

Wissenschaftlicher
Workshop
12. und 13. März 2026

An der TH Wildau

Auswertung

Inhalt

1	Einleitung	5
1.1	Einbindung und Zusammenarbeit mit Praxis- und Forschungspartnern.....	6
1.2	Problemstellung und Relevanz	7
2	Stand der Forschung und theoretischer Rahmen	8
3	Konzeption, Methodik und Idee des wissenschaftlichen Workshops	10
4	Impulsvorträge als strukturierendes Element des Workshops	12
5	Auswahl der Expertinnen und Experten unter besonderer Berücksichtigung von Diversität	13
5.1	Fachliche Diversität	13
5.2	Institutionelle Diversität	14
5.3	Erfahrungsbasierte Diversität	14
5.4	Systemische Diversität (Akteursperspektiven)	14
5.5	Ziel der diversitätsorientierten Auswahl.....	15
6	Methodische Vorgehensweise: Schnipselmethode und World Café	15
6.1	World Café (Waldcafé)	15
6.2	Schnipselmethode (quantitative Priorisierung)	16
6.3	Methodische Integration und Bewertung	17
7	Ergebnisse des Waldcafés (qualitative Analyse)	17
7.1	Kategorie A: Technologien & Innovation (Mindmap-Auswertung)	17
7.1.1	Daten, Erfassung & Grundlagen	17
7.1.2	Schnittstellen & Datenverarbeitung.....	18
7.1.3	Technologien & Innovation	18
7.1.4	Detektion & Lagebild.....	18
7.1.5	Entscheidungsfindung	19
7.1.6	Analyse & Bewertung	19
7.1.7	Szenarien & Planung	19
7.1.8	Governance, Organisation & Rahmenbedingungen	19
7.1.9	Mensch & Gesellschaft	20
7.1.10	Brücke zwischen Disziplinen	20
7.1.11	Zentrale Spannungsfelder (aus dem Mindmap ableitbar)	20
7.1.12	Stichworte vom Chart:	21

7.2	Kategorie B: Ökologie, Governance und gesellschaftliche Dynamik	22
7.2.1	Drei Aktionsfelder	22
7.2.2	Gesamtaussage des Mindmaps	23
7.2.3	Stichworte vom Chart:	23
7.3	Kategorie C: KRITIS, Sicherheit und Daseinsvorsorge.....	23
7.3.1	Zentrales Element: KRITIS	24
7.3.2	2. Raumbezug: Urbane Systeme	24
7.3.3	Bedrohungen & Risiken	24
7.3.4	Vernetzung & Abhängigkeiten	24
7.3.5	Transparenz vs. Sicherheit.....	25
7.3.6	Schutz & Vorsorge.....	25
7.3.7	Resilienz & Stabilität	25
7.3.8	Akteure & Organisation	25
7.3.9	Entscheidungsfähigkeit & Einsatzkräfte	26
7.3.10	Gegnerperspektive	26
7.3.11	Systemische Schwächen	26
7.3.12	Zentrale Spannungsfelder	26
7.3.13	Ergänzendes Mindmap (rechts): Denken in Ebenen	26
7.3.14	Gesamtaussage des Mindmaps	27
7.3.15	Stichworte vom Chart:	27
7.4	Kategorie D: Kommunikation, Prävention und Verhaltensänderung	28
7.4.1	Drei Phasen des Systems	28
7.4.2	Prävention: Wissen, Aufklärung und Vorbereitung	28
7.4.3	Ereignis: Kommunikation und Handlungsfähigkeit.....	29
7.4.4	Nachsorge: Lernen und Anpassung.....	29
7.4.5	Vertrauen und Glaubwürdigkeit.....	30
7.4.6	Kommunikation als Schlüsselprozess	30
7.4.7	Zielgruppen & Verhalten	30
7.4.8	Steuerungsmechanismen	31
7.4.9	Rückkopplungsschleifen	31
7.4.10	Zentrale Probleme	31

7.4.11	Verbindung zu anderen Systemebenen	31
7.4.12	Zentrale Spannungsfelder	32
7.4.13	Stichworte vom Chart:	32
7.5	Kategorie E: Governance, Recht und Kooperation im Waldbrandmanagement 33	
7.5.1	Recht als zentrales Steuerungselement.....	33
7.5.2	Fragmentierung durch Föderalismus.....	33
7.5.3	Zuständigkeiten: unklar und überlappend.....	34
7.5.4	Kooperation als Schlüssel – aber mit Hürden	34
7.5.5	Interdisziplinarität & „Dual Use“	34
7.5.6	Standards, Ausbildung und Fähigkeiten.....	35
7.5.7	Ressourcen & Finanzierung	35
7.5.8	Einbindung weiterer Akteure	35
7.5.9	Zentrale Problemfelder	36
7.5.10	Zielbild (implizit)	36
7.5.11	Zentrale Spannungsfelder	36
7.5.12	Gesamtaussage	36
7.5.13	Stichworte vom Chart:	37
8	Ergebnisse der Schnipselmethode (quantitative Analyse).....	37
8.1	Beschreibung der Schnipselmethode.....	37
8.2	Statistische Auswertung der Handlungsfelder (Schnipselmethode).....	38
8.2.1	Deskriptive Auswertung	38
8.2.2	Inferenzstatistische Einordnung.....	42
8.2.3	Fehlerbetrachtung und Limitationen	42
8.2.4	Fazit	42
8.2.5	Literatur	43
9	Fehlerbetrachtung und methodische Limitationen.....	44
10	Ableitung wissenschaftliche Handlungsfelder im Waldbrandmanagement.....	46
11	Stand der Forschung und Einordnung der wissenschaftlichen Handlungsfelder	48
12	Ergebnisdiskussion: Wissenschaftliche Handlungsfelder im Waldbrandmanagement	50
13	Schlussbetrachtung: Was bleibt zu tun?	53

14	Danksagung	55
15	Anhang.....	56
15.1	Rohdaten Schnipselmethode	56
15.2	Visualisierungen (Mindmaps Waldcafé).....	62

1 Einleitung

Die zunehmende Häufigkeit und Intensität von Waldbränden in Europa stellt Politik, Verwaltung, Wissenschaft und Einsatzorganisationen vor erhebliche Herausforderungen. Insbesondere im Kontext des Klimawandels, veränderter Landnutzung sowie wachsender gesellschaftlicher und infrastruktureller Verwundbarkeit gewinnen Fragen der Prävention, Früherkennung, Einsatzbewältigung und Nachsorge zunehmend an Bedeutung. Waldbrände sind dabei nicht mehr als isolierte Naturereignisse zu verstehen, sondern als komplexe systemische Risiken, die ökologische, technische, soziale und institutionelle Dimensionen gleichermaßen betreffen.

Die Komplexität des Waldbrandgeschehens ergibt sich insbesondere aus der engen Verflechtung verschiedener Teilsysteme. Ökologische Faktoren wie Vegetationsstruktur, Wasserhaushalt und Biodiversität interagieren mit technischen Systemen der Detektion und Entscheidungsunterstützung sowie mit organisatorischen und rechtlichen Rahmenbedingungen. Gleichzeitig beeinflussen menschliches Verhalten, Kommunikation und gesellschaftliche Wahrnehmung maßgeblich die Entstehung, Ausbreitung und Bewältigung von Waldbränden. Diese Vielschichtigkeit erfordert integrierte, interdisziplinäre Ansätze, die über sektorale Betrachtungen hinausgehen.

Ein zentrales Problem liegt dabei in der Fragmentierung von Zuständigkeiten und Regelungsstrukturen. Unterschiedliche gesetzliche Rahmenbedingungen, föderale Strukturen und sektorale Verantwortlichkeiten führen häufig zu Koordinationsproblemen und ineffizienten Entscheidungsprozessen. Gleichzeitig wird die Bedeutung von Kooperation, Standardisierung und interdisziplinärer Zusammenarbeit als zentraler Erfolgsfaktor hervorgehoben, wobei diese in der Praxis oft nur unzureichend institutionalisiert ist. Hinzu kommen Herausforderungen im Bereich kritischer Infrastrukturen, deren zunehmende Vernetzung und Abhängigkeiten die Anfälligkeit für Kaskadeneffekte deutlich erhöhen.

Vor diesem Hintergrund besteht ein wachsender Bedarf an wissenschaftlich fundierten, strategischen Handlungsfeldern, die sowohl die systemische Komplexität als auch die praktischen Anforderungen des Waldbrandmanagements berücksichtigen. Ziel der vorliegenden Arbeit ist es daher, auf Basis eines partizipativen und interdisziplinären Prozesses solche Handlungsfelder zu identifizieren, zu priorisieren und analytisch zu begründen.

Die empirische Grundlage bildet ein zweistufiges methodisches Vorgehen: In einem ersten Schritt wurden im Rahmen eines World Cafés („Waldcafé“) zentrale Themen, Problemstellungen und Zusammenhänge aus Sicht verschiedener Expertinnen und Experten erarbeitet. Dieses Format ermöglichte eine offene, qualitative Exploration des Themenfeldes und führte zu einer systemischen Verdichtung der relevanten Dimensionen. Aufbauend darauf wurden in einem zweiten Schritt strategische

Handlungsfelder abgeleitet und mittels einer „Schnipselmethode“ durch die Teilnehmenden priorisiert. Diese quantitative Bewertung erlaubt eine strukturierte Gewichtung der identifizierten Themen und ergänzt die qualitative Analyse um eine empirische Priorisierung.

Die Kombination beider Methoden ermöglicht es, sowohl die Breite der diskutierten Inhalte als auch deren relative Bedeutung abzubilden. Gleichzeitig wird durch die Einbindung unterschiedlicher fachlicher Perspektiven ein interdisziplinärer Zugang gewährleistet, der den Anforderungen eines komplexen Risikofeldes wie dem Waldbrandmanagement gerecht wird.

Die vorliegende Arbeit verfolgt somit das Ziel, aus der Verbindung von qualitativ erhobenem Expertenwissen und quantitativer Priorisierung wissenschaftlich fundierte Handlungsfelder abzuleiten. Diese sollen als Grundlage für zukünftige Forschungsaktivitäten, politische Entscheidungsprozesse sowie praktische Maßnahmen im Bereich des Waldbrandmanagements dienen.

1.1 Einbindung und Zusammenarbeit mit Praxis- und Forschungspartnern

Ein wesentlicher Erfolgsfaktor der vorliegenden Arbeit und damit der Durchführung des Workshops ist die enge Zusammenarbeit mit praxisnahen und wissenschaftlichen Partnern. Besonders hervorzuheben ist hierbei die Kooperation mit dem Forest Fire Fighting Lab (FFFLab) sowie der logistischen Unterstützung der Technischen Hochschule Wildau.

Das FFFLab fungiert als zentrale Plattform zur Förderung von Forschung, Innovation und Wissenstransfer im Bereich der Waldbrandprävention und -bekämpfung. Durch die enge Anbindung an aktuelle Forschungsaktivitäten sowie die Vernetzung mit Praxisakteuren konnten relevante Fragestellungen frühzeitig identifiziert und in den Forschungsprozess integriert werden. Insbesondere die fachliche Begleitung sowie die Unterstützung bei der Konzeption und Durchführung der Workshops stellten einen wesentlichen Mehrwert dar.

Die Technische Hochschule Wildau leistete einen wichtigen Beitrag durch die Bereitstellung der räumlichen Infrastruktur sowie die organisatorische und logistische Unterstützung. Die Durchführung des Waldcafés und der Priorisierungsprozesse wurde dadurch in einem geeigneten, professionellen Rahmen ermöglicht. Dies schuf die notwendigen Voraussetzungen für einen strukturierten Austausch zwischen den beteiligten Expertinnen und Experten und trug maßgeblich zum Gelingen des partizipativen Forschungsprozesses bei.

Die Zusammenarbeit beider Institutionen ermöglichte es, wissenschaftliche Fragestellungen mit praxisnahen Perspektiven zu verbinden und einen produktiven Arbeitskontext zu schaffen. Insgesamt hat diese Kooperation wesentlich dazu beigetragen, die Qualität und Umsetzbarkeit der Ergebnisse zu sichern.

1.2 Problemstellung und Relevanz

Trotz der in den vergangenen Jahren erzielten Fortschritte in Forschung, Technik und Einsatzpraxis zeigt sich, dass das Waldbrandmanagement weiterhin durch strukturelle Defizite geprägt ist. Diese betreffen insbesondere die unzureichende Integration vorhandener Erkenntnisse und Lösungen sowie die begrenzte Anschlussfähigkeit zwischen wissenschaftlicher Entwicklung und praktischer Anwendung. Viele innovative Ansätze verbleiben auf der Ebene von Pilotprojekten oder Einzelanwendungen und werden nicht in übergreifende Systeme überführt.

Ein wesentliches Problem besteht in der fehlenden systematischen Verknüpfung der unterschiedlichen Handlungsdimensionen. Während technologische Entwicklungen – etwa in den Bereichen Sensorik, Datenanalyse oder Entscheidungsunterstützung – zunehmend ausgereift sind, bestehen Defizite in deren Einbindung in organisatorische Abläufe und institutionelle Strukturen. Gleichzeitig bleiben ökologische Präventionsansätze, Fragen der Flächennutzung sowie langfristige Anpassungsstrategien häufig von operativen Maßnahmen entkoppelt.

Darüber hinaus zeigt sich eine Diskrepanz zwischen kurzfristig wahrgenommenen Handlungsbedarfen und langfristig wirksamen Steuerungsansätzen. Operative Themen, insbesondere im Bereich Einsatz und Technik, werden häufig priorisiert, während strukturelle Fragestellungen – etwa Governance, rechtliche Rahmenbedingungen oder interorganisationale Kooperation – weniger konsistent adressiert werden. Diese Ungleichgewichtung kann dazu führen, dass zentrale Voraussetzungen für eine nachhaltige Verbesserung des Gesamtsystems unzureichend berücksichtigt werden.

Ein weiterer kritischer Aspekt liegt in der zunehmenden Komplexität der Akteurslandschaft. Die Vielzahl beteiligter Organisationen und Ebenen erfordert abgestimmte Entscheidungsprozesse, klare Zuständigkeiten und funktionierende Kooperationsmechanismen. In der Praxis zeigen sich jedoch häufig Schnittstellenprobleme, Informationsverluste und fehlende Standardisierungen, die die Effektivität von Maßnahmen beeinträchtigen.

Vor diesem Hintergrund gewinnt die Entwicklung wissenschaftlich fundierter und zugleich praxisnaher Handlungsfelder besondere Relevanz. Diese müssen in der Lage sein, bestehende Fragmentierungen zu überwinden, unterschiedliche Perspektiven zu integrieren und eine Brücke zwischen Forschung, Verwaltung und operativer Praxis zu schlagen. Die vorliegende Arbeit adressiert genau diese Herausforderung, indem sie auf

Basis eines partizipativen Ansatzes priorisierte Handlungsfelder identifiziert und systematisch einordnet.

Die Relevanz der Untersuchung liegt somit nicht nur in der inhaltlichen Analyse einzelner Themenbereiche, sondern insbesondere in der integrativen Betrachtung des Waldbrandmanagements als Gesamtsystem. Damit wird ein Beitrag zur Weiterentwicklung von Strategien geleistet, die den steigenden Anforderungen durch klimatische, gesellschaftliche und infrastrukturelle Veränderungen gerecht werden.

2 Stand der Forschung und theoretischer Rahmen

Die wissenschaftliche Auseinandersetzung mit Waldbränden hat in den vergangenen Jahren deutlich an Bedeutung gewonnen. Vor dem Hintergrund klimatischer Veränderungen sowie zunehmender Extremereignisse wird in Europa eine steigende Intensität und Ausdehnung von Waldbränden beobachtet, die sowohl ökologische als auch gesellschaftliche Auswirkungen haben (). Entsprechend hat sich Waldbrandmanagement als interdisziplinäres Forschungsfeld etabliert, das naturwissenschaftliche, technische und sozialwissenschaftliche Perspektiven miteinander verbindet.

Im Bereich der naturwissenschaftlichen Forschung stehen insbesondere die Analyse von Brandursachen, die Dynamik der Brandausbreitung sowie ökologische Wechselwirkungen im Fokus. Parallel dazu haben technologische Entwicklungen, insbesondere in der satellitengestützten Fernerkundung, Datenanalyse und Frühwarnung, erheblich an Bedeutung gewonnen. Ein zentrales Beispiel ist das European Forest Fire Information System (EFFIS), das europaweit Daten zur Brandgefahr, zu aktiven Bränden und deren Auswirkungen bereitstellt und damit Entscheidungsprozesse unterstützt ().

Gleichzeitig wird in der Forschung zunehmend betont, dass ein rein technischer oder naturwissenschaftlicher Zugang nicht ausreicht. Vielmehr wird Waldbrandmanagement als sozio-technisches System verstanden, in dem technische Infrastrukturen, ökologische Prozesse sowie institutionelle und gesellschaftliche Rahmenbedingungen eng miteinander verknüpft sind. Neben Prävention und Einsatzbewältigung gewinnen daher auch Aspekte wie Governance, interorganisationale Zusammenarbeit und Risikokommunikation an Bedeutung.

Trotz dieser Fortschritte weist der Stand der Forschung weiterhin eine deutliche Fragmentierung auf. Einzelne Themenfelder – etwa Frühwarnsysteme oder ökologische Analysen – sind vergleichsweise gut untersucht, während integrative Ansätze, die unterschiedliche Perspektiven systematisch zusammenführen, bislang weniger ausgeprägt sind. Insbesondere die Überführung wissenschaftlicher Erkenntnisse in

operative und strategische Entscheidungsprozesse stellt eine zentrale Herausforderung dar.

