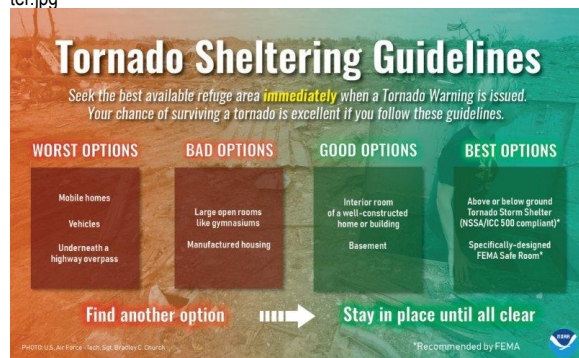
https://www.weather.gov/images/mob/WxPrep/Severe_AL/NWS_Tor_Safety.png



23. Self protection of Tornadoes: Which of the two options is more understandable for the public?

1

https://www.weather.gov/images/mob/WxPrep/Severe_AL/NWS_Tor_Safety.jpg



2

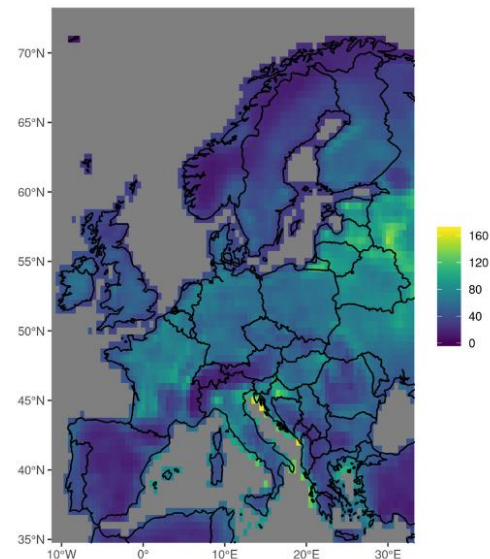
<https://www.facebook.com/photo.php?fbid=957234026599223&id=100069379022193&set=a.158094793179821>



24. Occurrence of tornadoes: Which of the two options is more understandable for the public that tornadoes can appear in their home country?

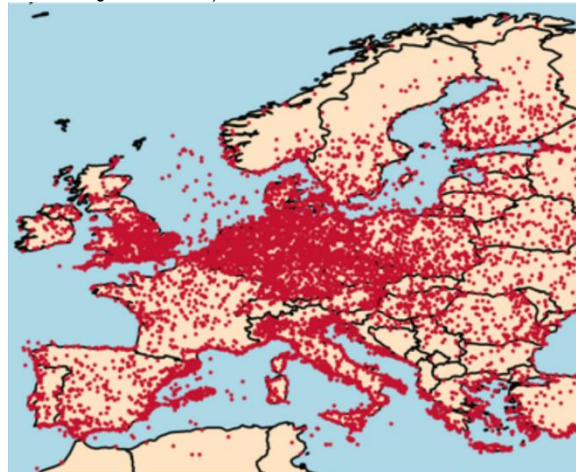
1

Tornado Density (https://www.researchgate.net/figure/Tornado-occurrence-rate-per-100-years-and-10-000-km2-obtained-from-the-output-of-the_fig5_343108605)



2

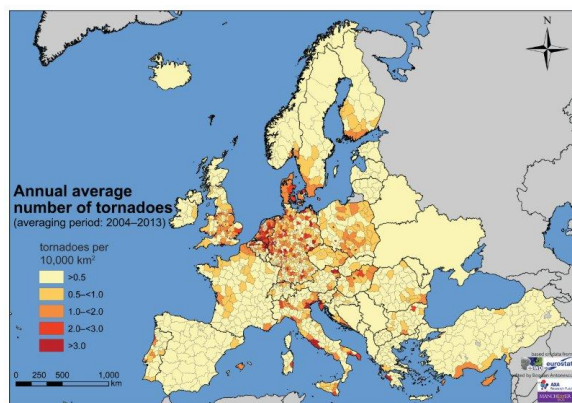
Tornado Reports (https://www.researchgate.net/figure/Locations-of-European-Severe-Weather-Database-ESWD-tornado-reports-a-all-recorded_fig2_343108605)



25. Occurrence of tornadoes: Which of the two options is more understandable for the public that tornadoes can appear in their home country?

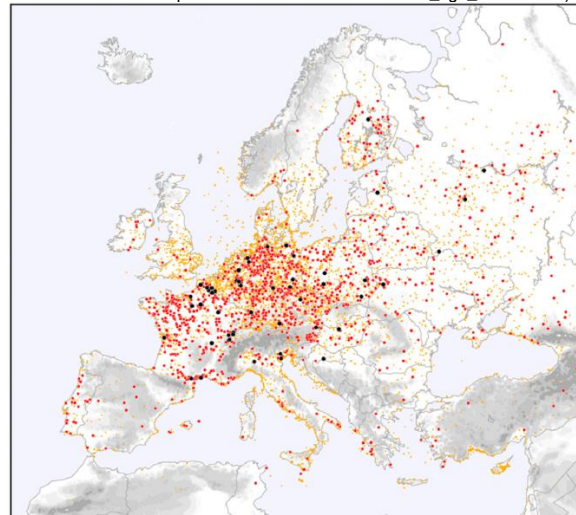
1

Tornado Density (political units)
(<https://bogdanantonescu.net/blog/2014/9/18/tornadoes-in-europe>)



2

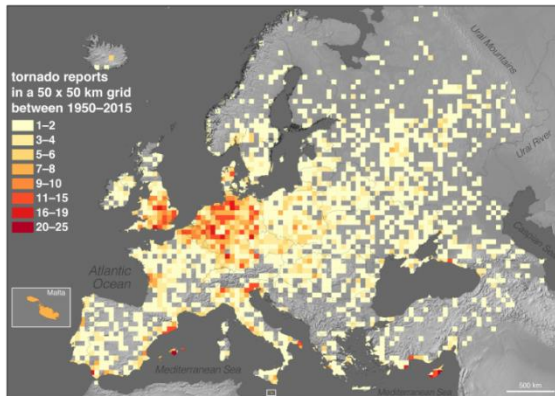
Tornado Reports (incl. strenght)
(https://www.researchgate.net/figure/Locations-of-all-tornado-reports-contained-in-the-European-Severe-Weather-Database_fig1_266680891)



26. Occurrence of tornadoes: Which of the two options is more understandable for the public that tornadoes can appear in their home country?

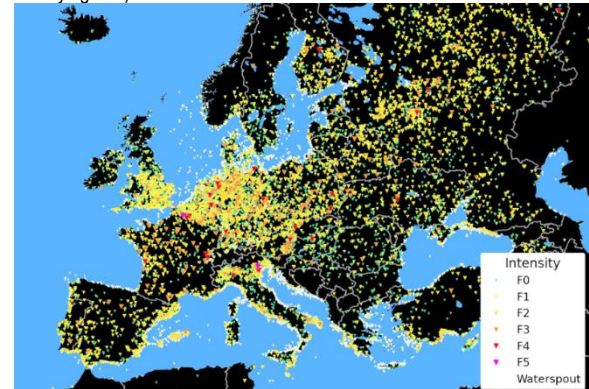
1

Tornado Density (<https://www.manchester.ac.uk/about/news/european-tornadoes-are-unrecognised-threat-say-university-experts/>)



2

Tornado Reports (inkl. intensity) (<https://eumetrain.org/resources/24th-june-2021-violent-tornado-southern-moravia-risk-communication-damage-surveying-and>)



27. In your opinion, which elements are particularly effective for reaching the general public?

SEKTION 6

RATING 1 to 5 stars | Comprehensibility & effectiveness of communication forms for protective measures.

How do you rate the comprehensibility and effectiveness of the following communication formats for conveying protective measures?

28. Illustrations - How effective are visual illustrations at communicating recommended protective actions during tornado events?

29. Bullet Points - How effective is the use of bullet points (short sentences) at communicating recommended protective actions during tornado events?

30. Explanatory text (about one A5 page) - How effective is a text explaining the risks at communicating recommended protective actions during tornado events?

31. Accounts from affected individuals (e.g., Czech Republic 2021) - How effective are stories by tornado witnesses at communicating recommended protective actions during tornado events?

32. Comic strips - How effective are comics and comic stories at communicating recommended protective actions during tornado events?

33. Interactive online tools or apps - How effective are apps and interactive web tools (e.g. games) at communicating recommended protective actions during tornado events?

34. Videos/animated films - How effective are animations and videos (e.g. on weather service website / Youtube) at communicating recommended protective actions during tornado events?

35. Which communication formats or channels have you personally found to be particularly effective?

36. Are there any communication formats you consider overrated?

SEKTION 7

RANKING | Comprehensibility & effectiveness of communication forms for protective measures.

37. In your opinion, how can the public best be reached with information about tornado risks and protective measures?

Please rank from best to worst.

- a) School education/curricula
- b) News coverage (TV, radio, newspaper)
- c) Documentaries (TV, radio, newspaper)
- d) Social media campaigns by weather services/research institutions
- e) National information campaigns (e.g., ministries)
- f) Local multipliers (fire department, mayor, etc.)
- g) Information booths at public events
- h) Flyers in public buildings

38. Do you have further suggestions how to reach the public best?

SEKTION 8

Final Open Questions

39. What do you consider to be the biggest current challenges in tornado risk communication?

40. Which improvements or innovations do you think will be especially important in the coming years?

41. Are there any other aspects you consider relevant that have not yet been addressed?

4 Ergebnisse

4.1 Literaturanalyse

Aktueller Stand der Tornadorisikokommunikation in Europa

Die Analyse der Literatur zeigt, dass die Tornadorisikokommunikation innerhalb Europas erhebliche Unterschiede zwischen den Ländern aufweist. Während einige Länder wie die Niederlande, Deutschland und Spanien bereits Tornadowarnungen ausgeben, fehlen in vielen anderen europäischen Ländern spezifische Warnsysteme für Tornados (Antonescu, Schultz, Holzer, & Groenemeijer, 2017).

Eine besondere Herausforderung stellt dabei das seltene Auftreten starker Tornados dar, die es Meteorologen, die im aktiven Vorhersagedienst tätig sind, schwer macht, Erfahrung mit solchen Ereignissen zu sammeln (Andrei, Andrei, Hustiu, Cheval, & Antonescu, 2020, S. 2). Dies unterstreicht die Bedeutung angemessener Schulungen für den Umgang mit solchen Ereignissen (Holzer, et al., 2015).

Die Kommunikationsproblematik wurde besonders deutlich bei dem schweren Tornado in Südmähren im Juni 2021, wo sich sowohl bei den Wetterwarnungen als auch beim Risikobewusstsein in der Bevölkerung erheblicher Optimierungsbedarf zeigte (Půčik, et al., 2024). Dieser Fall verdeutlicht die Notwendigkeit verbesserter Kommunikationsstrategien für seltene, aber schwerwiegende Ereignisse.

Institutionelle Strukturen und Verantwortlichkeiten

Die Literaturanalyse identifiziert verschiedene Akteure, die an der Tornadorisikokommunikation beteiligt sind:

1. **Nationale meteorologische Dienste:** Hauptverantwortlich für die Überwachung und Vorhersage von Wetterereignissen, einschließlich Tornados.
2. **Private Wetterdienstleister:** Ergänzen die Informationen der nationalen Dienste und richten sich oft direkter an die Öffentlichkeit.
3. **European Severe Storms Laboratory (ESSL):** Führt spezifische Forschung zu schweren Unwettern in Europa durch, veranstaltet Trainingskurse für Meteorologen für Gewitter- und Tornadovorhersagen. Zudem betreibt das die European Severe Weather Database (ESWD), in der systematisch historische und aktuelle Tornadoereignisse in Europa erfasst und kategorisiert werden.
4. **Katastrophenschutzbehörden:** Verantwortlich für die Umsetzung von Warnungen beziehungsweise Bereitstellung und Betrieb von Warnsystemen, sowie für offizielle Informationen an die Öffentlichkeit.

5. **Medien:** Wichtige Vermittler von Warnungen und Risikoinformationen an die Öffentlichkeit

Die Zusammenarbeit zwischen diesen Akteuren ist oft komplex und nicht immer optimal koordiniert, was zu Verzögerungen oder Inkonsistenzen in der Kommunikation führen kann. Das One-Voice- oder Single-Voice-Prinzip sollte eine systematische Zusammenarbeit der Akteure und eine einheitliche Kommunikation an die Öffentlichkeit sicherstellen (Drews, 2017). Die Umsetzung ist jedoch oft schwierig (Morss, Demuth, Bostrom, Lazo, & Lazrus, 2015, S. 2010).

Barrieren und Herausforderungen

Die Literaturanalyse identifiziert mehrere Barrieren und Herausforderungen bei der Tornadorisikokommunikation in Europa:

1. **Unterberichterstattung:** Viele Tornados in Europa werden nicht gemeldet oder dokumentiert, was zu einer Unterschätzung der tatsächlichen Bedrohung führt (Antonescu, Schultz, Holzer, & Groenemeijer, 2017, S. 722).
2. **Fehlendes Bewusstsein:** Die Öffentlichkeit ist sich der potenziellen Gefahr von Tornados in Europa oft nicht bewusst, was zu mangelnder Vorbereitung führt (The University of Manchester, 2017).
3. **Vorhersageschwierigkeiten:** Tornados sind schwer präzise vorherzusagen, insbesondere Tage im Voraus. Meist können erst Warnungen ausgesprochen werden, wenn die Rotation in einem Gewitter durch ein Wetterradar beobachtet wird (du Brulle, 2013). Selbst in den USA, die ein erprobtes Warnsystem für Tornados haben, liegt die durchschnittliche Vorwarnzeit bei 17 Minuten (Simmons & Sutter, 2008).
4. **Institutionelle Grenzen:** Vielen meteorologischen Diensten fehlen die Ressourcen oder das Know-how für spezifische Tornadowarnungen (Antonescu, Schultz, Holzer, & Groenemeijer, 2017).
5. **Kommunikative Herausforderungen:** Die Vermittlung komplexer meteorologischer Informationen in verständliche und handlungsrelevante Warnungen ist anspruchsvoll (Brotzge & Donner, 2013, S. 1721).

Best Practices und Erfolgsbeispiele

Die Literaturanalyse identifiziert einige Best Practices und Erfolgsbeispiele für eine effektive Tornadorisikokommunikation:

1. **Integrierte Warnsysteme:** Länder mit erfolgreichen Warnsystemen integrieren verschiedene Kommunikationskanäle (Sirenen, SMS, Apps, Medien) für eine breite Abdeckung.

2. **Klare Handlungsempfehlungen:** Effektive Warnungen enthalten nicht nur Informationen über die Gefahr selbst, sondern auch klare Anweisungen, wie man sich schützen kann.
3. **Öffentlichkeitskampagnen:** Regelmäßige Aufklärungskampagnen helfen, das Bewusstsein für die Tornadogefahr zu schärfen und Wissen über Schutzmaßnahmen zu verbreiten.
4. **Bürgerwissenschaft:** Die Einbindung der Öffentlichkeit in die Beobachtung und Meldung von Tornados kann die Datenbasis verbessern und gleichzeitig das Bewusstsein schärfen.
5. **Internationale Zusammenarbeit:** Der Austausch von Daten, Erfahrungen und Best Practices zwischen europäischen Ländern und mit den USA verbessert die Qualität der Vorhersagen und Warnungen. Dies erfolgt laufend über Konferenzen, speziell in den USA und Europa.
6. **Ausbildung:** Das European Severe Storms Laboratory hat mit seinem Science & Training Center in Wiener Neustadt eine eigene Ausbildungsstätte aufgebaut, in der Meteorologen aus ganz Europa trainiert werden schwere Gewitter und Tornados besser vorherzusagen.

4.2 Auswertung der Experteninterviews

Im Rahmen der Experteninterviews stand die Überprüfung der zentralen Hypothesen und Forschungsfragen der Masterarbeit im Vordergrund. Dabei wurde insbesondere untersucht, ob in der Bevölkerung ein Wissensdefizit hinsichtlich Tornados in Österreich und Europa sowie der damit verbundenen Risiken besteht und welche Kommunikationsstrategien oder Informationen zum Tornadorisiko von den Expert*innen als geeignet erachtet werden. Die Rückmeldungen der Expert*innen waren gut auswertbar und im Durchschnitt haben sich die ExpertInnen 44 Minuten Zeit genommen die Fragen gewissenhaft zu beantworten.

Tornadowarnungen durch nationale Wetterdienste

Ähnlich zu den Ergebnissen von (Antonescu, Schultz, Holzer, & Groenemeijer, 2017) ist nur eine geringe Zahl an Wetterdiensten in der Lage spezifische Tornadowarnungen auszustellen. Dies spiegelt sich auch in den Experteninterviews wider. Fünf Expert*innen gaben an, dass es ihrem Wetterdienst nicht möglich ist, Tornadowarnungen auszugeben. Nur bei den Wetterdiensten aus Deutschland und Polen wurde angegeben, dass spezifische Tornadowarnungen erstellt werden können. Zwei Expert*innen gaben an, derzeit nicht bei einem staatlichen Wetterdienst zu arbeiten und haben daher die Frage ausgelassen. Entsprechend der Umfrage ist es nur etwa 30% der Wetterdienste möglich eigene Tornado-warnungen an die Bevölkerung auszusenden.

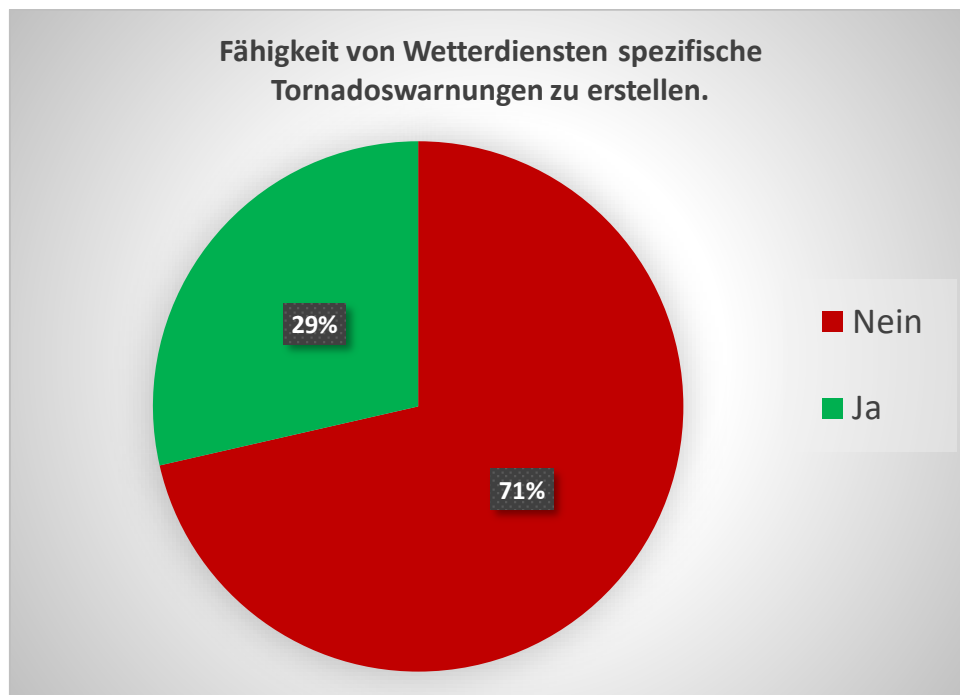


Abbildung 9: Umfrageergebnis aus den Experteninterviews, in wie vielen Ländern Wetterdienste Tornadowarnungen erstellen können.

Bewusstsein und Wissen über Tornados in der Bevölkerung

Die Auswertung der Experteninterviews aus acht europäischen Ländern zeigt, dass das Bewusstsein für die Existenz von Tornados in der eigenen Bevölkerung sehr unterschiedlich ausgeprägt ist. In den meisten Ländern schätzen die Expert*innen, dass lediglich 20–40 % oder 40–60 % der Bevölkerung wissen, dass Tornados im eigenen Land auftreten können. Nur vereinzelt wird das Bewusstsein auf 60–80 % geschätzt.

