

Hochschule für Angewandte Wissenschaften Hamburg

Fakultät Life Sciences

**Entwicklung einer kriterienbasierten Bewertungsmatrix zur Priorisierung von
Kulturgütern im Schadensfall**

*Eine modifizierte MCDA-Methode mittels Fuzzy-Delphi-AHP
am Beispiel der UNESCO-Welterbestadt Bamberg*

Bachelorarbeit
Im Studiengang Rettungsingenieurwesen

Vorgelegt von

Alexander, Rentz



Hamburg

Am 02.02.2026

Gutachter: Prof. Dr. Boris Tolg (HAW Hamburg)
Gutachterin: Prof. Dr. Marianne Tauber (Otto-Friedrich-Universität Bamberg)

Die Abschlussarbeit wurde in Zusammenarbeit mit dem Notfallverbund Kulturgutschutz
der Stadt Bamberg erstellt.

Eidesstattliche Erklärung

Ich versichere hiermit, dass ich die vorliegende Bachelorarbeit mit dem o.a. Thema ohne fremde Hilfe selbstständig verfasst und nur die angegebenen Hilfsmittel verwendet habe. Wörtlich oder dem Sinne nach aus anderen Werken entnommene Stellen sind unter Angabe der Quellen kenntlich gemacht.

Datum: 30.01.2026

Alexander Rentz



Abstract

Zielsetzung der Arbeit ist die Entwicklung einer kriterienbasierten Bewertungsmatrix zur Priorisierung von Kulturgütern im Schadensfall. Das Leitszenario stellt dabei ein Brandereignis im Dom zu Bamberg dar, welcher inmitten des UNESCO-Weltkulturerbegebiets der mittelgroßen Stadt liegt. Die Matrix ermöglicht es dem Notfallverbund Bamberg zusammen mit den Gefahrenabwehrbehörden, die Kritikalität und Gefährdung von einzelnen Kulturgütern im Vorfeld differenziert bewerten zu können und eine effektive und effiziente Rettung durchzuführen.

Für die Entwicklung wurde im Rahmen der Bachelorarbeit eine modifizierte multidimensionale Kriterienanalyse (MCDA) mittels Fuzzy-Delphi-AHP verwendet und anhand von neun ausgewählten Kulturgütern exemplarisch angewandt. Da das Thema die Schnittstelle zweier Fachbereiche abbildet, wurden jeweils sechs Experten der Gefahrenabwehr und des Kulturgutschutzes aus dem örtlich ansässigen Notfallverbund mit zwei Fragebögen zu ihrer Einschätzung befragt. Die Bildung der Kriteriengewichte erfolgte anschließend in allgemeiner und spezifisch auf die Akteure (Archive, Bibliotheken, Museen) angepasster Form.

Die Ergebnisse zeigten, dass die in bisherigen Bewertungsmodellen vernachlässigten Kriterien aus dem Bereich der Gefahrenabwehr das größte Gewicht im Schadensfall zukommt. Dabei bilden diese Kriterien über alle Matrizen hinweg konstant die ersten vier von insgesamt sechzehn identifizierten Kriterien ab. Weiter konnten die einzelnen Schwerpunkte der jeweiligen Akteure in der Rangordnung der Kriterien sowie ein leichter Gruppen-Bias (Cliff's Delta 0,151) zwischen den Fachbereichen aufgezeigt werden.

Die entwickelten Bewertungsmatrizen wurden abschließend in einer technischen Spezifikation zusammengefasst, um eine Implementierung in weiteren Systemen zu ermöglichen.

Inhaltsverzeichnis

1 Einleitung.....	8
2 Problemstellung und Forschungshintergrund.....	9
2.1 Untersuchungsraumdarstellung	12
2.1.1 UNESCO-Welterbestadt Bamberg	12
2.1.2 Notfallverbund Bamberg.....	13
2.1.3 Leitszenario – Brand des Bamberger Dom	13
2.2 Kulturgutschutz	16
2.2.1 Definition.....	16
2.2.2 Rechtsvorschriften	17
2.2.3 Bewertungsmodelle	17
2.2.3.1 Risikomatrix nach Nohl.....	17
2.2.3.2 ABC-Modell des ICCROM	18
2.2.3.3 Risikoanalysetool des Sicherheitsleitfaden Kulturgut (SiLK).....	19
2.2.3.4 Liechtensteiner Modell.....	19
3 Methodik.....	20
3.1 Definition und Begründung der MCDA-Methodik	21
3.1.1 Analytic Hierarchical Process.....	22
3.1.2 Fuzzy-Logik.....	23
3.1.3 Delphi-Methodik	24
3.2 Rahmenbedingungen.....	25
3.2.1 Zielerreichungsgrad.....	25
3.2.2 Abbruchkriterien	25
3.2.2.1 Begrenzung der Delphi-Runden: 1+n Argument	25
3.2.2.2 Unterschreiten der Konsistenzschwelle	25
3.2.3 Expertengremium.....	26
3.3 Identifizierung der Kriterien	26
3.3.1 Literaturrecherche	27
3.3.2 Delphi-Fragebogen: Runde 1 – Kriterienkatalog.....	27
3.4 Qualitative Analyse.....	29
3.5 Strukturierung	29
3.6 Kriterien Paarvergleich	30
3.7 Validierung.....	30
3.8 Fuzzyfizierung	32

3.9 Gewichtung	33
3.10 Sensitivitätsanalyse	34
3.11 Implementierung	34
4 Ergebnisse	35
4.1 Offenlegung der AHP-Struktur	35
4.2 Expertengremium	35
4.3 Kriterienbestimmung	36
4.3.1 Offenlegung der Literaturrecherche	36
4.3.2 Offenlegung der Ergebnisse: Delphi-Runde 1.....	37
4.3.3 Offenlegung der Strukturierung	41
4.4 Offenlegung der Kriteriengewichtung	42
4.4.1 Offenlegung der Ergebnisse: Delphi-Runde 2.....	42
4.4.2 Validierung der Delphi-Runden.....	43
4.4.3 Offenlegung der Ergebnisse: Kriteriengewichtung	44
4.4.3.1 Nachweis eines Gruppen-Bias	44
4.4.3.2 Offenlegung der Gewichtung	44
4.5 Sensitivitätsanalyse	47
4.6 Implementierung	47
5 Diskussion	48
5.1 Zielerfüllung.....	48
5.2 Kritische Reflexion der Methodik.....	48
5.2 Untersuchungsraum und Expertengremium	48
5.3 Vorbereitungsstatus der Akteure.....	49
5.4 Kriterienkatalog	50
5.5 Validation und Gruppen-Bias.....	51
5.7 Kriteriengewichtung.....	52
5.8 Sensitivitätsanalyse.....	52
5.8 Implementierung.....	53
6 Resümee.....	54
7 Quellenverzeichnis	55
Anhang.....	60

Abkürzungsverzeichnis

AHP	<i>Analytic Hierarchical Process</i>
BBK.....	<i>Bundesamt für Bevölkerungsschutz und Katastrophenhilfe</i>
BMA	<i>Brandmeldeanlage</i>
CI.....	<i>Consistency Index</i>
CR	<i>Consistency Ratio</i>
DGUV.....	<i>Deutsche Gesetzliche Unfallversicherung</i>
FAHP.....	<i>Fuzzy-AHP</i>
GAB	<i>Gefahrenabwehr</i>
ICCROM	<i>International Centre for the Study of the Preservation and Restauration of Cultural Property</i>
KEK	<i>Koordinierungsstelle für die Erhaltung des schriftlichen Kulturguts</i>
KGS.....	<i>Kulturgutschutz</i>
KGSG	<i>Kulturgutschutzgesetz</i>
KRITIS	<i>Kritische Infrastruktur</i>
MADM	<i>Multi-Attribute Decision Making</i>
MCDA	<i>Multi Criteria Decision Analyses</i>
MODM.....	<i>Multi-Objective Decision Making</i>
QE	<i>Qualifikationsebene</i>
RI	<i>Random Index</i>
SiLK	<i>Sicherheitsleitfaden Kulturgut</i>
UNESCO	<i>United Nations Educational, Scientific and Cultural Organization</i>

Abbildungsverzeichnis

Abbildung 1: Themenfelder nach SiLK	9
Abbildung 2: Einflussfaktoren nach ICCROM	9
Abbildung 3: Einflussebenen in Anlehnung an (8 S.49).....	10
Abbildung 4: Schematischer Ablauf bei einem Schadensfall mit Kulturgütern in Liechtenstein (9, S.8)	11
Abbildung 5: Ausschnitt des UNSECO-Weltkulturerbe Bamberg. Erstellt mit QGIS: THW Toolbox Plugin	12
Abbildung 6: Schematische Darstellung des Brandverlaufes am Bamberger Dom. Erstellt mit QGIS.....	14
Abbildung 7: Ebenen des Kulturgutschutzes und ausgewählte Vorschriften	17
Abbildung 8: Aufbau der Risikomatrix nach Nohl.....	17
Abbildung 9: Aufschlüsselung der ABC-Methode des ICCROM	18
Abbildung 10: Auszug SiLK - Risk Ranking.....	19
Abbildung 11: Methodischer Ablaufplan.....	20
Abbildung 12: Übersicht MCDA- Methoden nach Geldermann und Lerche (30)	21
Abbildung 13: Hierarchisch aufgebautes Zielsystem nach Rommelfanger (32)	22
Abbildung 14: Allgemeine Darstellung (33)	23
Abbildung 15: Evaluationsmatrix mit reellen Zahlen	23
Abbildung 16: Dreieckige Fuzzy-Zahl.....	24
Abbildung 17: Schematischer Ablauf der Delphi-Methodik	24
Abbildung 18: RI Werte nach Saaty	32
Abbildung 19: Fuzzy-Evaluationsmatrix nach Gupta et al. (27)	33

Abbildung 20: Offenlegung der AHP-Struktur	35
Abbildung 21: Berufserfahrung der Experten.....	37
Abbildung 22: Offenlegung der Wahrnehmung der Zunahme von Gefährdungen	37
Abbildung 23: Offenlegung der Wahrnehmung je Fachgebiet in Prozent.....	38
Abbildung 24: Offenlegung der Zustimmung über alle Akteure in Prozent	38
Abbildung 25: Offenlegung der Einschätzung der Bibliotheken in Prozent	39
Abbildung 26: Offenlegung der Einschätzung der Museen in Prozent	39
Abbildung 27: Offenlegung der Einschätzung der Archive in Prozent	39
Abbildung 28: Offenlegung der Einschätzung der Feuerwehr in Prozent	39
Abbildung 29: Relative Häufigkeit der Nennung pro Fachbereich.....	42
Abbildung 30: Relative Häufigkeit der Vergleichsurteile in Prozent	44
Abbildung 31: Kumulierte Gewichtung der allgemeinen Bewertungsmatrix (25 % pro Akteur)	45
Abbildung 32: Sensitivitätsanalyse der Rangordnung ausgewählter Kulturgüter	47