Vor diesem Hintergrund dient der theoretische Rahmen der vorliegenden Arbeit der Einordnung der Workshop-Ergebnisse in bestehende wissenschaftliche Diskurse. Im Fokus steht dabei die Betrachtung des Waldbrandmanagements als vernetztes Gesamtsystem, in dem technologische Innovationen, ökologische Dynamiken und institutionelle Strukturen gemeinsam betrachtet werden müssen. Diese Perspektive bildet die Grundlage für die anschließende Analyse und Ableitung wissenschaftlicher Handlungsfelder.

Betroffene Themenfelder im Kontext des Waldbrandmanagements

Das Waldbrandmanagement als komplexes, sozio-technisches System berührt eine Vielzahl unterschiedlicher Themenfelder, die sowohl naturwissenschaftliche, technische als auch gesellschaftliche und institutionelle Dimensionen umfassen. Im Folgenden werden zentrale, potenziell betroffene Themenbereiche aufgeführt:

- Klimawandel und Klimaanpassung
- Vegetationsdynamik und Waldökologie
- Waldumbau und nachhaltige Forstwirtschaft
- Biodiversität und Naturschutz
- Boden- und Wassermanagement
- Landnutzung und Flächenkonkurrenzen
- Präventives Vegetations- und Brennstoffmanagement
- Frühdetektion und Monitoringsysteme
- Fernerkundung und Satellitendaten
- Sensorik und IoT-Anwendungen
- Künstliche Intelligenz und Datenanalyse
- Simulation und Modellierung von Brandverläufen
- Digitale Entscheidungsunterstützungssysteme
- Drohnen- und Luftaufklärung
- Einsatzführung und Lagebildsysteme
- Kommunikationstechnologien im Einsatz
- Interoperabilität von IT-Systemen
- Cybersicherheit kritischer Systeme
- Schutz kritischer Infrastrukturen (Energie, Wasser, Verkehr, Kommunikation)
- Risiko- und Vulnerabilitätsanalysen
- Resilienzforschung und Systemstabilität
- Kaskadeneffekte und Systemabhängigkeiten
- Krisenmanagement und Katastrophenschutz

- Einsatzorganisation und Führungsstrukturen
- Ausbildung, Training und Simulation
- Arbeitsschutz und Sicherheit im Einsatz
- Internationale Zusammenarbeit und grenzüberschreitende Einsätze
- Governance-Strukturen und Zuständigkeiten
- Rechtliche Rahmenbedingungen und Regulierung
- Verwaltungsprozesse und Entscheidungsstrukturen
- Finanzierung und Förderstrukturen
- Innovations- und Technologietransfer
- Public-Private-Partnerships
- Risikokommunikation und Krisenkommunikation
- Warnsysteme und Bevölkerungsinformation
- Risikowahrnehmung und Verhalten der Bevölkerung
- Beteiligung und Engagement der Zivilgesellschaft
- Psychosoziale Aspekte und Resilienz der Bevölkerung
- Medien und Informationsverbreitung
- Desinformation und Informationssicherheit
- Politische Steuerung und strategische Planung
- Evaluierung und Monitoring von Maßnahmen
- Nachhaltigkeit und langfristige Anpassungsstrategien

Diese Auflistung verdeutlicht die thematische Breite und die hohe Interdependenz der verschiedenen Handlungsbereiche. Sie unterstreicht zugleich die Notwendigkeit eines integrierten Ansatzes, der die unterschiedlichen Dimensionen systematisch miteinander verknüpft.

3 Konzeption, Methodik und Idee des wissenschaftlichen Workshops

Die vorliegende Arbeit basiert auf einem interdisziplinär angelegten wissenschaftlichen Workshop, der als zentrales Element der Datenerhebung und -strukturierung konzipiert wurde. Ausgangspunkt war die Erkenntnis, dass Waldbrandschutz nicht als isoliertes Fachthema verstanden werden kann, sondern als komplexe, sektorübergreifende Herausforderung, die unterschiedliche Wissensbestände, Akteursgruppen und Handlungsebenen miteinander verbindet.

Vor diesem Hintergrund wurde ein Workshopformat entwickelt, das gezielt darauf abzielt, Wissenschaft, Verwaltung und Praxis systematisch miteinander zu verknüpfen. Ziel war es, nicht nur bestehende Erkenntnisse zusammenzutragen, sondern insbesondere

gemeinsame Problemverständnisse zu entwickeln, Prioritäten abzustimmen und daraus konkrete wissenschaftliche Handlungsfelder abzuleiten.

Im Zentrum der Konzeption stand die Idee, ein Format zu schaffen, das sowohl explorative als auch strukturierende Elemente vereint. Der Workshop wurde daher als sogenanntes *Science Action Lab* gestaltet, das klassische Diskussionsformate mit interaktiven und zielorientierten Arbeitsphasen kombiniert. Dieses Vorgehen ermöglicht es, zunächst ein breites Spektrum an Perspektiven und Themen zu erfassen und diese anschließend schrittweise zu verdichten und in konkrete Handlungsansätze zu überführen.

Inhaltlich orientierte sich der Workshop an zentralen systemischen Dimensionen des Waldbrandmanagements. Dazu zählen insbesondere technologische Entwicklungen, ökologische Fragestellungen, der Schutz kritischer Infrastrukturen, Aspekte der Kommunikation und des Bevölkerungsschutzes sowie Governance- und Rechtsfragen. Diese Themenfelder spiegeln die Vielschichtigkeit des Untersuchungsgegenstandes wider und bilden die Grundlage für eine strukturierte Bearbeitung im Workshopprozess.

Ein wesentliches konzeptionelles Element bestand darin, unterschiedliche Wissensformen gezielt zusammenzuführen. Während wissenschaftliche Beiträge den aktuellen Stand der Forschung sowie theoretische Perspektiven einbrachten, lieferten Praxisakteure wertvolle Einblicke in operative Herausforderungen und Umsetzungsbedingungen. Vertreterinnen und Vertreter aus Verwaltung und Förderlandschaft ergänzten diese Perspektiven um strategische und institutionelle Rahmenbedingungen. Durch diese gezielte Diversität wurde ein umfassendes Bild des Themenfeldes ermöglicht.

Der Workshop war dabei bewusst als mehrstufiger Prozess angelegt. In einer ersten Phase standen die gemeinsame Exploration und Strukturierung der Themen im Vordergrund. In einer zweiten Phase erfolgte die gezielte Verdichtung und Priorisierung von Handlungsfeldern, um eine Grundlage für zukünftige Forschungs- und Umsetzungsaktivitäten zu schaffen. Dieses Vorgehen folgt der Logik, komplexe Problemfelder zunächst breit zu erfassen und anschließend schrittweise zu fokussieren.

Ein weiteres zentrales Ziel bestand in der Schaffung einer gemeinsamen Arbeits- und Kommunikationsbasis zwischen den beteiligten Akteuren. Durch die interaktiven Formate wurde nicht nur Wissen generiert, sondern auch Vernetzung gefördert und ein gemeinsames Verständnis für zentrale Herausforderungen entwickelt. Dies bildet eine wichtige Voraussetzung für zukünftige Kooperationen, gemeinsame Projekte sowie die Entwicklung anschlussfähiger Förderinitiativen.

Insgesamt verfolgt die Konzeption des Workshops einen integrativen Ansatz, der über klassische Fachgrenzen hinausgeht. Die Kombination aus interdisziplinärem Austausch, strukturierter Methodik und strategischer Ausrichtung ermöglicht es, wissenschaftlich fundierte und zugleich praxisrelevante Ergebnisse zu generieren. Damit bildet der

Workshop die zentrale Grundlage für die in dieser Arbeit entwickelte Analyse und die Ableitung wissenschaftlicher Handlungsfelder.

4 Impulsvorträge als strukturierendes Element des Workshops

Ein zentrales Element des wissenschaftlichen Workshops bildeten die Impulsvorträge, die zu Beginn der Veranstaltung durchgeführt wurden. Diese dienten dazu, einen gemeinsamen Wissensstand unter den Teilnehmenden herzustellen, zentrale Perspektiven einzubringen und den inhaltlichen Rahmen für die anschließenden Arbeitsphasen zu setzen.

Die Impulsvorträge waren bewusst interdisziplinär angelegt und deckten zentrale Dimensionen des Waldbrandmanagements ab. Den Auftakt bildete die Einführung in Zielsetzung und konzeptionellen Rahmen des Workshops durch die Leitung des Waldbrandkompetenzzentrums (WBZZ). Unter dem Titel *„Idee des Workshops: Prioritäten & Erwartungen von Verwaltung, Wissenschaft und Praxis“* stellte Uwe Becker die grundlegende Zielrichtung des Formats dar und skizzierte die Notwendigkeit einer abgestimmten Priorisierung wissenschaftlicher und praktischer Handlungsbedarfe.

Im Anschluss wurden aktuelle Forschungsprojekte und Herausforderungen im Waldbrandschutz vorgestellt. Dieser Beitrag wurde durch Marvin Janßen (Institut der Feuerwehr NRW) übernommen und gab einen Einblick in laufende Forschungsaktivitäten sowie bestehende Wissenslücken. Der Vortrag verdeutlichte insbesondere die Dynamik des Themenfeldes sowie die Notwendigkeit, wissenschaftliche Erkenntnisse stärker in die Praxis zu überführen.

Eine weitere Perspektive wurde durch Tobias Rösch (Projekträger Jülich) eingebracht, der unter dem Thema *„Förderung, Möglichkeiten und Perspektiven“* über bestehende Förderstrukturen, Programme und strategische Entwicklungslinien informierte. Dieser Beitrag war insbesondere für die Ableitung zukünftiger Forschungs- und Kooperationsprojekte von Bedeutung, da er die institutionellen Rahmenbedingungen und Finanzierungsmöglichkeiten transparent machte.

Ergänzt wurden die Impulse durch eine wissenschaftliche Perspektive auf klimatische und ökologische Zusammenhänge. Unter dem Titel *„Wissenschaftliche Perspektiven: Klima, Vegetation, Branddynamik“* wurden zentrale Einflussfaktoren und Entwicklungen dargestellt, die das Waldbrandgeschehen maßgeblich prägen. Dieser Beitrag unterstrich die Bedeutung naturwissenschaftlicher Grundlagen für das Verständnis von Risikoentwicklung und Präventionsstrategien.

Am zweiten Workshoptag wurde die Impulsphase durch einen weiteren fachlichen Vortrag ergänzt. Dr. Yvonne Hengst thematisierte unter dem Schwerpunkt „*Bewusstseinsbildung und Kommunikation in der Prävention von Vegetationsbränden*“ die Rolle von Risikowahrnehmung, Kommunikation und gesellschaftlicher Einbindung. Dieser Beitrag verdeutlichte die Relevanz sozialwissenschaftlicher Aspekte und ergänzte die zuvor eher technisch-naturwissenschaftlich geprägten Perspektiven.

In ihrer Gesamtheit erfüllten die Impulsvorträge mehrere Funktionen: Sie strukturierten den thematischen Rahmen, schufen ein gemeinsames Problemverständnis und machten die Interdependenzen zwischen verschiedenen Handlungsfeldern sichtbar. Darüber hinaus fungierten sie als Ausgangspunkt für die anschließenden Arbeitsphasen, indem sie zentrale Fragestellungen und Diskussionslinien vorgaben.

Damit sind die Impulsvorträge nicht nur als Einführungselement zu verstehen, sondern als integraler Bestandteil des methodischen Designs des Workshops. Sie trugen maßgeblich dazu bei, die interdisziplinäre Verständigung zu fördern und eine fundierte Grundlage für die Entwicklung und Priorisierung wissenschaftlicher Handlungsfelder zu schaffen.

5 Auswahl der Expertinnen und Experten unter besonderer Berücksichtigung von Diversität

Die Auswahl der am Forschungsprozess beteiligten Expertinnen und Experten erfolgte gezielt und theoriegeleitet mit dem Ziel, ein möglichst breites Spektrum an Perspektiven, Erfahrungswissen und fachlichen Kompetenzen abzubilden. Angesichts der Komplexität des Untersuchungsgegenstandes – des integrierten Waldbrandmanagements – wurde Diversität als zentrales Auswahlkriterium definiert. Diese Diversität bezieht sich sowohl auf fachliche Hintergründe als auch auf institutionelle Zugehörigkeiten, Erfahrungsräume und Rollen im System.

5.1 Fachliche Diversität

Ein wesentliches Auswahlkriterium war die Einbindung unterschiedlicher wissenschaftlicher und praktischer Disziplinen. Die Expertengruppe umfasste unter anderem Fachrichtungen wie Forstwissenschaften, Ökologie, Ingenieurwissenschaften, Sicherheitsforschung, Informatik, Sozialwissenschaften sowie Psychologie. Dadurch konnten sowohl naturwissenschaftlich-technische Aspekte (z. B. Branddynamik, Sensorik, Modellierung) als auch sozialwissenschaftliche Dimensionen (z. B. Kommunikation, Führung, Verhalten) integriert werden. Diese interdisziplinäre Zusammensetzung trägt der Erkenntnis Rechnung, dass Waldbrandmanagement als sozio-technisches System verstanden werden muss.

5.2 Institutionelle Diversität

Neben der fachlichen Vielfalt wurde großer Wert auf die Einbindung unterschiedlicher institutioneller Perspektiven gelegt. Die Teilnehmenden repräsentierten u. a.:

- Hochschulen und Forschungseinrichtungen
- Behörden und Organisationen mit Sicherheitsaufgaben (BOS)
- Forstverwaltungen und Umweltinstitutionen
- politische und administrative Ebenen
- praxisnahe Einrichtungen und Ausbildungsinstitutionen

Diese Vielfalt ermöglicht es, sowohl strategische als auch operative Sichtweisen abzubilden. Insbesondere die Kombination aus wissenschaftlicher Expertise und praktischer Einsatz- bzw. Verwaltungserfahrung stellt sicher, dass die entwickelten Handlungsfelder sowohl theoretisch fundiert als auch anwendungsorientiert sind. So spiegeln die Expertenprofile beispielsweise Kompetenzen in Krisenmanagement, Waldbrandprävention, Technologieentwicklung sowie politisch-administrativer Steuerung wider.

5.3 Erfahrungsbasierte Diversität

Ein weiteres zentrales Element der Auswahl war die Berücksichtigung unterschiedlicher Erfahrungsräume. Hierzu zählen:

- operative Einsatzerfahrung (z. B. Feuerwehr, Katastrophenschutz)
- strategisch-planerische Erfahrung (z. B. Verwaltung, Politikberatung)
- wissenschaftliche Forschung und Modellierung
- internationale Projektzusammenarbeit
- Ausbildung und Wissensvermittlung

Diese Vielfalt an Erfahrungshintergründen ermöglicht eine multiperspektivische Betrachtung des Themenfeldes und trägt dazu bei, implizites Wissen sowie praktische Herausforderungen systematisch in den Forschungsprozess zu integrieren.

5.4 Systemische Diversität (Akteursperspektiven)

Darüber hinaus wurde gezielt darauf geachtet, unterschiedliche Rollen im Gesamtsystem abzubilden. Dies umfasst Akteure aus verschiedenen Ebenen und Sektoren, etwa:

- lokale, regionale und nationale Verwaltungsebenen
- zivile und militärische Strukturen
- öffentliche und privatwirtschaftliche Akteure
- Wissenschaft und Praxis

Die Einbindung dieser unterschiedlichen Perspektiven ist insbesondere vor dem Hintergrund relevant, dass Waldbrandmanagement durch komplexe Governance-Strukturen, Zuständigkeitsfragen und Kooperationsanforderungen geprägt ist.

5.5 Ziel der diversitätsorientierten Auswahl

Das übergeordnete Ziel der diversitätsorientierten Expert*innenauswahl bestand darin, ein möglichst vollständiges Bild des Systems zu erhalten und einseitige Perspektiven zu vermeiden. Durch die bewusste Integration heterogener Sichtweisen konnten sowohl Konfliktlinien als auch Synergien zwischen verschiedenen Akteursgruppen identifiziert werden. Dies bildet eine wesentliche Voraussetzung für die Entwicklung tragfähiger, interdisziplinärer und praxisrelevanter Handlungsfelder.

Gleichzeitig ist zu berücksichtigen, dass trotz des hohen Diversitätsanspruchs keine vollständige Repräsentativität aller potenziell relevanten Akteursgruppen gewährleistet werden kann. Die Auswahl stellt vielmehr eine gezielte, forschungsgeleitete Stichprobe dar, die darauf abzielt, zentrale Perspektiven abzudecken und systemrelevante Wissensbestände zu integrieren.

Insgesamt trägt die diversitätsorientierte Auswahl der Expertinnen und Experten maßgeblich zur Qualität der Ergebnisse bei, da sie die Grundlage für eine umfassende, systemische und interdisziplinäre Analyse des Waldbrandmanagements bildet.

6 Methodische Vorgehensweise: Schnipselmethode und World Café

Im Rahmen der vorliegenden Untersuchung wurden zwei komplementäre Methoden eingesetzt: das World Café (hier: Waldcafé) zur explorativen Generierung von Themenfeldern sowie die Schnipselmethode zur quantitativen Priorisierung strategischer Handlungsfelder.

6.1 World Café (Waldcafé)

Das World Café ist eine dialogorientierte, qualitative Methode zur strukturierten Generierung von Wissen und Perspektiven in Gruppenprozessen (vgl. Brown & Isaacs, 2005). Die Teilnehmenden diskutieren in rotierenden Kleingruppen an thematisch vorgegebenen Tischen. Ziel ist es, durch iterative Verdichtung kollektive Erkenntnisse zu entwickeln.