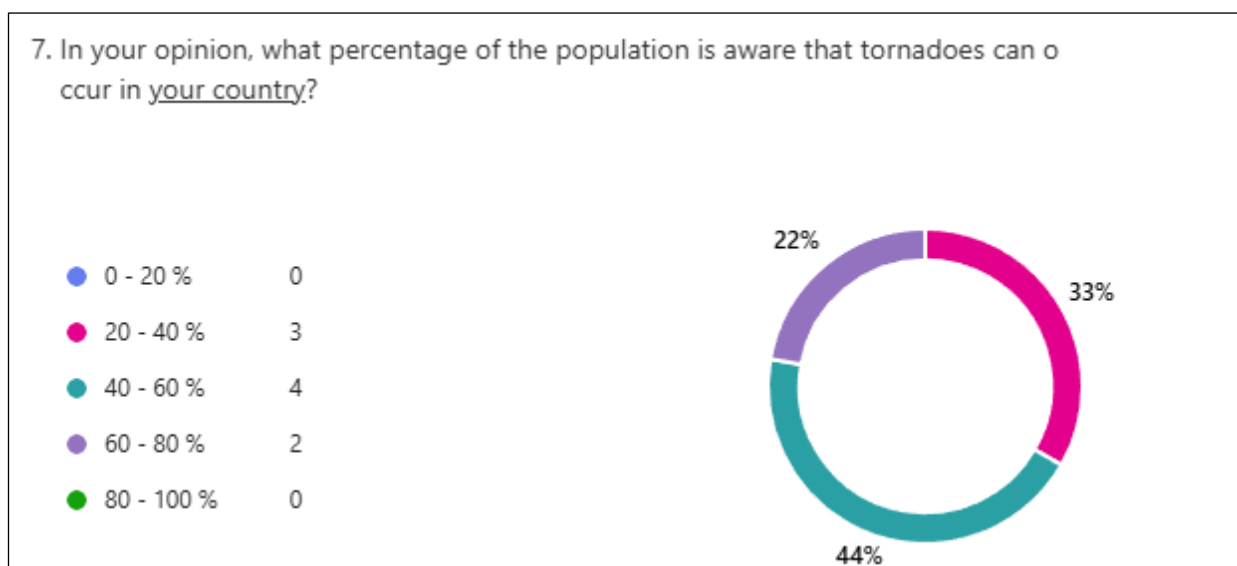


Abbildung 10: Frage 7 aus der Umfrage über den Anteil der Bevölkerung, der sich bewusst ist, dass in ihrem Land Tornados auftreten können.

Besonders auffällig ist, dass das Wissen über korrekte Verhaltensweisen im Tornadofall deutlich geringer ist: In den meisten Ländern wissen laut Expert*innen nur 0–20 % der Bevölkerung, wie sie sich im Ernstfall richtig verhalten sollen. In keinem der Länder wissen laut Experten mehr als 60 % der Bevölkerung, wie sie sich im Ernstfall richtig verhalten können.

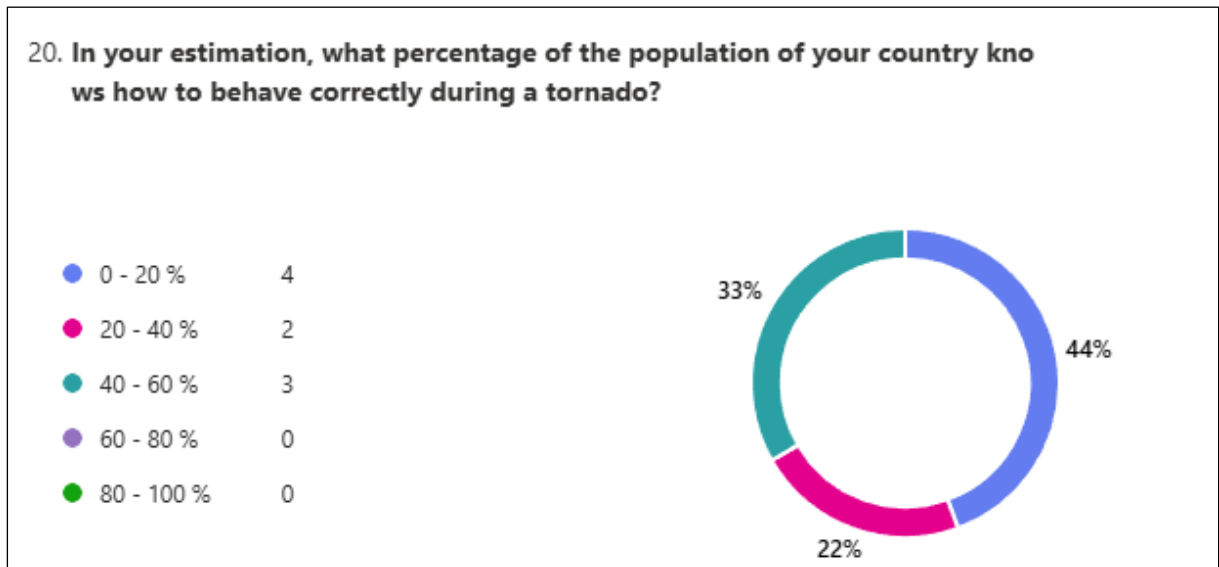


Abbildung 11: Frage 20 aus der Umfrage über den Anteil der Bevölkerung, der Bescheid weiß, wie man sich bei einem Tornado verhalten soll.

Soziodemografische und regionale Unterschiede

Die Expertenantworten zeigen ein differenziertes Bild hinsichtlich regionaler, altersbezogener und soziodemografischer Unterschiede im Bewusstsein über Tornados:

- **Regionale Unterschiede:**

Mehrere Expert*innen betonen, dass das Wissen über Tornados regional variiert. Besonders Menschen, die in Küstenregionen oder Ebenen leben, sind mit Tornados oder verwandten Phänomenen wie Wasserhosen vertrauter, da diese dort häufiger auftreten. In Bergregionen, wo Tornados generell weniger auftreten, hingegen ist das Bewusstsein geringer.

- **Altersunterschiede:**

Das Alter spielt laut mehreren Expert*innen eine wichtige Rolle. Jüngere Menschen sind meist besser über Tornados informiert als ältere Generationen. Allerdings ist das generelle Ausgangsniveau des Wissens in der Bevölkerung oft niedrig.

- **Bildungsniveau und Beruf:**

Das Bildungsniveau wird als entscheidender Faktor genannt: Menschen mit höherer Bildung oder mit Berufen, die einen Bezug zu Wetterphänomenen haben (z. B. Fischer, Landwirte), verfügen über mehr Wissen zu Tornados. Viele Menschen kennen jedoch nicht einmal die grundlegenden Unterschiede zwischen Tornados und anderen Extremwetterereignissen.

- **Uneinigkeit unter den Expert*innen:**

Während einige Expert*innen deutliche Unterschiede nach Region, Alter und Bildung sehen, erwarten andere keine signifikanten Differenzen oder können diese nicht einschätzen.

Insgesamt deuten die Antworten darauf hin, dass das Bewusstsein und Wissen über Tornados in Europa stark von regionalen Gegebenheiten (Auftreten von Tornados in der Region), Altersgruppen und dem Bildungsstand abhängt. Besonders in häufig von Tornados betroffenen Regionen und bei jüngeren sowie besser gebildeten Menschen ist das Wissen ausgeprägter, während in anderen Gruppen weiterhin erhebliche Informationsdefizite bestehen.

Entwicklung des Bewusstseins

Die Expert*innen berichten übereinstimmend, dass das Bewusstsein für Tornados in den letzten 25 Jahren zugenommen hat. Gründe hierfür sind vor allem die stärkere mediale Berichterstattung, die Verbreitung von Videos und Bildern in sozialen Medien sowie die leichtere Dokumentation von Tornadoereignissen durch Smartphones. Auch Einzelereignisse im eigenen Land haben das Interesse an Tornados deutlich erhöht. Ein Experte weist jedoch darauf hin, dass der Rückgang der naturwissenschaftlichen Bildung in Schulen das Bewusstsein in manchen Ländern negativ beeinflusst.

Gründe für die Zunahme des Tornado-Bewusstseins

Die Expert*innen nennen mehrere zentrale Gründe für das gestiegene Bewusstsein und die verbesserte Wahrnehmung von Tornados in der Bevölkerung:

- **Zunahme und Verbesserung von Beobachtungen:**

Die Möglichkeit, Tornadoereignisse durch Smartphones und Crowd-Reporting schnell und einfach zu dokumentieren, hat zu einer deutlichen Zunahme öffentlicher Berichte und Sichtungen geführt. Dadurch gelangen mehr Informationen über Tornados in die Medien und werden einer breiteren Öffentlichkeit zu-

gänglich gemacht.

- **Stärkere mediale Berichterstattung:**

Die Medien (TV, Internet, Zeitungen) berichten heute häufiger und ausführlicher über Tornados und deren Entstehung. Besonders nach spektakulären Ereignissen, wie etwa dem Tornado in Südmähren 2021, werden Expert*innen eingeladen, um in Fernsehsendungen zu informieren und aufzuklären.

- **Technologischer Fortschritt:**

Die Verbreitung von Smartphones und die Möglichkeit, Videos und Bilder sofort zu teilen, haben die Sichtbarkeit von Tornadoereignissen erhöht. Dies trägt dazu bei, dass die Bevölkerung schneller und direkter informiert wird.

- **Fokus auf Klimawandel und Extremwetter:**

Die verstärkte Thematisierung des Klimawandels in den Medien sowie die Zunahme und Intensivierung extremer Wetterereignisse führen dazu, dass Tornados häufiger als relevantes Thema wahrgenommen werden.

- **Regionale Wetterdienste und Vorhersagen:**

In einigen Ländern beschäftigen sich die Wetterdienste zunehmend mit der Vorhersage von Tornados, wodurch das Thema auch in Wetterberichten präsenter wird.

Insgesamt zeigt sich, dass insbesondere die Kombination aus moderner Technik, intensiver Medienberichterstattung und einer gestiegenen gesellschaftlichen Aufmerksamkeit für Extremwetterereignisse maßgeblich zur Verbesserung des öffentlichen Bewusstseins über Tornados beigetragen hat.

Hindernisse und Rückschritte in der öffentlichen Wahrnehmung

Die Auswertung der Expertenantworten zeigt ein differenziertes Bild hinsichtlich möglicher Hindernisse und Rückschläge im öffentlichen Bewusstsein für Tornados in Europa:

- **Mediennutzung und Reichweite**

Eine/r der Expert*innen weist darauf hin, dass sich die Mediennutzung insbesondere bei jüngeren Generationen verändert hat. Während früher TV und Internet zentrale Informationsquellen waren, verlagern sich die Präferenzen zunehmend auf andere Kanäle, in denen das Thema Tornados bislang weniger präsent ist. Dies kann dazu führen, dass relevante Informationen bestimmte Zielgruppen nicht mehr erreichen.

- **Bildungsniveau und Wissenschaftsverständnis**

Mehrere Expert*innen betonen die Bedeutung des Bildungsniveaus für das Risikobewusstsein. Ein Rückgang der naturwissenschaftlichen Bildung in Schulen wird als wesentliches Hindernis genannt, da grundlegende Kenntnisse über Wetterphänomene und Naturgefahren fehlen. Zudem gibt es in Teilen der Bevölkerung eine generelle Skepsis gegenüber wissenschaftlichen Erkenntnissen, was die Akzeptanz von Informationen über Tornados erschwert.

- **Fehlende persönliche Betroffenheit und Sprachgebrauch**

Ein weiterer Aspekt ist das Ausbleiben spektakulärer Tornadoereignisse in manchen Regionen, was dazu führt, dass das Thema als wenig relevant wahrgenommen wird. In einigen Ländern trägt auch die Verwendung unterschiedlicher Begriffe (z. B. „Windhose“ statt „Tornado“) zur Verwirrung bei und verhindert ein einheitliches Verständnis des Phänomens.

- **Wahrnehmung und Akzeptanz**

Einige Expert*innen sehen keine nennenswerten Rückschläge im Bewusstsein, weisen aber darauf hin, dass es in der Bevölkerung immer wieder Menschen gibt, die Tornados als ausschließlich amerikanisches Phänomen betrachten oder deren Existenz im eigenen Land grundsätzlich bezweifeln. Diese Fehleinschätzungen erschweren die Risikokommunikation.

▪ Herausforderungen für Fachleute

Abschließend wird auch von Expertenseite betont, dass selbst für professionelle Wetterdienste die Vorhersage und Kommunikation von Tornadorisiken eine große Herausforderung darstellt, was die öffentliche Wahrnehmung zusätzlich beeinflussen kann.

Die Expert*innen identifizieren als zentrale Hindernisse für das öffentliche Bewusstsein über Tornados vor allem Defizite in der naturwissenschaftlichen Bildung, Veränderungen in der Mediennutzung, fehlende persönliche Betroffenheit sowie sprachliche und kulturelle Missverständnisse. Während einige Expert*innen keine gravierenden Rückschläge sehen, machen andere deutlich, dass diese Faktoren die Risikokommunikation erschweren können.

Missverständnisse in der Bevölkerung in Bezug auf den Selbstschutz

Die Auswertung der Expertenantworten auf die Frage, welche Schutzmaßnahmen bei Tornados am häufigsten missverstanden oder ignoriert werden, zeigt ein vielschichtiges Bild verbreiteter Fehlannahmen und riskanter Verhaltensweisen in der Bevölkerung. Besonders auffällig ist, dass viele Menschen dazu neigen, Tornados zu filmen oder zu fotografieren, anstatt sich rechtzeitig in Sicherheit zu bringen. Dieses Verhalten wird von mehreren Expert*innen als besonders gefährlich eingestuft, da wertvolle Zeit verloren geht, die für das Aufsuchen eines sicheren Ortes genutzt werden sollte. Hinzu kommt, dass die Geschwindigkeit und Unberechenbarkeit eines Tornados häufig unterschätzt werden – viele Menschen erkennen nicht, wie rasch sich ein Tornado nähern oder seine Richtung ändern kann, und unterschätzen zudem die Zerstörungskraft des Phänomens.

Ein weiteres zentrales Problem ist das Fehlen von Notfallplänen und Schutzräumen. Viele Menschen wissen nicht, dass der Keller der sicherste Ort ist, um sich bei einem Tornado zu schützen, oder verfügen gar nicht erst über einen definierten Schutzraum. Besonders gefährlich ist auch der weitverbreitete Irrglaube, im Auto Schutz suchen oder einem Tornado davonfahren zu können. Expert*innen betonen, dass dies eine der riskantesten Fehleinschätzungen darstellt, da Fahrzeuge bei Tornados gefährdet sind.

In Ländern, in denen Tornados als selten gelten, herrscht zudem große Unsicherheit darüber, wie man sich im Ernstfall verhalten soll. Häufig werden Verhaltensregeln aus anderen Naturgefahren – wie das Unter-den-Tisch-Kriechen bei Erdbeben – fälschlicherweise auf Tornados übertragen. Auch bauliche Schutzmaßnahmen werden oft vernachlässigt: Die Anpassung von Gebäuden und Infrastruktur an Tornadorisiken findet in vielen Regionen kaum statt, obwohl dies einen wichtigen Beitrag zur Schadensminimierung leisten könnte.

Ein weiteres Missverständnis betrifft das Öffnen oder Schließen von Fenstern während eines Tornados. Manche Menschen glauben, dadurch Schäden verhindern zu können, doch tatsächlich ist dies eine gefährliche Zeitverschwendung – die Zeit sollte stattdessen für das schnelle Aufsuchen eines Schutzraums genutzt werden.

Schließlich zeigt sich, dass selbst unter denjenigen, die um die Möglichkeit von Tornados wissen, das Bewusstsein für das tatsächliche Zerstörungspotenzial oft gering ist. Viele unterschätzen die Gefahr und treffen daher keine ausreichenden Vorsorgemaßnahmen. Insgesamt verdeutlichen die Expertenantworten, dass insbesondere das Fehlen von Notfallplänen, das Filmen statt Schutzsuchens, falsche Annahmen über Schutzorte sowie ein generelles Unterschätzen der Gefahr zu den häufigsten und gefährlichsten Missverständnissen zählen. Diese Ergebnisse unterstreichen die Notwendigkeit klarer, handlungsorientierter und zielgruppenspezifischer Risikokommunikation, um die Selbstschutzkompetenz in der Bevölkerung nachhaltig zu stärken.

Verständlichkeit und Wirksamkeit von Kommunikationsformen

Im Rahmen der Expertenbefragung wurde bewertet welche Faktoren in den letzten 25 Jahren den größten Einfluss auf das Risikobewusstsein für Tornados in Europa hatten. Die Expert*innen vergaben hierzu eine Bewertung auf einer Skala von 1 (geringer Einfluss) bis 10 (sehr starker Einfluss), um die Wirksamkeit unterschiedlicher Faktoren, beziehungsweise Kommunikationswege und Informationsquellen systematisch einzuschätzen.

Tabelle 2: Welche Faktoren hatten in den letzten 25 Jahren den meisten Einfluss auf das Risikobewusstsein in Bezug auf Tornados. Ergebnis aus der Expertenbefragung. Die Skala geht von 1 (geringer Einfluss) bis 10 (sehr starker Einfluss).

Which factors influence tornado risk awareness best?	Durchschnitt	Standardabweichung
Media coverage of tornadoes (TV, Radio, Newspapers, Online-News)	9,0	0,7
Social media reports / videos of extreme weather and tornadoes.	8,2	0,9
School education/curricular	7,2	1,5
Public relations activities and information from weather services	6,8	1,1
Popular movies such as "Twister"	6,7	0,9
Improvements of weather warnings (SMS, more localised warnings)	6,7	1,3
Governmental information campaigns	6,6	1,3

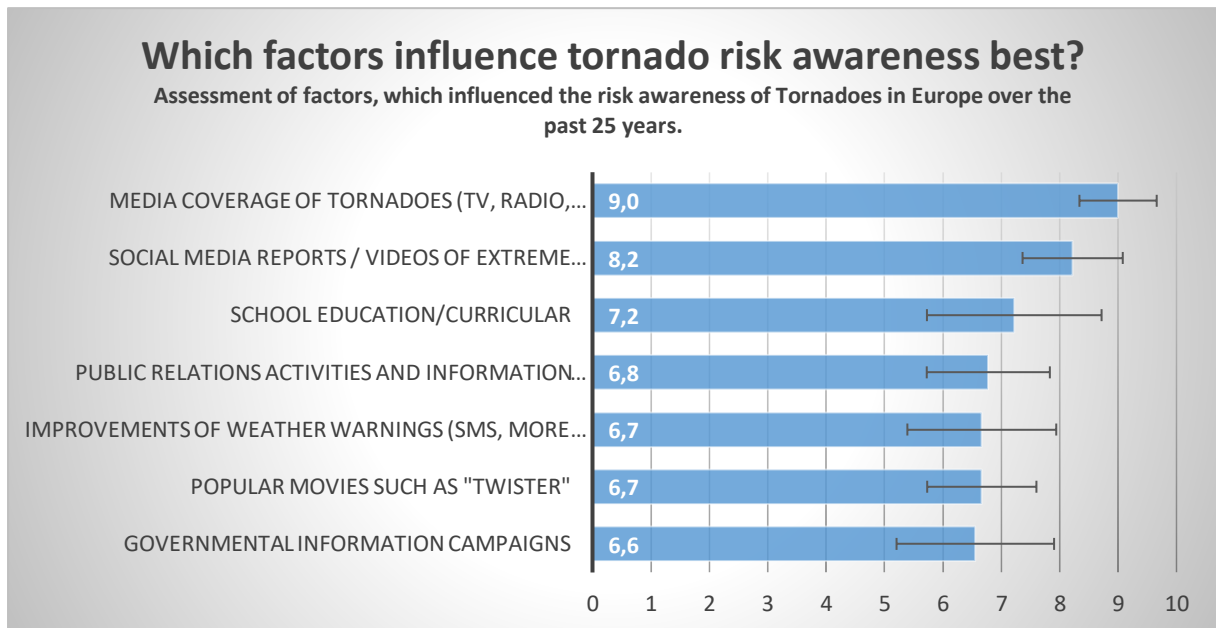


Abbildung 12: Grafische Darstellung der Ergebnisse aus der Expertenbefragung zu den Einflussfaktoren zum Tornadorisikobewusstsein in Europa. Die blauen Balken und Zahlen stellen die Mittelwerte aus der Umfrage dar, die schwarzen Striche die Standardabweichung der Antworten.

Die Auswertung der Expertenbewertungen zu den Einflussfaktoren auf das Risikobewusstsein für Tornados in Europa in den vergangenen 25 Jahren zeigt ein recht klares Bild der wichtigsten Treiber und deren jeweiliger Bedeutung. Am stärksten prägt laut den befragten Expert*innen die Medienberichterstattung – also die Präsenz von Tornadothemen in Fernsehen, Radio, Zeitungen und Online-Nachrichten – das öffentliche Bewusstsein. Mit einem durchschnittlichen Wert von 9,0 auf einer Skala von 1 (geringer Einfluss) bis 10 (sehr starker Einfluss) wird deutlich, dass kontinuierliche und spektakuläre Berichterstattung maßgeblich dazu beiträgt, Tornados als relevantes Risiko wahrzunehmen.

Ebenfalls von großer Bedeutung sind soziale Medien und die rasche Verbreitung von Videos zu Extremwetterereignissen. Mit einem Mittelwert von 8,2 bewerten die Expert*innen die Rolle von Social-Media Plattformen als sehr einflussreich. Im Rahmen der offenen Fragen wurde seitens der Expert*innen immer wieder die unmittelbare, emotionale Ansprache durch soziale Medien betont und dass damit vor allem jüngere Zielgruppen erreicht werden. Die Möglichkeit, Tornadoereignisse direkt zu dokumentieren und zu teilen, sorgt für eine hohe Reichweite und verstärkt das Bewusstsein für die Gefahrenlage.

Die schulische Bildung und die Integration von Naturgefahren in den Lehrplänen werden mit einem Durchschnittswert von 7,2 ebenfalls als wichtiger Faktor eingeschätzt. Lehrpläne, die Naturgefahren und Selbstschutzmaßnahmen thematisieren, trugen nachhaltig zur Sensibilisierung bei. Dies zeigt sich vor allem auch in Frage 37, die darauf abzielt zu bewerten, wie die Öffentlichkeit am besten erreicht werden kann.