Tabellenverzeichnis

Tabelle 1: Akteure im Notfallverbund Bamberg.....	13
Tabelle 2: Gegenüberstellung Kulturgut- und Denkmalschutz	16
Tabelle 3: Punkteskala von Saaty für die Paarvergleiche (17)	22
Tabelle 4: Fuzzy-Werte	23
Tabelle 5: Aufteilung des Expertengremiums	26
Tabelle 6: Allgemeine Angaben in Runde 1	28
Tabelle 7: Gefährdungen von Kulturgütern	28
Tabelle 8: Vorgeschlagener Kriterienkatalog.....	28
Tabelle 9: Aufbau AHP Haupt- und Einzelkriterien	29
Tabelle 10: Offenlegung des Expertengremium	36
Tabelle 11: Aufstellung des vordefinierten Kriterienkatalogs.....	36
Tabelle 12: Reihenfolge der größten Gefährdungen	37
Tabelle 13: Durch des Expertengremium eingebrachte Kriterien	40
Tabelle 14: Finale Struktur der AHP Ebenen 2 bis 4	41
Tabelle 15: Ergebnisse der Validierung der zweiten Delphi-Runde	43
Tabelle 16: Ermittelte Gewichtungen in Prozent	45
Tabelle 17: Offenlegung der Rangordnungen über alle Akteure	46
Tabelle 18: Differenz der Akteur spezifischen Rangordnungen zur allgemeinen Matrix .	46
Tabelle 19: Kennzeichnung der Priorität.....	47
Tabelle 20: Datenstruktur Kulturgutobjekt	76
Tabelle 21: Datenstruktur Kriterium.....	76

1 Einleitung

Jüngst ist eine Zunahme der Schadensfälle mit Kulturgütern wahrnehmbar: Durch klimabedingte Extremwetterereignisse wie dem Hochwasser im Ahrtal 2021, bei dem die Kunstsammlung der Stadt Bad Neuenahr-Ahrweiler geflutet und rund 30% der Objekte zerstört wurden (1), dem Brandereignis in der Staatsbibliothek in Weimar 2004, bei dem 50.000 Bücher zerstört und 118.000 teils schwer beschädigt wurden, welcher als größter Bibliotheksbrand der deutschen Nachkriegsgeschichte gilt (2). Mit aufzuführen ist ebenfalls der Einsturz des Kölner Stadtarchivs 2009, infolge einer technischen Störung bei angrenzenden Bauarbeiten, bei dem 95% der Objekte aufwendig geborgen und restauriert werden mussten (3).

Das diese Schadensfälle auch international für großes Aufsehen sorgen, zeigt das Brandereignis in Notre-Dame im europäischen Ausland, bei dem in Paris 2019 zwei Drittel des Daches der Kathedrale einstürzten (4) sowie der andauernde Krieg in der Ukraine, bei dem bedeutende Kulturgüter gefährdet oder bereits verloren gegangen sind. In Deutschland stehen die Kulturgüter als Teil der Kritischen Infrastruktur (KRITIS) durch das Bundesamt für Bevölkerungsschutz und Katastrophenhilfe (BBK) unter einem hervorgehobenen Schutz, da ein Verlust dieser identitären Werte und symbolträchtigen Bauwerke zu einer Erschütterung der Gesellschaft führen kann (5).

Betrachtet man den Handlungsablauf im Ereignisfall, wird schnell klar, dass durch eine Vielzahl an Einflussfaktoren, wie beispielsweise die Verfügbarkeit von technischen und personellen Ressourcen bis hin zu fehlender Kennzeichnung, nicht alle Kulturgüter zeitgleich gerettet werden können. Das Resultat ist ein Zwang für die örtlichen Führungsstruktur, eine unmittelbare und priorisierende Herangehensweise bei der Rettung durchzuführen. Diese Priorisierung muss für den Erhalt der bedeutendsten kulturhistorischen Werte aufgrund der zeitkritischen Situation, des Umfangs der Sammlungen sowie der im Bereich der Gefahrenabwehr fehlenden Fachkenntnis über Wert und Bedeutung der Objekte im Vorfeld definiert werden.

Insbesondere in Klein- und Mittelstädten mit hohem kulturgeschichtlichem Erbe, wie der UNESCO-Welterbestadt Bamberg, fehlt häufig eine spezifische, systematische Risikobewertung nach einheitlichem Standard. Durch das Fehlen eines bundeseinheitlichen Systems, wie es das Kurfürstentum Liechtenstein in Form eines dreiteiligen Leitfadens (6) abbildet, werden je nach Liegenschaft verschiedene Herangehensweisen mit unterschiedlichen Ausprägungen in der Bewertung verwendet. Die eingesetzten Bewertungsansätze der Akteure fokussieren sich dabei auf ihre eigenen, aus dem kulturhistorischen Bereich stammenden, Aspekte. Dabei wird das Gebäude als Gesamtsystem betrachtet und das Risiko auf einer übergeordneten Ebene ausgewertet, wodurch eine Einzelpriorisierung entfällt. Eine gezielte Erweiterung des Kriterienkatalogs um zentrale Kriterien aus Sicht der Gefahrenabwehr blieb bisher aus.

Mit der Zusammenführung beider Bereiche und der Definition der wichtigsten, allgemeingültigen Kriterien soll den Akteuren eine robuste Bewertungsmatrix zur Verfügung gestellt werden. Mit dieser kann innerhalb eines Notfallverbundes eine einheitliche Bewertungsgrundlage auf Basis einzelner Objekte geschaffen werden. Diese ermöglicht es, im Schadensfall gezielt die wichtigsten Kulturgüter zu retten und den maximalen Einsatzerfolg zu unterstützen.

2 Problemstellung und Forschungshintergrund

Kulturgüter verkörpern einen Bestandteil unseres kulturellen Erbes, der nicht mit materiellen Werten beschrieben werden kann. Die historischen Überlieferungen und ideellen Werte prägen mehrere Generationen und stehen sinnstiftend für die Errungenschaften und Ereignisse der vergangenen Zeiten. Die Bewahrung dieser Güter stellt einen zentralen Baustein jeder Gesellschaft dar und verlangt von den beteiligten Akteuren eine stetige Auseinandersetzung mit deren Sicherung.

Ein All-Gefahren-Ansatz, um den breit gefächerten Einflussvektoren entgegenzuwirken, ist dabei jedoch nur schwer umzusetzen. Jedes Kulturgut weist unterschiedliche Ausprägungen in Form, Material und Handhabung auf. Dies erfordert spezifische, individuell auf den Akteur angepasste Bewertungs- sowie Handlungskonzepte.

Der in Deutschland entwickelte Sicherheitsleitfaden Kulturgut (SiLK) gliedert die Einflussfaktoren in 14 Themenfelder, die in Abbildung 1 aufgeführt sind (7). Diese enthalten jeweils Einflussfaktoren, die vom International Centre for the Study of the Preservation and Restoration of Cultural Property (ICCROM) in der Handlungshilfe zum Risikomanagement von Kulturgütern in Abbildung 2 aufgeführt sind (8 S.27). Die Einflüsse können, entsprechend ihrer Wirkweise, auch mehreren Themenfeldern zugeordnet werden.



Abbildung 1: Themenfelder nach SiLK

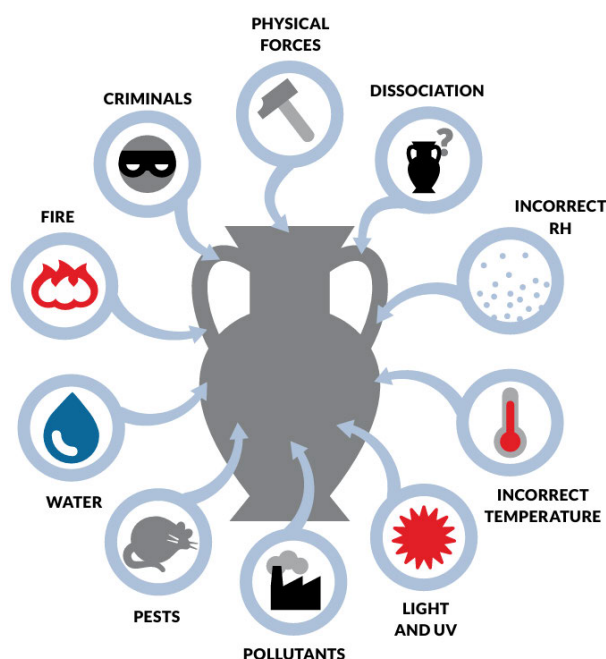


Abbildung 2: Einflussfaktoren nach ICCROM

Weiter setzen die Gefährdungen auf unterschiedlichen Ebenen an. Dabei sind unmittelbare Bedrohungen des Objekts durch klimatische Bedingungen im Ausstellungsraum bis hin zu regional möglichen Gefährdungen wie Hochwasser- und Starkregen-Zonen zu beachten.

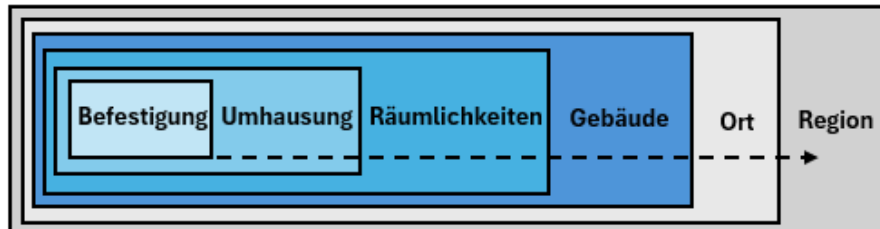


Abbildung 3: Einflüssebenen in Anlehnung an (8 S.49)

Die Akteure aus den Archiv-, Bibliotheks- und Museumsbereichen bilden im Normalbetrieb die zentralen Schlüsselfiguren für die Bewahrung und Pflege der Kulturgüter, mit ihren individuellen Aufgabenschwerpunkten. Die gesetzliche Sicherung als zentraler Bestandteil der Archive unterscheidet sich dabei von der Ausstellung und Sammlung von Objekten verschiedener Materialität bis hin zur Restaurierung der Objekte im Museumsbereich. Betrachtet man den Handlungsablauf im Schadensfall, so werden die Akteure durch weitere Kräfte aus dem Bereich der Gefahrenabwehr, mit Schwerpunkt der Feuerwehr, ergänzt.

Die Gefahrenabwehrbehörden stehen in diesem Zusammenhang vor neuen, besonderen Herausforderungen, da der Einsatz zur Kulturgüterrettung ein spezialisiertes Vorgehen im Vergleich zur Personenrettung verlangt. Allein durch die schiere Anzahl der Objekte wird dabei schnell klar, dass nicht alle Kulturgüter zeitgleich gerettet werden können. Des Weiteren ist der kulturhistorische Wert der einzelnen Objekte für die Einsatzkräfte oft nicht abschätzbar. Es erfordert eine fachliche Anleitung, um die Objekte im Bergungsprozess nicht zu beschädigen, sowie eine geschulte Handhabung durch die Kulturgutschutzakteure selbst, die mit den Besonderheiten einiger Werke vertraut sind. Damit diese Problemstellungen im zeitkritischen Schadensfall bewältigt werden können, ist eine Bewertung im Vorfeld notwendig.

Die Absicht dieser Arbeit ist es, eine standardisierte, kriterienbasierte Bewertungsmatrix zur Entscheidungsunterstützung bei der priorisierten Rettung von Kulturgütern zu entwickeln. Die Grundlage der Matrix stellt dabei die Ermittlung allgemeiner Bewertungskriterien aus den beiden Fachbereichen der Gefahrenabwehr und des Kulturgutschutzes dar. Diese werden anschließend szenariobasiert gewichtet. Als Leitszenario wurde dabei der Vollbrand des Dom zu Bamberg angenommen.