Im vorliegenden Fall wurde das Format als „Waldcafé“ an das Themenfeld Waldbrandmanagement angepasst. Die Diskussionen orientierten sich an übergeordneten Themenfeldern (u. a. Technologie, Ökologie, kritische Infrastrukturen, Kommunikation sowie Governance und Recht). Die Ergebnisse wurden in Form von Stichworten, Mindmaps und grafischen Verdichtungen dokumentiert und bilden eine qualitative, systemische Beschreibung des Handlungsfeldes. Diese zeigt insbesondere die hohe Komplexität, Interdependenzen sowie Zielkonflikte zwischen Akteuren und Systemebenen.

Das World Café dient somit primär der explorativen, qualitativen Strukturierung eines Themenfeldes und der Identifikation relevanter Problem- und Handlungsdimensionen.

6.2 Schnipselmethode (quantitative Priorisierung)

Aufbauend auf den Ergebnissen des Waldcafés wurde die sogenannte Schnipselmethode eingesetzt. Dabei wurden insgesamt rund 120 strategische Handlungsfelder auf einzelnen Karten („Schnipseln“) formuliert und durch die Teilnehmenden priorisiert.

Im Unterschied zum World Café handelt es sich hierbei um eine quantitative Methode, da die Bewertung der Handlungsfelder anhand eines ordinalen Priorisierungssystems erfolgte (z. B. Priorität 1–4 sowie „Müllpriorität“). Die Häufigkeiten der Zuordnungen ermöglichen eine statistisch auswertbare Aggregation der Einschätzungen (z. B. Häufigkeitsverteilungen, Rangfolgen) .

Ein wesentliches methodisches Merkmal besteht darin, dass die auf den Schnipseln formulierten Handlungsfelder strategischer Natur waren. Sie wurden nicht isoliert entwickelt, sondern deckten in aggregierter Form die im Waldcafé identifizierten Themenfelder „verdeckt“ ab. Das bedeutet:

- Die qualitative Struktur (Waldcafé) bildet den thematischen Rahmen
- Die quantitativen Bewertungen (Schnipselmethode) operationalisieren diesen Rahmen
- Eine direkte Zuordnung erfolgt erst in der Auswertung

Damit entsteht eine methodische Verschränkung von qualitativer Exploration und quantitativer Verdichtung.

Ein weiterer analytisch relevanter Aspekt ist, dass nicht alle Schnipsel priorisiert wurden. Diese „fehlenden“ Zuordnungen sind nicht als bloße Lücken zu interpretieren, sondern können Hinweise auf Unsicherheiten, mangelnde Relevanz oder Verständnisschwierigkeiten liefern und sollten daher in der Analyse berücksichtigt werden.

6.3 Methodische Integration und Bewertung

Die Kombination beider Methoden stellt ein mehrstufiges, Mixed-Methods-Design dar:

1. Exploration (qualitativ): Identifikation von Themenfeldern und Problemstrukturen (World Café)
2. Operationalisierung (strategisch): Ableitung konkreter Handlungsfelder
3. Priorisierung (quantitativ): Bewertung der relativen Bedeutung (Schnipselmethode)

Diese Kombination ermöglicht es, sowohl die Breite des Diskurses als auch die Tiefe der Bewertung abzubilden. Während das World Café die systemische Komplexität sichtbar macht (z. B. Governance-Probleme, Koordinationsdefizite, Zielkonflikte), erlaubt die Schnipselmethode eine strukturierte Gewichtung dieser Aspekte.

Gleichzeitig sind methodische Einschränkungen zu berücksichtigen: Die Priorisierung basiert auf subjektiven Einschätzungen der Teilnehmenden, ist kontextgebunden und unterliegt möglichen Verzerrungen durch Gruppendynamiken oder unterschiedliche Interpretationen der Handlungsfelder.

Insgesamt stellt die Kombination aus Waldcafé und Schnipselmethode jedoch einen geeigneten Ansatz dar, um komplexe, interdisziplinäre Themenfelder systematisch zu erfassen und in priorisierte wissenschaftliche Handlungsfelder zu überführen.

7 Ergebnisse des Waldcafés (qualitative Analyse)

Die Auswertung des Waldcafés bildet die qualitative Grundlage der folgenden Analyse. Die im Workshop entwickelten Mindmaps strukturieren zentrale Themenfelder und Zusammenhänge des Waldbrandmanagements und dienen als Ausgangspunkt für die weitere systematische Betrachtung.

7.1 Kategorie A: Technologien & Innovation (Mindmap-Auswertung)

Das Mindmap stellt ein vernetztes System zur Analyse, Prävention und Bewältigung von Waldbränden dar. Im Zentrum stehen Daten, Technologien und Entscheidungsprozesse, die über verschiedene Ebenen miteinander verbunden sind.

7.1.1 Daten, Erfassung & Grundlagen

Ein zentraler Ausgangspunkt ist die Datenerhebung und -integration:

- Georeferenzierte Geländedaten
- Wald- und Umweltdaten („Open Data“)
- Wetterdaten (z. B. DWD, hohe zeitliche Auflösung)

- Sensordaten (z. B. IoT, Kamerasysteme)
- Drohnen- und luftgestützte Erfassung
- Hinderniserkennung (z. B. für Einsatzmittel)
- Historie

Ziel: Aufbau eines konsistenten, aktuellen Lagebildes

7.1.2 Schnittstellen & Datenverarbeitung

Die Daten müssen zusammengeführt und nutzbar gemacht werden:

- Schnittstellen zwischen Systemen („Interoperabilität“)
- Datenfusion und -aufbereitung
- Cloud-/Dateninfrastruktur
- Standardisierung von Datenformaten

Problemstellung:

- Fragmentierte Systeme
- fehlende Kompatibilität
- mangelnde Integration

7.1.3 Technologien & Innovation

Ein zentrales Element ist der Einsatz moderner Technologien:

- Künstliche Intelligenz / Machine Learning
- Fernerkundung (Drohnen, Satelliten)
- Sensorik (z. B. zur Früherkennung)
- Echtzeit-Datenverarbeitung
- Automatisierte Systeme

Ziel: Da konkret und operativ und sehr viele reife Technologien vorhanden, ist nicht die Technologieentwicklung das Problem, sondern eher die Integration, Anwendung und der Transfer

7.1.4 Detektion & Lagebild

Früherkennung und kontinuierliche Lagebewertung:

- Branddetektion (z. B. Sensorik, Kameras, Satelliten)
- Alarmierungssysteme
- Dynamisches Lagebild
- Verknüpfung verschiedener Datenquellen

Übergang zu: Entscheidungsunterstützung

7.1.5 Entscheidungsfindung

Zentrale Steuerungsebene:

- Entscheidungsunterstützungssysteme
- Modellierung (z. B. Brandausbreitung)
- Risikoanalysen
- Prognosen (z. B. Wetter, Vegetation)

Herausforderung:

- Unsicherheit und Dynamik
- Komplexität der Systeme

7.1.6 Analyse & Bewertung

Rückblickende und vorausschauende Analysen:

- Storylines (retrospektiv)
- Trendanalysen
- Szenarienentwicklung
- Vergleich unterschiedlicher Entwicklungen

Ziel: Lernen aus Ereignissen und Verbesserung der Strategien

7.1.7 Szenarien & Planung

Strategische Weiterentwicklung:

- Entwicklung realistischer Szenarien
- Berücksichtigung regionaler Unterschiede
- Anpassung an zukünftige Risiken

Verknüpfung:

- Forschung
- Praxis
- Politik

7.1.8 Governance, Organisation & Rahmenbedingungen

Strukturelle Ebene:

- Bürokratieabbau
- Zuständigkeiten
- Kooperation zwischen Akteuren
- KRITIS (kritische Infrastrukturen)
- Finanzierung & Förderung

zentrale Herausforderung: Systemische Koordination

7.1.9 Mensch & Gesellschaft

Der Mensch als zentraler Faktor:

- gesellschaftliche Wahrnehmung von Risiken
- Verhalten und Kommunikation
- Schulung und Ausbildung
- interdisziplinäre Zusammenarbeit

7.1.10 Brücke zwischen Disziplinen

Das Mindmap zeigt explizit:

eine „Brücke“ zwischen Disziplinen

- Technik
- Wissenschaft
- Praxis
- Politik
- Gesellschaft

Ziel: Integration statt Silodenken

7.1.11 Zentrale Spannungsfelder (aus dem Mindmap ableitbar)

1. Technologie vs. Umsetzung
2. Datenverfügbarkeit vs. Integration
3. Komplexität vs. Entscheidbarkeit
4. Wissenschaft vs. Praxis
5. Zentralisierung vs. Föderalismus

Gesamtaussage des Mindmaps

Das System Waldbrandmanagement wird als hochkomplexes, vernetztes sozio-technisches System dargestellt, indem:

- Daten die Grundlage bilden (Open Data, Metadatenbank, Plattform)
- Technologien die Verarbeitung ermöglichen (KI, Sensorik, Drohnen, Satelliten)
- Governance die Umsetzung bestimmt (Zuständigkeiten, Finanzierung)
- Menschen die Wirksamkeit beeinflussen (mentales Setting, Mensch-Maschine)

Der zentrale Erfolgsfaktor ist: Die Integration aller Ebenen in ein funktionierendes Gesamtsystem

7.1.12 Stichworte vom Chart:

Kategorie A Technologien & Innovation

Georeferenzierte Gefahrenabwehr; Löschhund UgV Robotik; Datenspeicher open data; Datenauswertung; Brandlasterhebung dead tree; Satellitendaten EUMET-Sat; Wetterdaten; Lagebild; Netzwerk Wissenschaft und Anwender; Alarmierung; Dedektion; Sensor; Brandbekämpfung; LW-Menge Verteilung; Oratec; Live-Lage; Drohnen Luftgestützt; Kurzlangfristig Fernerkundung; Satelliten; Breitbandkommunikation; Entscheidungsfindung; Applikation Mensch – Maschine Bedienbarkeit; Vernetzung KI und Sensorik; genaue gemeinsame Datenbank – Fläche; alle Vegetationsbrandorte; gemeinsames Portal; Metadatenbank; Historie Waldbrände; Systematik – Methode Feuerverhaltensdreieck – Risiko – Worst case; Anlagen und Entwicklung; Geoanalyse; Rückfallebene – Redundanzen; Zuständigkeiten; Technologietransfer; Finanzierung; Fokussierung Schwerpunkt WALD; Bewertung Eintrittswahrscheinlichkeit; Hotspots

7.2 Kategorie B: Ökologie, Governance und gesellschaftliche Dynamik

Dieses Mindmap fokussiert stärker auf die ökologischen, gesellschaftlichen und politischen Zusammenhänge im Kontext von Wald, Waldbrand und Landnutzung. Im Zentrum steht ein Spannungsfeld zwischen Ökologie, Nutzung und Steuerung.

7.2.1 Drei Aktionsfelder

Aufgaben des Brandlastmanagements erkennen und schärfen

- Förderung natürlicher Prozesse vs. Vegetation als brennbare Brandlast pauschalisieren
- Abklärung munitionsbelasteter Flächen (insb. Verdachtsflächen) zur Verbesserung der Planungsmöglichkeiten
- Gestaltung von Übergangsbereichen / WUI (Wildland Urban Interface)
- Waldumbau und Totholzkonzepte, insbesondere bei Wiederbewaldung nach Störungen als Chance nutzen
- Wildtiermanagement und Jagd als Element des Brandlastmanagements
- Sicherung der Zugänglichkeit von Naturschutzflächen für Einsatzkräfte
- Brennen als kontroverse Maßnahme im Brandlastmanagement
- Verbesserte Kommunikation von Risiken, die mit Bewirtschaftungszielen verbunden sind
- Bewusstseinsbildung bei Bewirtschaftern – Verständnis von gefährdeten und gefahrbringenden Objekten in Wald und Fläche

Berücksichtigung der Komplexität des Waldbrandschutzes

- Schutzstreifen, Schneisen oder Trassen wirtschaftlich oder ökologisch aufwerten
- Abwägung von (Versorgungs-)Sicherheit, Wirtschaftlichkeit, ökologischen Werten und den damit verbundenen Interessenkonflikten
- Forschung zu ökologischen Folgen von Bränden, Präventionsmaßnahmen und Arten mit Feuerresistenzen
- Abwägung von Interessen bei der Wasserversorgung (z. B. Löschteiche haben ökologische Bedeutung, mobile Alternativen sind unkritischer)
- Verwendung von Netzmitteln bewerten (kurzfristig / langfristig)

Unterstützung durch Politik um Zuständigkeiten bzw. Wald-/Flächenbesitz zu koordinieren

- Unterschiedlichste Betroffenheiten bei Planung und Durchführung von Maßnahmen
- Föderalismusproblem (BBK als Koordinator?)
- Ermittlung verteidigungswichtiger Infrastruktur in Wald und Fläche
- Schaffung von spezifischen Förderkonzepten
- Schaffung einer Gesprächskultur bei der Abstimmung von Werten / Interessen
- Notwendigkeit politischer Regelungen bei Wertekonflikten, Priorisierungsproblemen

7.2.2 Gesamtaussage des Mindmaps

Das dargestellte System ist ein **hochkomplexes sozio-ökologisches System**, in dem:

- ökologische Prozesse die Grundlage bilden
- gesellschaftliche Interessen die Nutzung bestimmen
- politische Strukturen die Umsetzung steuern

Der zentrale Engpass ist:

nicht das Wissen, sondern die Koordination und Umsetzung

7.2.3 Stichworte vom Chart:

Kategorie B Ökologie & Vegetationsmanagement

Brandlastmanagement; Ökologie; Vegetationsmanagement; Trassen; Waldumbau; Brandresistenz; Forschung zu ökologischen Folgen; Wundstreifen; Forschung Arten mit Resistenz; Zuständigkeiten Wald und Flächenbesitz; Wiederbewaldung als Chance; Brennen als präventive Maßnahme; Problem Föderalismus; BBK Koordination; Totholzkonzepte; Politische Entscheidungen; Abstimmung zwischen Beteiligten; Löschteich; Wegebau; Planung im Brandfall; Naturschutzflächen; natürliche Prozesse nutzen; Beweidung; Förderkonzepte; Gesprächskultur

7.3 Kategorie C: KRITIS, Sicherheit und Daseinsvorsorge

Dieses Mindmap fokussiert auf das Themenfeld kritische Infrastrukturen (KRITIS) und deren Einbettung in Daseinsvorsorge, Sicherheit und gesellschaftliche Resilienz. Im Zentrum steht die Frage, wie kritische Systeme geschützt, organisiert und gesteuert werden können.

7.3.1 Zentrales Element: KRITIS

Im Mittelpunkt steht:

KRITIS (kritische Infrastrukturen)

Diese umfassen u. a.:

- Wasser
- Strom
- Telekommunikation
- Verkehr
- Abfall / Entsorgung
- weitere lebenswichtige Versorgungssysteme

Bedeutung: Grundlage für das Funktionieren von Staat und Gesellschaft

7.3.2 2. Raumbezug: Urbane Systeme

Ein konkreter Bezug wird hergestellt zu:

„Ortschaften (500.000 Ew.)“

- Fokus auf urbane Räume
- hohe Abhängigkeit von funktionierenden Infrastrukturen
- erhöhte Verwundbarkeit bei Ausfällen

7.3.3 Bedrohungen & Risiken

Zentrale Gefahren:

- Waldbrand (explizit genannt)
- Kaskadeneffekte
- Ausfälle von Infrastrukturen
- komplexe Krisenszenarien

wichtige Erkenntnis: Störungen können sich systemisch ausbreiten

7.3.4 Vernetzung & Abhängigkeiten

Ein Kernaspekt ist:

Vernetzung von Systemen

- technische Abhängigkeiten
- organisatorische Verknüpfungen
- sektorübergreifende Wechselwirkungen

Problem: Erhöhte Komplexität und schwer vorhersehbare Effekte

7.3.5 Transparenz vs. Sicherheit

Ein zentrales Spannungsfeld:

- Forderung nach Transparenz
- gleichzeitig:
 - Geheimhaltung notwendig
 - Schutz sensibler Informationen

Konflikt: Offenheit ↔ Sicherheit

7.3.6 Schutz & Vorsorge

Mehrere Konzepte werden benannt:

- Daseinsvorsorge
- Schutz kritischer Systeme
- Risikobewertung
- Vorbereitung auf Krisen

Ziel: Aufrechterhaltung grundlegender Funktionen

7.3.7 Resilienz & Stabilität

Ein zentrales Leitkonzept:

Resilienz (Systemfähigkeit)

- Fähigkeit zur Anpassung
- Widerstandsfähigkeit gegenüber Störungen
- schnelle Wiederherstellung

verbunden mit:

- Robustheit
- Redundanzen

7.3.8 Akteure & Organisation

Wichtige Beteiligte:

- BOS (Behörden und Organisationen mit Sicherheitsaufgaben)
- Verwaltung
- Politik
- Betreiber kritischer Infrastrukturen

Herausforderungen:

- Koordination
- Zuständigkeiten
- Zusammenarbeit

7.3.9 Entscheidungsfähigkeit & Einsatzkräfte

Thematisiert werden:

- Entscheidungsfähigkeit in Krisen
- Einsatzkräfte und deren Fähigkeiten
- operative Umsetzung

Problem: Komplexität erschwert schnelle Entscheidungen

7.3.10 Gegnerperspektive

Explizit erwähnt:

„Gegner“

- potenzielle Angreifer
- strategisches Verhalten
- Nutzung von Schwachstellen

erweitert Perspektive:

von Risiko → hin zu Sicherheitsbedrohung

7.3.11 Systemische Schwächen

Benannt werden u. a.:

- fehlende Transparenz
- unklare Verantwortlichkeiten
- Abhängigkeiten zwischen Systemen
- mangelnde Integration

7.3.12 Zentrale Spannungsfelder

1. Vernetzung vs. Verwundbarkeit
2. Transparenz vs. Geheimhaltung
3. Effizienz vs. Resilienz
4. Zentralisierung vs. lokale Handlungsfähigkeit
5. Technik vs. Organisation

7.3.13 Ergänzendes Mindmap (rechts): Denken in Ebenen

Das zweite Blatt ergänzt das System um eine Meta-Perspektive:

„Denken in Ebenen“

Wichtige Ebenen:

- Risiko (z. B. Waldbrand)
- Bedrohung (z. B. kritische Objekte)
- Priorisierung
- gesellschaftliche Auswirkungen
- infrastrukturelle Schäden

Ziel: Strukturierte Betrachtung komplexer Systeme

7.3.14 Gesamtaussage des Mindmaps

Das dargestellte System zeigt, dass:

- kritische Infrastrukturen hochgradig vernetzt sind
- Risiken sich systemisch verstärken können
- Resilienz eine zentrale Steuergröße ist

Der entscheidende Punkt ist:

nicht nur Schutz einzelner Systeme, sondern das Management des Gesamtsystems

7.3.15 Stichworte vom Chart:

Kategorie C KRITIS

Trassen; Umspannwerke; Strom; Telekommunikation; Wasser; Arten der Kritis; Verkehr; Hanglage; Verteilung; Wald Versus Kritis; Zukunft; Bewusstsein; OPLAN D; Ausmaß -Gefahr; Einsatzkräfte; munitionsbelastet; Gleichzeitigkeit – Kräfte BOS; Transparent; Geheimhaltungsstufen; Vernetzung; Gegner; Evakuierungsfähigkeit; Kaskadeneffekte; Feuerwehruzufahrten; Arten des Feuers; Technische Ausstattung; Personal; BOS; Gefahren – Aerosole; TUIS System; Auswirkungsgrad – Löschkräfte; Ortschaften 500.000 Einwohner; Abstand zum Wald; Resiliente Gesellschaft; Daseinsvorsorge; Dynamikeffekte; Umfassend; Richtig; Nachvollziehbarkeit; Dokumentiert; runde Sicherheitsbetrachtung; besondere Einsatztaktik; Verwaltungsstrukturen übergreifend; Baurecht – Schützender Wald; Risiko Waldbrand; Munitionsbelastet; Bedrohung von kritischen Objekten; Kaskadeneffekte; Priorisierung;

7.4 Kategorie D: Kommunikation, Prävention und Verhaltensänderung

Dieses Mindmap fokussiert auf die soziale und kommunikative Dimension des Waldbrand- und Krisenmanagements. Im Zentrum steht die Frage, wie Information, Kommunikation und Verhalten über den gesamten Ereigniszyklus hinweg gestaltet werden können.

7.4.1 Drei Phasen des Systems

Das Mindmap ist klar entlang eines Ereigniszyklus strukturiert:

1. Prävention
2. Ereignis
3. Nachsorge

Diese drei Phasen sind eng miteinander verknüpft und beeinflussen sich gegenseitig.

7.4.2 Prävention: Wissen, Aufklärung und Vorbereitung

Zentrale Elemente:

- Information & Aufklärung
- Bildung und Sensibilisierung
- Erkennen von Risiken und Verhalten
- Zielgruppenspezifische Ansprache

konkrete Aspekte:

- unterschiedliche Zielgruppen
- Verständlichkeit von Botschaften
- Anpassung an lokale Gegebenheiten

Problem:

- Wissen ist vorhanden, wird aber nicht ausreichend vermittelt oder umgesetzt

Oder unzureichendes Wissen

Oder Wissen vorhanden, aber Awareness, dass Wissen relevant und auf die Handlungsebene angewendet werden muss fehlt

Ideen: systematisches Konzept für Kommunikation das Zielgruppenspezifisch

Kinder → Schulen, Kitas → Projekte oder Lernpläne zur Bildungspflicht, insbesondere in Gefahrengebieten

Erwachsene → POC identifizieren: wer hat hohe Glaubwürdigkeit in der zu erreichende Community (das kann je nach Gruppe sehr unterschiedlich sein), um Wissen und Awareness an die Menschen zu bringen

7.4.3 Ereignis: Kommunikation und Handlungsfähigkeit

Während des Ereignisses stehen im Fokus:

- Warnung und Information
- Entscheidungsunterstützung
- Erreichbarkeit der Bevölkerung
- klare, verständliche Botschaften

zentrale Fragen:

- Welche Information?
- Welche Zielgruppe?
- Welche Kanäle?

Herausforderungen:

- Informationsüberlastung
- Unsicherheit
- fehlende klare Kommunikation

Problemstellungen, die diskutiert wurden:

Technische Voraussetzungen: Warn-Apps setzen Handy-Empfang voraus, erreicht das alle Zielgruppen

Auch hier: gibt es vorbereitete Kommunikationspläne? Sind Akteure inhaltlich wie technisch auf Anforderungen der Kommunikation vorbereitet?

7.4.4 Nachsorge: Lernen und Anpassung

Nach dem Ereignis:

- Reflexion und Aufarbeitung
- Korrektur von Maßnahmen
- Anpassung von Strategien
- Rückführung von Erfahrungen in Prävention

Ziel: Lernendes System

7.4.5 Vertrauen und Glaubwürdigkeit

Ein zentraler Aspekt:

Glaubwürdigkeit / Vertrauen

- Voraussetzung für funktionierende Kommunikation
- beeinflusst Verhalten der Bevölkerung
- entsteht durch:
 - Konsistenz
 - Transparenz
 - verlässliche Informationen

7.4.6 Kommunikation als Schlüsselprozess

Kommunikation wird als zentraler Hebel dargestellt:

- Verbindung zwischen Akteuren
- Vermittlung von Wissen
- Steuerung von Verhalten

Problem: Kommunikation funktioniert oft nicht effektiv genug

- ➔ Weil man sich vorher nicht ausreichende Gedanken über eine systematische Kommunikationsstrategie gemacht hat, dies ad hoc zu leisten im Ereignisfall ist nicht ausreichend

7.4.7 Zielgruppen & Verhalten

Wichtige Aspekte:

- unterschiedliche Zielgruppen
- unterschiedliche Wahrnehmung von Risiken
- individuelle Betroffenheit

Ziel: Verhaltensänderung

- Anpassung des Handelns. Kommunikation soll konkretes Handeln auslösen
- risikobewusstes Verhalten

Kommunikation als Brücke in beide Richtungen: insbesondere in der Prävention und Nachsorge kann sie dazu dienen, Bedürfnisse der Bevölkerung aufzunehmen, die entgegen dem gewünschten Handlungsziel stehen (z.B. wenn ich zelten und ein Lagerfeuer machen möchte, muss der Erholungswert als Bedürfnis mit adressiert werden, sonst erreicht man nur über Wissen, das sollte man nicht tun, nichts)

7.4.8 Steuerungsmechanismen

Neben Kommunikation werden auch andere Instrumente genannt:

- gesetzliche Rahmenbedingungen
- Vorschriften
- Konsequenzen / Strafen

Ergänzung zu:

- freiwilligem Verhalten
- Bewusstseinsbildung

7.4.9 Rückkopplungsschleifen

Das Mindmap zeigt mehrere Feedback-Loops:

- Erfahrungen → Anpassung der Prävention
- Ereignisse → Veränderung von Verhalten
- Kommunikation → Vertrauen → Verhalten

Ergebnis: dynamisches, lernendes System

7.4.10 Zentrale Probleme

Mehrere Schwächen werden benannt:

- mangelnde Kommunikation
- fehlende Zielgruppenspezifik
- unklare Botschaften
- geringe Reichweite von Informationen
- fehlende Koordination

➔ Das alles zielt auf eine mangelnde Kommunikationsstrategie ein

7.4.11 Verbindung zu anderen Systemebenen

Das Mindmap ist eng verknüpft mit:

- Technologie (Informationssysteme)
- Governance (Regeln, Zuständigkeiten)
- Ökologie (Risiken, Ursachen)

zeigt: Kommunikation ist Querschnittsthema

7.4.12 Zentrale Spannungsfelder

1. Information vs. Überforderung
2. Freiwilligkeit vs. Regulierung
3. Wissen vs. Verhalten
4. Vertrauen vs. Skepsis
5. Standardisierung vs. Zielgruppenspezifik

Gesamtaussage des Mindmaps

Das System zeigt, dass:

- Kommunikation ein zentraler Steuerungsmechanismus ist
- Kommunikation ist kein Unterstützungsprozess – sondern das operative Bindeglied zwischen System und Bevölkerung.
- Wissen allein nicht ausreicht
- Verhalten aktiv beeinflusst werden muss
- „Erzeugung von Handlungsfähigkeit unter Unsicherheit und Zeitdruck“

Der entscheidende Faktor ist: Die Übersetzung von Wissen in tatsächliches Handeln

Kommunikation im Bevölkerungsschutz ist kein reiner Informationsprozess, sondern ein hochkomplexes, technisches und soziales Steuerungssystem, das unter Zeitdruck, Unsicherheit und Störungen funktionieren muss.

Der zentrale Engpass liegt nicht im Wissen, sondern in der Wirksamkeit, Erreichbarkeit und Konsistenz von Kommunikation im Ereignisfall.

7.4.13 Stichworte vom Chart:

Kategorie D Kommunikation & Bevölkerungsschutz

Technikgläubigkeit; Notbetrieb; Bote; Optimierung; Vulnerabilität; Satellitentelefone; Betreiber der Satelliten; Bildung – Ausbildung; Glaubwürdigkeit; Vertrauen in Informationen; Nachhaltigkeit – Resilienzen aufbauen; Ereignis muss eintreten – Abstumpfung; Kommunikation – Schilder; persönliche Betroffenheit; Smokey – regelhafte Dogmen zum Verhalten; Verbindliche gesetzliche Rahmen – Konsequenzen – Strafen; Feuerwehren – Brandschutzausbildung – zu mindestens Unternehmen ländlich; Kapazitäten Personal; betrieblicher Brandschutz; Informieren; Bevölkerung Bildung – Erkennen Verhalten; Siedlungsverteidigung – Gartenberatung; Selbsthilfefähigkeiten; Waldbrandmythen – Aufklärung; Brandschutzerziehung – unterschiedliche Zielgruppen; Verfügbarkeit Warnungen senden – Warnapp; Anpeilen beim suchen von Personal; Warnen – was tun; Informieren – Touristen im Wald; Neugierige; örtlich Betroffenen; Erreichbarkeit – Netzabdeckung; welche Info – Anweisungen; Fachberater; Hotline; Aufklärung; Nachsorge – Korrektur; Flächendeckung – Kreise der Betroffenen – Konzept abstimmen – Warnung im Gebiet –

Warninfo; Schlüsselakteure identifizieren; Netzwerke vorher kennen; professionelle Pressearbeit; Info-Löcher stopfen; Bildung und Prävention; Abstimmung aller Akteure

7.5 Kategorie E: Governance, Recht und Kooperation im Waldbrandmanagement

Die beiden Mindmaps zeigen ein komplexes Geflecht aus rechtlichen Rahmenbedingungen, Zuständigkeiten und Kooperationsstrukturen, das maßgeblich die Wirksamkeit von Prävention und Einsatz bestimmt. Im Zentrum stehen drei eng miteinander verbundene Kernbegriffe:

Recht – Kooperation – Zuständigkeiten

7.5.1 Recht als zentrales Steuerungselement

Das Recht bildet den strukturellen Rahmen für Handeln:

- gesetzliche Regelungen (z. B. Forst-, Katastrophenschutz-, Umweltrecht)
- Standards und Vorgaben („Standards / AG“)
- Risiko- und Vorsorgepflichten (z. B. Risikomanagement)
- rechtliche Instrumente zur Umsetzung von Maßnahmen

zentrale Fragen:

- Wer ist verpflichtet zu handeln?
- Welche Standards gelten?
- Wie verbindlich sind Maßnahmen?

7.5.2 Fragmentierung durch Föderalismus

Ein dominantes Thema:

Föderalismus → unterschiedliche Gesetze und Zuständigkeiten

- verschiedene Regelungen zwischen Bundesländern
- unterschiedliche Umsetzungspraxen
- „Bürokratiedschungel“

Folgen:

- fehlende Einheitlichkeit

- erschwerte Zusammenarbeit
- Ineffizienzen in Krisensituationen

7.5.3 Zuständigkeiten: unklar und überlappend

Ein zentrales Problemfeld:

- unklare Verantwortlichkeiten
- Überschneidungen zwischen Ebenen
- sektorale Zuständigkeiten

Beispiele:

- Kommune vs. Land vs. Bund
- zivile vs. militärische Akteure
- Forst vs. Feuerwehr

Ergebnis:

Koordinationsprobleme und Verzögerungen

7.5.4 Kooperation als Schlüssel – aber mit Hürden

Kooperation wird als zentraler Erfolgsfaktor identifiziert:

- Feuerwehr–Forst-Tandem
- Zusammenarbeit zwischen Behörden und Organisationen
- Netzwerke und gemeinsame Übungen

Probleme:

- unterschiedliche „Sprachen“ (Fachlogiken)
- fehlende Abstimmung
- mangelnde institutionelle Verankerung

Kooperation ist notwendig, aber:

nicht ausreichend strukturiert

7.5.5 Interdisziplinarität & „Dual Use“

Ein wichtiger Aspekt:

- Verbindung von zivilen und militärischen Strukturen („Dual Use“)
- Einbindung unterschiedlicher Fachdisziplinen

- Szenarioabhängige Zusammenarbeit

Ziel:

Nutzung vorhandener Kompetenzen über Sektorgrenzen hinweg

7.5.6 Standards, Ausbildung und Fähigkeiten

Zur Verbesserung der Governance-Strukturen werden genannt:

- einheitliche Standards
- Arbeitsgruppen (AGs)
- Ausbildung und Qualifizierung
- Aufbau von Fähigkeiten („Capabilities“)

Herausforderung:

Umsetzung und Verbindlichkeit dieser Standards

7.5.7 Ressourcen & Finanzierung

Zentrale Frage:

„Wer zahlt?“

- Finanzierung von Prävention
- Kosten für Einsatz und Infrastruktur
- Fördermechanismen

Problem:

unklare Zuständigkeiten → Finanzierungslücken

7.5.8 Einbindung weiterer Akteure

Neben klassischen BOS-Strukturen werden genannt:

- Landwirtschaft (geregelt / ungeregelt)
- Energieversorger
- Kommunen („Scheuklappen“)
- EU-Ebene

zeigt:

Governance ist **multiskalar und sektorübergreifend**

7.5.9 Zentrale Problemfelder

Die Mindmaps machen mehrere systemische Schwächen sichtbar:

- fragmentierte Rechtslage
- mangelnde Abstimmung
- unklare Zuständigkeiten
- fehlende Durchsetzung von Standards
- unterschiedliche Interessen und Perspektiven
- Kommunikationsprobleme zwischen Akteuren
- Fehlendes Schutzziel, keine priorisierte Steuerung möglich

7.5.10 Zielbild (implizit)

Aus den Verknüpfungen lässt sich ein Zielsystem ableiten:

- klare Zuständigkeiten
- harmonisierte Regelwerke
- funktionierende Kooperationsstrukturen
- verbindliche Standards
- integrierte Governance über Ebenen hinweg

7.5.11 Zentrale Spannungsfelder

- Föderalismus vs. Standardisierung
- Rechtliche Vorgaben vs. praktische Umsetzung
- Kooperation vs. institutionelle Grenzen
- Zuständigkeit vs. Verantwortung
- Kosten vs. Nutzen von Prävention

7.5.12 Gesamtaussage

Die Analyse zeigt, dass die größten Herausforderungen im Bereich Governance und Recht nicht in fehlendem Wissen oder technischen Lösungen liegen, sondern in:

institutioneller Fragmentierung, unklaren Zuständigkeiten und unzureichend strukturierten Kooperationsmechanismen

Der zentrale Hebel für Verbesserungen liegt daher in:

- der Harmonisierung von Regelwerken
- der Klärung von Verantwortlichkeiten

- und der Stärkung verbindlicher Kooperationsstrukturen

7.5.13 Stichworte vom Chart:

Kategorie E Governance, Recht und Kooperation im Waldbrandmanagement
Föderalismus; Bürokratiedschungel; Standards – AG; Projekte; Einschränkungen Übungen – Drohnen – Genehmigungen; Spezialisten; verschiedene Ländergesetze; Übung – Rechtsicherheit – Ausbreitungsmodelle; taktische Entscheidungen; Risikomanagement – Verpflichtungen für Maßnahmen; Schutzziel Wald – Vergleich VB Baurecht - Musterverordnung; taktischer Feuereinsatz – Qualifikation; Artikel 35 – Hilfeersuchen – Kosten; zivil-militärisch – Dual Use – wer zahlt; Zuständigkeiten; unterschiedliche Sprache; Stärkung durch Förderung; Netzwerk – Nachsorge; Interdisziplinär Szenarium Abhängigkeit; Sachgebiete – Stab – Fähigkeiten; Prävention – Bekämpfung – wer zahlt; Nicht BOS Organisation; Kommune Scheuklappen – Behörden – Ämter – Verwaltung; Ausbildung; Hotspots erkennen – überwachen; Rechtsanker – Tools – Handlungsleitfaden; Anlassbezogene Punkte verknüpfen; Anforderungsstruktur – Institutionalisierung; Landwirtschaft Kooperation geregelt – ungeregelt; Kooperation THW – Energieversorger – Schulung – Sensibilisierung; NRW Prävention – Durchführung – Erlass; WBZ – Türme – Früherkennung Forst – Alarmierung Feuerwehr; gemeinsame Übungen; Feuerwehr-Forst-Tandem; Bürokratieabbau; Ausbreitungsmodelle – Rauch – Brand – TechnoSilva – Analysen; Gefahrenabwehrbedarfsplan; Storyline – Retrospektiv – Trendanalyse; Szenarien Entwicklung – forschung; Interdisziplinäre Co-Produktion; Regionalität; Erschließung anderer Disziplinen – Bereiche; Gesellschaft mentales Setting

8 Ergebnisse der Schnipselmethode (quantitative Analyse)

8.1 Beschreibung der Schnipselmethode

Die Schnipselmethode ist ein partizipatives Verfahren zur strukturierten Priorisierung von Themen, das qualitative Inhalte mit quantitativen Bewertungselementen verbindet. Im Rahmen des Workshops wurden zentrale strategische Handlungsfelder auf einzelnen Karten („Schnipseln“) formuliert und den Teilnehmenden zur Bewertung vorgelegt.