Öffentlichkeitsarbeit und Informationsangebote von Wetterdiensten (6,8) sowie Verbesserungen bei Wetterwarnungen, etwa durch SMS oder lokalere Warnsysteme (6,7), werden als solide, aber weniger dominante Einflussfaktoren gesehen.

Populäre Filme wie „Twister“ (6,7) und staatliche Informationskampagnen (6,6) spielen eine unterstützende Rolle. Sie können Aufmerksamkeit erzeugen und das Thema kurzfristig in den Fokus rücken, scheinen aber laut den Expert*innen im Vergleich zu den klassischen und sozialen Medien einen geringeren nachhaltigen Effekt auf das Risikobewusstsein zu haben.

Insgesamt unterstreichen die Ergebnisse, dass eine multimodale, zielgruppenspezifische Risikokommunikation, die klassische und digitale Medienkanäle gleichermaßen nutzt, entscheidend ist, um das Bewusstsein und die Selbstschutzkompetenz in der Bevölkerung nachhaltig zu stärken.

Evaluation von Informationsmaterialien

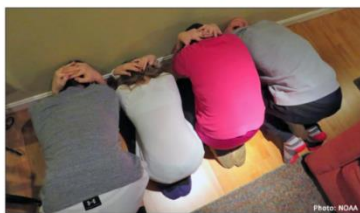
In Sektion 5 der Expertenumfrage wurden den befragten Fachleuten verschiedene Informationsmaterialien und Infografiken zum Thema Selbstschutz und Tornadoauftreten in Europa vorgelegt. Die Expert*innen mussten jeweils aus einer Gegenüberstellung zweier Grafiken oder Materialien dasjenige auswählen, das ihrer Meinung nach für die Öffentlichkeit am verständlichsten ist.

Frage 22: Selbstschutz bei Tornados

1

2

Tornado Safety Safety: Tornado Watch vs. Warning Prepare for a Tornado During a Tornado After a Tornado



Find out what you can do when a tornado strikes. Acting quickly is key to staying safe and minimizing impacts.

- **Stay Weather-Ready:** Continue to listen to local news or a NOAA Weather Radio to stay updated about tornado watches and warnings.
- **At Your House:** If you are in a tornado warning, go to your basement, safe room, or an interior room away from windows. Don't forget pets if time allows.
- **At Your Workplace or School:** Follow your tornado drill and proceed to your tornado shelter location quickly and calmly. Stay away from windows and do not go to large open rooms such as cafeterias, gymnasiums, or auditoriums.
- **Outside:** Seek shelter inside a sturdy building immediately if a tornado is approaching. Sheds and storage facilities are not safe. Neither is a mobile home or tent. If you have time, get to a safe building.
- **In a vehicle:** Being in a vehicle during a tornado is not safe. The best course of action is to drive to the closest shelter. If you are unable to make it to a safe shelter, either get down in your car and cover your head, or abandon your car and seek shelter in a low lying area such as a ditch or ravine.

Tornadoes, Wind, Hail

- Current Tornado Watches
- Severe Weather Outlook
- Tornado Survivor Stories
- StormReady!
- Tornado Archive
- Lightning Safety
- Flood Safety
- Outreach and Education
- Links and Partners



Auswahl 1: 1 Stimme (11%)

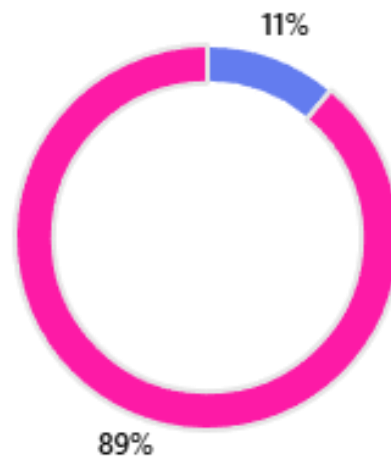
Selbstschutz durch Schutz des Kopfes vor herumfliegenden Teilen. Ergänzt wird das Bild durch fünf Bulletpoints, die unter anderem das Verhalten zu Hause, in der Arbeit, im Freien und im Auto behandeln.

<https://www.weather.gov/safety/tornado-during>

Auswahl 2: 8 Stimmen (89%)

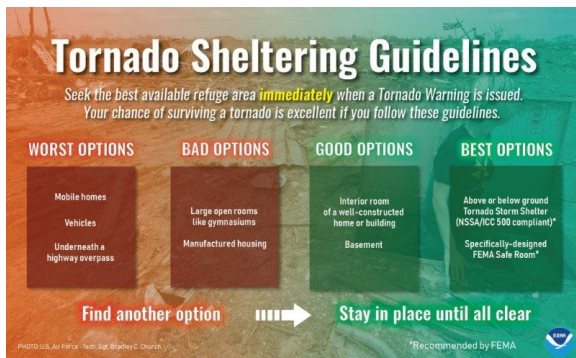
Häufig in den USA genutzte Grafik zur Darstellung der sicheren Orte in einem Gebäude.

https://www.weather.gov/images/mob/WxPrep/Severe_AL/NWS_Tor_Safety.png

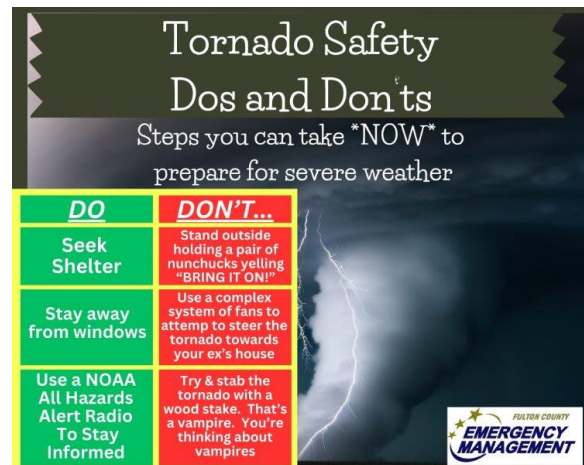


Frage 23: Selbstschutz bei Tornados

1



2



Auswahl 1: 7 Stimmen (78%)

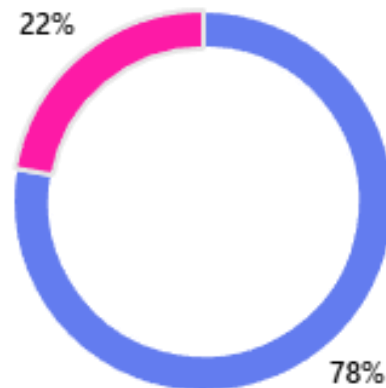
Infografik zu nicht geeigneten und geeigneten Orten um sich vor einem Tornado zu schützen.

<https://www.weather.gov/safety/tornado-during>

Auswahl 2: 2 Stimmen (22%)

Facebook Post der Fulton County Emergency Services and Disaster Agency zu Handlungen die man bei Tornadogefahr machen soll und was man nicht machen sollte.

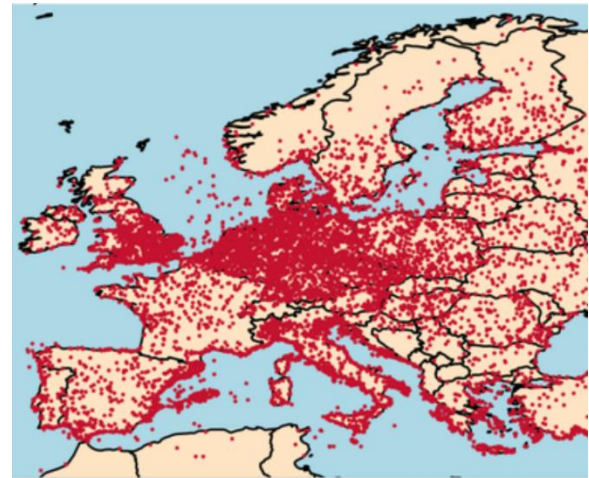
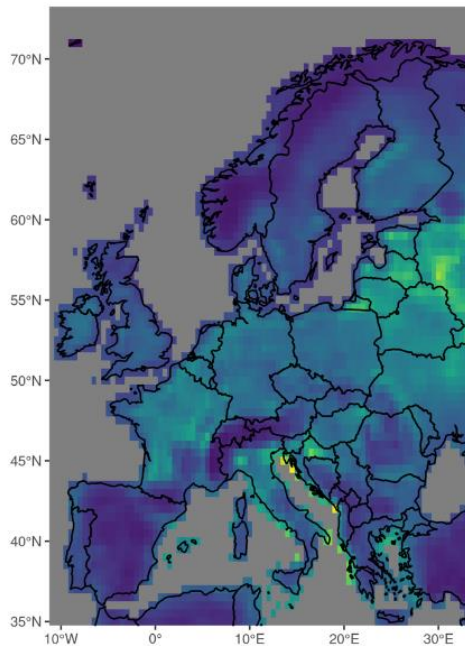
<https://www.facebook.com/photo.php?fbid=957234026599223&id=100069379022193&set=a.158094793179821>



Frage 24: Auftreten von Tornados

1

2

**Auswahl 1: 1 Stimme (11%)**

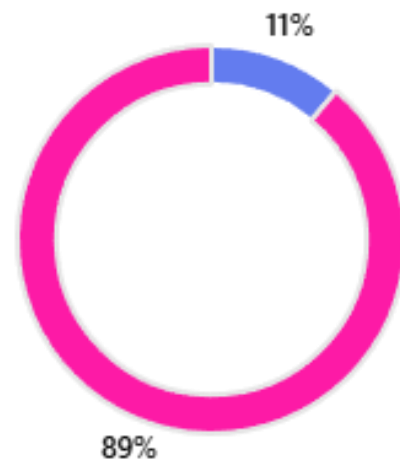
Europakarte mit Darstellung der Dichte von Tornadoereignissen. Die Karte ist aus einer wissenschaftlichen Publikation und beinhaltet bereinigte Daten, da es bei den Tornadomeldungen Gebiete gibt, in denen es zu Unterschätzungen kommt (z.B. Beeinflussung durch Bevölkerungsdichte).

https://www.researchgate.net/figure/Tornado-occurrence-rate-per-100-years-and-10-000-km2-obtained-from-the-output-of-the_fig5_343108605

Auswahl 2: 8 Stimmen (89%)

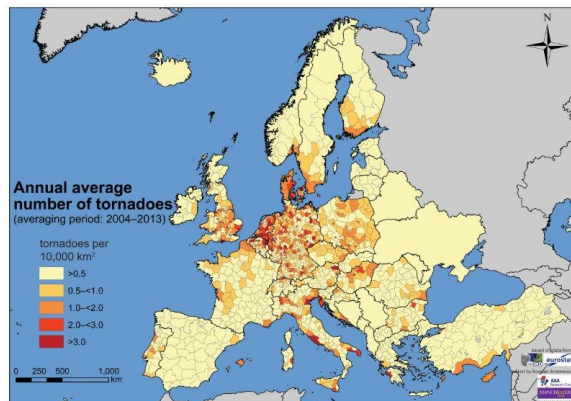
Darstellung einzelnen Tornadoberichte in der Periode 2005 bis 2019 auf Basis der ESWD. In dieser Darstellung kommt es an Landesgrenzen oft zu Sprüngen in der Meldehäufigkeit von Tornados. Siehe BENELUX-Staaten versus Nordfrankreich.

https://www.researchgate.net/figure/Locations-of-European-Severe-Weather-Database-ESWD-tornado-reports-a-all-recorded_fig2_343108605

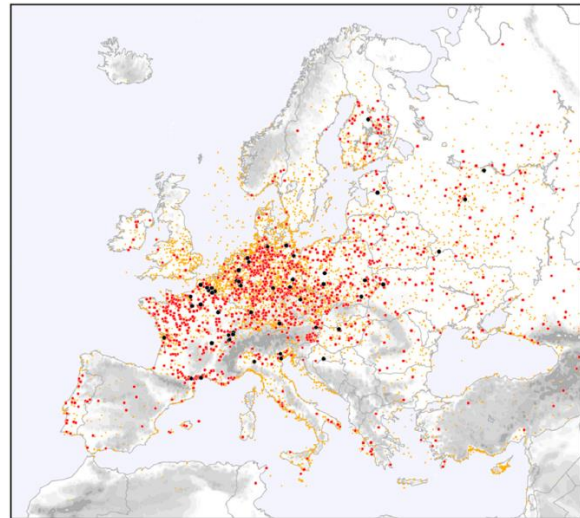


Frage 25: Auftreten von Tornados

1



2



Auswahl 1: 4 Stimmen (44%)

Europakarte mit der durchschnittlichen Anzahl von Tornados zwischen 2004 und 2013, dargestellt auf Ebene politischer Bezirke (NUTS 3 Regionen).

<https://bogdanantonescu.net/blog/2014/9/18/tornadoes-in-europe>

Auswahl 2: 5 Stimmen (56%)

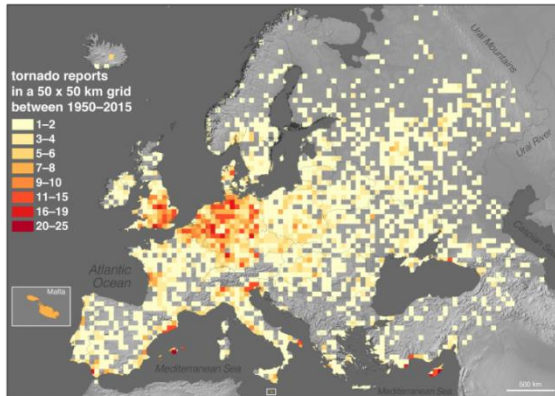
Auf der zweiten Karte werden alle Tornadoereignisse der ESWD dargestellt. Gelbe Punkte repräsentieren schwache Tornados oder Wasserhosen, schwarze Punkte repräsentieren Tornados der höchsten Kategorien F4 und F5.

https://www.researchgate.net/figure/Locations-of-all-tornado-reports-contained-in-the-European-Severe-Weather-Database_fig1_266680891

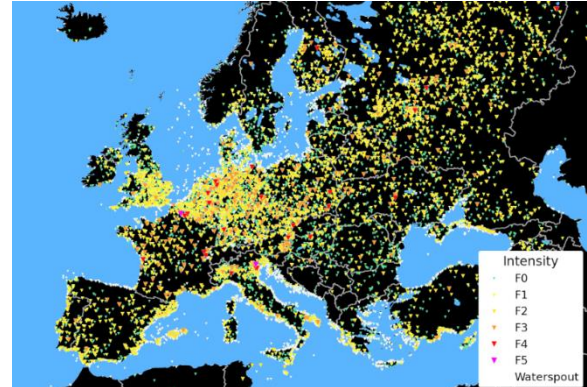


Frage 26: Auftreten von Tornados

1



2

**Auswahl 1: 5 Stimmen (56%)**

Tornadodichte 1950 bis 2015 auf einem 50 x 50 km Raster.

<https://www.manchester.ac.uk/about/news/european-tornadoes-are-unrecognised-threat-say-university-experts>

Auswahl 2: 4 Stimmen (44%)

Tornadoberichte von 1900 bis 2021 auf Basis von ESWD Daten. Gelbe Punkte repräsentieren schwache Tornados, rote Punkte starke Tornados.

<https://eumetrain.org/resources/24th-june-2021-violent-tornado-southern-moravia-risk-communication-damage-surveying-and>



Bei der Evaluierung der **Selbstschutzmaßnahmen** wurden seitens der Expert*innen klar Grafiken mit weniger Text bevorzugt. Dies lässt darauf schließen, dass das schnelle, visuelle Erfassen von Schutzmaßnahmen für die Expert*innen einen höheren Stellenwert hat als zu viele Textelemente. Die höchste Übereinstimmung hatten die Expert*innen bei Frage 22, wo eine Infografik von der Schutzhaltung und Bullet Points einer fast rein visuellen Grafik über die sicheren Räume in einem Gebäude gegenübergestellt wurden. Alle außer eine Person bevorzugte zweite Darstellung.

Bei **Visualisierungen** von Tornados in Europa, die dazu führen sollen, dass der Öffentlichkeit verständlich gemacht wird, dass nicht nur in den USA Tornados auftreten können, gab es eine leichte Präferenz zu punktuellen Darstellungen gegenüber flächigen Darstellungen, wobei die Unterschiede aufgrund der geringen Anzahl der Befragten nicht repräsentativ sind.

Vielmehr scheint die Qualität der grafischen Ausarbeitung und Wahl der Farbgebung einen Unterschied zu machen. Bei der Gegenüberstellung in Frage 24 wählten alle außer eine Person die Grafik mit den einzelnen Tornadoereignissen. Dies könnte an der Farbgebung der ersten Karte mit der flächigen Darstellung liegen. In dieser Karte wurde nämlich kein Farbschema gewählt, welches Gefahr suggeriert. Gebiete mit wenigen Tornados wurden blau hinterlegt und das Farbschema wechselt dann von Grüntönen bis ins Gelbliche für Gebiete mit größerer Tornadoinzidenz.

Verständlichkeit und Wirksamkeit von Kommunikationsformaten für Selbstschutzmaßnahmen bei Tornados

Im Rahmen der Expertenumfrage wurden verschiedene Kommunikationsformate hinsichtlich ihrer Verständlichkeit und Effektivität zur Vermittlung von Schutzmaßnahmen bei Tornados bewertet. Die Expert*innen vergaben ihre Einschätzungen auf einer Skala von 0 (kein Einfluss) bis 5 (sehr starker Einfluss).

Tabelle 3: Welche Kommunikationsformate sind laut den Expert*innen am besten geeignet, um Schutzmaßnahmen bei Tornados zu kommunizieren. Die Skala reicht von 0 (kein Einfluss) bis 5 (sehr starker Einfluss).

Comprehensibility & effectiveness of communication forms for protective measures.	Durchschnitt	Standardabweichung
Illustrations	4,6	0,26
Accounts from affected individuals	3,9	0,63
Videos/animated films	3,8	0,78
Bullet Points	3,4	0,57
Comic strips	3,3	0,56
Interactive online tools or apps	3,3	0,75
Explanatory text (A5 page)	1,6	0,62

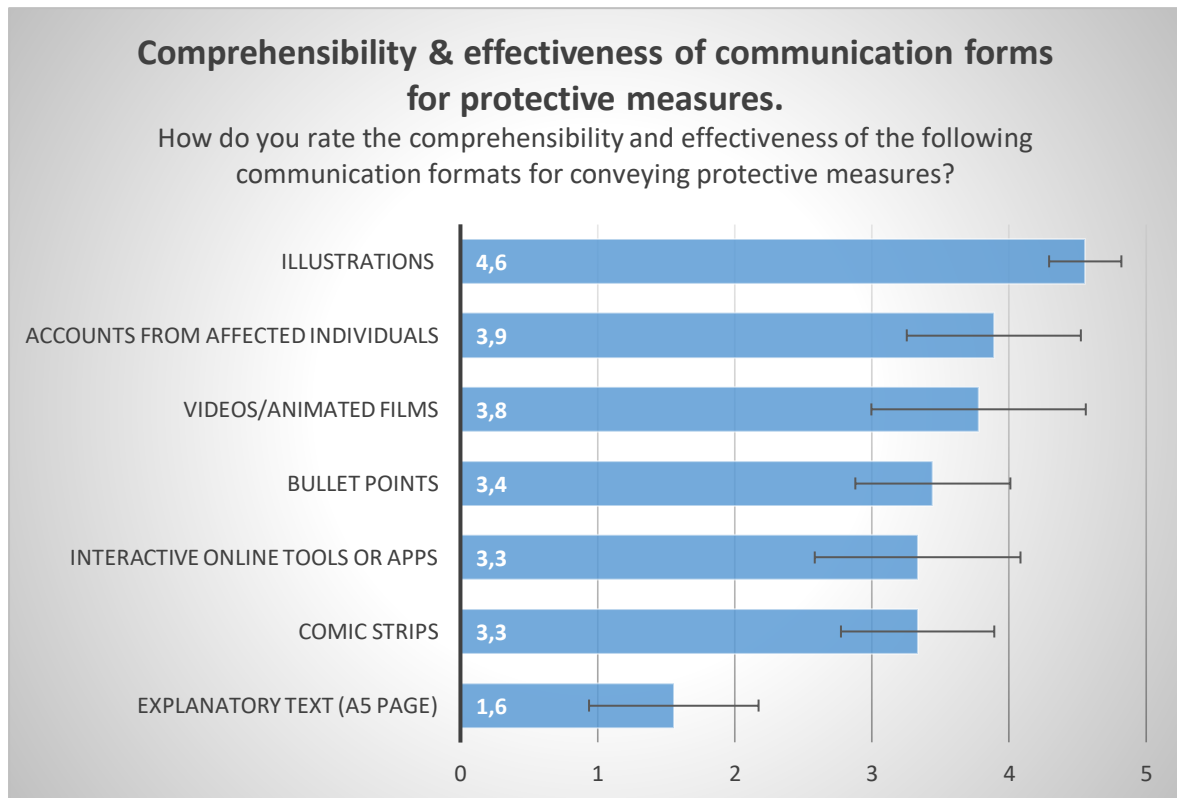


Abbildung 13: Grafische Darstellung der Ergebnisse. Die Mittelwerte der Expertenantworten sind als blaue Balken dargestellt, die Standardabweichung aus den Antworten als schwarze Striche.