In der Forschung ist das Thema der Notfallplanung bereits vielfach aus Sicht des Kulturgutschutzes behandelt worden. Eine umfassende Prozessübersicht der Gesamthematik bietet dabei die Abbildung 4 aus dem vom Amt für Kultur herausgegebenen Leitfaden Teil 2 des Fürstentums Liechtenstein (9 S.8).

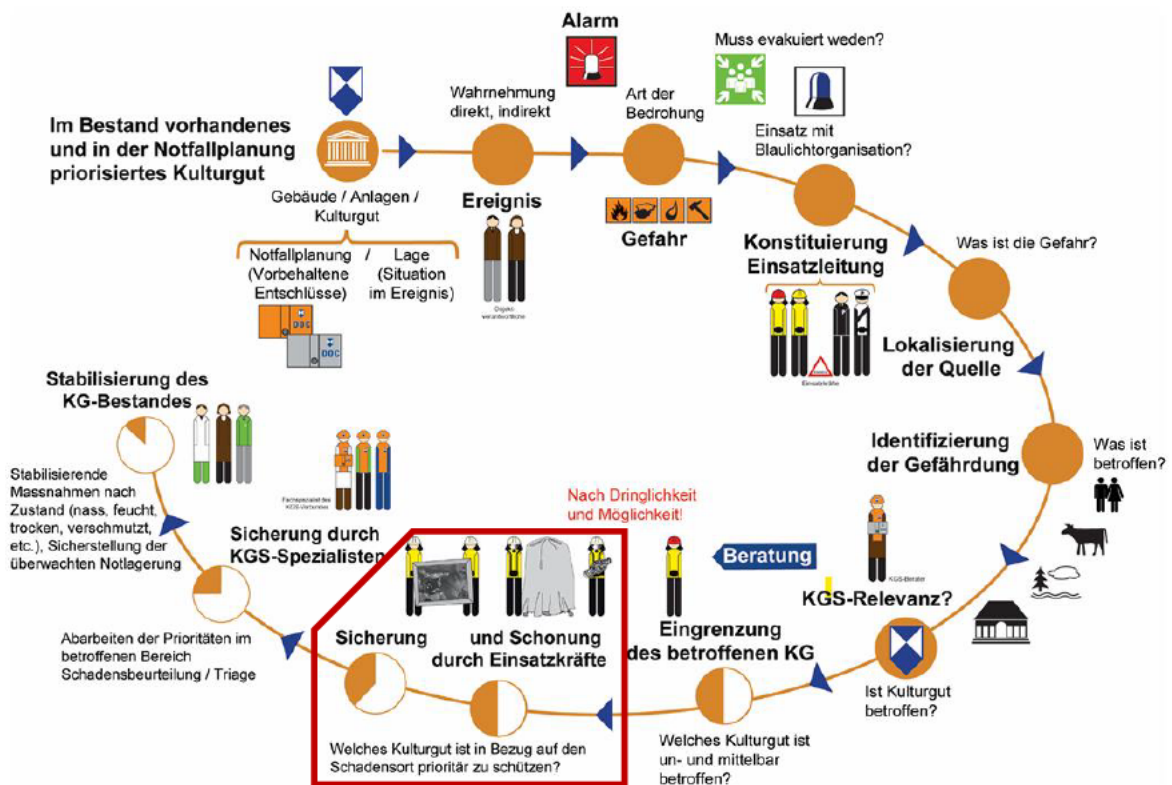


Abbildung 4: Schematischer Ablauf bei einem Schadensfall mit Kulturgütern in Liechtenstein (9, S.8)

Die Arbeit fokussiert den Teilbereich „Sicherung und Schonung durch Einsatzkräfte“ als direkte Schnittstelle zwischen der Gefahrenabwehr und den Kulturgutschutzakteuren. Die in der Literatur zu findenden Bewertungsmodelle zur Priorisierung von Kulturgütern beziehen sich rein oder überwiegend auf Kriterien aus dem kulturhistorischen Kontext. Diese werden im Folgenden in Kapitel 2.2.3 genauer beleuchtet. Eine detaillierte und gewichtete Bewertungsmatrix mit Kriterien aus beiden Fachdisziplinen ist zum Zeitpunkt der Veröffentlichung der Arbeit aus Sicht des Autors noch nicht vorhanden.

2.1 Untersuchungsraumdarstellung

Die Arbeit ist mit Unterstützung des Notfallverbunds sowie dem Amt für Brand- und Katastrophenschutz der Stadt Bamberg entstanden. Entsprechend sind die Einflüsse der Bewertungsmatrix von den örtlichen Gegebenheiten der Stadt geprägt. Durch die Verwendung allgemein gültiger Bewertungskriterien zielt die Matrix auch auf eine Anwendbarkeit in anderen Gebietskörperschaften ab.

2.1.1 UNESCO-Welterbestadt Bamberg

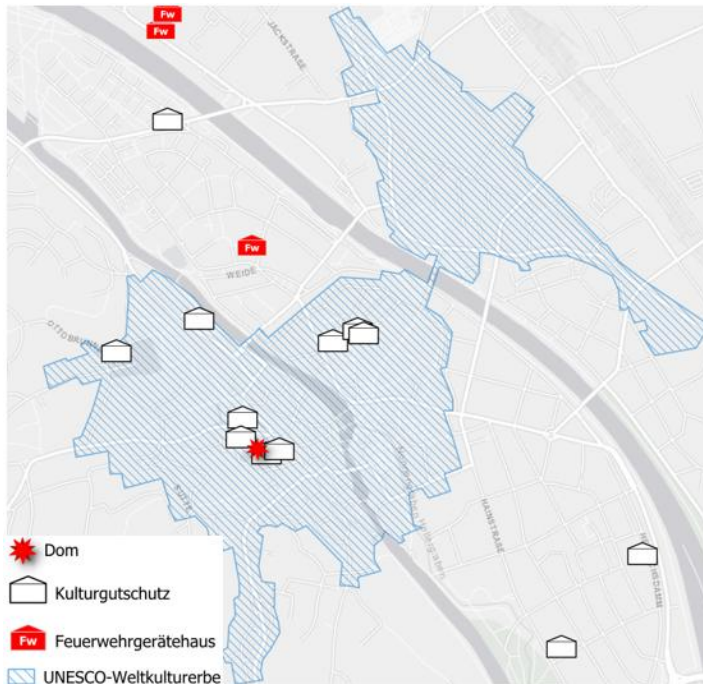


Abbildung 5: Ausschnitt des UNESCO-Weltkulturerbe Bamberg.
Erstellt mit QGIS: THW Toolbox Plugin

Die Stadt Bamberg wurde erstmals im Jahr 902 unter dem Namen „castrum Babenberch“ erwähnt (10).

Heutzutage zählt sie mit ihren knapp 80.000 Einwohnern im Jahr 2023 zu den großen Mittelstädten (11) in Deutschland.

International bekannt ist die Stadt als historisches Zentrum kaiserlicher und erzbischöflicher Macht mit ihrer historischen Altstadt, welche in Abbildung 5 dargestellt ist und mit 142 Hektar (12) etwa 2,6 Prozent der Gesamtfläche umfasst.

Im Jahr 1993 erhielt Bamberg die Auszeichnung als Weltkulturerbe gemäß den UNESCO-Kriterien II und IV (13 S.32). Die Einflussnahme der mittelalterlichen und barocken Grundstrukturen prägte die Architektur und Entwicklung weiterer mitteleuropäischer Städte, wie auf der Website des Zentrum Welterbe der Stadt Bamberg hervorgeht (14).

Die bekanntesten Gebäude sind dabei das alte Rathaus, die Klosterkirche St. Michael sowie der von weitem sichtbare hohe Dom St. Peter und St. Georg zu Bamberg. Insgesamt besitzt die Stadt 1.343 Einzeldenkmäler im Jahr 2021 (14). In diesen Symbolbauten sind neben den Archiven, Bibliotheken und Museen der Stadt eine Vielzahl an Kulturgütern aus unterschiedlichsten Materialien und Zeitepochen ausgestellt.

Die nicht-polizeiliche Gefahrenabwehr der Stadt und damit auch der Schutz der Kulturgüter bei Brand- und Naturereignissen wird durch die Feuerwehr Bamberg sichergestellt. Diese teilt sich auf in neun Löschgruppen, die durch freiwillige Kräfte gebildet werden, sowie eine ständig besetzte Wache mit hauptamtlichen Kräften. Diese ist Teil des Amts für Brand- und Katastrophenschutz.

2.1.2 Notfallverbund Bamberg

Für den Schutz von Kulturgütern organisieren sich einige Akteure in Notfallverbünden, um übergreifende Standards zu implementieren und die Notfallplanung voranzutreiben. Kobold und Moczarski nennen neben den wirtschaftlichen Interesse gemeinsamer Anschaffungen die Bündelung unterschiedlicher Kompetenzen, die Bevorratung von Material sowie die schnelle Partnerschaftshilfe (15 S.258).

Eine Übersicht der Notfallverbände in Deutschland liefert die Koordinierungsstelle für die Erhaltung des schriftlichen Kulturguts (KEK) auf ihrer Website. Die Karte liefert neben den regionalen Standorten einen zeitlichen Verlauf der Gründungen, die mit dem Notfallbund Berlin-Brandenburger Archive bis in das Jahr 1997 zurückdatiert werden kann (16).

In der Pressemitteilung der Generaldirektion der staatlichen Archive Bayerns wurde die Gründung des Notfallverbunds innerhalb der Stadt Bamberg im Jahr 2019 festgehalten. Dieser setzt sich aus den acht Einrichtungen in Tabelle 1 zusammen und wird durch weitere Kooperationspartner in Fachfragen beraten und ergänzt (17).

Tabelle 1: Akteure im Notfallverbund Bamberg

Einrichtungen im Notfallverbund	Kooperationspartner
▪ Staatsarchiv Bamberg ▪ Staatsbibliothek Bamberg ▪ Archiv des Erzbistums Bamberg ▪ Universitätsarchiv Bamberg ▪ Diözesanmuseum Bamberg ▪ Museen der Stadt Bamberg ▪ Bibliotheken des Erzbistums Bamberg ▪ Universitätsbibliothek Bamberg ▪ Stadtarchiv Bamberg	▪ Amt für Brand- und Katastrophenschutz ▪ Technisches Hilfswerk – Ortsverband Bamberg ▪ Universität Bamberg

2.1.3 Leitszenario – Brand des Bamberger Dom

Der Nutzen einer Bewertungsmatrix soll nachfolgend an einem Leitszenario verdeutlicht werden. Dieses basiert auf einem Brandszenario der Notfallstufe¹ 3 im Bamberger Dom und dem angrenzenden Diözesanmuseum. Auf der Website des Dom zu Bamberg sind der Domchronik bereits zwei Brandereignisse in den Jahren 1081 und 1185 zu entnehmen (18). Das Szenario wird dabei in Anlehnung an den Verlauf des Brandes der Kathedrale Notre-Dame de Paris im Jahr 2019 beschrieben.