Die Bewertung erfolgte anhand eines ordinalen Priorisierungssystems mit mehreren Stufen (z. B. Priorität 1 bis 4 sowie einer Ausschlusskategorie). Die Teilnehmenden ordneten die einzelnen Schnipsel entsprechend ihrer Einschätzung hinsichtlich Relevanz und Dringlichkeit ein. Die Anzahl der Zuordnungen pro Prioritätsstufe ermöglicht anschließend eine aggregierte, quantitative Auswertung der Ergebnisse.

Charakteristisch für die Methode ist, dass die bewerteten Handlungsfelder strategischer Natur sind und thematisch auf den zuvor im Waldcafé identifizierten Themenfeldern

basieren. Diese Zuordnung erfolgt jedoch nicht explizit während der Bewertung, sondern wird erst in der Analyse hergestellt. Dadurch wird eine möglichst offene und unabhängige Priorisierung gewährleistet.

Ein weiterer Bestandteil der Methode ist die Möglichkeit, Schnipsel nicht zuzuordnen. Diese Fälle werden als eigenständige Kategorie erfasst und liefern zusätzliche Hinweise auf Unsicherheiten, Interpretationsspielräume oder fehlende Relevanz aus Sicht der Teilnehmenden.

Insgesamt ermöglicht die Schnipselmethode eine transparente und nachvollziehbare Priorisierung komplexer Themenfelder. Sie eignet sich insbesondere für explorative Kontexte, in denen unterschiedliche Perspektiven zusammengeführt und in eine strukturierte Rangfolge überführt werden sollen.

Die 120 Handlungsfelder entsprechen den Kategorien des Waldcafés

Nummer Handlungsfeld	Kategorie Waldcafé
1-20	A: Technologien & Innovation
21 -40	B: Ökologie, Governance und gesellschaftliche Dynamik
41 - 60	C: KRITIS, Sicherheit und Daseinsvorsorge
61 – 80	D: Kommunikation, Prävention und Verhaltensänderung
81 – 100	E: Governance, Recht und Kooperation im Waldbrandmanagement
101 -120	(S)onderkategorie findet sich nicht im Waldcafé wieder, hat aber einen operativen Schwerpunkt in der Brandbekämpfung.

8.2 Statistische Auswertung der Handlungsfelder (Schnippselmethode)

8.2.1 Deskriptive Auswertung

Zu deskriptiven statistischen Auswertungen wurde das Programm JASP 0.96 (<https://jasp-stats.org/download/>) genutzt.

Die deskriptive Auswertung weist auf eine Dominanz operativer und technologischer Themen in den hohen Prioritätsstufen hin, während strukturelle und governancebezogene Fragestellungen eine höhere Varianz sowie einen größeren Anteil nicht zugeordneter Bewertungen aufweisen. Insbesondere Bereiche wie Frühdetektion, Drohneneinsatz,

digitale Lagebilder und Schutz kritischer Infrastrukturen weisen hohe Prioritäten auf. Diese Themen sind durch eine geringe Streuung der Bewertungen gekennzeichnet und deuten damit auf eine vergleichsweise hohe Übereinstimmung unter den Teilnehmenden hin.

Demgegenüber zeigen Governance- und rechtliche Fragestellungen eine deutlich höhere Streuung sowie einen erhöhten Anteil nicht zugeordneter Bewertungen, was sowohl auf unterschiedliche Bewertungsmaßstäbe als auch auf mögliche Verständnisschwierigkeiten oder Unsicherheiten in der Einschätzung hinweisen kann. Dies weist auf Unsicherheiten und fehlende gemeinsame Bewertungsmaßstäbe hin.

Ökologische und kommunikative Themen befinden sich überwiegend im mittleren Prioritätsbereich, was auf eine hohe Relevanz, jedoch geringere wahrgenommene Dringlichkeit schließen lässt.

Die deskriptiven Ergebnisse zeigen, dass sich insbesondere in der höchsten Prioritätsstufe deutliche Unterschiede zwischen den Kategorien ergeben. Kategorie S weist die höchsten durchschnittlichen Prioritätszuweisungen auf und kann daher deskriptiv als besonders stark gewichtet interpretiert werden, wobei die gleichzeitig hohe Varianz auf eine heterogene Bewertung innerhalb der Stichprobe hinweist.

Kategorie E weist durchgehend niedrige Prioritätszuweisungen und eine geringe Varianz auf, was auf eine einheitliche Einschätzung als wenig relevant hindeutet.

Die Kategorien A bis D liegen überwiegend im mittleren Bereich und weisen moderate Streuungen auf, was auf eine gleichmäßigere Verteilung ohne klare Dominanz schließen lässt.

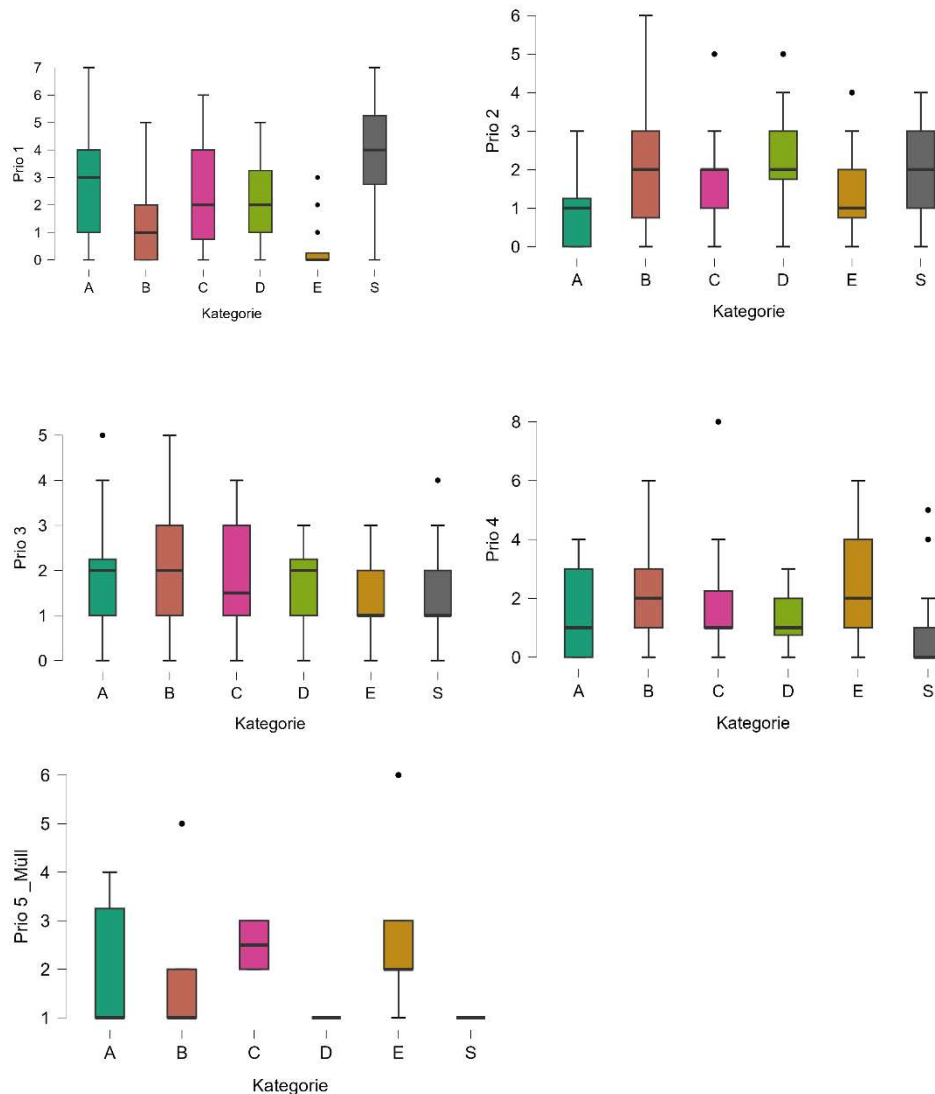
Über die Prioritätsstufen hinweg ist zudem eine Angleichung der Bewertungen zu beobachten, da die Unterschiede zwischen den Kategorien abnehmen und die Verteilungen homogener werden.

Auffällig sind negative Werte in der Variable „Fehlend“, die auf Codierungen für fehlende Daten hinweisen. Diese hätten vor der statistischen Auswertung als Missing Values definiert werden sollen, da sie offenbar die Kennwerte verzerren. Die Abweichung könnte darauf hinweisen, dass zusätzliche Handlungsfelder durch die Teilnehmerschaft generiert wurden; dies sollte anhand der Rohdaten überprüft werden.

Deskriptive Statistik

		Gültig	Mittelwert (arithmetisch)	Standardabweichung	Varianz	Minimum	Maximum	Summe
Prio 1	A	20	2,750	1,888	3,566	0,000	7,000	55,00
Prio 1	B	20	1,250	1,552	2,408	0,000	5,000	25,00
Prio 1	C	20	2,250	1,970	3,882	0,000	6,000	45,00
Prio 1	D	20	2,200	1,576	2,484	0,000	5,000	44,00
Prio 1	E	20	0,400	0,821	0,674	0,000	3,000	8,000
Prio 1	S	20	3,950	2,089	4,366	0,000	7,000	79,00
Prio 2	A	20	0,950	0,999	0,997	0,000	3,000	19,00
Prio 2	B	20	1,950	1,669	2,787	0,000	6,000	39,00
Prio 2	C	20	1,600	1,142	1,305	0,000	5,000	32,00
Prio 2	D	20	2,300	1,342	1,800	0,000	5,000	46,00
Prio 2	E	20	1,400	1,231	1,516	0,000	4,000	28,00
Prio 2	S	20	1,850	1,348	1,818	0,000	4,000	37,00
Prio 3	A	20	2,000	1,338	1,789	0,000	5,000	40,00
Prio 3	B	20	2,150	1,424	2,029	0,000	5,000	43,00
Prio 3	C	20	1,800	1,196	1,432	0,000	4,000	36,00
Prio 3	D	20	1,750	0,910	0,829	0,000	3,000	35,00
Prio 3	E	20	1,200	0,834	0,695	0,000	3,000	24,00
Prio 3	S	20	1,400	0,995	0,989	0,000	4,000	28,00
Prio 4	A	20	1,400	1,353	1,832	0,000	4,000	28,00
Prio 4	B	20	2,250	1,916	3,671	0,000	6,000	45,00
Prio 4	C	20	1,850	1,814	3,292	0,000	8,000	37,00
Prio 4	D	20	1,350	1,089	1,187	0,000	3,000	27,00
Prio 4	E	20	2,500	1,762	3,105	0,000	6,000	50,00
Prio 4	S	20	0,800	1,399	1,958	0,000	5,000	16,00
Prio 5	A	6	2,000	1,549	2,400	1,000	4,000	12,00
Prio 5	B	5	2,000	1,732	3,000	1,000	5,000	10,00
Prio 5	C	6	2,500	0,548	0,300	2,000	3,000	15,00
Prio 5	D	5	1,000	0,000	0,000	1,000	1,000	5,000
Prio 5	E	17	2,588	1,502	2,257	1,000	6,000	44,00
Prio 5	S	2	1,000	0,000	0,000	1,000	1,000	2,000

Boxplots



Die Boxplots zeigen, dass Kategorie S in der höchsten Prioritätsstufe durch eine große Streuung bei gleichzeitig hohem Median gekennzeichnet ist, was auf eine polarisierende Bewertung bei zugleich hoher grundsätzlicher Relevanz hindeutet. Dies lässt darauf schließen, dass die Bedeutung dieser Kategorie zwar mehrheitlich anerkannt wird, jedoch unterschiedliche Einschätzungen hinsichtlich ihrer konkreten Priorisierung bestehen. Demgegenüber weisen Kategorien wie E eine deutlich geringere Streuung auf, was auf eine konsistente und vergleichsweise einheitliche Bewertung innerhalb der Stichprobe schließen lässt.

8.2.2 Inferenzstatistische Einordnung

Eine klassische inferenzstatistische Analyse ist aufgrund der Datenstruktur (nicht-zufällige Stichprobe, Workshop-Setting) nur eingeschränkt möglich (vgl. Bortz & Schuster, 2010), da weder eine Zufallsstichprobe vorliegt noch die Voraussetzungen für parametrische Tests erfüllt sind. Dennoch lassen sich interpretative Hypothesen ableiten:

- Die Ergebnisse legen nahe, dass operative Themen tendenziell höher priorisiert werden als strukturelle Themen.
- Governance-Themen weisen eine höhere Varianz und geringere Konsensfähigkeit auf.
- Technologische Lösungen werden in den Priorisierungen tendenziell höher gewichtet, was auf eine entsprechende Wahrnehmung ihrer Bedeutung hindeuten kann.

Diese Muster entsprechen bekannten Verzerrungen in Entscheidungsprozessen, insbesondere dem sogenannten „Action Bias“ (vgl. Kahneman, 2011).

8.2.3 Fehlerbetrachtung und Limitationen

Die vorliegende Auswertung unterliegt mehreren methodischen Einschränkungen:

1. Stichprobenbias: Die Daten basieren auf einem Workshop-Setting und sind nicht repräsentativ (vgl. Schnell et al., 2018).
1. Action Bias: Teilnehmende bevorzugen operative Maßnahmen (vgl. Kahneman, 2011).
2. Interpretationsspielraum: Unterschiedliche Begriffsverständnisse führen zu Varianz.
3. Fehlende Zuordnungen: Nicht bewertete Felder zeigen Unsicherheiten.
4. Skaleneffekte: Ordinale Skalen erlauben keine metrischen Aussagen (vgl. Bortz & Schuster, 2010).
5. Aggregationseffekte: Individuelle Unterschiede werden nivelliert.

8.2.4 Fazit

Die statistische Auswertung lässt ein konsistentes Muster erkennen, in dem operative und technologische Themen priorisiert werden, während strukturelle und governancebezogene Fragestellungen uneinheitlicher bewertet werden. Dies weist auf eine Diskrepanz zwischen wahrgenommener Dringlichkeit und systemischer Relevanz hin.

8.2.5 Literatur

- Bortz, J., & Schuster, C. (2010). Statistik für Human- und Sozialwissenschaftler.
- Kahneman, D. (2011). Thinking, Fast and Slow.
- Schnell, R., Hill, P., & Esser, E. (2018). Methoden der empirischen Sozialforschung.
- Slovic, P. (1987). Perception of Risk.
- Renn, O. (2008). Risk Governance.

9 Fehlerbetrachtung und methodische Limitationen

Die statistische Auswertung stellt eine nachvollziehbare deskriptive Grundlage zur Priorisierung der identifizierten Handlungsfelder dar und wird durch eine differenzierte methodische Reflexion ergänzt. Einschränkungen ergeben sich insbesondere aus der ordinalen Skalierung der Daten, der fehlenden Repräsentativität der Stichprobe sowie dem explorativen Charakter des zugrunde liegenden Workshop-Settings. Die Ergebnisse sind daher als indikative Muster zu verstehen, die einer weiterführenden Überprüfung durch vertiefende Analysen bedürfen.

Die vorliegende Auswertung basiert auf einem partizipativen Workshop- und Priorisierungsprozess, der insbesondere dazu geeignet ist, explorativ Wahrnehmungen, Relevanzzuschreibungen und implizites Praxiswissen sichtbar zu machen. Gleichzeitig sind mit dieser Form der Datenerhebung und -auswertung verschiedene methodische Einschränkungen verbunden, die bei der Interpretation der Ergebnisse zu berücksichtigen sind.

Zunächst ist die begrenzte Repräsentativität der Stichprobe hervorzuheben. Die Priorisierung erfolgte nicht auf Grundlage einer zufälligen oder statistisch kontrollierten Auswahl, sondern im Rahmen eines Workshops mit einem spezifischen Kreis beteiligter Akteure. Die Ergebnisse spiegeln daher primär die Einschätzungen der anwesenden Teilnehmenden wider.

Darüber hinaus ist ein potenzieller Selektionsbias zu berücksichtigen, da Teilnehmende häufig besonders engagiert oder thematisch vorinformiert sind, wodurch bestimmte Perspektiven überrepräsentiert sein können. Ergänzend ist auf mögliche Kontexteffekte des Workshop-Settings hinzuweisen. Zeitliche Einschränkungen, Gruppendynamiken sowie Moderationseinflüsse können individuelle Bewertungen beeinflussen.