Die Auswertung der Expertenumfrage zur Verständlichkeit und Wirksamkeit verschiedener Kommunikationsformate für Selbstschutzmaßnahmen bei Tornados zeigt ein klares Bild der Präferenzen und Einschätzungen der Fachleute. Am höchsten bewertet wurden Illustrationen, die mit einem Durchschnittswert von 4,6 (auf einer Skala von 0 bis 5) als besonders effektiv und verständlich eingeschätzt werden. Die Expert*innen betonen, dass visuelle Darstellungen es ermöglichen, die wichtigsten Schutzmaßnahmen schnell und intuitiv zu erfassen, was gerade in Gefahrensituationen entscheidend ist. In den individuellen Kommentaren wird hervorgehoben, dass klare, visuelle Darstellungen besonders geeignet sind, um die Aufmerksamkeit der Bevölkerung zu gewinnen und die Kernbotschaften unmittelbar zu vermitteln. Zu viel Text oder komplexe Erklärungen werden hingegen als hinderlich angesehen.

Ebenfalls positiv bewertet wurden Erfahrungsberichte von Betroffenen, wie sie beispielsweise nach dem Tornadoereignis in der Tschechischen Republik 2021 verbreitet wurden. Mit einem Mittelwert von 3,9 bieten solche Accounts einen emotionalen Zugang und können das Risikobewusstsein in der Bevölkerung stärken. Videos und animierte Filme schneiden mit einem Mittelwert von 3,8 ähnlich gut ab, da sie komplexe Sachverhalte anschaulich vermitteln und eine breite Zielgruppe erreichen.

Bullet Points, also kurze, prägnante Sätze, werden mit 3,4 als solide, aber weniger herausragend eingeschätzt. Diese liegen aber deutlich vor klassischen Erklärungen mittels Fließtexten.

Interaktive Online-Tools oder Apps sowie Comicstrips liegen mit jeweils 3,3 im Mittelfeld. Während interaktive Formate besonders für jüngere Zielgruppen oder zur Vertiefung geeignet sind, können Comicstrips komplexe Inhalte auflockern und spielerisch vermitteln. Ein Experte merkt hierzu an, dass seriöse Online-Spiele sicherlich effektiv sind, das Thema jüngeren Zielgruppen zu vermitteln, hier jedoch einiges an Entwicklungsarbeit eingeplant werden muss.

Deutlich abgeschlagen ist das klassische Fließtext-Format: Längere erklärende Texte (etwa eine A5-Seite) werden mit einem Mittelwert von nur 1,6 als am wenigsten wirksam bewertet. Die Expert*innen sind sich einig, dass solche Texte für die schnelle Vermittlung von Schutzmaßnahmen ungeeignet sind und von der breiten Bevölkerung oft nicht vollständig gelesen werden. Laut den Expert*innen werden längere Texte in der Praxis kaum wahrgenommen, jedoch betont ein Experte die Möglichkeit, dass zwar jüngere Personen sich stärker von Kurzvideos und sozialen Medien angesprochen fühlen, während ältere Personen eventuell besser durch Illustrationen und auch längere Texte abgeholt werden können.

Insgesamt unterstreichen die Ergebnisse, dass für eine effektive Risikokommunikation zu Tornados in Europa vor allem visuelle, klar strukturierte und handlungsorientierte Formate eingesetzt werden sollten. Illustrationen und anschauliche Erfahrungsberichte stehen dabei im Mittelpunkt, während längere Fließtexte möglichst vermieden werden sollten. Ergänzend können Bullet Points, Videos und interaktive Tools genutzt werden, um unterschiedliche Zielgruppen anzusprechen und das Selbstschutzbewusstsein nachhaltig zu stärken. Die individuellen Rückmeldungen der Expert*innen bestätigen und konkretisieren diese Einschätzungen und liefern wertvolle Hinweise für die zielgruppengerechte Gestaltung künftiger Kommunikationsstrategien.

Effektivste Kommunikationswege zur Vermittlung von Risiken und Schutzmaßnahmen

Die Auswertung der Expertenumfrage zur Frage, wie die Öffentlichkeit am besten mit Informationen über Tornadorisiken und Schutzmaßnahmen erreicht werden kann, zeigt eine klare Priorisierung durch die befragten Fachleute. Die Expert*innen ordneten acht verschiedene Kommunikationskanäle nach ihrer Wirksamkeit. Besonders auffällig ist, dass die Integration von Tornadothemen in die Schulbildung und den Lehrplan mit deutlichem Abstand als effektivster Weg angesehen wird, um ein nachhaltiges Risikobewusstsein in der Bevölkerung zu etablieren. Sechs von neun Expert*innen setzten diesen Kanal auf den ersten Platz, und niemand wählte ihn als letzte Option. Laut den Expert*innen scheint die frühzeitige und systematische Vermittlung von Wissen über Naturgefahren und Selbst-

schutzmaßnahmen bei Kindern und Jugendlichen die größte Wirkung zu haben ein grundlegendes Verständnis zu schaffen, das langfristig in die Gesellschaft wirkt.

Auf den weiteren Plätzen folgen Social-Media-Kampagnen von Wetterdiensten und Forschungseinrichtungen, sowie die klassische Nachrichtenberichterstattung über Fernsehen, Radio und Zeitungen. Social Media wird insbesondere für die Ansprache jüngerer und digital affiner Zielgruppen als sehr wirksam eingeschätzt, da hier Warnungen und Verhaltenshinweise schnell und zielgerichtet verbreitet werden können. Die klassischen Nachrichtenmedien bleiben jedoch für die breite Information der Bevölkerung, insbesondere bei akuten Warnlagen, weiterhin relevant. Social-Media-Kampagnen wurden einmal auf Platz 1 gesetzt und rangieren im Durchschnitt auf Platz 2,3, während Nachrichtenmedien zweimal auf Platz 1 gewählt wurden (Durchschnitt 2,8).

Lokale Multiplikatoren wie Feuerwehr, Bürgermeister oder andere Gemeindevertreter, sowie nationale Informationskampagnen werden von den Expert*innen als unterstützende Kanäle gesehen, die das Vertrauen in die vermittelten Botschaften stärken und die Reichweite erhöhen können. Sie wurden jedoch selten auf den ersten Platz gesetzt und teilweise auch auf die hinteren Ränge verwiesen. Dokumentationen, Flyer in öffentlichen Gebäuden und Informationsstände bei Veranstaltungen werden hingegen als weniger prioritär bewertet. Flyer und Informationsstände wurden von den Expert*innen am häufigsten auf den letzten Platz gesetzt (drei bzw. vier Mal). Sie spielen eine ergänzende Rolle, sind aber für die breite und nachhaltige Risikokommunikation aus Expertensicht weniger zentral.

In den offenen Kommentaren der Umfrage wird zudem betont, dass die Kombination von verschiedenen Kanälen sinnvoll ist, für Wetterdienste es aber auch genügen würde sich auf zwei oder drei Kommunikationskanäle zu konzentrieren. Ein/e Expert*in weist darauf hin, dass der Ausbau von mobilen Alarmierungssystemen, also verbesserten Wetterwarnungen, ein wichtiger Kommunikationsweg ist, der nicht außer Acht gelassen werden sollte.

Insgesamt zeigt die Auswertung, dass für eine erfolgreiche Kommunikation von Tornadorisiken und Schutzmaßnahmen eine multimodale Strategie erforderlich ist. Die Integration von Tornadothemen in den Schulunterricht und gezielte Social-Media-Kampagnen gelten als Schlüsselstrategien, um das Bewusstsein und die Selbstschutzkompetenz in der Bevölkerung nachhaltig zu stärken. Ergänzend dazu bleiben klassische Medien relevant, während lokale Multiplikatoren und Informationsmaterialien die Glaubwürdigkeit und Reichweite der Kommunikation erhöhen können. Die explizite Betrachtung, wie oft ein Kanal auf den ersten oder letzten Platz gesetzt wurde, unterstreicht die klare Präferenz der Expert*innen für schulische Bildung und digitale Ansprache.

Tabelle 4: Auswertung der präferierten Kommunikationswege zur Vermittlung des Tornadorisikos und von Selbstschutzmaßnahmen bei Tornados. Die Expert*innen mussten die Kommunikationswege von der - ihrer Meinung nach - besten Option (Platz 1) bis zur ungeeignetsten Option (Platz 8) sortieren.

Kommunikationsweg	Durchschnittlicher Rang	Häufigkeit Platz 1	Häufigkeit letzter Platz
Schulbildung / Lehrplan	1,7	6	-
Social-Media-Kampagnen von Wetterdiensten / Forschungseinrichtungen	2,3	1	-
Nachrichten (TV, Radio, Zeitung)	2,8	2	-
Lokale Multiplikatoren (Feuerwehr, Bürgermeister etc.)	4,8	-	1
Nationale Informationskampagnen (Ministerien)	5,0	-	-
Dokumentationen (TV, Radio, Zeitung)	5,7	-	1
Flyer in öffentlichen Gebäuden	6,7	-	3
Informationsstände bei öffentlichen Veranstaltungen	7,1	-	4



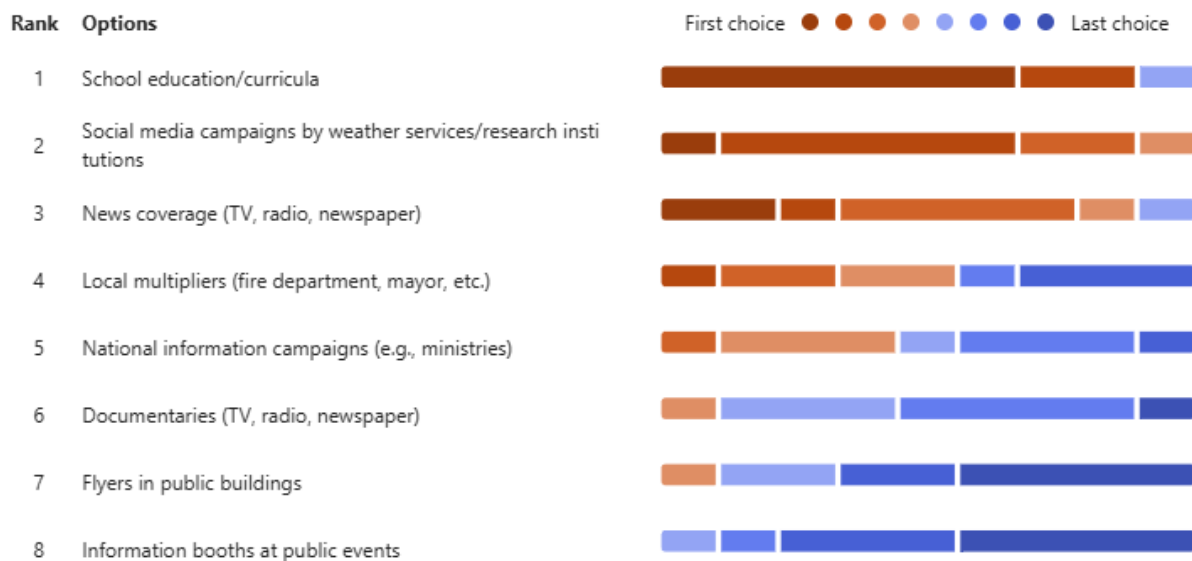


Abbildung 14: Detailbewertung der Expert*innen der geeignetsten Kommunikationswege.

Herausforderungen in der Tornado-Risikokommunikation

Die befragten Expert*innen benennen eine Reihe zentraler Herausforderungen in der Risikokommunikation, die die effektive Kommunikation von Tornadorisiken in Europa derzeit erschweren:

- **Seltenheit und Wahrnehmung des Risikos:** Tornados sind in vielen Regionen Europas seltene Ereignisse. Für die meisten Menschen ist das Risiko daher weit von ihrer Alltagsrealität entfernt, was es schwierig macht, Aufmerksamkeit und Relevanz für das Thema zu erzeugen.
- **Unterschiedliches Bildungsniveau:** Die Heterogenität im Bildungsstand der Bevölkerung erschwert die Vermittlung naturwissenschaftlicher Grundlagen. Es besteht ein Bedarf an umfassenderer und konsistenter naturwissenschaftlicher Bildung sowie an gesteigertem öffentlichem Interesse an Naturgefahren.
- **Fehlwarnungen:** Die Häufigkeit von Fehlalarmen stellt ein zentrales Problem dar. Sie können das Vertrauen in Warnsysteme untergraben und dazu führen, dass Warnungen weniger ernst genommen werden.
- **Kommunikation von Unsicherheiten:** Die Vermittlung von Unsicherheiten und Wahrscheinlichkeiten in Wettervorhersagen ist schwierig. Viele Menschen nehmen die Möglichkeit eines Tornados nicht ernst, selbst wenn eine Warnung ausgegeben wird.
- **Kluft zwischen Expertenwissen und Alltagssprache:** Es besteht eine große Herausforderung darin, komplexes Expertenwissen in eine für die breite Bevölkerung verständliche Sprache zu übersetzen. Die Menschen müssen nicht nur wissen, was zu tun ist, sondern auch die Hintergründe und Konsequenzen verstehen.

- **Erreichbarkeit vulnerabler Gruppen:** Besonders schwierig ist es, Bevölkerungsgruppen zu erreichen, die keinen Zugang zu digitalen Medien haben, in Gebieten ohne Mobilfunksignal leben oder mit kognitiven bzw. körperlichen Einschränkungen konfrontiert sind.
- **Verständnis, Vertrauen und Handlungsbereitschaft:** Die eigentliche Herausforderung besteht nicht nur darin Warnungen zu versenden, sondern sicherzustellen, dass diese verstanden werden sowie Vertrauen initiieren und schließlich zu sofortigem Handeln führen.
- **Technische und meteorologische Limitationen:** Die Prognose und Detektion von Tornados ist nach wie vor schwierig, insbesondere wegen der geringen Größe vieler europäischer Tornados und deren - aufgrund der besseren Bauweise in Europa - geringerer Trümmer-Signaturen¹, sowie der technischen Grenzen der Radarsysteme. Dies erschwert die Kommunikation zusätzlich.

Verbesserungen und Innovationen die in der Zukunft wichtig sein werden

Die Expert*innen sehen verschiedene Ansatzpunkte, um sowohl die Risikokommunikation als auch Tornadowarnungen durch Wetterdienste in den kommenden Jahren zu verbessern:

- **Verbesserung der Vorhersage- und Warnsysteme:** Fortschritte in der Prognose und eine höhere räumliche Präzision der Warnungen werden als entscheidend angesehen. Eine größere Zuverlässigkeit und das Vertrauen der Meteorolog*innen in die eigenen Wetterwarnungen könnten dazu führen, dass der Begriff „Tornado“ häufiger in Wetterberichten und Warnungen verwendet wird, was wiederum das öffentliche Bewusstsein stärkt.
- **Stärkung der naturwissenschaftlichen Bildung:** Eine bessere und frühere Vermittlung von Wissen über Naturgefahren in Schulen wird als zentral für die langfristige Sensibilisierung betrachtet.
- **Gezielte Social-Media-Kampagnen:** Die Nutzung sozialer Medien wird als wichtiger Hebel gesehen, um insbesondere jüngere Zielgruppen zu erreichen und das Risikobewusstsein zu erhöhen.
- **Robuste, redundante Warnsysteme:** Neben modernen digitalen Warnsystemen werden auch klassische, bewährte Methoden wie Sirenen als unverzichtbar angesehen, insbesondere für Situationen, in denen Mobilfunknetze oder Strom

¹ „Debris Signature“: Die Debris Signature ist ein charakteristisches Radarmerkmal, das entsteht, wenn ein Tornado Trümmer (z.B. Gebäudeteile, Vegetation) in die Luft wirbelt. Diese Trümmer reflektieren die Radarstrahlen besonders stark und erzeugen auf dem Radarbild eine kleine, rundliche Zone mit sehr hoher Reflektivität, meist nahe am Zentrum des Tornados (Gray, 2025).

ausfallen.

- **Mobile Warnsysteme:** Die Einführung und Weiterentwicklung von mobilen Warnsystemen (z. B. Cell Broadcast) wird als wichtiger Schritt für die Zukunft betrachtet.
- **Künstliche Intelligenz in Wettermodellen:** Der Einsatz von KI zur Verbesserung der Wettermodelle und Warnsysteme wird als vielversprechende Innovation genannt.
- **Bessere Gewitterwarnungen:** Die Verbesserung von Gewitterwarnungen, die einzelne Gewitterzellen identifizieren, wird als notwendig erachtet. Dies ist verbunden mit besseren Algorithmen, die in Gewitterzellen Tornados detektieren können, um dadurch gezielt die Bewohner*innen die sich an der vorhergesagten Tornadotrajektorie befinden, warnen können.

Weitere relevante Aspekte

Einige Expert*innen heben hervor, dass selbst bei perfekten Warnungen die Herausforderung bleibt, die Bevölkerung zu motivieren, die richtigen Entscheidungen zu treffen und angemessen zu handeln. Dies erfordert eine fundierte Kommunikationsstrategie, die nicht nur auf die Übermittlung von Informationen, sondern auch auf die Förderung von Risikokompetenz und Handlungsbereitschaft abzielt. Zudem wird die Förderung familiärer und gemeinschaftlicher Notfallvorsorge als ergänzender Aspekt genannt.

Fazit

Die Experteninterviews verdeutlichen, dass die Risikokommunikation zu Tornados in Europa vor komplexen Herausforderungen steht, die sowohl technischer, gesellschaftlicher als auch kommunikativer Natur sind. Für eine nachhaltige Verbesserung sind Innovationen in der Vorhersage, eine zielgruppengerechte Ansprache, die Nutzung vielfältiger Kommunikationskanäle und eine Stärkung der naturwissenschaftlichen Bildung unerlässlich. Nur so kann das Bewusstsein für Tornadorisiken und die Bereitschaft zu angemessenem Selbstschutz in der Bevölkerung langfristig gestärkt werden.

Ein besonderer Aspekt ist das teils fehlende Wissen über das Auftreten von Tornados, welches laut den Expert*innen in verschiedenen Ländern recht unterschiedlich ausgeprägt ist. Im nachfolgenden Kapitel wird daher versucht einen Zusammenhang zwischen der Tornadoinzidenz und des Bewusstseins von Tornadorisiken zu untersuchen.

4.3 Korrelation zwischen Tornadodichte und Bewusstsein von Tornado-Risken

Die qualitative Literaturanalyse und die Experteninterviews zeigen ein teils signifikantes Informations- und Bewusstseinsdefizit in der Bevölkerung: In den meisten europäischen Ländern wissen laut Expert*innen nur 20–60 % der Menschen, dass Tornados dort überhaupt auftreten können. Der Anteil von Personen, die über adäquate Schutzmaßnahmen Bescheid wissen wird von den Expert*innen als noch geringer eingeschätzt.

Im Rahmen der Experteninterviews wurde immer wieder betont, dass es meist einen Zusammenhang zwischen der Anzahl an Tornados in einer Region und dem Wissen über dieses Phänomen und Schutzmaßnahmen besteht. Dies deckt sich auch mit Abbildung 4, die die Abnahme des Gefahrenwissens nach einem Ereignis erläutert.

Um die Beziehung zwischen der Tornadodichte in einem Land und dem Anteil der Bevölkerung, der weiß, dass Tornados dort auftreten können, zu untersuchen, wurden die Daten aus Tabelle 5 analysiert. Für die Tornadodichte wurde die Anzahl der Tornados pro 1.000 km² (Antonescu, Schultz, Holzer, & Groenemeijer, 2017, S. 716 f.) verwendet, für den Bewusstseinsgrad der Mittelwert der angegebenen Prozentspanne pro Land aus den Experteninterviews.

Tabelle 5: Vergleich der Tornadodichte in Europäischen Staaten (Antonescu, Schultz, Holzer, & Groenemeijer, 2017, S. 716 f.) mit den Ergebnissen der Experteninterviews zu deren Einschätzung wie hoch der Anteil der Bevölkerung ist, die sich bewusst sind, dass in ihrem Land Tornados auftreten können („Bewusstseinsgrad“).

Land	Tornadodichte (pro 1.000 km ²)	Bewusstseinsgrad von Tornadorisiken (%)	Bewusstseinsgrad (Mittelwert, %)
Deutschland	2,9	60 - 80 %	70%
Niederlande	2,3	60 - 80 %	70%
Italien	1,2	40 - 60 %	50%
Ungarn	1,0	20 - 40 %	30%
Polen	1,0	20 - 40 %	30%
Portugal	0,6	40 - 60 %	50%
Frankreich	0,6	40 - 60 %	50%
Kroatien	0,5	40 - 60 %	50%
Österreich	0,4	20 - 40 %	30%

Um den Zusammenhang zwischen der Tornadodichte in einem Land und dem Anteil der Bevölkerung, der weiß, dass Tornados dort auftreten können, zu analysieren, wurde der Pearson-Korrelationskoeffizient r berechnet. Der Pearson-Koeffizient ist ein etabliertes statistisches Maß, das die Stärke und Richtung des linearen Zusammenhangs zwischen zwei metrischen Variablen beschreibt. Ein Wert von r nahe +1 zeigt einen starken positiven

Zusammenhang an, während ein Wert nahe 0 auf keinen linearen Zusammenhang hinweist. Die Berechnung erfolgte auf Basis der erhobenen Daten, um objektiv zu prüfen, ob und wie stark die beiden Merkmale miteinander verbunden sind (Kuckartz, Rädikler, Ebert, & Schehl, 2010, S. 194).