Aus einem Artikel in der Zeitschrift Brandwacht geht hervor, dass Kirchenbrände in Deutschland statistisch nicht offiziell erfasst werden. Die verfügbaren Daten zeigen

¹ Notfallstufe 1: kleiner Störfall, auf einen Raum begrenzt. Alarmierung der Feuerwehr und eines Mitarbeiters. Stufe 2: mittlerer Störfall, ein Geschoss betreffend. Alarmierung nach Stufe 1 und zusätzlich der technische Leiter der Gebäudetechnik. Stufe 3: gebäudeweite Störung. Die Feststellung erfolgt dabei durch den Brandschutzbeauftragten, technischen Leiter oder Restaurierungs- / Notfallkoordination

dabei auf, dass es seit dem Jahr 1948 über 252 Kirchenbrände in Bayern gab. Davon wurden 53 Brände als Großbrände eingestuft, was jedem fünften Brand (21 %)



Abbildung 6: Schematische Darstellung des Brandverlaufes am Bamberger Dom. Erstellt mit QGIS

entspricht (19 S.44 f.). Der Feuerwehr kommt dabei im Brandfall eine zentrale Rolle zu, da sie der einzige Akteur mit der Befähigung ist, das Objekt zu betreten. Dabei muss unter Atemschutz eine alleinstehende Rettung durchgeführt werden, ohne die Möglichkeit der direkten Unterstützung durch fachkundige Personen.

Für das fiktive Szenario wird ein technischer Defekt angenommen. Diese stellen 12,3 % der Zündursachen dar (19) und können sich schnell zu einem Großbrand entwickeln.

An einem Sonntag im April kommt es gegen 18:20 Uhr (+0 Minuten) zu einem technischen Defekt der Elektroverteilung im Bamberger Dom. Der entstehende Schwelbrand der Elektroleitung bleibt dabei zunächst unbemerkt. Mit Detektion der ersten Rauchpartikel löst die automatische Brandmeldeanlage (BMA) aus. Es folgt die unmittelbare Alarmierung der ersten Einsatzkräfte der Feuerwehr Bamberg (+15 min.). Mit dem Eintreffen der Einheiten wird umgehend eine Erkundung im Bereich vorgenommen (+23 min.). Die Lage auf Sicht stellt sich dabei wie folgt dar: Aus dem Dachstuhl des südlichen Seitenschiffs schlagen Flammen, an der Decke des Mittelschiffs ist eine Verrauchung wahrzunehmen. Durch die vorherrschenden Bedingungen breitet sich das Brandzentrum in Richtung des südöstlichen Turms aus. Es befinden sich keine Personen im Gebäude, der Gebäudeverantwortliche sowie weitere Kräfte aus Stadt und Landkreis sind alarmiert (+28 min.). Die Brandbekämpfung erfolgt initial über ein vorgehaltenes Schlauchdepot in den Türmen. Parallel läuft die Vorbereitung von zwei Trupps zum Innenangriff sowie einem Wenderohreinsatz (+33 min.). Aufgrund der massiven Brandausbreitung kann der südöstliche Turm nicht gehalten werden und entwickelt sich zum Vollbrand. Über die zusammenhängende Dachkonstruktion erfolgt die Brandausbreitung in das angrenzende Diözesanmuseum (+38 min.). Die sich zwischenzeitlich strukturierte Gesamteinsatzleitung bildet einen Einsatzabschnitt „Kulturgutrettung“ (+40 min.). Es begeben sich zwei Trupps unter Atemschutz zur Reliquienrettung in den Dom, parallel werden vier weitere Trupps mobilisiert, die in das Diözesanmuseum zur Rettung der Kulturgüter vorgehen sollen. Die Trupps im Dom werden aufgrund der initialen Brandausbreitung von der Einsatzleitung mit weiterführenden Informationen über die zur Verfügung stehenden Feuerwehrlaufkarten priorisiert versorgt (+45 min.). Der Einsatzauftrag der im Museum

eingesetzten Trupps ist die allgemeine Rettung möglichst vieler Objekte. Erschwerend kommt hinzu, dass nicht bekannt ist, welche Werkzeuge für die Demontage einzelner Objekte erforderlich sind sowie weiterführende Merkmale der Handhabung. Dies führt zu einer unstrukturierten Rettung mit dem Fokus auf die unmittelbar vom Eingang aus erreichbaren und frei zugänglichen, mobilen Objekte. Dadurch verbleiben zentrale und hochrangige Exponate wie der Sternenmantel, das Gunthertuch, das Domkreuz sowie weitere Kulturgüter aus verschiedenen Materialien und Epochen (vgl. Anhang 1) im Gebäude. Mit fortschreitendem Brandverlauf brennt die Dachkonstruktion im Museum an den ersten Stellen durch, ein Trupp im Gebäude schlägt die Flammen umgehend nieder. Die brennenden Deckenelemente beschädigen dabei einige Vitrinen und ermöglichen das Eindringen von Löschwasser (+60 min.). Aufgrund der Brandintensität droht die Dachkonstruktion zum südöstlichen Turm nach 50 Minuten Brandeinwirkung einzustürzen (20 S.11). Durch die Einsatzleitung erfolgt der Befehl zum Rückzug aller Kräfte aus dem Gebäude. Von den insgesamt angenommenen 100 Kulturgütern im Museum konnten bisher 5 in Sicherheit gebracht werden (+62 min.). Es erfolgt ein Teileinsturz der Dachkonstruktion (+66 min.). Die im Gebäude verbliebenen, offen zugänglichen Kulturgüter werden infolge von Rauch, Hitzeeinwirkung und eindringendem Löschwasser teilweise schwer beschädigt oder vollständig zerstört. Im Laufe der nächsten drei Stunden kann der Brand unter Kontrolle gebracht und „Feuer aus“ gemeldet werden.

Die Zeit zwischen dem Start der Rettung von Kulturgütern (+45 min.), nachdem das Museum vom Brand beaufschlagt wurde, bis hin zum taktischen Rückzug (+62 min.), betrug siebzehn Minuten für die effektive Rettung aller Objekte. Die fünf geretteten Kulturgüter weisen dabei überwiegend eine mittlere bis geringe Wertigkeit auf.

Das Szenario verdeutlicht die strukturellen Defizite einer ungeplanten Kulturgutrettung im Schadensfall. Insbesondere die fehlende Priorisierung der Objekte, mit entsprechender Informationsaufbereitung und Kennzeichnung für die Einsatzkräfte, führt dazu, dass die wertvollsten Kulturgüter im Szenario nicht gerettet werden. Das begrenzte Zeitfenster, das den Einsatzkräften zur Verfügung steht, verdeutlicht, dass aufgrund der Anzahl der Objekte eine umfassende Rettung mit hoher Wahrscheinlichkeit ausgeschlossen werden kann. Eine effektive Rettung erfordert daher eine umfassende präventive und zielgerichtete Vorbereitung durch alle Akteure. Dazu zählen die systematische Erfassung und Bewertung der Bestände anhand disziplinübergreifender Kriterien mit dem Ziel, unter Berücksichtigung feuerwehrtechnischer Aspekte, einen möglichst umfassenden kulturhistorischen Wert zu erhalten.

2.2 Kulturgutschutz

Der Kulturgutschutz ist eine Aufgabe des Bundes und für Deutschland im Kulturgutschutzgesetz geregelt (siehe Kapitel 2.2.2). Er grenzt sich dabei vom Denkmalschutz ab, der als Länderaufgabe primär den Erhalt von unbeweglichen Kulturdenkmälern betrifft.

2.2.1 Definition

Gemäß dem Beauftragten der Bundesregierung für Kultur und Medien wird der Begriff „Kulturgut“ für bewegliche, „Denkmalschutz“ für unbewegliche Kulturgüter verwendet (21). Das Gesetz zum Schutz von Kulturgut (Kulturgutschutzgesetz - KGSG) bezeichnet Kulturgut dabei als „jede bewegliche Sache oder Sachgesamtheit von künstlerischem, geschichtlichem oder archäologischem Wert oder aus anderen Bereichen des kulturellen Erbes, insbesondere von paläontologischem, ethnographischem, numismatischem oder wissenschaftlichem Wert“ (22).

Der Kulturgutschutz fokussiert die nationale Bedeutung und die Schutzmechanismen, während der Denkmalschutz das Ziel verfolgt, die bauliche sowie historische Substanz zu erhalten. Dabei ergänzen sich die Systeme gegenseitig, wie ausgewählte Aspekte in Tabelle 2 aufzeigen.

Auf das Leitszenario bezogen können die Unterschiede am Bamberger Dom aufgezeigt werden. Der Dom ist Teil des UNESCO-Welterbes und steht unter Denkmalschutz. Die im Dom vorhandenen Objekte fallen dabei teilweise unter den Kulturgutschutz aufgrund ihrer internationalen Bedeutung.

Tabelle 2: Gegenüberstellung Kulturgut- und Denkmalschutz

Aspekt	Kulturgutschutz	Denkmalschutz
Rechtsgrundlage	Bundesrecht	Landesrecht
Schutzgegenstand	Bewegliches Kulturgut: z.B. Kunstwerke, Sammlungsobjekte	Unbewegliche Kulturdenkmäler: z.B. Gebäude, Bodendenkmäler
Zielsetzung	Schutz vor Verlust, illegalem Handel, Ausfuhr und Zerstörung	Erhalt, Pflege und Nutzung von Denkmälern im öffentlichen Interesse
Inventarisierung	Verzeichnis national wertvollen Kulturgutes	Denkmalverzeichnisse

2.2.2 Rechtsvorschriften

Die Rechtsvorschriften im Kulturgutschutz gliedern sich, wie in Abbildung 7 dargestellt, in mehrere Ebenen. Die oberste Ebene bilden internationale Abkommen, insbesondere die Haager Konvention zum Schutz von Kulturgütern in bewaffneten Konflikten. Diese grundlegenden Schutzprinzipien werden innerhalb der Europäischen Union um weitere Regelwerke ergänzt. Der Schwerpunkt liegt hier im Bereich des Im- und Exports und der Verfahrensabläufe. In Deutschland stellt das Kulturgutschutzgesetz die zentrale Rechtsvorschrift dar.

Internationale Abkommen

- Haager Konvention zum Schutz von Kulturgütern in bewaffneten Konflikten von 1954
- UNESCO-Konvention 1970
- UNESCO-Welterbekonvention 1972

Europäische Union

- Verordnung (EU) 219/880
- Verordnung (EG) Nr. 119/2009

Nationale Ebene

- Kulturgutschutzgesetz (KGSG)

Abbildung 7: Ebenen des Kulturgutschutzes und ausgewählte Vorschriften

2.2.3 Bewertungsmodelle

Für die Risikoevaluation von Kulturgütern werden bereits einige Bewertungsmodelle eingesetzt. Diese beziehen sich meist auf eine reine Risikoanalyse, ohne eine gezielte Einzelpriorisierung der Objekte. Dabei stützen sie sich auf unterschiedliche Herangehensweisen und Klassifizierungen, die nachfolgend kurz vorgestellt und eingeordnet werden.