Ein weiterer methodisch relevanter Aspekt betrifft mögliche Verständnisschwierigkeiten und Interpretationsspielräume. Unterschiedliche Abstraktionsniveaus der Handlungsfelder können zu inkonsistenten Bewertungen führen. Eng damit verbunden ist ein potenzieller Operationalisierungsfehler, da die Prioritätsstufen von den Teilnehmenden unterschiedlich interpretiert worden sein könnten.

Zudem ist die Beschränkung auf ordinalskalierte Daten zu berücksichtigen, die keine metrischen Abstände zwischen den Kategorien erlauben und somit die Aussagekraft bestimmter statistischer Kennwerte einschränken. Auch die Aggregation individueller Bewertungen kann zu Informationsverlusten führen, da differenzierte Einzelmeinungen nivelliert werden.

Von besonderer analytischer Relevanz ist der Umgang mit fehlenden Zuordnungen. Diese können unterschiedliche Ursachen haben, etwa Unsicherheiten, mangelnde Relevanz

oder Verständnisschwierigkeiten, und sollten daher nicht als bloße Datenlücken, sondern als eigenständige Information interpretiert werden.

Ein weiterer potenzieller Verzerrungseffekt besteht im sogenannten Action Bias, bei dem operative und unmittelbar sichtbare Maßnahmen tendenziell höher priorisiert werden als strukturelle oder langfristig wirksame Themen. In diesem Zusammenhang ist auch eine mögliche Kurzfristorientierung zu berücksichtigen, die dazu führen kann, dass langfristige Handlungsfelder systematisch unterschätzt werden.

Darüber hinaus können thematische Überlappungen zwischen einzelnen Handlungsfeldern sowie Framing-Effekte durch deren Benennung die Bewertung beeinflussen. Eine zusätzliche Einschränkung ergibt sich aus der methodischen Kombination qualitativer und quantitativer Elemente, die zwar eine umfassende Perspektive ermöglicht, jedoch auch unterschiedliche Logiken der Datenauswertung miteinander verbindet.

Ferner ist die zeitliche Begrenzung der Erhebung zu beachten, da es sich um eine Momentaufnahme handelt, die keine Aussagen über Entwicklungen im Zeitverlauf erlaubt. Schließlich sind inferenzstatistische Schlussfolgerungen aufgrund der Datenstruktur und des Untersuchungsdesigns nur eingeschränkt möglich.

Zusammenfassend ist die vorliegende Auswertung als explorativ und hypothesengenerierend zu verstehen.

10 Ableitung wissenschaftliche Handlungsfelder im Waldbrandmanagement

Die Ableitung der wissenschaftlichen Handlungsfelder basiert nicht ausschließlich auf der quantitativen Priorisierung, sondern integriert auch die qualitativen Ergebnisse sowie eine systemische Einordnung der Themenfelder. Insbesondere Bereiche mit hoher Varianz oder geringerer Priorisierung werden als Hinweise auf Unsicherheiten, Abstimmungsdefizite oder strukturellen Forschungsbedarf interpretiert.

1. Integration heterogener Daten- und Informationssysteme

Die vorhandenen Datenquellen (z. B. Satelliten, Sensorik, Wetterdaten) sind umfangreich, jedoch fragmentiert. Ein zentrales wissenschaftliches Handlungsfeld besteht daher in der Entwicklung interoperabler Systeme und Plattformen, die eine integrierte Nutzung und Verarbeitung dieser Daten ermöglichen.

2. Entwicklung operativer Entscheidungsunterstützungssysteme

Bestehende Modelle und Analysen werden bislang nur unzureichend in konkrete Einsatzentscheidungen überführt. Forschung ist notwendig, um Entscheidungsunterstützungssysteme zu entwickeln, die unter realen Einsatzbedingungen nutzbar sind.

3. Systemintegration von Technologien in Einsatzprozesse

Technologien wie KI, Drohnen und Sensorik sind vorhanden, werden jedoch nicht systematisch in Einsatzabläufe integriert. Ein zentrales Handlungsfeld ist die anwendungsorientierte Integration in operative Prozesse.

4. Wissenschaftliche Fundierung von Frühwarn- und Detektionssystemen

Früherkennung ist ein entscheidender Faktor für die Schadensbegrenzung. Es besteht Bedarf an der Weiterentwicklung und Validierung robuster, skalierbarer Detektionssysteme.

5. Brandlast- und Vegetationsmanagement

Vegetationsmanagement bietet einen direkten präventiven Hebel zur Risikoreduktion. Die Umsetzung ist jedoch durch institutionelle und gesellschaftliche Faktoren eingeschränkt.

6. Entwicklung resilienter Waldökosysteme

Die Anpassung von Wäldern an klimatische Veränderungen erfordert langfristige Forschung zu Artenwahl, Strukturen und ökologischen Prozessen.

7. Umgang mit Nutzungskonflikten

Konflikte zwischen Naturschutz, Nutzung und Sicherheit erfordern integrierte Planungsansätze und interdisziplinäre Forschung.

8. Schutz kritischer Infrastrukturen

Die Vernetzung von Infrastrukturen führt zu systemischen Risiken. Forschung ist notwendig zur Analyse und Minimierung von Kaskadeneffekten.

9. Operative Resilienz von Einsatzsystemen

Die Leistungsfähigkeit von Einsatzkräften ist entscheidend. Ein Handlungsfeld ist die Untersuchung von Fähigkeiten, Ausstattung und Organisation.

10. Gesellschaftliche Resilienz und Selbstschutz

Die Bevölkerung ist aktiver Teil des Systems. Forschung ist notwendig zur Stärkung von Selbstschutzzfähigkeiten und Risikobewusstsein.

11. Wirksamkeit von Krisenkommunikation

Kommunikation muss unter realen Bedingungen funktionieren. Es besteht Bedarf an evidenzbasierter Forschung zur Wirksamkeit von Kommunikationsstrategien.

12. Verhaltensbasierte Risikokommunikation

Risikowahrnehmung und Verhalten folgen nicht rein rationalen Mustern. Psychologische Aspekte müssen stärker berücksichtigt werden.

13. Governance-Modelle für integriertes Management

Fragmentierte Zuständigkeiten erfordern neue Governance-Ansätze zur besseren Koordination.

14. Rechtssichere Umsetzungsmodelle

Rechtliche Rahmenbedingungen stellen häufig Barrieren dar. Forschung sollte sich auf praktikable und rechtssichere Lösungen konzentrieren.

15. Definition von Schutzzielen

Ohne klare Schutzziele ist keine priorisierte Steuerung möglich. Ein zentrales Handlungsfeld ist deren Entwicklung und Operationalisierung.

11 Stand der Forschung und Einordnung der wissenschaftlichen Handlungsfelder

Die Analyse der wissenschaftlichen Handlungsfelder im Waldbrandmanagement zeigt, dass bereits eine Vielzahl nationaler und internationaler Forschungs- und Entwicklungsprojekte existiert, die unterschiedliche Aspekte des Themas adressieren. Diese umfassen insbesondere technologische Entwicklungen, ökologische Präventionsansätze, Risikoanalysen sowie Governance- und Kooperationsmodelle (vgl. European Commission, 2021; EFI, 2022).

Im Bereich der Technologien und Datenverarbeitung sind insbesondere satellitengestützte Systeme (z. B. Copernicus/EFFIS), Sensornetzwerke sowie KI-gestützte Analyse- und Prognosemodelle hervorzuheben (vgl. San-Miguel-Ayanz et al., 2013; OroraTech, 2022). Diese ermöglichen eine zunehmend präzise Detektion und Bewertung von Waldbrandrisiken. Dennoch zeigt sich, dass die zentrale Herausforderung nicht in der Verfügbarkeit von Daten oder Technologien liegt, sondern in deren Integration, Interoperabilität und operativer Nutzung. Bestehende Systeme sind häufig fragmentiert und nur begrenzt in Einsatzprozesse eingebunden (vgl. Papadopoulos et al., 2020).

Auch im Bereich der Ökologie und Prävention liegen umfangreiche wissenschaftliche Erkenntnisse vor, insbesondere zu Vegetationsmanagement, Brandlastreduktion und klimaangepasstem Waldumbau (vgl. Fernandes et al., 2013; Bowman et al., 2009). Europäische Forschungsprojekte wie FirEURisk oder FIRE-RES zeigen, dass integrative Ansätze zur Risikoreduktion grundsätzlich vorhanden sind (vgl. FirEURisk, 2023). Dennoch besteht ein erheblicher Umsetzungsrückstand, der maßgeblich durch institutionelle, rechtliche und gesellschaftliche Faktoren bedingt ist (vgl. Seidl et al., 2017).

Die Forschung zu kritischen Infrastrukturen und Resilienz konzentriert sich zunehmend auf systemische Risiken, Abhängigkeiten und Kaskadeneffekte (vgl. Helbing, 2013; Pescaroli & Alexander, 2015). Waldbrände werden dabei als Teil komplexer Gefahrenlandschaften verstanden, die weit über den eigentlichen Brand hinausgehen. Allerdings fehlt häufig eine integrierte Betrachtung, die Infrastruktur, Einsatzsysteme und gesellschaftliche Resilienz gleichermaßen berücksichtigt (vgl. Kröger & Nan, 2017).

Im Bereich Kommunikation und Bevölkerungsschutz zeigen bestehende Studien, dass Risikokommunikation ein entscheidender Faktor für die Wirksamkeit von Maßnahmen ist (vgl. Renn, 2008; Mileti & Sorensen, 1990). Gleichzeitig wird deutlich, dass Kommunikation unter realen Bedingungen – etwa bei Zeitdruck, Unsicherheit und technischen Ausfällen – bislang unzureichend erforscht ist. Insbesondere psychologische Faktoren wie Risikowahrnehmung, Vertrauen und Verhaltensdynamiken werden häufig nicht ausreichend berücksichtigt (vgl. Slovic, 1987).

Die Analyse von Governance und rechtlichen Rahmenbedingungen verdeutlicht schließlich, dass institutionelle Strukturen eine Schlüsselrolle für die Umsetzung aller Maßnahmen spielen. Fragmentierte Zuständigkeiten, föderale Unterschiede und fehlende institutionelle Verankerung von Kooperationsstrukturen führen zu Ineffizienzen und Umsetzungsproblemen (vgl. Boin & 't Hart, 2010; Ansell et al., 2010). Gleichzeitig existieren zahlreiche funktionierende Einzelansätze, etwa im Bereich interorganisationaler Kooperation, die jedoch nicht systematisch skaliert oder verstetigt werden.

Zusammenfassend zeigt sich, dass die bestehende Forschungslandschaft durch eine hohe Aktivität und thematische Breite gekennzeichnet ist, jedoch überwiegend sektoral organisiert bleibt. Die in dieser Arbeit abgeleiteten wissenschaftlichen Handlungsfelder gehen über den aktuellen Stand der Forschung hinaus, indem sie gezielt die Schnittstellen zwischen Technologie, Ökologie, Infrastruktur, Kommunikation und Governance adressieren.

Der zentrale Forschungsbedarf liegt somit weniger in der Generierung neuen Wissens als vielmehr in der Integration, Anwendung und Skalierung vorhandener Ansätze. Dies erfordert interdisziplinäre, anwendungsorientierte und systemübergreifende Forschungsansätze, die darauf abzielen, die Handlungsfähigkeit im Umgang mit Waldbrandrisiken nachhaltig zu verbessern.

Literatur (Auswahl)

- Ansell, C., Boin, A., & Keller, A. (2010): Managing Transboundary Crises.
- Boin, A., & 't Hart, P. (2010): Organising for Effective Emergency Management.
- Bowman, D. et al. (2009): Fire in the Earth System.
- European Commission (2021): Forest Fire Research and Innovation.
- Fernandes, P. et al. (2013): Fuel Management in Fire-Prone Regions.
- FirEUrisk (2023): Integrated Fire Risk Management.
- Helbing, D. (2013): Globally Networked Risks.
- Kröger, W., & Nan, C. (2017): Critical Infrastructure Resilience.
- Mileti, D., & Sorensen, J. (1990): Communication of Emergency Public Warnings.
- Papadopoulos, G. et al. (2020): Interoperability in Disaster Management Systems.
- Renn, O. (2008): Risk Governance.
- San-Miguel-Ayanz, J. et al. (2013): EFFIS – European Forest Fire Information System.
- Seidl, R. et al. (2017): Forest Disturbances under Climate Change.
- Slovic, P. (1987): Perception of Risk.

12 Ergebnisdiskussion: Wissenschaftliche Handlungsfelder im Waldbrandmanagement

Die vorliegende Analyse basiert auf der systematischen Verknüpfung qualitativer Ergebnisse aus dem Waldcafé, der quantitativen Priorisierung strategischer Handlungsfelder sowie der inhaltlichen Auswertung der fünf Themenbereiche Technologie, Ökologie, kritische Infrastrukturen, Kommunikation und Governance. Ziel war es, aus dieser integrierten Betrachtung wissenschaftliche Handlungsfelder abzuleiten, die sowohl empirisch gestützt als auch systemisch begründet sind.

Ein zentrales Ergebnis ist eine weitgehende inhaltliche Übereinstimmung zwischen den im Waldcafé identifizierten Themenfeldern und den priorisierten Handlungsfeldern, wobei die quantitative Auswertung zugleich Unterschiede in der Bewertung und teilweise heterogene Einschätzungen zwischen den Kategorien sichtbar macht. Die in den Stichworten dokumentierten Problemstellungen – etwa fragmentierte Datenstrukturen, fehlende Integration von Technologien, Nutzungskonflikte in der Landschaft oder unklare Zuständigkeiten – spiegeln sich deutlich in den Priorisierungsergebnissen wider. Dies deutet auf ein weitgehend geteiltes Problemverständnis der beteiligten Akteure hin und unterstreicht die Validität der abgeleiteten Handlungsfelder. Gleichzeitig zeigen einzelne Bereiche eine höhere Streuung in den Bewertungen, was auf unterschiedliche Perspektiven und Priorisierungslogiken innerhalb der Stichprobe hinweist.

Gleichzeitig zeigt die Analyse, dass die größten Herausforderungen nicht in einem Mangel an Wissen, Technologien oder Einzelmaßnahmen liegen. Vielmehr ist ein strukturelles Muster erkennbar: In nahezu allen Bereichen existieren bereits ausgereifte Ansätze – beispielsweise im Bereich der Fernerkundung, der Modellierung von Brandausbreitung oder der ökologischen Prävention durch Vegetationsmanagement. Dennoch gelingt es bislang nicht, diese Ansätze flächendeckend in wirksame Handlungsstrukturen zu überführen. Der zentrale Engpass liegt somit nicht in der Innovation, sondern in der Integration, Anwendung und Skalierung vorhandener Lösungen.

Im Bereich der Technologien und Innovationen wird dies besonders deutlich. Die verfügbaren Datenquellen – von satellitengestützten Informationen über Sensornetzwerke bis hin zu Echtzeit-Wetterdaten – bilden eine umfassende Grundlage für Lagebilder und Entscheidungsprozesse. Allerdings sind diese Daten häufig nicht interoperabel, wodurch ihre Nutzung im operativen Kontext eingeschränkt bleibt. Daraus ergibt sich ein klarer Forschungsbedarf im Bereich der Datenintegration, Standardisierung und Entwicklung robuster Plattformlösungen. Darüber hinaus zeigt sich, dass technologische Systeme häufig nicht ausreichend in bestehende

Einsatzprozesse eingebettet sind, was die Notwendigkeit anwendungsorientierter Forschungsansätze unterstreicht.

Im Bereich der Ökologie und des Vegetationsmanagements wird deutlich, dass hier der größte präventive Hebel im Gesamtsystem liegt. Maßnahmen wie Brandlastmanagement, Waldumbau oder die Nutzung natürlicher Prozesse bieten konkrete Möglichkeiten zur Risikoreduktion. Gleichzeitig sind diese Maßnahmen stark von politischen, rechtlichen und gesellschaftlichen Rahmenbedingungen abhängig. Nutzungskonflikte, unklare Zuständigkeiten und fehlende Abstimmung zwischen Akteuren führen dazu, dass vorhandenes Wissen nicht konsequent umgesetzt wird. Daraus ergibt sich ein interdisziplinärer Forschungsbedarf, der ökologische, sozioökonomische und governancebezogene Aspekte integriert.

Die Analyse kritischer Infrastrukturen verdeutlicht, dass Waldbrandereignisse zunehmend als systemische Risiken zu verstehen sind. Die enge Vernetzung von Infrastrukturen führt dazu, dass Störungen kaskadierende Effekte auslösen können. Gleichzeitig rückt die operative Handlungsfähigkeit in den Mittelpunkt: Der Schutz kritischer Infrastrukturen ist untrennbar mit der Leistungsfähigkeit von Einsatzkräften und der Resilienz der Bevölkerung verbunden. Entsprechend besteht Forschungsbedarf in der Entwicklung ganzheitlicher Resilienzkonzepte, die technische, organisatorische und gesellschaftliche Dimensionen gleichermaßen berücksichtigen.

Im Bereich Kommunikation und Bevölkerungsschutz zeigt sich, dass die Wirksamkeit von Maßnahmen maßgeblich von der Fähigkeit abhängt, Verhalten unter realen Bedingungen zu beeinflussen. Kommunikation ist dabei nicht lediglich ein unterstützender Prozess, sondern ein zentrales Steuerungsinstrument, das unter Unsicherheit, Zeitdruck und technischen Einschränkungen funktionieren muss. Die identifizierten Probleme – etwa mangelnde Erreichbarkeit, inkonsistente Botschaften oder geringe Zielgruppenspezifität – verdeutlichen die Notwendigkeit, Kommunikationsstrategien stärker evidenzbasiert und verhaltensorientiert auszurichten. Insbesondere die Integration psychologischer Erkenntnisse stellt hier ein wesentliches Forschungsfeld dar.