Der Pearson-Korrelationskoeffizient r berechnet sich nach folgender Formel:

$$r = \frac{\sum_{i=1}^n (x_i - \bar{x})(y_i - \bar{y})}{\sqrt{\sum_{i=1}^n (x_i - \bar{x})^2} \cdot \sqrt{\sum_{i=1}^n (y_i - \bar{y})^2}}$$

- x_i : Wert der ersten Variable (Tornadodichte)
- y_i : Wert der zweiten Variable (Bewusstseinsgrad)
- $\bar{x}$: Mittelwert der ersten Variable
- $\bar{y}$: Mittelwert der zweiten Variable
- n : Anzahl der Wertepaare

Für die vorliegenden Daten der Tornadodichte und des Bewusstseinsgrads in den neun Ländern gilt:

- Tornadodichte (x): [0,4; 0,5; 1,0; 2,9; 1,0; 0,6; 1,2; 2,3; 0,6]
- Bewusstseinsgrad (y): [30; 50; 30; 70; 30; 50; 50; 70; 50]
- Mittelwert Tornadodichte ($\bar{x}$): 1,1667
- Mittelwert Bewusstseinsgrad ($\bar{y}$): 47,78

Eingesetzte Formel:

$$r = \frac{\sum_{i=1}^9 (x_i - 1,1667) \cdot (y_i - 47,78)}{\sqrt{\sum_{i=1}^9 (x_i - 1,1667)^2} \cdot \sqrt{\sum_{i=1}^9 (y_i - 47,78)^2}}$$

$$r = \frac{79,33}{108,50} = \mathbf{0,73}$$

Der berechnete Pearson-Korrelationskoeffizient beträgt also:

$$r = 0,73$$

In der Praxis gilt (Kuckartz, Rädikler, Ebert, & Schehl, 2010, S. 195):

- 0,1–0,1: kein Zusammenhang
- 0,1–0,3: schwacher Zusammenhang
- 0,3–0,5: mittlerer Zusammenhang
- 0,5–0,7: starker Zusammenhang
- **0,7–1,0: sehr starker Zusammenhang**

Ein Wert von **+0,73** zeigt einen **starken positiven linearen Zusammenhang**: Steigt der Wert der einen Variable (z. B. Tornadodichte), steigt tendenziell auch der Wert der anderen Variable (z. B. Bewusstseinsgrad in der Bevölkerung).

Nachdem der Korrelationskoeffizient r die Stärke und Richtung des Zusammenhangs zwischen den untersuchten Variablen beschreibt, gibt der p-Wert im nächsten Schritt Auskunft darüber, ob dieser beobachtete Zusammenhang auch statistisch signifikant ist.

Um zu prüfen, ob der beobachtete Korrelationskoeffizient r signifikant von Null abweicht, wird zunächst eine Teststatistik t berechnet (Prüfgröße der Pearson-Korrelation):

$$t = \frac{r \cdot \sqrt{n-2}}{\sqrt{1-r^2}}$$

- r : ermittelter Pearson-Korrelationskoeffizient
- n : Anzahl der Untersuchungseinheiten

Der p-Wert ergibt sich dann aus der t-Verteilung mit $n-2$ Freiheitsgraden:

- Für einen zweiseitigen Test:

$$p = 2 \cdot (1 - \text{CDF}_{t,n-2}(|t|))$$

wobei $\text{CDF}_{t,n-2}$ die kumulative Verteilungsfunktion der t-Verteilung ist.

$$\text{CDF}(x) = \frac{\text{Anzahl der Werte} \leq x}{\text{Gesamtzahl der Werte}}$$

Für die vorliegenden Daten gilt also:

Gegeben: $r = 0,73$ $n = 9$

Berechnung der Teststatistik:

$$t = \frac{0,73 \cdot \sqrt{9-2}}{\sqrt{1-0,73^2}} = \frac{0,73 \cdot \sqrt{7}}{\sqrt{1-0,5329}} = \frac{0,73 \cdot 2,6458}{\sqrt{0,4671}} = \frac{1,9314}{0,6834} = 2,83$$

Berechnung des p-Werts:

- Die t-Statistik beträgt $t = 2,83$
- Die Freiheitsgrade sind $n - 2 = 7$

Der zweiseitige p-Wert ergibt sich aus der t-Verteilung:

$$p = 2 \cdot (1 - \text{CDF}_{t,7}(2,83)) \approx 0,026$$

Ein p-Wert von ca. 0,026 bedeutet, dass die Wahrscheinlichkeit, einen so starken oder stärkeren Zusammenhang zufällig zu beobachten, bei nur etwa 2,6 % liegt. Da dieser Wert unter dem üblichen Signifikanzniveau von 0,05 liegt, ist der Zusammenhang statistisch signifikant (Tenny & Abdelgawad, 2023).

5 Diskussion

5.1 Interpretation der Ergebnisse

Die Interpretation der Ergebnisse stellt einen zentralen Abschnitt dieser Masterarbeit dar und dient dazu, wesentlichen Befunde aus der empirischen Untersuchung und der Literaturanalyse in einen übergeordneten Kontext einzuordnen. Ziel ist es, die gewonnenen Erkenntnisse zur Risikokommunikation und zum Bewusstsein für Tornadogefahren in Österreich und Europa systematisch zu reflektieren und hinsichtlich ihrer Bedeutung für Wissenschaft, Praxis und Gesellschaft zu bewerten.

Im Mittelpunkt steht die Frage, wie Bevölkerung und Institutionen Tornadorisiken wahrnehmen, welche Wissensstände und Einstellungen vorherrschen und welche Faktoren das Risikobewusstsein maßgeblich beeinflussen. Die Ergebnisse werden dabei nicht isoliert betrachtet, sondern im Lichte bestehender Forschung, institutioneller Rahmenbedingungen und gesellschaftlicher Entwicklungen diskutiert. Besonderes Augenmerk gilt den Wechselwirkungen zwischen medialer Berichterstattung, institutionellen Strukturen und individuellen Schutzkompetenzen.

Die Analyse berücksichtigt sowohl individuelle als auch institutionelle Perspektiven und beleuchtet inwiefern bestehende Kommunikationsstrategien, Bildungssysteme und Warnsysteme zur Sensibilisierung der Bevölkerung beitragen oder bestehende Defizite verstärken. Dabei werden auch regionale, alters- und bildungsbezogene Unterschiede sowie die Rolle von Medien und Social Media in der Risikowahrnehmung herausgearbeitet.

Im Folgenden werden die zentralen Erkenntnisse aus den Experteninterviews und der Literaturanalyse zusammengefasst und hinsichtlich ihrer Relevanz für die Weiterentwicklung der Risikokommunikation zu Tornados in Europa interpretiert. Ziel ist es, ein umfassendes Bild der aktuellen Situation, der bestehenden Herausforderungen und der notwendigen Handlungsfelder zu zeichnen, um die Resilienz gegenüber Tornadogefahren nachhaltig zu stärken.

Zentrale Erkenntnisse aus den Experteninterviews und der Literaturanalyse

Die zentralen Erkenntnisse aus den Experteninterviews und der Literaturanalyse zeigen ein facettenreiches Bild der Tornadorisikowahrnehmung und -kommunikation in Europa.

Tornados werden – insbesondere in Österreich – überwiegend als Randphänomen betrachtet. Diese Wahrnehmung führt dazu, dass das tatsächliche Gefahrenpotenzial unterschätzt wird. In der Praxis äußert sich dies in einer geringen Bereitschaft zur Eigenvorsorge: Notfallpläne fehlen häufig, und viele Menschen sehen Tornados als „amerikanisches Problem“ an, das für Europa kaum relevant sei. Selbst in Regionen mit erhöhter Tornadoaktivität bleibt das Bewusstsein für die Gefahr und die Notwendigkeit von Schutz-

maßnahmen oft gering. Die institutionelle Seite spiegelt diese Wahrnehmung wider: Nur wenige Wetterdienste in Europa verfügen über spezifische Warnsysteme oder Routinen für Tornados, was die Reaktionsfähigkeit im Ernstfall einschränkt.

Ein zentrales Ergebnis der Expertenbefragung ist das weit verbreitete Wissensdefizit in der Bevölkerung. Die Mehrheit kennt weder die spezifischen Risiken noch die richtigen Schutzmaßnahmen bei Tornados. Besonders problematisch sind verbreitete Missverständnisse: Viele Menschen filmen das Ereignis, anstatt Schutz zu suchen, oder glauben, im Auto sicher zu sein – beides sind gefährliche Fehleinschätzungen. Auch das Fehlen von Notfallplänen und das Wissen über die am besten geeigneten Schutzräume ist ein wiederkehrendes Thema. In Ländern, in denen Tornados als selten gelten, herrscht zudem größeres Unwissen darüber, wie man sich im Ernstfall verhalten soll. Die Expert*innen betonen, dass diese Defizite nicht nur auf mangelnde Information, sondern auch auf fehlende persönliche Betroffenheit, beziehungsweise Erfahrungswerte mit dieser Naturgefahr zurückzuführen sind.

Die inhaltliche Analyse der Expertenantworten und der Literatur macht deutlich, dass die mediale Berichterstattung – insbesondere über spektakuläre Ereignisse – und Social Media die wichtigsten Treiber für das Risikobewusstsein sind. Klassische Informationskampagnen und Erklärungen in Textform entfalten hingegen weniger Wirkung. Die Integration von Naturgefahren in den Schulunterricht wird von den Expert*innen als der nachhaltigste Weg zur Sensibilisierung gesehen. Social-Media-Kampagnen und klassische Nachrichtenberichterstattung sind ebenfalls wirksam, erreichen aber vor allem kurzfristige Aufmerksamkeit. Die Expertenumfrage zeigt, dass visuelle und emotional ansprechende Formate, wie Videos oder Erfahrungsberichte, besonders effektiv sind, um das Bewusstsein zu stärken und Schutzmaßnahmen zu vermitteln.

Hinsichtlich des Risikobewusstseins zeigt sich, dass dieses in Europa keineswegs homogen verteilt ist. Die Experteninterviews zeigen, dass regionale, alters- und bildungsbezogene Unterschiede eine große Rolle spielen.

In Regionen, die häufiger von Tornados betroffen sind, ist das Wissen über die Gefahr und das richtige Verhalten generell ausgeprägter. Die Befragung der Expert*innen zeigt eine starke positive Korrelation zwischen der Tornadodichte und dem Bewusstseinsgrad in der Bevölkerung. Länder mit einer höheren Tornadodichte weisen tendenziell auch einen höheren Anteil an Menschen auf, die wissen, dass Tornados im eigenen Land auftreten können. Der Zusammenhang ist statistisch signifikant ($p < 0,05$).

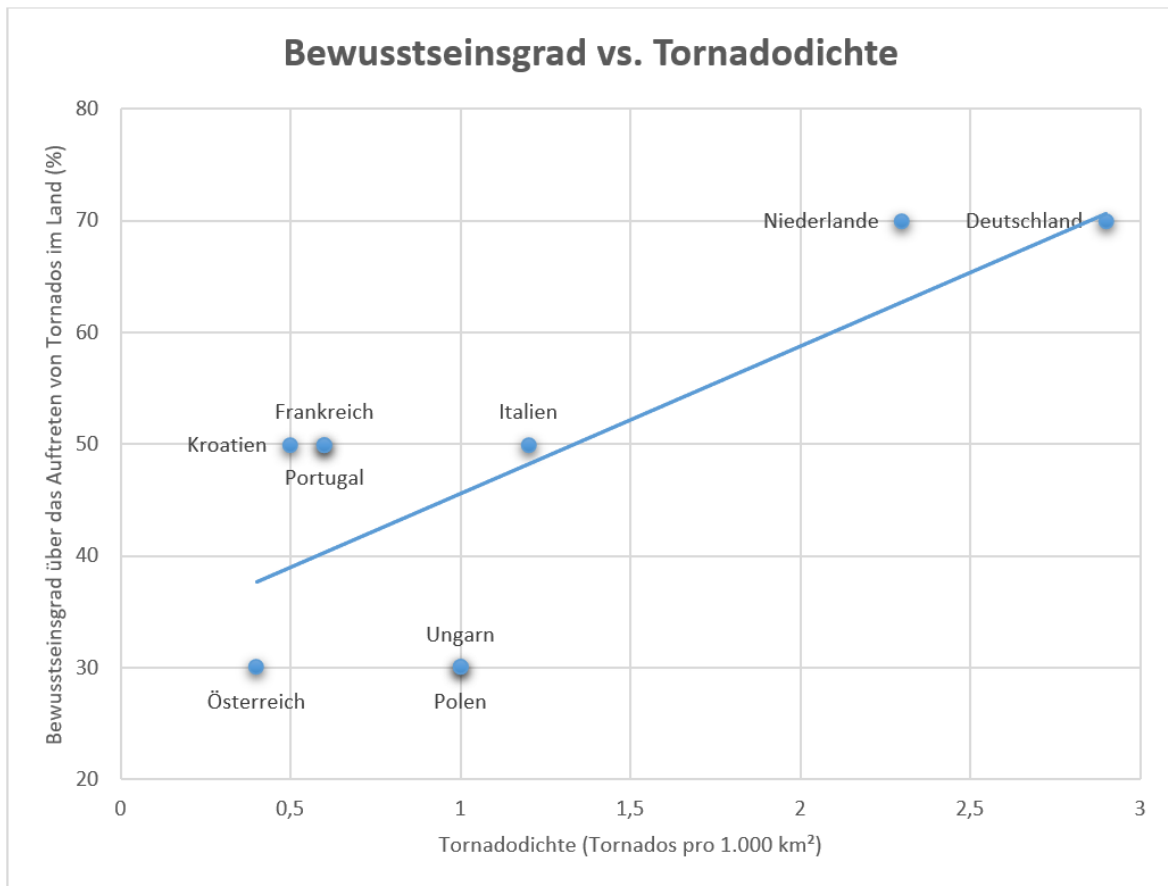


Abbildung 15: Korrelation zwischen der Tornadodichte in einem Land (Antonescu, Schultz, Holzer, & Groenemeijer, 2017) und dem von den Expert*innen in der Umfrage geschätzten Bewusstseinsgrad über das Auftreten von Tornados im jeweiligen Land. Die Grafik zeigt, dass mit zunehmender Tornadodichte tendenziell auch der Bewusstseinsgrad in der Bevölkerung steigt. Zu beachten ist, dass die Prozentwerte des Bewusstseinsgrads als vordefinierte Wertebereiche vorgegeben waren und die Länder daher auf Basis der jeweiligen Mittelwerte erscheinen (30 %, 50 %, 70 %). Aufgrund der geringen Anzahl befragter Expert*innen und der Tatsache, dass es sich lediglich um eine empirische Schätzung handelt, ist die Aussagekraft der Darstellung mit Vorsicht zu bewerten.

Wie in Abbildung 13 ersichtlich, besteht in Ländern wie Deutschland und den Niederlanden, die eine vergleichsweise hohe Tornadodichte aufweisen, auch ein besonders hoher Anteil an Bewusstsein für die Tornadogefahr in der Bevölkerung (jeweils ca. 70 %). In Ländern mit niedriger Tornadodichte, wie etwa Österreich, ist der Anteil informierter oder sensibilisierter Personen hingegen deutlich geringer (ca. 30 %). Auffällig ist zudem, dass etwa in Ländern wie Ungarn und Polen, die eine mittlere Tornadodichte aufweisen, das Risikobewusstsein dennoch niedrig bleibt. Dies kann auf zusätzliche Einflussfaktoren wie Medienberichterstattung, Bildungssystem oder institutionelle Kommunikation hindeuten (Antonescu, Schultz, Holzer, & Groenemeijer, 2017).

In Ländern wie Kroatien, Portugal oder Frankreich, ist der Bewusstseinsgrad im Verhältnis zur Tornadodichte vergleichsweise hoch. Ein erklärender Faktor hierfür könnte das häufige Auftreten von Wasserhosen sein (also Tornados über Wasser), die bei der statistischen Berechnung der Tornadodichte für das Festland nicht herangezogen wurden (Antonescu, Schultz, Holzer, & Groenemeijer, 2017, S. 714), der Bevölkerung aber als Natur-

gefahr präsenter sind.

Neben der geographischen Tornadobetroffenheit haben auch soziodemographische Faktoren einen Einfluss auf die Perzeption. Jüngere und besser gebildete Menschen zeigen ein höheres Risikobewusstsein und sind eher bereit, sich mit Schutzmaßnahmen auseinanderzusetzen. Ältere Menschen und Personen mit geringerem Bildungsstand sind dagegen oft weniger informiert und weniger sensibilisiert. Auch das Berufsfeld kann eine Rolle spielen: Menschen mit Bezug zu Wetterphänomenen (z. B. Landwirte, Seefahrt) verfügen meist über mehr Wissen zu Tornados und Selbstschutzmaßnahmen.

Die institutionelle Analyse der Masterarbeit zeigt, dass nur ein Bruchteil der europäischen Wetterdienste in der Lage ist, spezifische Tornadowarnungen auszugeben. Die Zusammenarbeit zwischen nationalen Wetterdiensten, privaten Anbietern, Katastrophenschutz und Medien ist häufig unzureichend koordiniert. Dies führt zu Inkonsistenzen und Verzögerungen in der Warnkommunikation. Die Expert*innen betonen, dass ein Mangel an Ressourcen, fehlende technische Infrastruktur und unterschiedliche nationale Standards die Effektivität der Warnsysteme weiter einschränken.

Schließlich lässt sich festhalten, dass die befragten Expert*innen visuelle, klar strukturierte und handlungsbezogene Kommunikationsformate als besonders wirksam zur Vermittlung von Schutzmaßnahmen einschätzen. Illustrationen, Videos und Erfahrungsberichte werden von den Befragten als besonders verständlich und einprägsam bewertet. Längere Fließtexte hingegen werden als wenig geeignet angesehen. Die Ergebnisse der Masterarbeit zeigen, dass eine multimodale, zielgruppenspezifische Risikokommunikation, die klassischen und digitalen Kanäle kombiniert, entscheidend ist, um das Bewusstsein und die Selbstschutzkompetenz in der Bevölkerung nachhaltig zu stärken.

5.2 Vergleich mit bisherigen Forschungsergebnissen

Im Rahmen der Masterarbeit wurde eine Analyse der Risikowahrnehmung, institutionellen Strukturen, Einflussfaktoren, Kommunikationsformate, soziodemographischen Unterschiede, Korrelationen und Herausforderungen im Kontext der Tornadorisikokommunikation durchgeführt.

Die Ergebnisse zeigen, dass Tornados in Europa von der Bevölkerung, sowie von vielen Institutionen, nach wie vor als Randphänomen wahrgenommen werden. Dies führt zu einer deutlichen Unterschätzung des tatsächlichen Gefahrenpotenzials und einer geringen Bereitschaft zur Eigenvorsorge. Die Experteninterviews bestätigen, dass in den meisten Ländern nur 20–60 % der Bevölkerung wissen, dass Tornados im eigenen Land auftreten können, und in keinem Land mehr als 60 % der Menschen über korrektes Verhalten im Ernstfall informiert sind. Die Literatur belegt diese Wahrnehmungslücke: Antonescu et al. (2017, S. 713) zeigen, dass Tornados in Europa regelmäßig auftreten, aber in der öffentlichen Wahrnehmung und bei Wetterdiensten oft unterschätzt werden. Andrei et al. (2020, S. 3) betonen, dass das Wissen über Tornadorisiken in vielen europäischen Ländern

gering ist.

Auch institutionell bestehen erhebliche Defizite: Nur etwa 30% der befragten Wetterdienste sind in der Lage, spezifische Tornadowarnungen auszugeben. Die Mehrheit der Expert*innen berichtet, dass in ihren Ländern keine spezifischen Warnsysteme für Tornados existieren. Diese Ergebnisse stimmen mit der Literatur überein: Rauhala & Schultz (2009, S. 372) und Antonescu et al. (2017, S. 714) zeigen, dass in Europa die institutionellen Strukturen für Tornadowarnungen oft unzureichend sind. Holzer et al. (2015, S. 118) unterstreichen die mangelnde Koordination und die Herausforderungen bei der Implementierung effektiver Warnsysteme.