2.2.3.1 Risikomatrix nach Nohl

Ein verbreiteter Ansatz für Gefährdungsbeurteilungen, wie er bei den deutschen gesetzlichen Unfallversicherungen (DGUV) verwendet wird, basiert auf der Risikomatrix nach Nohl (23). Ihr Aufbau ist zweidimensional mit den Parametern *Schadensausmaß* und *Eintrittswahrscheinlichkeit*. Die Multiplikation der Parameter ermöglicht eine

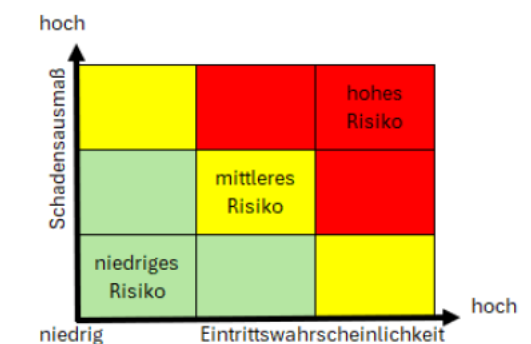


Abbildung 8: Aufbau der Risikomatrix nach Nohl

schnelle Einordnung des Risikos zwischen zwei Objekttypen wie Archiven und Museen. Der einfache Aufbau über nur zwei Dimensionen begrenzt dabei die Aussagekraft bei detaillierteren Betrachtungen, da reale Problemstellungen meist komplex und multidimensional sind. Eine Priorisierung ist bei Anwendung der Matrix nur über den direkten Vergleich der drei Bereiche (niedrig, mittel, hoch) möglich. Eine detaillierte Abstufung bei Objekten, die sich in derselben Oberkategorie befinden, ist nicht möglich. Die Anwendung der Risikomatrix ist als Basisinstrument geeignet, um mit einem einfachen Vergleich Schwerpunkte zwischen Gebäuden zu setzen. Die Risikobewertungen von Einzelobjekten ist aufgrund der Zweidimensionalität nur eingeschränkt aussagekräftig.

2.2.3.2 ABC-Modell des ICCROM

Das ABC-Modell des International Centre for the Study of the Preservation and Restoration of Cultural Property (ICCROM) baut methodisch auf der klassischen Risikomatrix nach Nohl auf. Anstelle der Multiplikation der beiden Dimensionen *Eintrittswahrscheinlichkeit* und *Schadensausmaß* wird hierbei jedoch eine andere Systematik gewählt. Die *Eintrittswahrscheinlichkeit* wird, identisch zu Nohl, als „A“-Wert in Jahren angegeben. Das *Schadensausmaß* wird hingegen differenzierter über den „B“-Wert für den prozentualen Verlust am Einzelobjekt und den „C“-Wert für den Gesamtrahmen des Kulturgutstücks innerhalb einer Sammlung abgebildet. Die über Wertetabellen eingestuft ABC-Kriterien werden dann zu einem Risikoausmaß „MR“ aufaddiert (8 S.85). Dieses Risikoausmaß kann anschließend einem der fünf Priorisierungslevel zugeordnet werden.



Abbildung 9: Aufschlüsselung der ABC-Methode des ICCROM

Das mit der Methodik bestimmbare Risikoausmaß bildet eine konkretere und präzisere Bewertungsgröße im Vergleich zur Risikomatrix nach Nohl ab. Über den Risikowert lassen sich verschiedene Gefahren für ein Objekt miteinander in Relation setzen. Die Identifizierung der größten Gefahrenquelle ermöglicht es, gezielte Gegenmaßnahmen zu ergreifen, damit das allgemeine Verlustpotenzial gesenkt werden kann. In realen Schadenslagen sind jedoch neben dem Wertverlust noch weitere Aspekte, wie das einsatztaktische Vorgehen durch die Größe und das Objektgewicht, zu beachten. Eine Aussage über die zeitkritische Rettbarkeit eines Objektes anhand örtlicher oder materieller Gegebenheiten ist mit der Risikoanalysemethode nicht möglich.

Die Verwendung der Matrix liegt entsprechend in der allgemeinen Risikoerfassung und der Ableitung von präventiven Maßnahmen zur Aufrechterhaltung des Normalzustandes.

2.2.3.3 Risikoanalysetool des Sicherheitsleitfaden Kulturgut (SiLK)

Das in Deutschland erstellte Risikoanalysetool des Sicherheitsleitfaden Kulturgut evaluiert, ähnlich dem ABC-Modell, mehrere konkrete, potentielle Risiken für eine Institution (24). Die Bewertung erfolgt im Formular zur Risikoanalyse ebenfalls auf Basis einer Risikomatrix nach Nohl (25).

Die webbasierte Anwendung (26) bietet zudem die Möglichkeit, in vierzehn Themenfeldern - von Brandschutz über Abnutzung bis hin zu Gewalttaten - eine Auswertung in Form eines Ampelsystems anhand von vordefinierten Single-Choice-Fragen zu erhalten.

	Brand	Priorität: hoch
	Havarien, Unfälle	Priorität: hoch
	Unwetter	Priorität: hoch
	Flut	Priorität: niedriger

Abbildung 10: Auszug SiLK - Risk Ranking

Dabei wird dem Nutzer visualisiert, ob der vorgegebene Mindeststandard nicht erfüllt ist (Rot) und Handlungsempfehlungen zu beachten sind, eine Dauer Gefahr besteht (Gelb), die Kompensationsmaßnahmen erfordert, oder der Mindeststandard erfüllt ist (Grün) und eine regelmäßige Überprüfung stattfinden sollte.

Neben der Bewertung bietet der Sicherheitsleitfaden für jede Kategorie eine kurze Einführung sowie einen Wissenspool mit Handlungsempfehlungen und weiterführender Literatur. Dadurch unterstützt er die Akteure, die institutionellen Schwachstellen systematisch auszuwerten und die präventiven Maßnahmen zu planen. Für eine Priorisierung von einzelnen Kulturgütern im Schadensfall ist das Werkzeug nicht ausgelegt und bietet keinen einsatztaktischen Mehrwert für die zeitkritischen Rettungsmaßnahmen.

2.2.3.4 Liechtensteiner Modell

Das Liechtensteiner Modell des Amtes für Kulturgut (9 S.7) beinhaltet eine direkte Priorisierung einzelner Kulturgüter. Die Kriterien bilden dabei den Bereich der kulturgutrelevanten Aspekte umfassend ab. Die Einstufung der Priorisierung richtet sich nach der Gesamtausprägung über alle Einzelkriterien, wobei eine hohe Einstufung auch durch ein einzelnes Kriterium erfolgen kann. Der monetäre Wert sowie die Tatsache, ob es sich um ein Fremd- oder Eigenobjekt handelt, wird hierbei nicht in die Priorisierung aufgenommen, da es sich um versicherungstechnische Fragestellungen handelt.

Die Methodik ermöglicht es, jedem Objekt einer Sammlung eine Prioritätsstufe anhand standardisierter, allgemeiner Kriterien zuzuweisen und gleichzeitig besonders bedeutende Objekte durch die Einzelbetrachtung eines Kriteriums aufzuwerten.

Das Liechtensteiner Modell bildet damit die methodische Grundlage der vorliegenden Forschungsarbeit ab. Der Ansatz wird dabei noch um weitere Kriterien aus dem Bereich der Gefahrenabwehr ergänzt, um eine ganzheitliche Priorisierung abzubilden. Diese Ergänzung ermöglicht es, den größtmöglichen einsatztaktischen Erfolg durch die Rettung möglichst vieler priorisierter Kulturgüter zu gewährleisten.

3 Methodik

Der Arbeit liegt eine kombinierte Forschungsmethodik mittels Fuzzy-Delphi und Analytic Hierarchical Process (AHP) zugrunde, um eine multikriterielle Entscheidungsfindung mit Gewichtung für die Entwicklung einer Bewertungsmatrix durchzuführen.

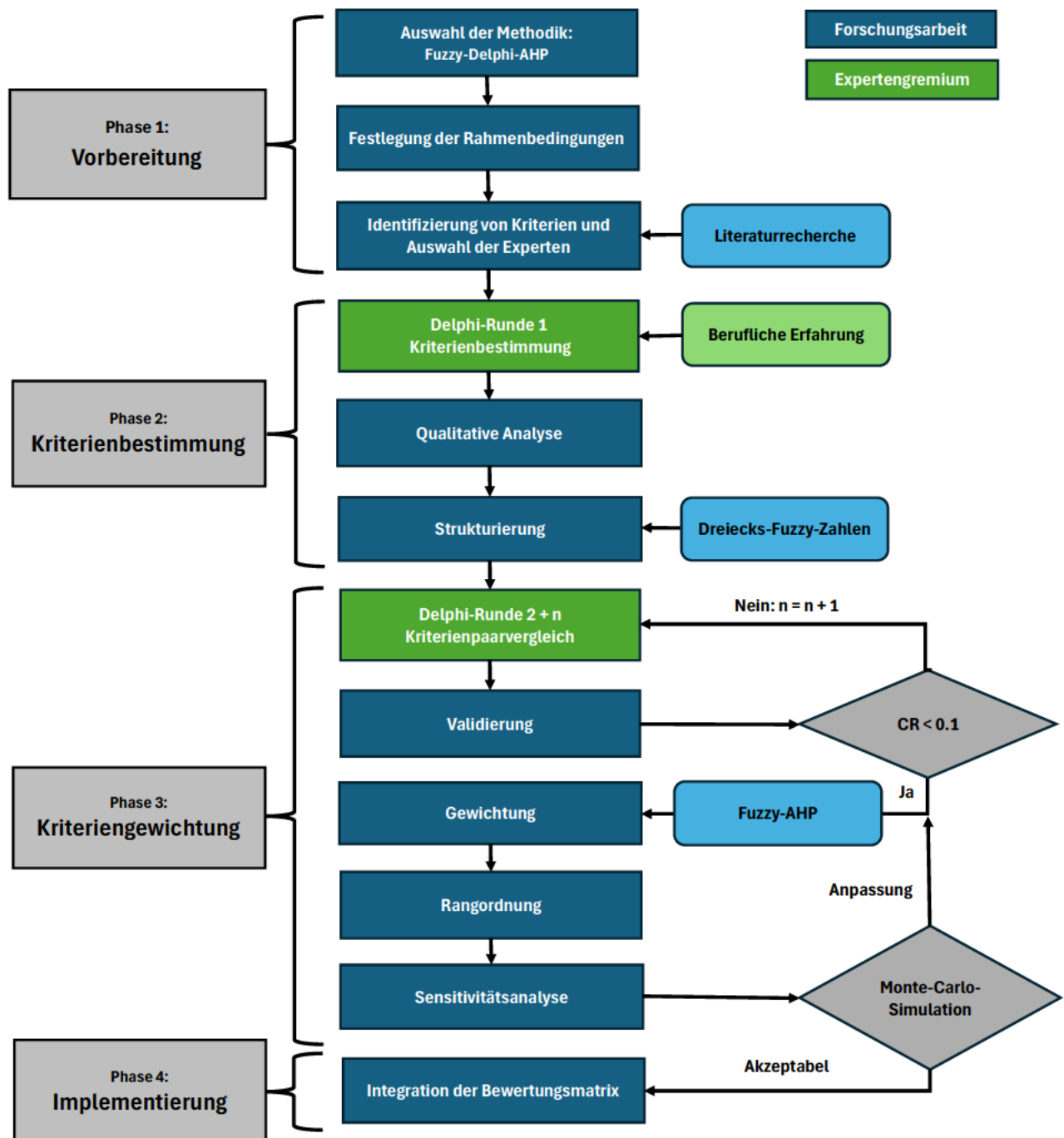


Abbildung 11: Methodischer Ablaufplan

3.1 Definition und Begründung der MCDA-Methodik

Schritt 1:

Auswahl der Methodik

Zum Lösen einer Fragestellung, bei der durch unterschiedlich ausgeprägte Kriterien eine natürliche Unschärfe entsteht, bietet sich die Herangehensweise über eine multikriterielle

Entscheidungsanalyse (engl. Multi Criteria Decision Analyses, MCDA) an. Durch dieses Werkzeug können Entscheidungen auf Grundlage von robusten Abschätzungen über mehrere Kriterien gleichzeitig ermittelt werden (27 S.2). Die Methodik ist heutzutage ein Standardverfahren und wird unter anderem in Bereichen der Lebensmittelversorgung (27), der Energieplanung (28) sowie im Mobilitätssektor (29) eingesetzt.