Die Governance-Analyse schließlich macht deutlich, dass institutionelle Rahmenbedingungen eine Schlüsselrolle für die Umsetzung aller anderen Maßnahmen spielen. Fragmentierte Zuständigkeiten, unterschiedliche rechtliche Regelungen und fehlende institutionelle Verankerung von Kooperationsstrukturen führen zu Ineffizienzen und Verzögerungen. Gleichzeitig existieren zahlreiche funktionierende Einzelansätze, wie etwa Kooperationen zwischen Feuerwehr und Forst oder spezifische Erlassregelungen auf Landesebene. Die Herausforderung besteht darin, diese Ansätze zu systematisieren, zu skalieren und rechtssicher zu verankern. Besonders hervorzuheben ist dabei die bislang fehlende Definition klarer Schutzziele, die eine priorisierte Steuerung ermöglichen würden.

Über alle Themenbereiche hinweg lassen sich vier übergeordnete Problemtypen identifizieren: Erstens die mangelnde Integration von Daten, Technologien und Akteuren; zweitens Defizite in der praktischen Umsetzung vorhandener Lösungen; drittens Koordinationsprobleme auf institutioneller Ebene; und viertens eine unzureichende Wirksamkeit von Maßnahmen im Hinblick auf Verhalten und Anwendung. Diese Problemtypen sind eng miteinander verknüpft und verstärken sich gegenseitig.

Zusammenfassend zeigt die Analyse, dass das Waldbrandmanagement als hochkomplexes sozio-technisches System zu verstehen ist, in dem technologische, ökologische, infrastrukturelle, kommunikative und institutionelle Komponenten eng miteinander interagieren. Die identifizierten wissenschaftlichen Handlungsfelder adressieren daher weniger die Entwicklung isolierter Innovationen als vielmehr die Gestaltung von Schnittstellen, Prozessen und Strukturen, die eine wirksame Integration bestehender Lösungen ermöglichen. Der zentrale Forschungsbedarf liegt somit in der Entwicklung integrierter, anwendungsorientierter und interdisziplinärer Ansätze, die eine nachhaltige Verbesserung der Handlungsfähigkeit im Umgang mit Waldbrandrisiken ermöglichen.

13 Schlussbetrachtung: Was bleibt zu tun?

Die vorliegende Untersuchung legt nahe, dass das Waldbrandmanagement als komplexes, sozio-technisches System verstanden werden muss, in dem ökologische, technische, organisatorische und gesellschaftliche Dimensionen eng miteinander verflochten sind. Durch die Kombination aus qualitativem World Café und quantitativer Schnipselmethode konnten zentrale Themenfelder identifiziert, priorisiert und in wissenschaftliche Handlungsfelder überführt werden. Dabei wurde sichtbar, dass insbesondere operative und technologieorientierte Ansätze tendenziell höher priorisiert werden, während strukturelle und governancebezogene Fragestellungen zwar als relevant erkannt, jedoch weniger konsistent bewertet werden.

Aus diesen Ergebnissen ergeben sich mehrere zentrale Handlungsbedarfe für Wissenschaft, Praxis und Politik.

Erstens besteht ein erheblicher Bedarf an Integration bestehender Lösungen. Viele technologische Ansätze, etwa im Bereich Frühdetektion, Sensorik oder Datenanalyse, sind bereits vorhanden, werden jedoch häufig nicht systematisch in operative Prozesse eingebunden. Zukünftige Forschung sollte sich daher verstärkt auf Fragen der Interoperabilität, Standardisierung und Anwendungsintegration konzentrieren, anstatt ausschließlich neue Technologien zu entwickeln.

Zweitens zeigt sich eine zentrale Lücke im Bereich der Governance und institutionellen Steuerung. Fragmentierte Zuständigkeiten, unterschiedliche rechtliche Rahmenbedingungen und unzureichend institutionalisierte Kooperationsstrukturen erschweren eine effektive Umsetzung vorhandener Ansätze. Hier besteht dringender Forschungs- und Handlungsbedarf hinsichtlich Koordinationsmechanismen, Zuständigkeitsklarheit und der Entwicklung tragfähiger Governance-Modelle.

Drittens ist eine stärkere Berücksichtigung von systemischen Wechselwirkungen und Kaskadeneffekten erforderlich. Waldbrände wirken nicht isoliert, sondern beeinflussen kritische Infrastrukturen, gesellschaftliche Prozesse und ökologische Systeme. Entsprechend sollten zukünftige Ansätze verstärkt auf integrierte Risikoanalysen und resilienzorientierte Strategien ausgerichtet werden.

Viertens wird deutlich, dass Kommunikation und gesellschaftliche Einbindung eine zentrale, bislang jedoch unterschätzte Rolle spielen. Die Wirksamkeit von Präventions- und Bewältigungsmaßnahmen hängt maßgeblich von Risikowahrnehmung, Vertrauen und Verhaltensweisen der Bevölkerung ab. Hier besteht insbesondere Bedarf an evidenzbasierter Forschung zu Kommunikationsstrategien unter realen Krisenbedingungen.

Fünftens erfordert die Komplexität des Themenfeldes eine konsequente interdisziplinäre Zusammenarbeit. Die vorliegende Analyse hat gezeigt, dass isolierte disziplinäre Ansätze

den Herausforderungen nicht gerecht werden. Zukünftige Forschung sollte daher gezielt Schnittstellen zwischen Natur-, Ingenieur-, Sozial- und Rechtswissenschaften adressieren und entsprechende Kooperationsformate stärken.

Darüber hinaus ist eine Weiterentwicklung der methodischen Ansätze notwendig. Die vorliegenden Ergebnisse basieren auf einem explorativen, partizipativen Verfahren und liefern wertvolle Hypothesen und Strukturierungen. Für eine weitergehende Absicherung sollten diese durch zusätzliche empirische Studien, standardisierte Befragungen oder iterative Delphi-Prozesse ergänzt werden.

Zusammenfassend lässt sich festhalten, dass die Herausforderungen im Waldbrandmanagement weniger in einem Mangel an Einzelwissen liegen, sondern vielmehr in der fehlenden Integration, Koordination und Umsetzung vorhandener Erkenntnisse. Die zentralen zukünftigen Aufgaben bestehen daher darin, bestehendes Wissen systematisch zusammenzuführen, institutionell zu verankern und in wirksame Handlungsstrategien zu überführen.

Die in dieser Arbeit entwickelten wissenschaftlichen Handlungsfelder leisten hierzu einen Beitrag, indem sie zentrale Problemstellungen strukturieren und priorisieren. Ihre Umsetzung erfordert jedoch ein koordiniertes Zusammenwirken von Wissenschaft, Praxis und Politik. Nur durch einen solchen integrativen Ansatz kann es gelingen, die zunehmenden Herausforderungen durch Waldbrände nachhaltig zu bewältigen.

Ihr Waldbrandkompetenzzentrum Team

14Danksagung

An dieser Stelle möchte ich allen Personen und Institutionen danken, die zum Gelingen dieser Arbeit beigetragen haben.

Ein besonderer Dank gilt der Technischen Hochschule Wildau für die Bereitstellung der Räumlichkeiten sowie die organisatorische und logistische Unterstützung. Durch die hervorragenden Rahmenbedingungen wurde ein strukturierter und produktiver Austausch zwischen den beteiligten Expertinnen und Experten erst ermöglicht.

Ebenso gilt mein ausdrücklicher Dank dem Forest Fire Fighting Lab (FFFLab) für die fachliche Begleitung, die inhaltlichen Impulse sowie die Unterstützung bei der Konzeption und Durchführung der Workshops. Die enge Verzahnung von Forschung und Praxis hat maßgeblich zur Qualität der Ergebnisse beigetragen.

Den Moderatorinnen und Moderatoren (Dr. Yvonne Hengst, Prof. 'in Dr. Doris Keye-Ehing, Dipl. Phys. Andreas Karsten, Norman Barth und Marvin Janßen) danke ich für die professionelle Durchführung und Steuerung des Waldcafés. Durch ihre strukturierte und zugleich offene Moderation wurde ein konstruktiver Dialog ermöglicht, der die Vielfalt der Perspektiven sichtbar gemacht und eine zielgerichtete Diskussion gefördert hat.

Ein besonderer Dank gilt zudem den Vortragenden des Workshops, die mit ihren fachlichen Impulsen wesentlich zur inhaltlichen Fundierung beigetragen haben. Durch ihre Beiträge wurde ein gemeinsames Verständnis zentraler Herausforderungen im Waldbrandschutz geschaffen und eine wichtige Grundlage für die anschließenden Arbeits- und Diskussionsphasen gelegt. Ihre Perspektiven aus Wissenschaft, Praxis und Förderlandschaft haben maßgeblich zur Qualität und Tiefe der Ergebnisse beigetragen (Marvin Janßen, Tobias Rösch, Prof. Michael Müller, Dr. Yvonne Hengst).

Ein weiterer besonderer Dank gilt dem Team des Waldbrandkompetenzzentrums (WBZZ) für die inhaltliche Unterstützung, die fachlichen Beiträge sowie das Engagement im gesamten Prozess. Die Expertise und Praxisnähe des Teams waren ein wesentlicher Bestandteil der vorliegenden Arbeit.

Abschließend möchte ich mich bei allen beteiligten Expertinnen und Experten bedanken, die durch ihre Beiträge, Erfahrungen und Einschätzungen diese Arbeit erst möglich gemacht haben.

Uwe Becker

15Anhang

15.1 Rohdaten Schnipselmethode

Anlage: Strategische Handlungsfelder Rohdaten

A: Technologie und Innovationen

B: Ökologie und Vegetationsmanagement

C: Kritis

D: Kommunikation und Bevölkerungsschutz

E: Governace und Recht

S: Sonderkategorie (Schwerpunkt Brandbekämpfung)

	Handlungsfeld	Prio 1	Prio 2	Prio 3	Prio 4	Prio 5 (Müll)	Fehl
A	1. Digitale Entscheidungsunterstützung	4	1	1	1		
A	2. Künstliche Intelligenz in sicherheitsrelevanten Anwendungen	1	0	3	3		
A	3. Automatisierung und Robotik	3	1	2	1		
A	4. Sensorik und Frühwarnsysteme	6	3	0	0		
A	5. Datenintegration und Interoperabilität	3	1	2	1		
A	6. Cybersicherheit und Resilienz digitaler Systeme	2	1	2	3		
A	7. Smart-City-Technologien	0	0	0	4	4	
A	8. Drohnen- und Fernerkundungstechnologien	7	1	0	0		
A	9. Simulation und Modellierung komplexer Systeme	3	3	2	0		
A	10. Digitale Zwillinge	3	0	5	0		
A	11. Edge- und Cloud-Computing	2	0	2	3	1	
A	12. Innovationsmanagement im öffentlichen Sektor	2	0	4	1	1	
A	13. Technologietransfer und Skalierung	1	2	1	1		
A	14. Open-Source- und Open-Data-Strategien	1	2	2	3		

A	15. Digitale Plattformen für Einsatzkoordination	4	1	2	0		
A	16. Resiliente IT-Architekturen	4	0	2	0	1	1
A	17. Mensch-Maschine-Interaktion	1	0	4	2	1	1
A	18. Standardisierung technischer Schnittstellen	3	2	2	2		
A	19. Nachhaltige Technologieentwicklung	0	0	1	3	4	4
A	20. Test- und Reallabore für Innovationen	5	1	3	0		
B	21. Klimaanpassungsstrategien	1	3	4	0		
B	22. Präventives Vegetationsmanagement	5	3	1	0		
B	23. Waldbrandprävention	5	3	1	0		
B	24. Biodiversitätsmanagement	0	1	3	3	1	
B	25. Pflege kritischer Grünstrukturen	1	2	3	2		
B	26. Ökologische Risikoanalyse	1	1	3	2	1	
B	27. Renaturierungsmaßnahmen	0	0	3	5		
B	28. Nachhaltige Flächennutzung	0	1	2	6		
B	29. Stadtgrün- und Schwammstadtkonzepte	0	0	0	2	5	
B	30. Erosions- und Bodenschutz	0	0	5	3		
B	31. Wassermanagement und Retentionsflächen	2	3	2	1		
B	32. Monitoring ökologischer Veränderungen	1	2	4	1		
B	33. Integration ökologischer Daten in Planungssysteme	2	1	4	1		
B	34. Umgang mit invasiven Arten	0	0	1	5	2	
B	35. Hitze- und Dürremanagement	3	3	0	1	1	
B	36. Naturschutz in Nutzungskonflikten	1	2	2	3		
B	37. Ökosystembasierte Schutzmaßnahmen	0	4	2	2		

B	38. Landschaftspflege entlang kritischer Infrastrukturen	2	4	1	1		
B	39. Umweltverträglichkeitsbewertungen	0	0	1	6		
B	40. Resilienz natürlicher Systeme	1	6	1	1		
C	41. Resilienz kritischer Versorgungssysteme	4	3	1	1		
C	42. Schutz der Energieinfrastruktur	4	2	1	1		
C	43. Sicherung der Wasserversorgung	6	2	0	0		
C	44. Verkehrs- und Mobilitätsinfrastrukturen	1	2	4	1		
C	45. Schutz digitaler Infrastrukturen	5	1	1	1		
C	46. Redundanz- und Backup-Konzepte	2	2	2	3		
C	47. Notfall- und Krisenplanung	2	2	2	1		
C	48. Instandhaltungsstrategien	0	1	3	2	2	
C	49. Risiko- und Vulnerabilitätsanalysen	5	1	3	0		
C	50. Schutz vor Naturgefahren	1	0	1	3	3	
C	51. Abhängigkeiten und Kaskadeneffekte	1	5	2	1		
C	52. Öffentlich-private Kooperationen	2	2	1	4		
C	53. Versorgungssicherheit	3	1	2	2		
C	54. Kritische Logistikketten	2	0	4	2		
C	55. Schutz von Gesundheitsinfrastrukturen	2	2	1	1	2	
C	56. Resiliente Bau- und Materialkonzepte	0	2	3	2	2	
C	57. Zugangskontrolle und physische Sicherheit	0	1	1	3	3	
C	58. Frühwarn- und Monitoringsysteme	5	2	1	0		
C	59. Wiederanlauf- und Wiederherstellungspläne	0	0	0	8		
C	60. Regulierung und Aufsicht kritischer Infrastrukturen	0	1	3	1	3	

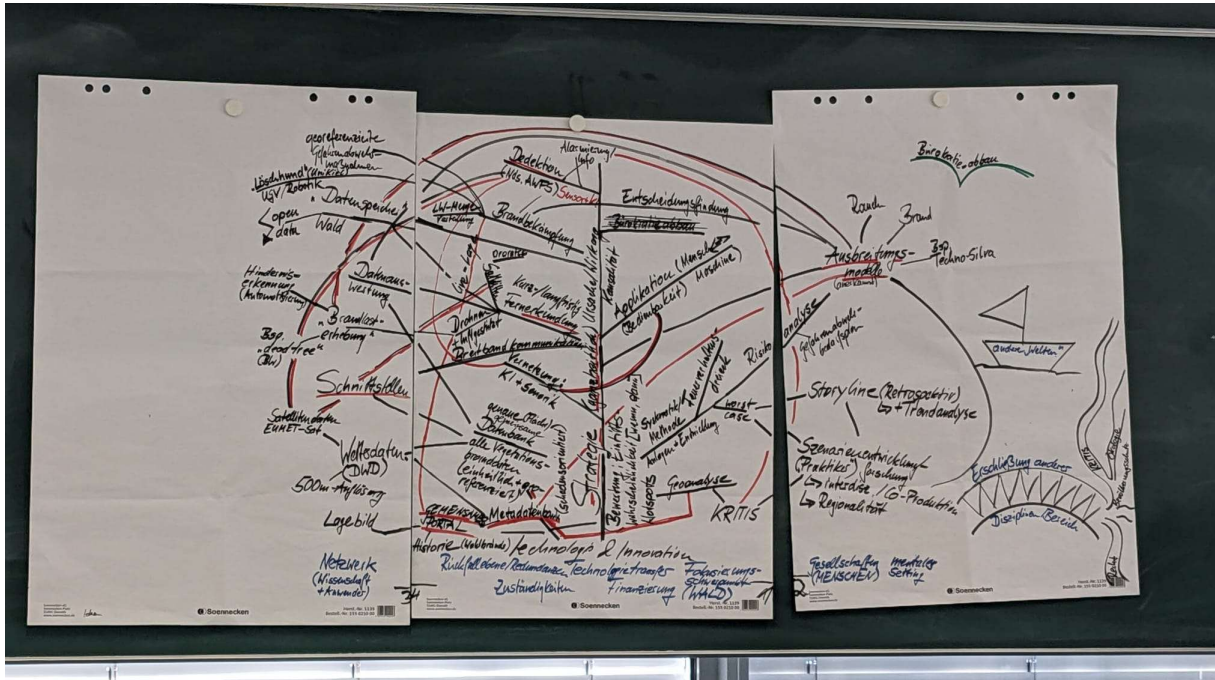
D	61. Krisen- und Risikokommunikation	4	1	2	0		
D	62. Warn- und Alarmsysteme	4	2	1	0		
D	63. Multikanal-Kommunikationsstrategien	0	4	2	2		
D	64. Informationsmanagement in Krisenlagen	4	2	0	2		
D	65. Bevölkerungsinformation und -sensibilisierung	2	2	3	1		
D	66. Soziale Medien im Krisenmanagement	3	2	2	1		
D	67. Barrierefreie Kommunikation	1	2	3	1	1	
D	68. Zielgruppenspezifische Ansprache	4	0	3	1		
D	69. Vertrauen und Glaubwürdigkeit staatlicher Kommunikation	3	1	2	2		
D	70. Medienkoordination	1	3	2	1	1	
D	71. Schulungs- und Trainingsprogramme	3	2	3	1		
D	72. Selbstschutz- und Vorsorgekompetenzen	2	5	1	0		
D	73. Ehrenamts- und Freiwilligenmanagement	1	4	1	2		
D	74. Psychosoziale Notfallversorgung	0	2	1	3	1	
D	75. Lagebildkommunikation	5	1	1	0		
D	76. Kommunikationsschnittstellen zwischen Behörden	3	3	1	1		
D	77. Evaluierung von Kommunikationsmaßnahmen	0	2	2	3	1	
D	78. Krisenübungen und Simulationen	2	5	1	0		
D	79. Internationale Kommunikationskooperation	0	2	3	3		
D	80. Desinformationsprävention	2	1	1	3	1	
E	81. Krisen- und Notfallgovernance	0	1	2	2	3	
E	82. Rechtliche Rahmenbedingungen des Bevölkerungsschutzes	0	2	2	3	1	
E	83. Arbeitsrecht in Krisenlagen	0	1	1	2	3	