Die Expertenbefragung belegt zudem die Bedeutung verschiedener Kommunikationswege in der Risikokommunikation. Medienberichterstattung (Mittelwert 9,0/10) und Social Media (8,2/10) erweisen sich dabei als die wirksamsten Formen, das Bewusstsein für Tornadorisiken zu schärfen. Diese Einschätzungen werden durch die Literatur bestätigt. Drews (2017, S. 17) betont, dass den (klassischen) Medien eine besondere Bedeutung innerhalb des Risiko-Diskurses zukommt. Scherman-Morris (2005) zeigt, dass das Fernsehen eine wichtige Informationsquelle bei Extremwetterereignissen ist und somit auch einen Einfluss auf die Risikowahrnehmung hat. Childs et al. (2018) erklärt, dass der zunehmende Einfluss von Social Media sowohl klassische Medien aber auch die Arbeit von Meteorologen verändert, da schnellere Echtzeitinformationen erwartet werden.

Ein zentraler Befund aus den Experteninterviews ist die Bedeutung von Bildungsmaßnahmen in Schulen. Die Expert*innen empfahlen den schulischen Unterricht als einen der wirksamsten Kommunikationswege zum Erreichen von Kindern und Jugendlichen bei der Vermittlung des Gefahrenpotentials von Tornados. Dieses Thema wird in der Literatur kaum aufgegriffen, einzig Childs et al. (2018) betonen, dass eine verbesserte Bildung über Tornadorisiken für die am stärksten gefährdeten Gesellschaftsgruppen wichtig wäre.

Signifikant sind die soziodemografischen Unterschiede: Die Experteninterviews zeigen, dass das Risikobewusstsein in Europa stark von regionalen, alters- und bildungsbezogenen Faktoren abhängt. In Regionen mit häufigerem Tornadoauftreten ist das Wissen ausgeprägter, ebenso bei jüngeren und besser gebildeten Menschen. Andrei et al. (2020, S. 15) und Walters et al. (2020) weisen auf ähnliche soziodemografische Unterschiede hin.

Die Masterarbeit weist auf einen signifikanten Zusammenhang zwischen der Tornadodichte in einem Land und dem Bewusstseinsgrad in der Bevölkerung hin. Die Expertenbefragung zeigt, dass in Ländern mit höherer Tornadodichte auch der Anteil der Bevölkerung, der sich der Tornadogefahr bewusst ist, deutlich höher liegt. Die statistische Analyse ergibt einen Pearson-Korrelationskoeffizienten von 0,73, was auf einen starken positiven Zusammenhang hinweist. Dieser deckt sich mit der Theorie des Gefahrenbewusstseins, sprich dem Aufbau von Erfahrungen aus vergangenen Ereignissen. Je länger ein Ereignis zurückliegt, desto geringer wird das Gefahrenbewusstsein (Rudolf-Miklau, 2018).

Zusammenfassend lässt sich festhalten, dass die Ergebnisse der Masterarbeit in zentralen Aspekten mit den bisherigen wissenschaftlichen Erkenntnissen vergleichbar sind und bestätigen die wichtigsten Befunde der wissenschaftlichen Literatur zur Risikowahrnehmung, institutionellen Strukturen, Wirksamkeit von Kommunikationsformaten und Herausforderungen der Tornado-Risikokommunikation in Europa. Die empirischen Daten der Expertenbefragung liefern dabei eine wertvolle Ergänzung und Konkretisierung der Literaturbefunde und unterstreichen die Notwendigkeit gezielter, multimodaler Risikokommunikation sowie einer stärkeren Integration von Naturgefahren in die schulische Bildung, um das Bewusstsein und die Selbstschutzkompetenz in der Bevölkerung nachhaltig zu stärken.

5.3 Einschränkungen der Studie

Die vorliegende Masterarbeit zur Risikokommunikation von Tornados in Österreich und Europa weist verschiedene Einschränkungen auf, die bei der Interpretation der Ergebnisse zu berücksichtigen sind.

Da die Studie methodisch auf einer qualitativen Literaturanalyse und Experteninterviews basiert, ermöglicht sie zwar tiefe Einblicke in individuelle Wahrnehmungen und Expertenerfahrungen, doch ist die Übertragbarkeit und Generalisierbarkeit der Ergebnisse auf die gesamte Bevölkerung eingeschränkt. Die Auswahl der Expert*innen erfolgte gezielt, um eine möglichst breite Perspektive zu erhalten, stellt aber keine repräsentative Stichprobe dar.

Die Einschätzungen zum Bewusstseinsgrad und Wissen der Bevölkerung über Tornados beruhen auf subjektiven Erfahrungen der befragten Fachleute. Es besteht die Möglichkeit, dass individuelle Wahrnehmungen, nationale Besonderheiten oder persönliche Schwerpunkte die Antworten beeinflusst haben.

Da im Rahmen der Masterarbeit keine groß angelegte, quantitative Bevölkerungsumfrage möglich war, konnten exakte Zahlen zum Kenntnisstand oder zur Risikowahrnehmung in der Gesamtbevölkerung nicht erhoben werden. Die Ergebnisse liefern vielmehr eine empirisch fundierte Schätzung auf Basis von Expertenwissen.

Hinzu kommt, dass die Dokumentation von Tornadoereignissen in einigen europäischen Ländern lückenhaft ist. Dies führt zu einer möglichen Unterschätzung der tatsächlichen Tornadohäufigkeit und erschwert die Ableitung belastbarer statistischer Zusammenhänge. Auch ist die Datenbasis hinsichtlich der Tornadodichte und des kollektiven Risikobewusstseins heterogen – Unterschiede in Datenqualität und Erhebungsmethoden beeinflussen die Aussagekraft der Ergebnisse und schränken die Vergleichbarkeit zusätzlich ein. Die begrenzte Anzahl an durchgeführten Experteninterviews – im konkreten Fall neun – erhöht das Gewicht individueller Einschätzungen und kann dazu führen, dass regionale Besonderheiten anderer Länder nicht vollständig abgebildet werden.

Inhaltlich und konzeptionell beschränkt sich die Arbeit auf den europäischen Kontext. Ergebnisse und Empfehlungen sind daher nicht ohne Weiteres auf andere Regionen mit abweichender Tornadoklimatologie oder Risikokultur übertragbar. Da die Risikokommunikation ein sich stetig wandelndes Feld, das stark von aktuellen Ereignissen, technologischen Entwicklungen und gesellschaftlichen Trends beeinflusst wird, stellen die im Rahmen der Arbeit gewonnenen Erkenntnisse eine Momentaufnahme dar und können sich mit neuen Ereignissen oder Innovationen rasch verändern. Darüber hinaus ist die Wahrnehmung und das Verhalten gegenüber seltenen Naturgefahren wie Tornados von zahlreichen individuellen, sozialen und kulturellen Faktoren geprägt. Diese Komplexität kann im Rahmen einer Masterarbeit nur begrenzt abgebildet werden.

Auch auf technischer und praktischer Ebene bestehen Limitationen. Die Bewertung von Informationsmaterialien und Kommunikationsformaten erfolgte anhand ausgewählter Beispiele. Es ist möglich, dass andere, nicht berücksichtigte Formate in der Praxis ebenfalls wirksam oder sogar besser geeignet wären. Die rasante Entwicklung digitaler Kommunikationskanäle und Warnsysteme kann dazu führen, dass einzelne Empfehlungen oder Bewertungen rasch an Aktualität verlieren.

Diese Einschränkungen mindern jedoch nicht die Relevanz der gewonnenen Erkenntnisse, sondern unterstreichen die Notwendigkeit, die Ergebnisse im Kontext der genannten Limitationen zu interpretieren und als Ausgangspunkt für weiterführende Forschung und Praxisentwicklung zu nutzen.

6 Schlussfolgerungen und Ausblick

6.1 Zentrale Erkenntnisse

Die vorliegende Masterarbeit hat mehrere zentrale Erkenntnisse zur Tornadorisikokommunikation in Österreich und Europa hervorgebracht, die unterschiedliche gesellschaftliche, institutionelle sowie kommunikative Bereiche betreffen.

In der Bevölkerung, wie auch bei vielen Institutionen, werden Tornados nach wie vor überwiegend als Randphänomen wahrgenommen, was zu einer deutlichen Unterschätzung des tatsächlichen Gefahrenpotenzials führt. Die Bereitschaft zur Eigenvorsorge ist gering, Notfallpläne fehlen häufig, und viele Menschen sehen Tornados weiterhin als „amerikanisches Phänomen“ an, das für Europa nur marginale Bedeutung habe. Auffällig ist das starke Wissen- und Bewusstseinsgefälle zwischen unterschiedlichen Bevölkerungsgruppen und Regionen. In Gebieten mit erhöhter Tornadoaktivität, bei jüngeren und besser ausgebildeten Menschen, ist das Wissen über Risiken und Verhaltensregeln ausgeprägter als bei älteren oder weniger gebildeten Personengruppen sowie in Regionen mit geringer Tornadohäufigkeit.

Ein zentrales Ergebnis ist das weit verbreitete Wissensdefizit in der Bevölkerung: Die Mehrheit kennt weder die spezifischen Risiken noch die richtigen Schutzmaßnahmen bei Tornados. In den meisten Ländern wissen laut den Expert*innen oft weniger als 20 % der Bevölkerung, wie sie sich im Ernstfall richtig verhalten sollen. Besonders problematisch sind verbreitete Missverständnisse. Viele Menschen filmen das Ereignis, anstatt Schutz zu suchen, oder glauben, im Auto sicher zu sein – beides sind gefährliche Fehleinschätzungen.

Die Analyse zeigt zudem, dass mediale Berichterstattung und Social Media die wichtigsten Treiber für die Entwicklung des Risikobewusstseins sind. Kontinuierliche Berichterstattung trägt maßgeblich dazu bei, Tornados als relevantes Risiko wahrzunehmen. Social Media ermöglicht eine schnelle, emotionale Ansprache, insbesondere jüngerer Zielgruppen. Zusätzlich wird seitens der Expert*innen schulische Bildung als nachhaltigste Strategie zur Sensibilisierung gesehen. Die Integration von Naturgefahren in den Lehrplan schafft ein grundlegendes Verständnis, das langfristig in die Gesellschaft wirkt.

Generell ist jedoch auch ein institutionelles Problem zu sehen. Die Kommunikationsstrukturen für Tornadowarnungen sind in Europa fragmentiert und uneinheitlich. Nur wenige Länder verfügen über spezifische Tornadowarnsysteme, und die Zusammenarbeit zwischen verschiedenen Akteuren (meteorologische Dienste, Katastrophenschutz, Medien) hat Verbesserungspotential. Die geringe Stärke vieler europäischer Tornados und die technischen Grenzen der bestehenden Radarsysteme, sowie von Erkennungs- und Vorhersagesystemen für Tornados stellen eine Herausforderung dar. Diese technischen und meteorologischen Limitationen erschweren die Prognose und Detektion von Tornados in Europa.

Bei der Risikokommunikation sollten seitens der Institutionen visuelle, klar strukturierte und handlungsorientierte Kommunikationsformate genutzt werden. Illustrationen, Videos und Erfahrungsberichte werden als besonders verständlich und einprägsam bewertet. Längere Fließtexte sind für die schnelle Vermittlung von Schutzmaßnahmen laut den Experteninterviews eher ungeeignet. Dies hängt aber auch stark von den Zielgruppen ab. Entscheidend ist eine multimodale, zielgruppenspezifische Risikokommunikation. Die Kombination klassischer und digitaler Kanäle stärkt das Bewusstsein und die Selbstschutzzkompetenz nachhaltig.

Ein bedeutsames Ergebnis der Arbeit ist die nachweisbare Korrelation zwischen der tatsächlichen Tornadodichte in einem Land und dem Bewusstseinsgrad in der Bevölkerung. Laut der Analyse im Rahmen der Masterarbeit besteht ein starker positiver Zusammenhang zwischen Tornadodichte und Bewusstseinsgrad in der Bevölkerung. Länder mit einer höheren Tornadodichte weisen tendenziell auch einen höheren Anteil an Menschen auf, die wissen, dass Tornados im eigenen Land auftreten können. Es gibt jedoch auch Ausnahmen, die auf zusätzliche Einflussfaktoren hindeuten. So könnten neben der Tornadodichte auch Medienberichterstattung, Bildungssystem und institutionelle Kommunikation eine wichtige Rolle bei der Bewusstseinsbildung in der Bevölkerung spielen.

Generell ist zu sagen, dass in Europa die Seltenheit von Tornados die Risikokommunikation erschwert. Für viele Menschen ist das Risiko weit von ihrer Alltagsrealität entfernt, was es schwierig macht, Aufmerksamkeit und Relevanz zu erzeugen. Zudem gibt es auch unter Meteorologen bestehende Unsicherheiten bei der Tornadovorhersage. Die Vermittlung Wahrscheinlichkeiten und Unsicherheiten bleibt für Wetterdienste eine große Herausforderung. Außerdem besteht die Sorge, dass Fehlwarnungen und Unsicherheiten in der Kommunikation das Vertrauen in Warnsysteme untergraben können.

Die Befunde zeigen, dass die Risikokommunikation zu Tornados in Europa vor komplexen Herausforderungen steht, die sowohl technischer, gesellschaftlicher als auch kommunikativer Natur sind. Für eine nachhaltige Verbesserung sind Innovationen in der Vorhersage, eine zielgruppengerechte Ansprache, die Nutzung vielfältiger Kommunikationskanäle und eine Stärkung der naturwissenschaftlichen Bildung wichtig. Nur so kann das Bewusstsein für Tornadorisiken und die Bereitschaft zu angemessenem Selbstschutz in der Bevölkerung langfristig gestärkt werden.

6.3 Überprüfung der Hypothesen und Forschungsfragen

Aufbauend auf den Ergebnissen der Masterarbeit kann **Hypothese 1 angenommen werden**: Es besteht in der Bevölkerung ein Wissensdefizit hinsichtlich Tornados in Österreich und Europa sowie der damit verbundenen Risiken. Die Experteninterviews zeigen, dass in den meisten Ländern nur 20–60% der Bevölkerung wissen, dass Tornados überhaupt auftreten können, und der Anteil jener, die über adäquate Schutzmaßnahmen informiert sind, ist oft noch geringer. Besonders gravierend ist zudem das weitverbreitete Missverständnis über geeignete Schutzmaßnahmen – beispielsweise werden Autos als Schutzorte überschätzt oder wertvolle Zeit beim Filmen statt beim Aufsuchen eines sicheren Raumes verloren. Diese Ergebnisse bestätigen die Annahme, dass es sowohl an Wissen über Häufigkeit und Intensität von Tornados als auch an Kenntnissen zu konkreten Gefahren und geeigneter Vorsorge mangelt.

Die **Forschungsfrage 1.1** nach einem Informationsdefizit bezüglich Tornadoinzidenz und Eigenschutzmaßnahmen wird somit ebenso bejaht: Es gibt Hinweise, dass in Regionen mit geringerer Tornadohäufigkeit, die Bevölkerung sich weniger des Risikos von Tornados bewusst ist.

Forschungsfrage 1.2 zeigt, dass nur in wenigen europäischen Ländern wirklich etablierte Kommunikationsstrategien zum Tornadorisiko existieren. Oft fehlen spezifische Warnsysteme und abgestimmte Informationskampagnen; die Verantwortung für die Kommunikation ist fragmentiert (nationale Wetterdienste), und die bestehenden Strategien zur Kommunikation von Naturgefahren sind nicht auf die Besonderheiten von Tornados zugeschnitten.

Bezüglich **Hypothese 2** lässt sich feststellen: Die Ergebnisse der Masterarbeit legen nahe, dass gezielte, multimodale Risikokommunikation das Bewusstsein und die Selbstschutzkompetenzen der Bevölkerung substanziell verbessern kann und somit Hypothese 2 ebenfalls angenommen werden kann. In den Experteninterviews wird besonders deutlich, dass visuelle, handlungsorientierte Formate (z.B. Infografiken, Videos, anschauliche Erfahrungsberichte) sehr effektiv sind. Die Integration des Themas in die Schulbildung sowie Social-Media-Kampagnen werden von den Expert*innen als besonders wirksam bewertet.

Forschungsfrage 2.1 ergibt, dass eine optimale Reichweite insbesondere durch die Kombination von Schulbildung/Lehrplan, zielgruppenspezifischen Social Media-Kampagnen der Wetterdienste und klassischer Nachrichtenberichterstattung erzielt wird. Ergänzend erhöhen lokale Multiplikatoren (Feuerwehr, Bürgermeister), sowie mobile Alarmierungs- und Warnsysteme die Effektivität.

Zur **Forschungsfrage 2.2** und **2.3** verdeutlichen die Ergebnisse, dass universell verständliche, niedrigschwellige Informationsformate – wie Illustrationen, kurze Bullet-points und alltagsrelevante Beispiele – die größte Wirkung entfalten. Ein Kommunikationskonzept sollte daher folgende Komponenten beinhalten:

- Visuelle, leicht verständliche Infografiken zu Schutzmaßnahmen
- Integration in den Schulunterricht, um frühzeitig Risikobewusstsein zu schaffen
- Gezielte Social-Media- und Öffentlichkeitskampagnen für verschiedene Alters- und Zielgruppen
- Konsistente, handlungsorientierte Warnungen ohne Fachjargon
- Einbindung lokaler Akteure und bestehender Warnsysteme (z.B. Sirenen, Cell Broadcast)
- Erfahrungsberichte aus vergangenen Tornadoereignissen zur Emotionalisierung und Motivation

Insgesamt bestätigt die Arbeit die Notwendigkeit einer multimodalen, auf verschiedene Zielgruppen zugeschnittenen Risikokommunikation, um Wissensdefizite abzubauen und die Bevölkerung nachhaltig zur Eigenvorsorge zu motivieren.

6.4 Empfehlungen

Basierend auf den Ergebnissen der Masterarbeit ergeben sich für die Risikokommunikation und das Management von Tornadorisiken in Österreich und Europa mehrere zentrale Empfehlungen. Im Bereich der institutionellen Strukturen und Warnsysteme wird empfohlen, spezifische Warnsysteme für Tornados zu entwickeln und in die technischen und organisatorischen Abläufe der Wetterdienste zu integrieren. Dies schließt die Optimierung der Radartechnologie, die Nutzung von Spotter-Netzwerken und den Einsatz moderner Datenanalysemethoden zur Identifikation des Tornadopotenzials ausdrücklich mit ein (Holzer, et al., 2015; Brotzge & Donner, 2013). Zusätzlich sollte die Aus- und Weiterbildung von Meteorolog*innen gezielt gefördert und ein intensiver Austausch von Best Practices, Daten und Warnmethoden zwischen den europäischen Wetterdiensten sowie internationalen Institutionen wie dem ESSL vorangetrieben werden, um das vorhandene Wissen effektiv zu bündeln und Synergien zu nutzen, mit dem Ziel die Qualität von Tornadowarnungen weiter zu erhöhen (Brotzge & Donner, 2013).

Hinsichtlich der Optimierung der Risikokommunikation ist es essenziell, eine multimodale und zielgruppenspezifische Ansprache zu etablieren. Das bedeutet, dass klassische Medien, Social Media, Warn-Apps und Sirenen kombiniert werden und Kommunikationsstrategien auf die spezifischen Bedürfnisse unterschiedlicher Zielgruppen – wie Kinder, ältere Menschen oder Menschen mit Einschränkungen – ausgerichtet werden müssen (League, et al., 2010). Besonderer Wert ist auf visuelle und handlungsorientierte Formate wie Illustrationen, Infografiken, Videos und Erfahrungsberichte zu legen, da diese Schutzmaßnahmen besonders verständlich und einprägsam vermitteln. Längere Fließtexte sollten nach Möglichkeit vermieden werden, da diese in Stresssituationen selten wahrgenommen werden. Warnungen und Handlungsempfehlungen sollten stets klar, eindeutig und ohne Fachjargon formuliert werden. Transparenz in Bezug auf Unsicher-

heiten und Wahrscheinlichkeiten der Ereignisse trägt maßgeblich dazu bei, das Vertrauen in die Kommunikation zu stärken (League, et al., 2010; Holzer, et al., 2015).

Die Förderung der naturwissenschaftlichen Bildung und Sensibilisierung gilt als eine der nachhaltigsten Maßnahmen zur langfristigen Bewusstseinsbildung. Naturgefahren und Selbstschutzmaßnahmen sollten daher systematisch in die Lehrpläne integriert werden, um schon in jungen Jahren ein grundlegendes Risikobewusstsein zu schaffen und die Bereitschaft zur Eigenvorsorge zu erhöhen. Darüber hinaus sind Öffentlichkeitsarbeit und Informationskampagnen essenziell, um das Bewusstsein für Tornadorisiken zu schärfen und Wissen über Schutzmaßnahmen zu verbreiten (Rudolf-Miklau, 2018).

Im technischen und meteorologischen Bereich wird empfohlen, insbesondere in hochauflösende Doppler-Radarsysteme und die Entwicklung von Algorithmen zur automatisierten Tornadodetektion zu investieren, um die Vorwarnzeiten zu erhöhen und die Prognosequalität weiter zu verbessern (Holzer, et al., 2015; Brotzge & Donner, 2013). Gleichzeitig sollte die tiefergehende Erforschung von konvektiven Phänomenen wie heftigen Gewittern und Tornados vorangetrieben und unterstützt werden. Die Nutzung von Künstlicher Intelligenz, Big Data und Crowd-Reporting müsste ausgebaut werden, um die Detektion und Kommunikation von Tornados weiter zu optimieren (Brotzge & Donner, 2013).