Die MCDA-Methodik wird dabei nach Geldermann und Lerche jeweils spezifisch für den Anwendungsbereich anhand ihrer Ausgestaltung der Alternativen ausgewählt. Dabei kann die Methodik generell in Multi-Objective Decision Making (MODM) und Multi-Attribute Decision Making (MADM) unterschieden werden. Während beim MODM aus einer stetigen Menge an Alternativen mathematisch versucht wird, die bestmögliche Lösung zu finden, werden bei MADM aus einer festgelegten und klar definierten, voneinander unterschiedlichen Menge, in diesem Fall der Bewertungskriterien, eine bestmögliche Kompromisslösung zwischen allen Attributen gesucht (30 S.10).

Nach Aruldoss, Lakshmi und Venkatesan bilden im Bereich der MADM dabei TOPSIS (30%) und FAHP (20%) die häufigsten Anwendungen ab (31 S.40).

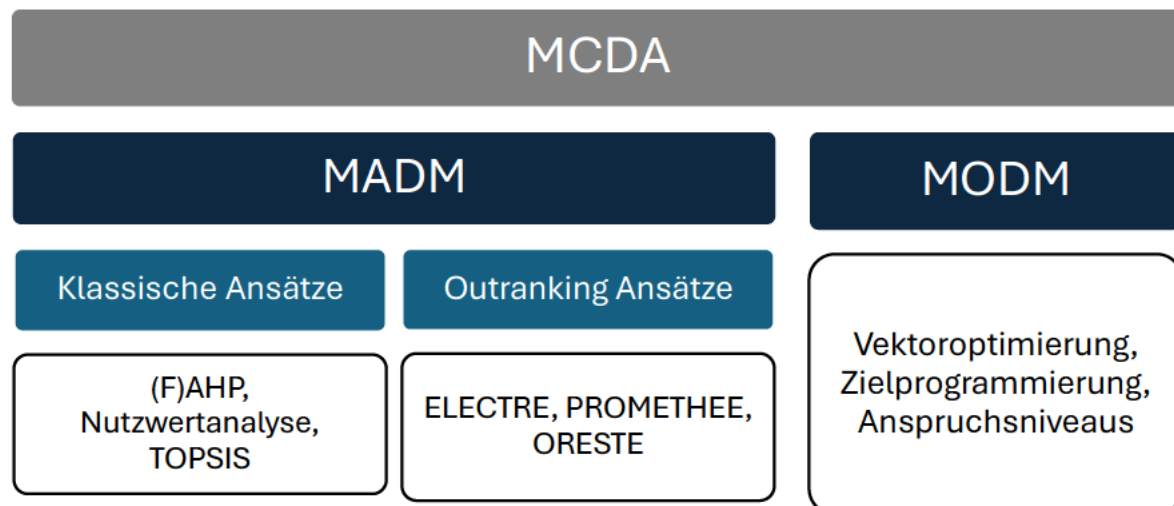


Abbildung 12: Übersicht MCDA- Methoden nach Geldermann und Lerche (30)

Für das Ziel, im Kulturgutschutz eine Bewertungsmatrix mit gewichteten Einzelkriterien zu erstellen, wurde die Methode Fuzzy-AHP (FAHP) als klassischer Ansatz gewählt. FAHP bietet ein robustes Rahmenwerk zur quantitativen Ermittlung der Rangfolge sowie zur Gewichtung der Bewertungskriterien mittels Fuzzy-Logik. Erweitert wird die Methodik mit einer Delphi-Befragung, um die Expertenmeinungen der beiden Fachbereiche entlang des gesamten Prozesses konstant mit einzubinden.

3.1.1 Analytic Hierarchical Process

Rommelfanger beschreibt die Anwendung des Analytic Hierarchical Process als realistische Entscheidungsunterstützungsmethode bei Fragestellungen, in denen mehrere Ziele innerhalb eines Zielsystems existieren. Das Gesamtziel wird dabei in mehrere Ebenen unterteilt und hierarchisch strukturiert (32 S.403).

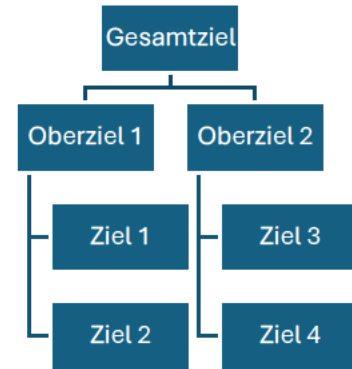


Abbildung 13: Hierarchisch aufgebautes Zielsystem nach Rommelfanger (32)

Die Strukturierung bringt den Vorteil mit sich, dass jeweils innerhalb der einzelnen Ebenen Ziele gegeneinander abgewogen werden können, um die größtmögliche Zielerreichung zu erfüllen. Die Oberziele vereinen dabei die voneinander unabhängigen Einzelkriterien, welche auf der Basisebene des Systems definiert sind. In jeder Ebene kann durch einen Paarvergleich der Ziele deren Gewichtung ermittelt werden. Durch den Vergleich von jeweils nur zwei Zielen miteinander fokussiert sich die Bewertung des Nutzers auf die Einstufung der relativen Wichtigkeit der beiden im Paarvergleich vorliegenden Kriterien zueinander. Die Komplexität des Gesamtsystems wird dabei reduziert, da es nur punktuell erfasst werden muss.

Nach Zangenmeister erfolgt die Gewichtung über die Austauschrate, welche das Verhältnis zwischen den Zielen widerspiegelt (32 S.404). Die Austauschrate wird dabei meist als fünf- bis neunstufige Punkteskala aufgeführt, welche mit linguistischen Ausdrücken (vgl. Tabelle 3) verknüpft ist.

Tabelle 3: Punkteskala von Saaty für die Paarvergleiche (17)

Punktwert	Linguistisch	Bedeutung
1	Gleiche Bedeutung	Beide verglichenen Elemente haben die gleiche Bedeutung für das nächsthöhere Element (Ziel).
3	Etwas größere Bedeutung	Erfahrung und Einschätzung sprechen für eine etwas größere Bedeutung
5	Erheblich größere Bedeutung	Erfahrung und Einschätzung sprechen für eine erheblich größere Bedeutung eines Elements im Vergleich zu einem anderen
7	Sehr viel größere Bedeutung	Die sehr viel größere Bedeutung eines Elements hat sich in der Vergangenheit klar gezeigt
9	Absolut dominierend	Es handelt sich um den größtmöglichen Bedeutungsunterschied zwischen den Elementen
2, 4, 6, 8	Zwischenwerte	Zwischen zwei benachbarten Urteilen muss eine Übereinkunft, ein Kompromiss, getroffen werden

Dies hat den Nachteil, dass die Präferenzen im Paarvergleich schwammig sind und die Austauschraten eher als ein x-mal größerer Faktor gedeutet werden (32 S.407). Die Einstufung ist daher eher als unscharfer Bereich zu verstehen, ohne klar definierbare Grenzen. Eine Erfassung der Unschärfe ist im klassischen AHP nicht möglich.

Der Paarvergleich erfolgt über die Konstruktion einer reziproken Paarvergleichsmatrix, wie in Abbildung 15 dargestellt.

	Kriterium 1	Kriterium 2	Kriterium 3	Kriterium 4
Kriterium 1	1			
Kriterium 2		1		
Kriterium 3			1	
Kriterium 4				1

$$A = \begin{pmatrix} a_{11} & \dots & a_{1j} & \dots & a_{1n} \\ \dots & \dots & \dots & \dots & \dots \\ a_{i1} & \dots & a_{ij} & \dots & a_{in} \\ \dots & \dots & \dots & \dots & \dots \\ a_{n1} & \dots & a_{nj} & \dots & a_{nn} \end{pmatrix}$$

$$\begin{aligned} & \forall i=1,\dots,n \quad \forall j=1,\dots,n: a_{ij} > 0 \\ \text{mit } & \forall i=j: a_{ij} = 1 \\ & \forall i=1,\dots,n \quad \forall j=1,\dots,n: a_{ij} = a_{ji}^{-1} \end{aligned}$$

Abbildung 15: Evaluationsmatrix mit reellen Zahlen Abbildung 14: Allgemeine Darstellung (33)

Innerhalb des AHP werden dabei alle Ziele einer Ebene miteinander paarweise verglichen. Die Anzahl der benötigten Vergleiche innerhalb einer Matrix kann über die Formel (1) berechnet werden wobei n der Anzahl der Dimensionen entspricht. Die Ergebnisse bilden anschließend eine Evaluationsmatrix gemäß Abbildung 14 (33 S.8).

$$\frac{n * (n - 1)}{2} \quad (1)$$

Nach den Vergleichen muss die Matrix auf ihre innere Logik geprüft werden. Die Prüfung dient der Einhaltung, dass wenn Kriterium 2 > Kriterium 1 und Kriterium 3 < Kriterium 1 ist, entsprechend Kriterium 3 < Kriterium 2 sein muss. Peters M. et al. beschreibt die Möglichkeit, dabei mit den beiden von Saaty entwickelten Kennzahlen - Konsistenzindex (engl. Consistency Index, CI) und Konsistenzverhältnis (engl. Consistency Ratio, CR) die Inkonsistenz zwischen den einzelnen Paarvergleichsurteilen festzustellen (33 S.12).

3.1.2 Fuzzy-Logik

Um die Gewichtung der einzelnen Ziele im Gesamtsystem entsprechend dem AHP mit der Modellierung der Unschärfe vorzunehmen, wurde die von Saaty verwendete Punkteskala in eine Fuzzy-Skala überführt. Mit dieser kann die im AHP vorkommende Unschärfe (vgl. Kapitel 3.1.1) mathematisch durch die Verwendung von Intervallen erfasst werden (27 S.4).