E	84. Haftungs- und Verantwortungsfragen	0	4	1	0	3	
E	85. Interorganisationale Zusammenarbeit	3	3	0	0		
E	86. Föderale und kommunale Zuständigkeiten	0	2	1	3	2	
E	87. Verwaltungsvereinfachung in Ausnahmesituationen	1	4	1	1		
E	88. Beteiligungs- und Entscheidungsprozesse	0	1	2	5		
E	89. Ethik und Recht in sicherheitsrelevanten Entscheidungen	0	0	1	5	2	
E	90. Datenschutz und Informationssicherheit	1	0	1	4	2	
E	91. Regulierung neuer Technologien	0	0	0	6	2	
E	92. Compliance und Rechtsdurchsetzung	0	2	1	4	1	
E	93. Tarif- und Beschäftigungsmodelle im Krisenkontext	0	1	2	1	3	
E	94. Mitbestimmung und Personalvertretung	0	1	0	2	6	
E	95. Governance öffentlicher Innovationen	0	0	1	1	6	
E	96. Internationale Rechtsrahmen	0	1	0	4	3	
E	97. Vertrags- und Vergaberecht	0	0	3	2	3	
E	98. Arbeits- und Gesundheitsschutz	2	2	2	0	1	
E	99. Strategische Steuerung und Controlling	0	1	2	2	2	
E	100. Evaluierung und Weiterentwicklung rechtlicher Instrumente	1	2	1	3	1	
S	101. Präventives Vegetations- und Brennstoffmanagement	3	4	1	0		
S	102. Risikoanalyse und Gefährdungskartierung von Vegetationsbränden	2	4	2	0		
S	103. Frühdetektion von Vegetations- und Waldbränden	7	1	0	1		
S	104. Einsatz von Drohnen zur Lageerkundung	4	2	1	1		
S	105. Drohnengestützte Wärmebild- und Hotspot-Analyse	5	2	1	0		
S	106. Integration von Luftaufklärung in die Einsatzführung	4	2	1	0	1	

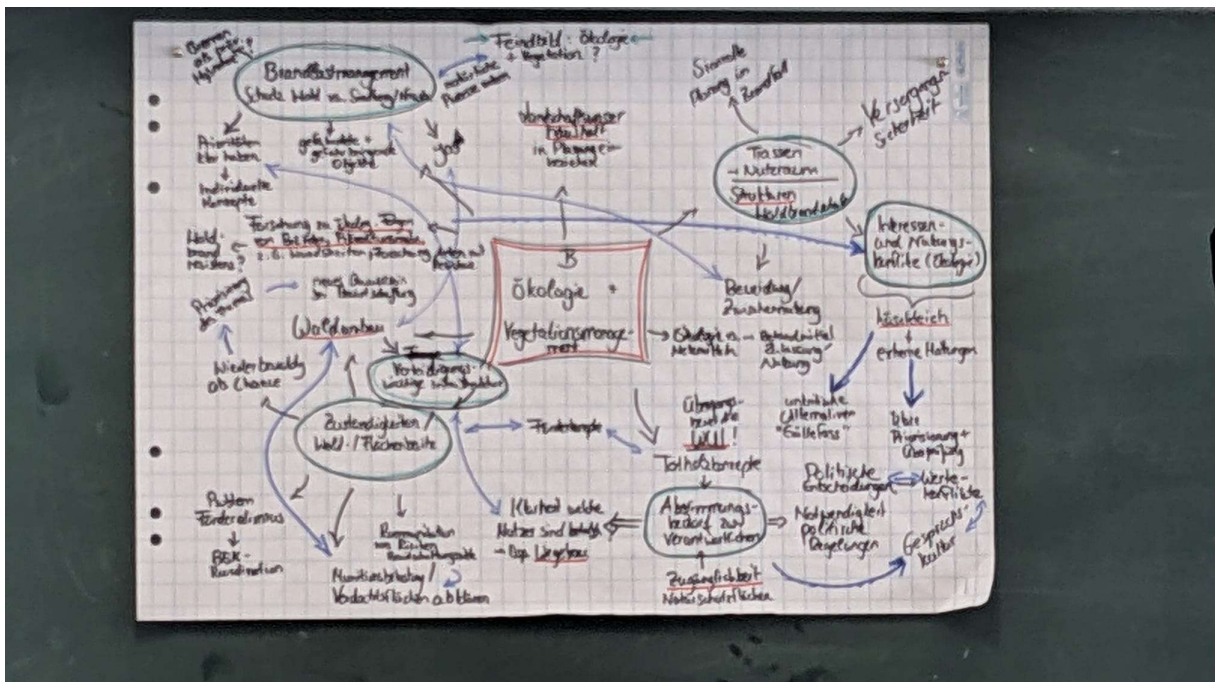
S	107. Luftbrandbekämpfung mit Hubschraubern	1	4	3	0		
S	108. Luftbrandbekämpfung mit Flächenflugzeugen	1	0	2	4	1	
S	109. Taktiken der kombinierten Boden- und Luftbrandbekämpfung	3	3	0	0		
S	110. Löschmittelmanagement bei Vegetationsbränden	4	0	2	1		
S	111. Aufbau und Betrieb temporärer Wasserentnahmestellen	5	2	1	0		
S	112. Schutz kritischer Infrastrukturen bei Vegetationsbränden	7	2	0	0		
S	113. Sicherheit und Arbeitsschutz bei Vegetationsbrandeinsätzen	3	1	1	2		
S	114. Interkommunale und internationale Einsatzkoordination	2	3	2	1		
S	115. Ausbildung und Training für Vegetationsbrandbekämpfung	5	1	2	0		
S	116. Einsatzsimulationen und Szenarientraining	4	3	1	0		
S	117. Nutzung digitaler Lagebilder und Echtzeitdaten	7	0	1	0		
S	118. Kommunikation und Führungsstrukturen bei Großbränden	6	0	2	1		
S	119. Nachsorge, Monitoring und Rekultivierung betroffener Flächen	0	2	1	5		
S	120. Forschung, Innovation und Technologietransfer in der Vegetationsbrandbekämpfung	6	1	4	0		

15.2 Visualisierungen (Mindmaps Waldcafé)

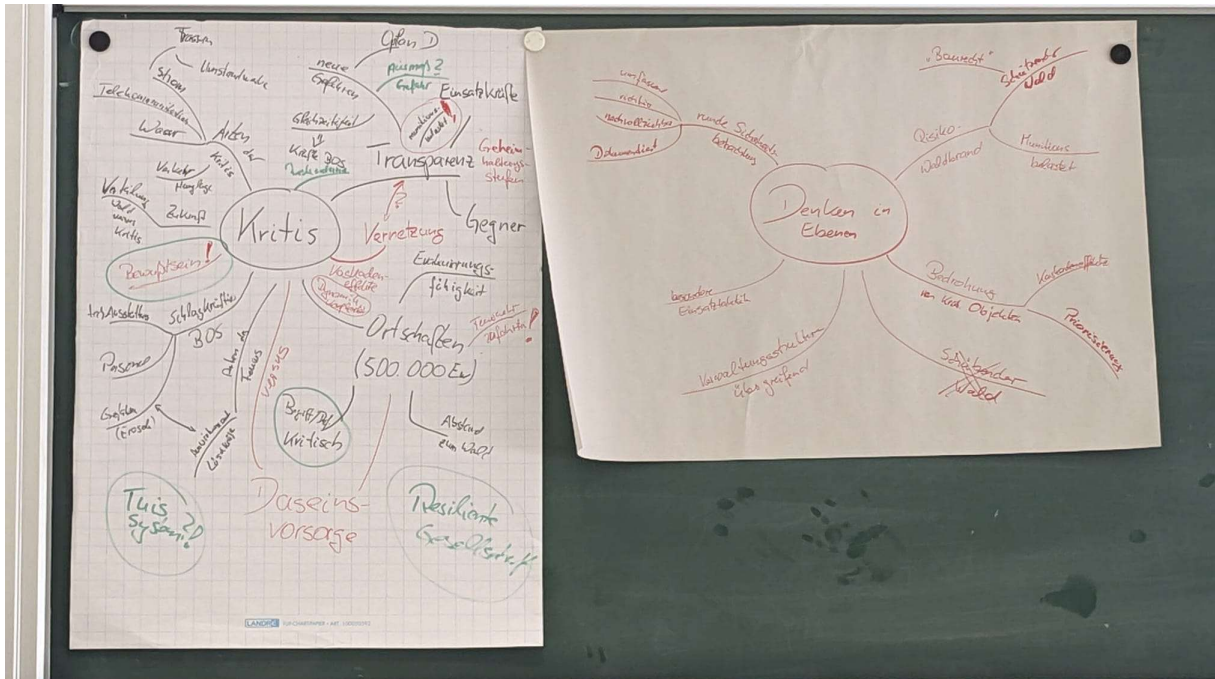
Kategorie A:



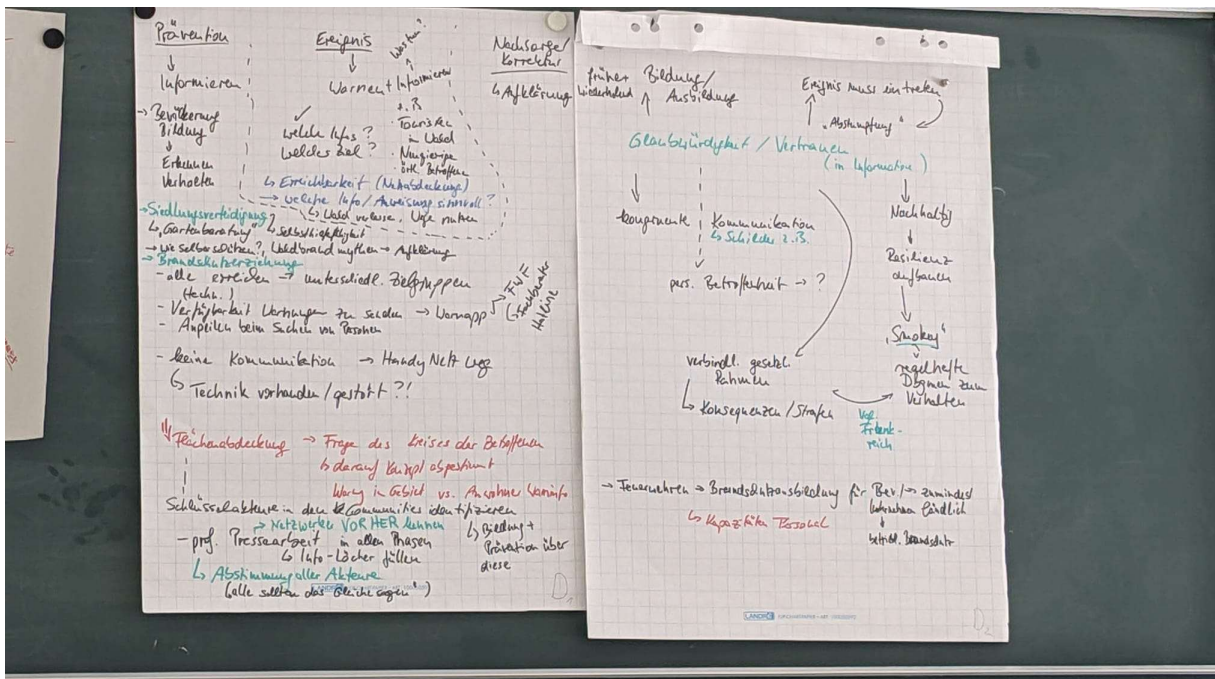
Kategorie B:



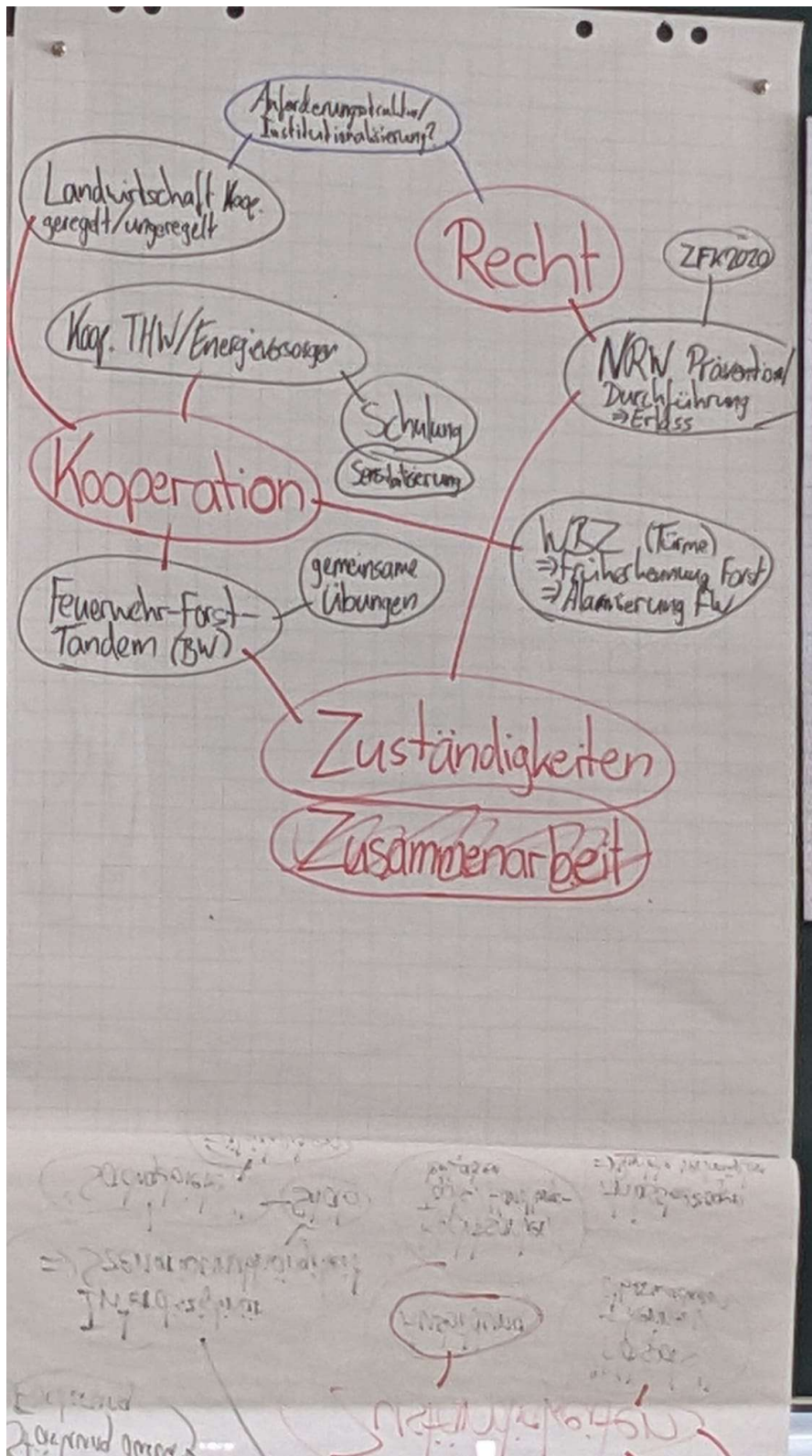
Kategorie C:



Kategorie D:



Kategorie E (1/2):



Föderalismus

- Recht**
 - versch. Gesetze
 - Richtlinien
 - Standards / AG
 - War muss Standards umsetzen?
 - Einrichtungen (Umgang mit Gefahr)
 - Spezialisten
 - Faktor Mensch
 - Zivil-militärisch / "Dual-Use"
 - Prävention / Bekämpfung
 - Wer zahlt?
 - Kommune "Scheuklappen"
 - Brückenwerke
 - Hilfssuchen
 - Kosten
- Kooperation**
 - unterschiedliche Sprache
 - Netzwerk / Nachsorge
 - Interdisziplinär
 - ⇒ Szenariounabhängigkeit
 - "Sachgebiete"
 - Stab
 - Fähigkeiten
- Zuständigkeiten**
 - Ansbildung
 - Hotspots erkennen / überwachen
 - Rechtsanker / Tools / Handlungsoptionen
 - Anlassbezogen
 - ⇒ Punkte verknüpfen
- Bürokratie-schlinge**
- Risikomanagement**
 - Verpflichtung für Maßnahmen

© Soennecken