Ein weiteres Augenmerk sollte auf die Erreichbarkeit und den Schutz vulnerabler Gruppen gelegt werden. Risikoinformationen und Tornado-Warnungen müssen so gestaltet werden, dass sie auch Menschen ohne Zugang zu digitalen Medien, mit Sprachbarrieren oder Einschränkungen erreichen. Dies kann durch redundante Systeme wie Sirenen, Radio und gezielte lokale Multiplikatoren (z. B. Feuerwehr, Bürgermeister) unterstützt werden (League, et al., 2010; Brotzge & Donner, 2013). Darüber hinaus spielen lokale Notfallpläne und regelmäßige Übungen eine entscheidende Rolle, um die Resilienz auf Gemeindeebene zu stärken (Rudolf-Miklau, 2018).

Zur Evaluation und kontinuierlichen Verbesserung der Risikokommunikation wird eine regelmäßige Überprüfung der Wirksamkeit von Warnungen und Informationskampagnen empfohlen. Die Maßnahmen sollten systematisch evaluiert und laufend an neue wissenschaftliche Erkenntnisse sowie gesellschaftliche Entwicklungen angepasst werden. Rückkopplungsmechanismen, etwa durch Einbindung der Bevölkerung, fördern die Akzeptanz und Wirksamkeit der Kommunikation, indem sie relevante Akteure frühzeitig einbinden und ein gemeinsames Verständnis schaffen (Brotzge & Donner, 2013). Eine gute Methode ist beispielsweise der Aufbau von Trusted-Spotter Netzwerken oder Citizen Science-Projekte, in denen die Bevölkerung aktiv mitwirken kann.

Diese Empfehlungen zielen darauf ab, das Bewusstsein für Tornadorisiken in Europa nachhaltig zu stärken, die Selbstschutzkompetenz der Bevölkerung zu erhöhen und die institutionellen sowie technischen Voraussetzungen für eine effektive Risikokommunikation und Warnung zu schaffen. Nur durch ein koordiniertes, innovatives und

zielgruppengerechtes Vorgehen kann die Resilienz gegenüber Tornados in Österreich und Europa langfristig verbessert werden.

6.5 Perspektiven für zukünftige Forschung

Die Masterarbeit hat einige Wissenslücken und Herausforderungen in der Risikokommunikation zu Tornados in Österreich und Europa identifiziert. Daraus ergeben sich mehrere Forschungsaufgaben, die für eine nachhaltige Verbesserung des Risikobewusstseins, der Warnsysteme und der Schutzkompetenz der Bevölkerung von Bedeutung sind. Ein zentrales Feld betrifft die breitere und repräsentative Erhebung des Tornado-bewusstseins. Es besteht ein erheblicher Bedarf an groß angelegten, länderübergreifenden Befragungen, um das Bewusstsein, Wissen und die Einstellungen der Bevölkerung zu Tornados systematisch zu erfassen. Bisherige Studien basieren oftmals auf Experteneinschätzungen oder kleinen Stichproben. Dabei sollten künftige Forschungen gezielt regionale, alters- und bildungsbezogene Unterschiede analysieren, um zielgruppenspezifische Kommunikationsstrategien entwickeln zu können.

Ein weiterer relevanter Schwerpunkt ist die Evaluation und Optimierung von Kommunikationsformaten. So sollte empirisch untersucht werden, welche Formate (z. B. Infografiken, Videos, Social Media, klassische Medien) und Kanäle in unterschiedlichen Zielgruppen am effektivsten sind, um Schutzmaßnahmen zu vermitteln. Die Entwicklung und Evaluation neuer, interaktiver Formate (z. B. Apps, Serious Games, Virtual Reality) zur Risikokommunikation bieten Potenzial, insbesondere jüngere Zielgruppen besser zu erreichen.

Darüber hinaus sollte die systematische Sammlung, Validierung und Analyse von Tornadodaten in Europa weiter ausgebaut werden, um regionale Risikokarten und Trendanalysen zu ermöglichen. Hierzu sind Kooperationen zwischen Wetterdiensten, Forschungseinrichtungen und Bürgerwissenschaften (Crowd-Reporting) notwendig (Antonescu, Schultz, Holzer, & Groenemeijer, 2017; Grieser & Haines, 2020).

Im Bereich Risikowahrnehmung und Schutzverhalten besteht erheblicher Forschungsbedarf, wie Menschen tatsächlich auf Warnungen reagieren, welche Faktoren Schutzverhalten fördern oder hemmen und wie Fehlverhalten (z. B. Filmen statt Schutzsuchen) reduziert werden kann. Außerdem sollte die Wirkung von Informationskampagnen und Bildungsmaßnahmen auf das Risikobewusstsein und das tatsächliche Verhalten in Längsschnittstudien untersucht werden.

Auch institutionelle und technische Innovationen stehen im Fokus. Die Wirksamkeit verschiedener Warnsysteme sollte vergleichend analysiert werden, um Best Practices zu identifizieren und Empfehlungen für eine europaweite Standardisierung zu entwickeln (Antonescu, Schultz, Holzer, & Groenemeijer, 2017; Andrei, Andrei, Hustiu, Cheval, & Antonescu, 2020).

Die internationale und interdisziplinäre Zusammenarbeit ist ebenso ein zentrales Zukunftsfeld. Der Aufbau europäischer Forschungsnetzwerke und der Austausch zwischen Meteorologie, Sozialwissenschaften, Kommunikationswissenschaft und Katastrophenschutz sind essenziell, um die Komplexität des Themas umfassend adressieren zu können (Grieser & Haines, 2020; Antonescu, Schultz, Holzer, & Groenemeijer, 2017; Andrei, Andrei, Hustiu, Cheval, & Antonescu, 2020).

Diese Forschungsfragen können maßgeblich dazu beitragen, das Verständnis von Tornadorisiken in Europa zu vertiefen, die Risikokommunikation evidenzbasiert weiterzuentwickeln sowie die Resilienz der Bevölkerung gegenüber seltenen, aber potenziell katastrophalen Ereignissen nachhaltig zu stärken.

Literaturverzeichnis

- AMS. (29. 03 2024). *American Meteorological Society*. Abgerufen am 15. 07 2025 von Glossary of Meteorology:
https://glossary.ametsoc.org/wiki/Waterspout?utm_source=chatgpt.com
- Andrei, S., Andrei, M. D., Hustiu, M., Cheval, S., & Antonescu, B. (2020). Tornadoes in Romania - From Forecasting and Warning to Understanding Public's Response and Expectations. *Atmosphere*, 11(9), 966.
- Antonescu, B., Fairman, J. G., & Schultz, D. M. (2018). What is the Worst That Could Happen? Reexamining the 24–25 June 1967 Tornado Outbreak over Western Europe. *Weather, climate, and society*, 10(2), 323–340.
- Antonescu, B., Schultz, D. M., Holzer, A., & Groenemeijer, P. (2017). Tornadoes in Europe: An Underestimated Threat. *Bulletin of the American Meteorological Society*, 98(4), 713–728.
- Bergstrand, K., Mayer, B., Brumback, B., & Zhang, Y. (2015). Assessing the Relationship Between Social Vulnerability and Community Resilience to Hazards. *Social Indicators Research*, 122(2), 391–409.
- BMI. (03. 10 2024). *Bundesministerium für Inneres*. Abgerufen am 07. 07 2025 von Krisen- und Katastrophenmanagement:
<https://www.bmi.gv.at/204/skkm/Warnung.aspx#:~:text=Warnung%20und%20Alarmierung&text=Damit%20ist%20%C3%96sterreich%20eines%20von,vergangenen%20Jahren%20165%20Zivilschutzsirenen%20installiert.>
- Breznitz, S. (1984). *Cry Wolf: The Psychology of False Alarms*. Hillsdale, New Jersey: Lawrence Earlbaum Associates.
- Brooks, H. E., Lee, J. W., & Craven, J. P. (2003). The Spatial Distribution of Severe Thunderstorm and Tornado Environments from Global Reanalysis Data. *Atmospheric Research*, 67, 73–94.
- Brotzge, J., & Donner, W. (2013). The Tornado Warning Process: A Review of Current Research, Challenges, and Opportunities. *Bulletin of the American Meteorological Society*, 94(11), 1715–1733.
- Camerer, C. F., & Kunreuther, H. (1989). Decision Processes for Low Probability Events: Policy Implications. *Journal of Policy Analysis and Management*, 8(4), 565–592.
- Childs, S. J., & Schumacher, R. S. (2018). Cold-season Tornado Risk Communication: Case Studies from November 2016 to February 2017. *Weather, Climate, and Society*, 10(3), 419–433.
- Congress. (2017). *US Congress*. Abgerufen am 07. 07 2025 von H.R.353 - Weather Research and Forecasting Innovation Act of 2017: <https://www.congress.gov/bill/115th-congress/house-bill/353>

- Dewitt, B., Fischhoff, B., Davis, A., & Broomell, S. B. (2015). Environmental Risk Perception from Visual Cues: The Psychophysics of Tornado Risk Perception. *Environmental Research Letters*, 10(12), 124009.
- Doswell, C. A., Brooks, H. E., & Dotzek, N. (2009). On the implementation of the enhanced Fujita scale in the USA. *Atmospheric Research*, 93(1-3), 554-563.
- Doswell, C. A., Moller, A. R., & Brooks, H. E. (1999). Storm Spotting and Public Awareness since the First Tornado Forecasts of 1948. *Weather and Forecasting*, 14(4), 544-557.
- Drews, J. (2017). Verständnisse und Forschungsstand behördliche Risikokommunikation und Krisenkommunikation. In *Risikokommunikation und Krisenkommunikation* (S. 27-46). Wiesbaden: Springer Vieweg.
- du Brulle, C. (24. 05 2013). *Horizon - The EU Research & Innovation Magazine*. Abgerufen am 21. 06 2025 von 300 tornadoes hit Europe every year: <https://projects.research-and-innovation.ec.europa.eu/en/horizon-magazine/300-tornadoes-hit-europe-every-year>
- ETSI. (2019). *Emergency Communications (EMTEL); European Public Warning System (EU-ALERT) using the Cell Broadcast Service*. Sophia Antipolis: ETSI. Abgerufen am 07. 07 2025 von https://www.etsi.org/deliver/etsi_ts/102900_102999/102900/01.03.01_60/ts_102900v010301p.pdf
- European Severe Storms Laboratory. (2017). *Wie verhalte ich mich richtig bei einem Tornado?* Abgerufen am 24. 05 2025 von <https://www.essl.org/media/pdf/20170220%20Tornado%20how%20to%20behave%20German.pdf>
- European Severe Storms Laboratory. (25. May 2025). *International Fujita (IF) Scale*. Von <https://www.essl.org/cms/research-projects/international-fujita-scale/> abgerufen
- FEMA. (2016). *Community Safe Rooms*. FEMA. FEMA. Abgerufen am 02. 06 2025 von https://www.fema.gov/sites/default/files/2020-08/fema_community-safe-room-fact-sheet.pdf
- FEMA. (2021). *Safe Rooms for Tornadoes and Hurricanes*. FEMA. FEMA. Von https://www.fema.gov/sites/default/files/documents/fema_safe-rooms-for-tornadoes-and-hurricanes_p-361.pdf abgerufen
- FEMA. (2025). *FEMA*. Abgerufen am 02. 06 2025 von Integrated Public Alert & Warning System: <https://www.fema.gov/emergency-managers/practitioners/integrated-public-alert-warning-system>
- Feuerstein, B., Groenemeijer, P., Dirksen, E., Hubrig, M., & Holzer, A. M. (2011). Towards an improved wind speed scale and damage description adapted for Central Europe. *Atmospheric Research*, 100(4), 547-564.
- Golden, J. H., & Snow, J. T. (1991). Mitigation Against Extreme Windstorms. *Reviews of Geophysics* (1985), 29(4), 477-504.
- Gray, J. (05. 05 2025). *The Weather Channel*. Abgerufen am 12. 07 2025 von Weather Words: Tornado Debris Signature: <https://weather.com/science/weather-explainers/news/2025-04-29-weather-words-tornado-debris-signature-2025>

- Grieser, J., & Haines, P. (2020). Tornado Risk Climatology in Europe. *Atmosphere*, 11(7):768.
- Groenemeijer, P., & Kühne, T. (214). A Climatology of Tornadoes in Europe: Results from the European Severe Weather Database. *Monthly Weather Review*, 142(12), 4775-4790.
- Groenemeijer, P., Bock, L., de Dios Soriano, J., Dutkiewicz, M., Gutiérrez-Rubio, D., Holzer, A. M., Hubrig, M.; Kaltenberger, R.; Kühne, T.; Müller, M.; van der Ploeg, B.; Púčik, T.; Schreiner, T.; Šinger, M.; Strommer, G.; Xhelaj, A. (2023). *The International Fujita (IF) Scale*. Wessling: European Severe Storms Laboratory e.V. Abgerufen am 07. 07 2025 von https://www.essl.org/cms/wp-content/uploads/IF-scale_v1.0d.pdf
- Groenemeijer, P.; Púčik, T.; Holzer, A. M.; Antonescu, B.n; Riemann-Campe, K.; Schultz, D. M.; Kühne, T.; Feuerstein, B.; Brooks, H. E.; Doswell, C. A.; Koppert, H.; Sausen, R. (2017). Severe Convective Storms in Europe: Ten Years of Research at the European Severe Storms Laboratory. *Bulletin of the American Meteorological Society*, 98(12), 2641-2652.
- Holzer, A. M. (2001). Tornado climatology of Austria. *Atmospheric Research*, 56(1), 203–211.
- Holzer, A. M., & Schreiner, T. M. (2018). A forensic re-analysis of one of the deadliest European tornadoes. *Natural Hazards and Earth System Sciences*, 18, 1555-1565.
- Holzer, A., Nissen, K., Becker, N., Ulbrich, U., Paprotny, D., van Gelder, P. H., & Morales Napoles, O. (2015). *Present state of risk monitoring and warning systems in Europe*. RAIN Project.
- Houser, J. B., McGinnis, N., Butler, K. M., Bluestein, H. B., Snyder, J. C., & French, M. M. (2020). Statistical and Empirical Relationships between Tornado Intensity and Both Topography and Land Cover Using Rapid-Scan Radar Observations and a GIS. *Monthly Weather Review*, 148(10), 4313–4338.
- Kahneman, D., & Tversky, A. (1979). Prospect Theory: An Analysis of Decision under Risk. *Econometrica*, 47(2), 263-291.
- Kuckartz, U., Rädiker, S., Ebert, t., & Schehl, J. (2010). *Statistik : Eine verständliche Einführung*. Wiesbaden: VS Verlag für Sozialwissenschaften / GWV Fachverlage GmbH.
- Kunreuther, H., Novemsky, N., & Kahneman, D. (2001). Making Low Probabilities Useful. *Journal of Risk and Uncertainty*, 23(2), 103-120.
- League, C. E., Díaz, W., Philips, B., Bass, E. J., Kloesel, K., Grunfest, E., & Gessner, A. (2010). Emergency Manager Decision-making and Tornado Warning Communication. *Meteorological Applications*, 17(2), 163-172.
- Leyser, A. (11. 04 2024). DWD. Abgerufen am 07. 06 2025 von Neue Intensitätsklassifikation für Tornados: Die Internationale Fujita Skala (IF): https://www.dwd.de/DE/wetter/thema_des_tages/2024/4/11.html
- Mayring, P. (2022). *Qualitative Inhaltsanalyse : Grundlagen und Techniken* (13., überarbeitete Ausg.). Weinheim, Basel: Beltz.
- Morss, R. E., Demuth, J. L., Bostrom, A., Lazo, J. K., & Lazrus, H. (2015). Flash Flood Risks and Warning Decisions: A Mental Models Study of Forecasters, Public Officials, and Media Broadcasters in Boulder, Colorado. *Risk Analysis*, 35(11), 2009-2028.

- Morss, R. E., Mulder, K. J., Lazo, J. K., & Demuth, J. L. (2016). How do People Perceive, Understand, and Anticipate Responding to Flash Flood Risks and Warnings? Results from a Public Survey in Boulder, Colorado, USA. *Journal of Hydrology (Amsterdam)*, 541, 649-664.
- Nagele, D. E., & Trainor, J. E. (2012). Geographic Specificity, Tornadoes, and Protective Action. *Weather, Climate, and Society*, 4(2), 145-155.
- NOAA. (09. 05 2023). NOAA. Abgerufen am 07. 07 2025 von types of Thunderstorms: <https://www.noaa.gov/jetstream/tstrmtypes>
- NOAA Jackson MI. (2025). Abgerufen am 01. 06 2025 von Severe Weather Preparedness Week Day 7: Mobile & Manufactured Home Safety: https://www.weather.gov/jan/swpw_mhsafety
- NWR. (2025). NOAA. Abgerufen am 01. 06 2025 von NOAA Weather Radio: <https://www.weather.gov/nwr/>
- OOELFV. (23. 10 2024). Oö. Landesfeuerwehrverband. Abgerufen am 07. 07 2025 von Einstellung Bevölkerungswarnsystem KATWARN: <https://www.ooelfv.at/intern/interne-news/beitrag/einstellung-bevoelkerungswarnsystem-katwarn>
- Paul, B. K., Stimers, M., & Caldas, M. (2015). Predictors of Compliance with Tornado Warnings Issued in Joplin, Missouri, in 2011. *Disasters*, 39(1), 108-124.
- Popovic, N. F., Asseburg, J., & Weber, S. (2023). Communicating weather warnings to the Swiss population – Insights of a representative online study. *Scientific Report MeteoSwiss*(106).
- Púčik, T., Rýva, D., Staněk, M., Šinger, M., Groenemeijer, P., Pistotnik, G.,; Kaltenberger, R.; Zich, M.; Koláček, J.; Holzer, A. (2024). The Violent Tornado on 24 June 2021 in Czechia: Damage Survey, Societal Impacts and Lessons Learned. *Weather, Climate, and Society*, 16(3), 411-429.
- Rauch, E., Berz, G., & Dotzek, N. (2000). Die Bedeutung von Johannes P. Letzmanns „Richtlinien zur Erforschung von Tromben, Tornados, Wasserhosen und Kleintromben“ für die heutige Tornadoforschung. *Meteorologische Zeitschrift*, 9(3), 165–174.
- Rauhala, J., & Schultz, D. M. (2009). Severe Thunderstorm and Tornado Warnings in Europe. *Atmospheric Research*, 93(1), 369-380.
- Reynolds, B., & W. Seeger, M. (2005). Crisis and Emergency Risk Communication as an Integrative Model. *Journal of Health Communication*, 10(1), 43-55.
- Rudolf-Miklau, F. (2018). *Umgang mit Naturkatastrophen : Ratgeber für Bürgermeister und Helfer*. Wien: Linde Verlag.
- Sherman-Morris, K. (2005). Tornadoes, Television and Trust—A Closer Look at the Influence of the Local Weathercaster during Severe Weather. *Environmental Hazards*, 6(4), 201-210.
- Simmons, K. M., & Sutter, D. (2008). Tornado Warnings, Lead Times, and Tornado Casualties: An Empirical Investigation. *Weather and Forecasting*, 23(2), 246-258.

- Simmons, K. M., & Sutter, D. (2009). False Alarms, Tornado Warnings, and Tornado Casualties. *Weather, Climate, and Society*, 1(1), 38-53.
- Sims, J. H., & Baumann, D. D. (1972). The Tornado Threat: Coping Styles of the North and South. *Science (American Association for the Advancement of Science)*, 176(4042), 1386-1392.
- SPC. (2025). NOAA. Abgerufen am 02. 06 2025 von NOAA/NWS Storm Prediction Center: <https://www.spc.noaa.gov/>
- Straif, D. (18. 01 2024). VVO. (V. Österreich, Hrsg.) Abgerufen am 18. 06 2025 von Extremwetter: Erste Schätzungen für 2023 – über 1 Mrd. Euro Schäden: <https://www.vvo.at/cms/wp-content/uploads/2024/01/2.-PI-Extremwetter-final.pdf>
- Taszarek, M., Allen, J. T., Groenemeijer, P., Edwards, R., Brooks, H. E., Chmielewski, V., & Enno, S.-E. (2020). Severe Convective Storms across Europe and the United States. Part I: Climatology of Lightning, Large Hail, Severe Wind, and Tornadoes. *Journal of Climate*, 33(23), 10239-10261.
- Tenny, S., & Abdelgawad, I. (23. 11 2023). *National Library of Medicine*. Abgerufen am 12. 07 2025 von Statistical Significance: <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/books/NBK459346/>
- The University of Manchester. (2017). Abgerufen am 07. 07 2025 von European tornadoes are unrecognised threat say University experts: <https://www.manchester.ac.uk/about/news/european-tornadoes-are-unrecognised-threat-say-university-experts/>
- Walters, J. E., Mason, L. R., Ellis, K., & Winchester, B. (2020). Staying Safe in a Tornado: A Qualitative Inquiry into Public Knowledge, Access, and Response to Tornado Warnings. *Weather and Forecasting*, 35(1), 67-81.
- WEA. (2025). NWS. Abgerufen am 01. 06 2025 von Wireless Emergency Alerts: https://www.weather.gov/riw/WEA_Info

Abstract

Tornados werden in Europa und Österreich oftmals unterschätzt, obwohl sie schwerwiegende Schäden verursachen können und auch hierzulande regelmäßig auftreten. Diese Masterarbeit analysiert den aktuellen Stand der Risikokommunikation zu Tornados in Europa. Dabei wird untersucht, wie stark das Bewusstsein für Tornadorisiken in der Bevölkerung ausgeprägt ist, welche Schutz- und Verhaltensmaßnahmen bekannt sind und durch welche Kommunikationswege relevante Informationen am wirkungsvollsten vermittelt werden. Die methodische Basis bilden eine umfassende Literaturanalyse sowie Experteninterviews mit Expert*innen aus mehreren europäischen Ländern.