Tabelle 4: Fuzzy-Werte

Linguistisch	Fuzzy - Zahl	Dreiecks-Fuzzy-Zahl	Reziproke Dreiecks Fuzzy Nummer
Gleichwertig	$\tilde{1}$	(1,1,1)	(1,1,1)
Kaum wichtiger	$\tilde{3}$	(2,3,4)	(1/4, 1/3, 1/2)
Etwas wichtiger	$\tilde{5}$	(4,5,6)	(1/6, 1/5, 1/4)
Deutlich wichtiger	$\tilde{7}$	(6,7,8)	(1/8, 1/7, 1/6)
Absolut wichtiger	$\tilde{9}$	(9,9,9)	(1/9, 1/9, 1/9)
Zwischenwerte	$\tilde{2}, \tilde{4}, \tilde{6}, \tilde{8}$	(1,2,3), (3,4,5), (5,6,7), (7,8,9)	(1/3, 1/2, 1), (1/5, 1/4, 1/3), (1/7, 1/6, 1/5), (1/9, 1/8, 1/7)

Im Gegensatz zur booleschen Logik, bei der es klar definierte Zustände (0 oder 1) gibt, können mit der Fuzzy-Logik unscharfe Zustände mittels Bereichsangaben (0 bis 1) beschrieben werden. Die Notation einer Fuzzy-Zahl wird dabei über ein „~“ abgebildet (vgl. Tabelle 4) (27 S.4). Es gibt verschiedene Varianten der Fuzzy-Logik. Für die Arbeit wird auf den geometrischen Ansatz von Buckley, mit dreieckigen Fuzzy-Zahlen (p, q, r) zurückgegriffen. Dabei handelt es sich in Anlehnung an Gupta et al. bei p um den niedrigsten möglichen Wert, bei r den höchsten möglichen Wert und bei q den wahrscheinlichsten Wert eines Ereignisses (27 S.4). Diese lineare Darstellung ist in Abbildung 16 aufbereitet.

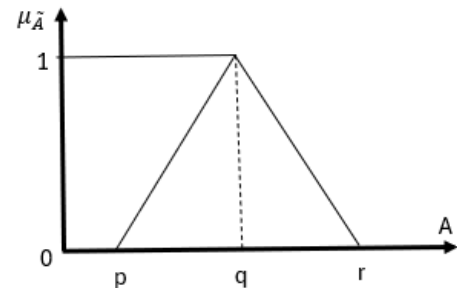


Abbildung 16: Dreieckige Fuzzy-Zahl

3.1.3 Delphi-Methodik

Beiderbeck et al. beschreibt die Delphi-Methode als ein empirisch-sozialwissenschaftliches Instrument, um unterschiedliche Expertenmeinungen zu strukturieren und Einblicke in Bereiche mit unterschiedlicher bzw. unscharfer Informationslage zu bringen (34 S.2).

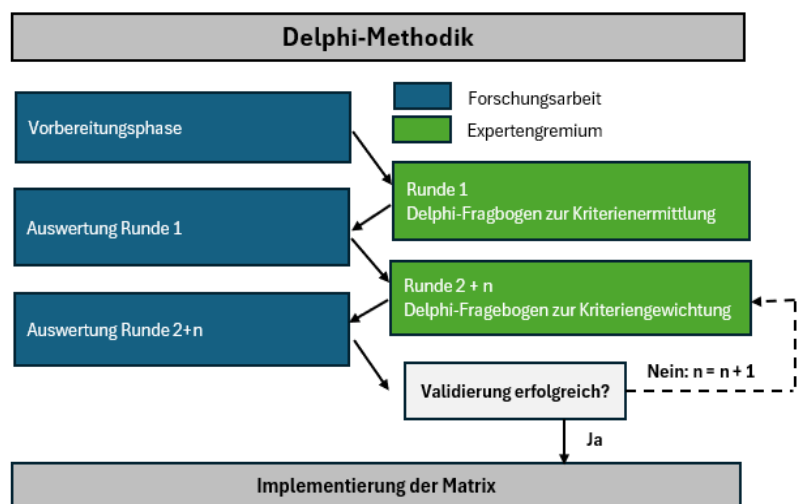


Abbildung 17: Schematischer Ablauf der Delphi-Methodik

Der Forschungsansatz gewinnt dabei in den letzten Jahren immer mehr an Bedeutung, da durch den technologischen Fortschritt und sozialen Wandel einzelne Themenfelder immer stärker ineinander übergehen (34 S.1). Die Methodik beruht dabei nach Häder auf mehrfachen, anonymen Bearbeitungsschleifen (vgl. Abbildung 17) die subjektiven Einzelmeinungen und Gruppendynamiken mittels einer gemeinsamen Zielfindung entgegenwirken (35 S.31). Daraus resultiert eine Härtung der Ergebnisse gegenüber menschlichen Einflussfaktoren. Dies erfolgt mittels Rückspiegelung der Zwischenergebnisse an die Befragten nach der jeweiligen Delphi-Schleife. Die Anzahl der Schleifen bzw. Runden wird dabei über die Funktion 1+n erfasst, wobei mit jeder Runde eine höhere Genauigkeit erreicht werden könnte. Entsprechend der Runden steigert sich dabei auch der Zeitaufwand für die Auswertung.

Niederberger und Deckert führen die Charakteristika eines klassischen Delphi-Verfahrens wie folgt auf: Eine anonyme Befragung der Experten über mindestens zwei Runden mittels standardisiertem Fragebogen und deskriptiver Auswertung. Hinzukommt ein Ergebnisfeedback ab der zweiten Runde zur Ergebnisrevision durch die

Gremienteilnehmer. Auf dieser allgemeinen und anonymen Wissensgrundlage können die einzelnen Experten ihr Meinungsbild innerhalb des Gesamtrahmens einordnen und den Standpunkt festigen oder anpassen. Über mehrere Delphi-Runden kann daraus ein belastbarer Konsens ermittelt werden (36 S.12).

Die Größe des Expertengremiums ist nach Häder dabei so zu wählen, dass die Methodik als aussagekräftig angenommen werden kann, wobei die Anzahl bei qualitativ ausgerichteten Befragungen nicht zu groß angesetzt werden soll.

Die Experten sollen dabei ein möglichst umfassendes Wissen besitzen und unterschiedliche Fachdisziplinen und Akteure repräsentieren, um den Forschungsbereich möglichst umfassend abzudecken (35 S.101).

3.2 Rahmenbedingungen

Schritt 2:

Festlegen der Rahmenbedingungen

Vor der Durchführung der Methodik müssen einige interne und externe Rahmenbedingungen definiert werden, um die Grenzen sowie die Zielerreichung festzulegen.

3.2.1 Zielerreichungsgrad

Das Ziel der Methodik bildet die Entwicklung einer konsistenten, gewichteten Bewertungsmatrix. Da es bei realen Problemen jedoch nicht möglich ist, eine hundertprozentige Konsistenz über die unterschiedlichen Aussagen zu erhalten, wird bei der Validierung eine bestmögliche Annäherung über den Konsistenzwert angestrebt (vgl. Kapitel 3.1.1).

Wenn die Validierung der Gewichtungen gegeben ist, wird eine Sensitivitätsanalyse durchgeführt. Da aufgrund der vielen Kriterien und unterschiedlichen Akteure eine hohe Abweichung der Positionen erwartet wird, ist eine Zielerreichung auch mit hoher Sensitivität einzelner Kriterien anzunehmen. Mit der Zielerreichung erfolgt die Implementierung der Matrix.

3.2.2 Abbruchkriterien

Für die in der Arbeit verwendete Methodik werden zwei Abbruchkriterien definiert.

3.2.2.1 Begrenzung der Delphi-Runden: 1+n Argument

Die Vorgehensweise nach Fuzzy-Delphi-AHP baut auf einer über mehrere Runden andauernden Prozessschleife auf. Diese Prozessschleife, die dem Argument 1+n (siehe Kapitel 3.1.3) folgt, wird in der Arbeit aufgrund des zeitlichen Umfangs auf $n \leq 3$ begrenzt.

3.2.2.2 Unterschreiten der Konsistenzschwelle

Wenn die Validierung der Bewertungsmatrix die als hinreichend angestrebte Konsistenzschwelle von $CI < 0,1$ (siehe Kapitel 3.2.1) erreicht hat, ist das Ziel als erfüllt anzusehen und die Methodik-Schleife abzubrechen.

3.2.3 Expertengremium

Das Expertengremium setzt sich jeweils zur Hälfte aus Akteuren des Kulturgutschutzes sowie der Gefahrenabwehr zusammen. Nach Häder M. wird es dabei auf 12 Experten begrenzt (siehe Kapitel 3.1.3). Das Gremium wurde so gewählt, dass die Experten ein möglichst interdisziplinäres Wissen in ihrem Fachbereich sowie einige Jahre Berufserfahrung haben, die ihre Fachkunde untermauert. Die Auswahl erfolgte dabei aus den Reihen des Notfallverbundes und des Amts für Brand- und Katastrophenschutz (siehe Kapitel 2.1.2) und beinhaltet sowohl Mitglieder aus der Stadt als auch dem Landkreis Bamberg.

Für den Kulturgutschutz werden dabei Fachleute aus dem Archiv-, Bibliotheks- sowie Museumsbereich eingesetzt. Der Fachbereich Gefahrenabwehr wird durch die Kräfte des Amts für Brand- und Katastrophenschutz aus den unterschiedlichen Qualifikationsebenen (QE), vom mittleren bis zum gehobenen feuerwehrtechnischen Dienst sowie dem Sachbearbeiter Katastrophenschutz abgebildet.

Tabelle 5: Aufteilung des Expertengremiums

Kulturgutschutz	Gefahrenabwehr
▪ Archiv ▪ Bibliothek ▪ Museum	▪ QE 3 - Gehobener Dienst ▪ QE 2 - Mittlerer Dienst ▪ Katastrophenschutz

3.3 Identifizierung der Kriterien

Schritt 3:

Identifizierung von Kriterien und Definitionen

Der Kriterienkatalog für die Priorisierung von Kulturgütern setzt sich aus den in der Literatur beschriebenen, durch den Autor ergänzten sowie aus den durch das

Expertengremium eingebrachten Kriterien zusammen. Jedes Kriterium wird dabei für die spätere, eindeutige Einstufung definiert und in fünf Merkmale eingeteilt. Die Merkmalsausprägungen aus dem Bereich Kulturgutschutz greifen auf Formulierungen aus der „Matrix zur Bewertung der Qualität und Bedeutung von Sammlungsobjekten“ von Gnegel zurück (37). Im Folgenden wird der Aufbau exemplarisch für den Kauf eines Einsatzfahrzeugs der Feuerwehr dargestellt:

Kriterium 1: Geländegängigkeit

Definition: Das Kriterium beschreibt die Fähigkeit, wie gut sich das Fahrzeug abseits der befestigten Straße für die Fortbewegung eignet.

- 1- **Nicht geländegängig:** Bodenfreiheit <10 cm, kein Allradantrieb, keine Differenzialsperren
- 2- **Schwer geländegängig:** Bodenfreiheit <15 cm, kein Allradantrieb, Differenzialsperre vorhanden.