Die Ergebnisse zeigen erhebliche Wissensdefizite und Fehleinschätzungen sowohl hinsichtlich des Auftretens von Tornados als auch der potenziellen Gefahren. Besonders auffällig ist, dass nur eine Minderheit der Bevölkerung weiß, wie sie sich im Ernstfall verhalten sollte, und dass Schutzmaßnahmen oft missverstanden oder ignoriert werden. Medienberichterstattung und soziale Medien beeinflussen das Risikobewusstsein am stärksten, wobei schulische Bildung nach Ansicht der Expert*innen den nachhaltigsten Effekt erzielen können. Anschauliche Grafiken und kurze, visuell orientierte Formate werden gegenüber langen Texten klar bevorzugt.

Auf Basis der empirischen Befunde werden Empfehlungen zur Verbesserung der Risikokommunikation abgeleitet – unter anderem eine stärkere Integration von Naturgefahren in den Lehrplan, der gezielte Ausbau mobiler Warnsysteme und der Einsatz emotional ansprechender, multimodaler Kommunikationsformate. Die Arbeit betont zudem die Notwendigkeit, institutionelle Warn- und Prognosekapazitäten zu stärken und Informationsbarrieren für verschiedene Zielgruppen zu senken, um das Bewusstsein und die Selbstschutzkompetenzen angesichts von Tornadogefahren nachhaltig zu fördern.

Tornadoes are often underestimated in Europe and Austria, even though they can cause severe damage and occur regularly in these regions as well. This master's thesis analyzes the current state of risk communication regarding tornadoes in Europe. It examines how strong the public awareness of tornado risks is, which protective and behavioral measures are known, and through which communication channels relevant information can be conveyed most effectively. The methodological basis consists of a comprehensive literature review and expert interviews with specialists from several European countries.

The results reveal significant gaps in knowledge and misjudgments both regarding the occurrence of tornadoes and the potential dangers. Particularly striking is the finding that only a minority of the population knows how to behave correctly in case of a tornado, and that protective measures are often misunderstood or ignored. Media coverage and social

media have the strongest influence on risk awareness, while, according to the experts, school education can have the most sustainable effect. Clear graphics and short, visually oriented formats are clearly preferred over lengthy texts.

Based on the empirical findings, recommendations for improving risk communication are derived—including a stronger integration of natural hazards into the curriculum, the targeted expansion of mobile warning systems, and the use of emotionally appealing, multimodal communication formats. Furthermore, the thesis emphasizes the need to strengthen institutional warning and forecasting capacities and to lower information barriers for different target groups in order to sustainably enhance both awareness and self-protection competencies in the face of tornado hazards.

Anhänge

I. Antworten aus den Experteninterviews

Frage 2	Your Organization/Employer
Experte	
1	DWD
2	<i>Anonymisiert</i>
3	Institute of Meteorology and Water Management - National Research Institute
4	Portuguese Institute for the Sea and Atmosphere (IPMA)
5	<i>Anonymisiert</i>
6	GeoSphere Austria
7	Agentur für Bevölkerungsschutz Südtirol
8	<i>Anonymisiert</i>
9	Centre National de Recherches Météorologiques (Météo France, CNRS)

Frage 3	Your Position/Function:
Experte	
1	Research and Development for very short range weather forecasting methods
2	Forecaster, researcher
3	Head of Department of Nowcasting
4	Weather Forecaster
5	Forecaster
6	Senior Forecaster, Citizen Science
7	Technischer Inspektor und Meteorologe
8	<i>Anonymisiert</i>
9	researcher

Frage 4	Your Country
Experte	
1	Germany
2	Hungary
3	Poland
4	Portugal
5	Croatia
6	Austria
7	Italien
8	Netherlands
9	France

Frage 5	Your Professional Experience
Experte	
1	25 years in Meteorology
2	Anonymisiert
3	30 years
4	Meteorology and Oceanography
5	20 years
6	Forecasting
7	>10 Jahre in Meteorologie und 5 Jahre in Risikokommunikation
8	25 years
9	10 years in Météo France radar R&D team + 10 years at CNRM working on the use of radar for NWP

Frage 6	If you work at a weather service: Is your organisation capable of issuing tornado warnings to the public via your weather warning system?
Experte	
1	Yes
2	No
3	Yes
4	No
5	Not applicable / I do not work at a weather service
6	No
7	No
8	Not applicable / I do not work at a weather service
9	No

Frage 7	In your opinion, what percentage of the population is aware that tornadoes can occur in your country?
Experte	
1	60 - 80 %
2	20 - 40 %
3	20 - 40 %
4	40 - 60 %
5	40 - 60 %
6	20 - 40 %
7	40 - 60 %
8	60 - 80 %
9	40 - 60 %

Frage 8	Do you think there are there differences by region, age group, or other sociodemographic characteristics?
Experte	
1	I don't know
2	Yes, I believe it is related to the level of education. Many people are not aware of even the basic differences between tornadoes, hurricanes, and other severe weather phenomena.
3	Rather not.
4	In general the older the person is the worse is the awareness, but the starting point it's pretty low in general.
5	Definitely, there are regional differences. For example, people living near the coast are more familiar with tornadoes over water (waterspouts), as these occur on average 20 to 40 times per year. Additionally, individuals who are more educated or work in professions such as fishing or agriculture tend to be more aware of various weather phenomena.
6	age
7	Ja: Bewohner der Ebenen (Poebene) und der Küsten kennen Tornados, da sie öfter auftreten. Bewohner in den Bergen kennen dieses Phänomen eher nicht. Jüngere Leute wissen meistens über Tornados Bescheid, ältere Generationen oft kaum. Und der Wissenstand über Tornados hängt auch vom Bildungsniveau ab.
8	I expect no big differences among regions, age groups or other characteristics.
9	probably but I don't really know

Frage 10	How has this awareness changed over the past 25 years?
Experte	
1	increased
2	I'm afraid the decline of science education has not helped improve this awareness.
3	It is certainly bigger these days.
4	It has improved, especially since everybody has a camera in their phones. Especially since the tornado on the Tagus River in april 2024 the awareness has must have grown a lot.
5	I would estimate that awareness has increased, as information is now much more accessible and the media places greater focus on weather-related topics, particularly those linked to climate change. These topics are more frequently covered in the media, and climate change is increasingly included in school curricula
6	increase
7	Da gibt es sicherlich eine starke Zunahme, da Tornadofälle in den (sozialen) Medien sehr präsent sind.
8	An increase.
9	I don't think the awareness has changed. Tornadoes remain rare in France.

Frage 11	Which factors have hindered or prevented improvement?
Experte	<i>Have there also been obstacles or setbacks in public awareness of tornadoes?</i>
1	One obstacle could be that the younger generations shift their preferred media away from TV and Internet to some other channels, where the topic of tornadoes may not yet been addressed very often. I'm not on social media though, so I can't really say.
2	The quality of science education in primary and secondary schools has significantly declined. This certainly does not help. I'm afraid this is a problem in other countries as well.
3	Not likely, despite the fact that a significant group of people deny climate change.
4	I wouldn't say so.
5	Primarily, I would say it depends on the level of education and understanding. Just as some people still refuse to accept that the Earth is round, others believe that tornadoes cannot occur in their country and are a phenomenon reserved only for places like the United States.
6	no
7	Nein, da sehe ich keine.
8	The absence of notable events, the use of the word "windhoos" instead of "tornado" implying that they are two different phenomena, which they are not.
9	Even for Météo France forecasters I believe that it is very difficult to anticipate a tornado risk.

Frage 13	Which factors have hindered or prevented improvement?
Experte	<i>Have there also been obstacles or setbacks in public awareness of tornadoes?</i>
1	One obstacle could be that the younger generations shift their preferred media away from TV and Internet to some other channels, where the topic of tornadoes may not yet been addressed very often. I'm not on social media though, so I can't really say.
2	The quality of science education in primary and secondary schools has significantly declined. This certainly does not help. I'm afraid this is a problem in other countries as well.
3	Not likely, despite the fact that a significant group of people deny climate change.
4	I wouldn't say so.
5	Primarily, I would say it depends on the level of education and understanding. Just as some people still refuse to accept that the Earth is round, others believe that tornadoes cannot occur in their country and are a phenomenon reserved only for places like the United States.
6	no
7	Nein, da sehe ich keine.
8	The absence of notable events, the use of the word "windhoos" instead of "tornado" implying that they are two different phenomena, which they are not.
9	Even for Météo France forecasters I believe that it is very difficult to anticipate a tornado risk.

RATING Which factors influence tornado risk awareness best? 1 to 10 <i>Assessment of factors, which influenced the risk awareness of Tornadoes in Europe over the past 25 years.</i>							
Experte	Popular movies such as "Twister"	Social media reports / videos of extreme weather and tornadoes.	Media coverage of tornadoes (TV, Radio, Newspapers, Online-News)	Public relations activities and information from weather services	Improvements of weather warnings (SMS, more localised warnings, etc.)	School education/curricular	Governmental information campaigns (natural hazards and tornado risk specifically)
1	5	7	9	6	6	7	5
2	6	8	6	9	9	9	7
3	7	7	10	6	7	5	7
4	4	10	10	3	6	10	10
5	7	10	10	10	10	10	10
6	8	9	9	5	8	10	6
7	10	10	10	8	6	6	6
8	8	8	8	7	1	1	1
9	5	5	9	7	7	7	7

Frage 19 Which factors influence tornado risk awareness best? <i>Assessment of factors, which influenced the risk awareness of Tornadoes in Europe over the past 25 years.</i>	
Experte	<i>Other (please specify):</i>
8	Educational TV programs for older children paid attention to tornadoes in a very engaging and educative way: "Het Klokhuis", "Klaas kan alles".

Frage 20 In your estimation, what percentage of the population of your country knows how to behave correctly during a tornado?	
Experte	
1	20 - 40 %
2	0 - 20 %
3	40 - 60 %
4	0 - 20 %
5	20 - 40 %
6	0 - 20 %
7	40 - 60 %
8	40 - 60 %
9	0 - 20 %

Frage 21 Which protective measures are most frequently misunderstood or ignored, in your experience?	
Experte	
1	Some people try to take movies from approaching tornadoes instead of moving to a safer place in time
2	Tornadoes are considered a rare phenomenon in Hungary. However, during professional open days and discussions, I often notice that people are confused about what they should do during lightning, an earthquake, or a tornado. The most common response in all cases is to hide under a table. In better cases, they say to go down to the basement.
3	Mainly the adaptation of buildings and infrastructure.
4	I think that among the people aware of the possibility of tornado within their country, most of them are not aware at all of the destruction potential associated with a tornado.
5	Many people may be misled by the idea of recording the event, potentially putting themselves in danger. They might also fail to recognize the strength of the wind, the speed at which a tornado can approach their area, or the possibility of sudden changes in the storm's direction — including the tornado itself.
6	misjudgements, e.g. filming behind windows etc
7	- Keinen Notfallplan und keinen Schutzraum haben - Nicht im Keller Schutz suchen - Im Auto Schutz suchen oder der Glaube, man kann einem Tornado im Auto davonfahren
8	The need to either open or close windows, which is a dangerous waste of time better used to take cover.

Auswahl von Graphiken Evaluation of Information Materials: Here are some examples of tornado protection information materials. In your opinion, which are most understandable for the public?					
Experte	Self protection of Tornadoes 1	Self protection of Tornadoes 2	Occurrence of tornadoes 1	Occurrence of tornadoes 2	Occurrence of tornadoes 3
1	2	1	2	2	2
2	2	1	2	1	1
3	1	2	2	2	2
4	2	1	2	1	1
5	2	1	2	2	1
6	2	1	2	1	1
7	2	1	2	2	2
8	2	2	2	2	2
9	2	1	1	1	1

Frage 27	In your opinion, which elements are particularly effective for reaching the general public?
Experte	
3	Showing the impact, either with your eyes or through the media, especially TV and mainly social media.
4	It has to be quick and effortless to read.
5	It depends on which age group we are addressing. For younger people, definitely social media like TikTok, for older people, educational materials in newspapers and on television, and for schoolchildren and preschoolers, short lectures and demonstrations or experiments.
6	simple only one parameter coloured
7	- einfache und klare Darstellung mit Wirkung - Verwendung von Bildern, Symbolen, Piktogrammen, Farbcodes - klare und handlungsorientierte Sprache - lokaler Bezug und echte Geschichten - interaktive Werkzeuge und Übungen - Mythen versus Fakten - Personalisierung und Dringlichkeit betonen
8	Simplicity, humor, readability, accuracy.
9	teaching weather risk at school and in all public and private companies

RATING 0 to 5	Comprehensibility & effectiveness of communication forms for <u>protective measures</u> . <i>In your opinion, how can the public best be reached with information about tornado risks and protective measures?</i>						
Experte	Illustrations	Bullet Points	Explanatory text (about one A5 page)	Accounts from affected individuals (e.g., Czech Republic 2021)	Comic strips	Interactive online tools or apps	Videos/animated films
1	4	2	2	2	4	4	4
2	5	5	4	5	4	3	5
3	5	3	1	3	1	5	3
4	5	3	1	5	2	1	0
5	5	4	3	5	4	5	5
6	4	2	0	4	3	2	4
7	5	5	1	5	4	5	5
8	4	3	1	2	4	3	4
9	4	4	1	4	4	2	4

Frage 35	Which communication formats or channels have you personally found to be particularly effective?
Experte	
1	Graphical illustrations for quick information "Serious games" if one wants to invest a bit more time
3	News on TV and reportage coverage.
4	The NOAA in general has excellent communication in my opinion.
5	All above mentioned have their target audience. This should be tailored for the audience we are addressing.
6	every channel triggering emotional response
7	- Videos und Bilder/Grafiken - Social media
9	Illustrations or comic strips

Frage 36	Are there any communication formats you consider overrated?
Experte	
1	Hard to say. May depend on the age and educational background of the people. E.g., teens and twens might be more inclined to short videos in social media, while older people may be more reachable by illustrations or a one-page-text.
3	I think any form is useful, even if less effective.
5	No. Any communication is better than none.
7	Längere Texte sind weniger nützlich
9	Explanatory text

Frage 37	In your opinion, how can the public best be reached with information about tornado risks and protective measures?
Experte	<i>Please rank from best to worst.</i>
1	School education/curricula;Local multipliers (fire department, mayor, etc.);Social media campaigns by weather services/research institutions;News coverage (TV, radio, newspaper);Documentaries (TV, radio, newspaper);National information campaigns (e.g., ministries);Information booths at public events;Flyers in public buildings;
2	School education/curricula;Social media campaigns by weather services/research institutions;News coverage (TV, radio, newspaper);National information campaigns (e.g., ministries);Flyers in public buildings;Documentaries (TV, radio, newspaper);Local multipliers (fire department, mayor, etc.);Information booths at public events;
3	News coverage (TV, radio, newspaper);Social media campaigns by weather services/research institutions;Local multipliers (fire department, mayor, etc.);National information campaigns (e.g., ministries);School education/curricula;Documentaries (TV, radio, newspaper);Flyers in public buildings;Information booths at public events;
4	News coverage (TV, radio, newspaper);School education/curricula;Social media campaigns by weather services/research institutions;Documentaries (TV, radio,

	newspaper);Information booths at public events;National information campaigns (e.g., ministries);Local multipliers (fire department, mayor, etc.);Flyers in public buildings;
5	School education/curricula;Social media campaigns by weather services/research institutions;National information campaigns (e.g., ministries);Flyers in public buildings;News coverage (TV, radio, newspaper);Documentaries (TV, radio, newspaper);Local multipliers (fire department, mayor, etc.);Information booths at public events;
6	School education/curricula;News coverage (TV, radio, newspaper);Local multipliers (fire department, mayor, etc.);Social media campaigns by weather services/research institutions;Documentaries (TV, radio, newspaper);National information campaigns (e.g., ministries);Information booths at public events;Flyers in public buildings;
7	Social media campaigns by weather services/research institutions;School education/curricula;News coverage (TV, radio, newspaper);Local multipliers (fire department, mayor, etc.);Flyers in public buildings;Information booths at public events;National information campaigns (e.g., ministries);Documentaries (TV, radio, newspaper);
8	School education/curricula;Social media campaigns by weather services/research institutions;News coverage (TV, radio, newspaper);Local multipliers (fire department, mayor, etc.);National information campaigns (e.g., ministries);Documentaries (TV, radio, newspaper);Flyers in public buildings;Information booths at public events;
9	School education/curricula;Social media campaigns by weather services/research institutions;News coverage (TV, radio, newspaper);National information campaigns (e.g., ministries);Documentaries (TV, radio, newspaper);Local multipliers (fire department, mayor, etc.);Information booths at public events;Flyers in public buildings;

Frage 38	Do you have further suggestions how to reach the public best?
Experte	
6	mobile phone alert systems
7	Die Leute dort abholen, wo sie sind
8	I think just two or three of the methods above would suffice.

Frage 39 What do you consider to be the biggest current challenges in tornado risk communication?	
Experte	
1	Tornado is a very rare event, so for most people it is very far from their day-to-day experience. How to get attention?
2	People's varying levels of education. There is a need for more comprehensive and consistent science education, as well as greater public interest in the natural sciences.
3	Occurrence of false alarms.
4	The concept of uncertainty and probability in a forecast it's hard to communicate, therefore the possibility of tornado won't be taken seriously, even if a warning has been issued.
5	If we talk just about risk communication then the main challenge is to overcome the gap between expert knowledge and putting it in simple language understandable to the people. Sometimes it is not only to give advice but people need to understand what is behind and what the consequences or risk is. If we talk about warnings we need to understand what kind of behavior one can expect and that people receive the information on time in understandable way. So reaching vulnerable populations is quite a big challenge. Places without signal, or people without technology or people with disabilities.
6	far in warnings
7	Die eigentliche Herausforderung besteht nicht nur darin, Warnungen zu versenden, sondern sicherzustellen, dass die Menschen sie verstehen, vertrauen – und sofort handeln.
8	The low frequency of such events making people think it is irrelevant to know anything about tornadoes.
9	I feel that we still have 2 big challenges at Météo France, that partly explain why this is difficult to communicate about tornado risk. First it is a big challenge to forecast a tornado risk. We have a very strict False Alarms/Hit Rate requirements for our Vigilance system, which makes it very difficult to issue an "orange or red" for very localised severe storms. The false alarm rate needs to be very low (to ensure people trust our vigilance system). Second, it is also not easy to detect tornadoes with our radar network. Mesocyclones can be detected but we still face lots of false alarm problems due to our Doppler quality that is reduced particularly within severe storms (with lots of turbulence => aliasing problems). Third, tornado detection using radars seems out of reach over France because of the smaller size of most tornadoes in France (compared to USA tornadoes) resulting in smaller tornado debris signatures. I personally feel that those challenges makes it difficult even for Météo France to communicate about tornado risk. Additionally, this is not the major severe weather problem in France. We have made lots of progress on communication campaigns (via Météo France and other medias) to communicate on heavy precipitation events and flash-floods that are every year responsible for fatalities. We also actively communicate on the thunderstorm risk in general (like explaining that people should not remain below trees...)

Frage 40 Which improvements or innovations do you think will be especially important in the coming years?	
Experte	
1	If we succeed in increasing our forecasting/warning capabilities and forecaster's trust in them, the word tornadoe will appear more often in the context of weather warnings and weather reports. This may also increase public awareness.
2	Improving education and launching social media campaigns.
3	Above all, a noticeable improvement in the reliability of weather forecasts. In particular, their greater spatial precision.
4	Climate change will probably enhance the risk of extreme events including tornadoes in some areas, and the public awareness will most likely follow this trend.
5	Still some old and robust techniques are maybe the best ones, as sirens when a major storm is approaching and for example mobile network is down or there is no signal or TV is not working because there is no electricity. So there is a big need that some kind of warning system works if we are not reachable by mobile phones.
6	mobile phone alert systems
7	KI in Wettermodellen
8	Storm-based severe weather warnings. We are already waiting for them for many years in NL.
9	Both improving forecasts and detection + I hope we will implement an alert system (in addition to the vigilance).

Frage 41 Are there any other aspects you consider relevant that have not yet been addressed?	
Experte	
5	Even if we issue a perfect weather warning—timely and with precise information on timing and location—we still need a strong foundation in communication science to encourage individuals to make the right decisions and take appropriate actions. This is a complex and challenging task, but hopefully achievable to some extent.
7	Familiäre und gemeinschaftliche Notfallvorsorge fördern.