- 3- **Teilweise geländegängig:** Bodenfreiheit <20 cm, zuschaltbarer Allradantrieb, Differenzialsperre vorhanden.
- 4- **Leicht geländegängig:** Bodenfreiheit >20 cm, zuschaltbarer Allradantrieb, Differenzialsperre vorhanden, Stollenreifen
- 5- **Extrem geländegängig:** Bodenfreiheit >20 cm, zuschaltbarer Allradantrieb, Differenzialsperre vorhanden, Stollenreifen, Unterbodenschutz

3.3.1 Literaturrecherche

Die Identifikation potenzieller Kriterien erfolgte im Rahmen einer systematischen Literaturrecherche in deutschen und englischen Quellen über wissenschaftliche Datenbanken sowie frei zugänglichen Internetquellen. Die qualitativ relevanten Kriterien wurden anschließend dem Expertengremium im Rahmen der ersten Fragenrunde als erweiterbarer Kriterienkatalog präsentiert.

3.3.2 Delphi-Fragebogen: Runde 1 – Kriterienkatalog

Schritt 4:

**Expertenbefragung:
Kriterienbestimmung**

In der ersten Delphi-Runde werden die Experten mit einem Online-Fragebogen gebeten, den der späteren Bewertungsmatrix zugrunde liegenden Kriterienkatalog aufzustellen.

Die nach Häder angewandte Delphi-Methode des Typs 1 dient dabei zur Ideenaggregation (35 S.31 f.). Durch die Einbindung des Expertengremiums kann der Kriterienkatalog um Aspekte erweitert werden, die in der Literatur nicht berücksichtigt sind. Diese Kriterien spiegeln dabei die direkten Kenntnisse über die Abläufe und Örtlichkeiten sowie persönliche Erfahrungen der Experten aus ihren Fachbereichen wider.

Um die Bearbeitungszeit des Fragebogens herabzusetzen und erste Denkanstöße bereitzustellen, wurden die in der Literatur abgebildeten sowie durch den Autor ergänzten Kriterien (vgl. Kapitel 4.3.1) als Multiple-Choice-Auswahl zur Verfügung gestellt. Wenn durch die Experten nur die Literaturquellen ausgewählt und keine neuen Kriterien eingebracht werden, kann der Umfang des Kriterienkatalogs bestätigt werden.

Der mittels Microsoft Forms erzeugte Online-Fragebogen (Anhang 6) beinhaltet offene und geschlossene Fragen. Weiter werden Stellungnahmen zu allgemeinen Aussagen im Themenfeld des Kulturgutschutzes abgefragt. Der Aufbau gliedert sich dabei in drei Abschnitte:

Teil A

Im ersten Abschnitt wurden verpflichtend die Daten aus Tabelle 6 von den Experten erhoben. Die personenbezogenen Daten wurden dabei nur für die interne Auswertung

erfasst und, sofern sie verwendet wurden, in gruppierten Intervallen wiedergegeben, um keine Rückschlüsse auf einzelne Personen zuzulassen.

Tabelle 6: Allgemeine Angaben in Runde 1

Allgemeine Angaben	Vorname, Nachname
	Geschlecht
	Institutionszugehörigkeit
	Berufserfahrung

Teil B

Der zweite Abschnitt befasst sich mit einer Einordnung allgemeiner Aussagen zum Thema Kulturgutschutz. Die Experten mussten dabei anhand einer Likert-Skala bewerten, ob ihnen eine Zunahme der in Tabelle 7 aufgezählten Gefährdungen für Kulturgüter wahrnehmbar ist und diese anschließend in eine priorisierte Reihenfolge bringen.

Tabelle 7: Gefährdungen von Kulturgütern

Wahrnehmung allgemeiner Aussagen	Brand
	Hochwasser
	Unwetter
	Krieg
	Vandalismus

Teil C

Der dritte und letzte Abschnitt beinhaltet Fragen zum Kriterienkatalog, aus dem die Bewertungsmatrix gebildet wird. Um eine vereinfachte Auswertung zu ermöglichen und den Experten eine Hilfestellung zu geben, wurden die in der Recherche ermittelten Kriterien bereits aufgelistet. Diese sind entsprechend Tabelle 8 in den jeweiligen Fachbereichen aufgeführt.

Tabelle 8: Vorgeschlagener Kriterienkatalog

Kriterien- sammlung	Kulturhistorisch	Historischer Wert
		Symbolische Bedeutung
		Fragilität
		Öffentliche Sicherheit
		Erforschungsgrad
		Zeitkritikalität bei der Rettung
	Gefahrenabwehr	Ortsbeweglichkeit
		Gewicht
		Widerstandsfähigkeit gegenüber Löschmitteln
		Einsatzmittel und Geräteaufwand
		Sicherheit des Umfelds
		Zugänglichkeit
		Technischer Schutz

Abschließend hatten die Experten die Möglichkeit, auf institutionelle oder rechtliche Besonderheiten einzugehen, weitere Kriterien zu nennen sowie eine offene Rückmeldung zu geben.

3.4 Qualitative Analyse

Schritt 5:

Qualitative Analyse

Die Ergebnisse aus der ersten Delphi-Runde wurden qualitativ ausgewertet und für den Feedbackprozess anonymisiert und gruppiert, um keine Rückschlüsse auf einzelne Experten zuzulassen (vgl. Kapitel 3.1.3).

Die Auswertung der allgemeinen Aussagen (vgl. Kapitel 3.3.2, Teil B) erfolgte dabei nach Häder in einer prozentualen Darstellung der einzelnen Antwortkategorien.

Hinzukommend wurden die auswählbaren Kriterien (vgl. Kapitel 3.3.2, Teil C) graphisch aufbereitet. Abweichend von der prozentualen Darstellung wurde hier die absolute Häufigkeit aufgeführt. Mit dieser Art der Darstellungen ist das Expertengremium in der Lage eine Gesamtübersicht sowie mögliche vorherrschende Tendenzen zu erfassen (35 S.160 f.).

Die in Kapitel 3.3.2 Teil C erhobene, offene Frage zu institutionellen oder rechtlichen Besonderheiten wird den Teilnehmern in paraphrasierter Form offengelegt, um die Anonymität zu gewährleisten (35 S.162). Die Impulse können so weiterhin in den Methodikprozess mit einbezogen werden.

3.5 Strukturierung

Schritt 6:

Strukturierung

Im Anschluss an die Ideenaggregation der ersten Delphi-Runde wurden die aus der Literatur erhobenen und durch das Expertengremium ergänzten Kriterien für das weitere Vorgehen im AHP strukturiert (vgl.

Kapitel 3.1.1). Der Aufbau folgt dabei Gupta et al. nachdem die Einzelkriterien jeweils in thematisch verwandten Hauptkriterien eingeordnet werden (27 S.7).

Am Beispiel für den Kauf eines Feuerwehrfahrzeugs aus Kapitel 3.3 werden in Tabelle 9 unter dem Hauptkriterium Fahrwerk die Einzelkriterien Geländegängigkeit, Komfort und Fahrdynamik aufgeführt. Das Hauptkriterium Motor vereint die Einzelkriterien Leistung, Verbrauch und Drehmoment.

Tabelle 9: Aufbau AHP Haupt- und Einzelkriterien

Themenfeld	Kriterium
Fahrwerk	Geländegängigkeit
	Komfort
	Fahrdynamik
Motor	Leistung
	Verbrauch
	Drehmoment

Mit der Struktur des Analytic Hierarchical Process (Kapitel 3.1.1) kann nun das Fahrwerk und der Motor direkt miteinander in Bezug gebracht werden. Die Datengrundlage bieten dabei die Einzelkriterien. Der Autokäufer legt für sich die Priorität auf die Motorleistung, dabei spielt das Fahrwerk eine untergeordnete Rolle. Die erste Kaufoption stellt dabei ein Scania dar, die zweite ein Mercedes und als drittes Fahrzeug wird ein MAN in Betracht gezogen. Nachdem anhand der Datenblätter alle Einzelkriterien ermittelt wurden, können diese nun verglichen werden. Dabei ist zu erkennen, dass der Mercedes die höchsten Einzelbewertungen in der Hauptkategorie „Motor“ und mittelmäßige Bewertungen in der Kategorie „Fahrwerk“ die beste Kaufoption darstellt. Der Scania und der MAN sind mit der Motorleistung mittelmäßig, das Kriterium „Fahrwerk“ überwiegt beim Scania durch die sehr gute Einzelwertung „Komfort“ dabei gegenüber dem MAN. Die Bildung und Gewichtung der Hauptkriterien über die Einzelkriterien liefern hierbei dem Käufer eine robuste Basis zur Entscheidungsfindung. Am Beispiel der Fahrzeugbeschaffung kann die Rangfolge Mercedes, Scania, MAN anhand der ausgewählten Hauptkriterien ermittelt werden.

3.6 Kriterien Paarvergleich

Schritt 7:

Kriterien Paarvergleich

Nachdem die Kriterien aus der Literatur und der ersten Delphi-Runde im vorherigen Kapitel strukturiert und zusammengefasst worden sind, folgt in der zweiten Runde der Paarvergleich gemäß

dem Analytic Hierarchical Process. Nach Häder handelt es sich dabei, durch die standardisierte Bewertung um den Delphi-Typ 4 (35 S.34 f.). Wie in Kapitel 3.1.1 beschrieben, werden dabei alle Themenfelder der Ebene 3 (vgl. Kapitel 4.1) miteinander in einer Paarvergleichsmatrix verglichen. Der Vergleich der einzelnen Kriterien in Ebene 4 erfolgt nur innerhalb ihrer Themenfelder. Die Gesamtgewichtung wird anschließend in Kapitel 3.9 anhand Formel (13) ermittelt. Der Paarvergleich erfolgt dabei mit der linguistischen Skala aus Kapitel 3.1.2.

Die Zwischenwerte wurden für den Vergleich nicht weiter berücksichtigt, da die fünfstufige Skala eine hinreichende Genauigkeit für die Bewertungsmatrix abbildet. Dem Expertengremium wurden die Paarvergleichsmatrizen, wie in der ersten Runde, über das Online-Tool Microsoft Forms als Fragebogen (Anhang 6) zur Verfügung gestellt.

3.7 Validierung

Schritt 8:

Validierung

Nachdem die Paarvergleichsmatrizen aufgestellt wurden, folgt eine Validierung der Ergebnisse zur Beurteilung der Konsistenz. Dies erfolgt über die von Saaty entwickelten Kennzahlen des AHP (vgl.

Kapitel 3.1.1), da es bei reellen Problemen nicht möglich ist, eine hundertprozentige Konsistenz über die unterschiedlichen Aussagen zu erhalten. Daher wird eine bestmögliche Annäherung, gemessen über den Konsistenzindex und das Konsistenzverhältnis, innerhalb der Kriterien des Paarvergleichs angestrebt (38 S. 4 f.).

Zur Berechnung des Konsistenzverhältnisses muss zunächst der Konsistenzindex bestimmt werden. Für diesen muss der maximale Eigenwert λ_{max} der Matrix berechnet werden. Dieser kann näherungsweise über den Prioritätsvektor bestimmt werden, indem der arithmetische Mittelwert der impliziten Eigenwerte λ_i gebildet wird (39 S. 170 f.). Die Berechnung des Prioritätsvektors erfolgt über das geometrische Mittel der Zeilen in Anlehnung an Crawford und Williams (40). Die benötigten Formeln werden nachfolgend offengelegt. Dabei repräsentiert n die Anzahl der Dimensionen und a_{ij} das Element in Zeile i und Spalte j , was die Austauschrate abbildet (vgl. Abbildung 15, Kapitel 3.1.1).

Mit Formel (2) wird zunächst das geometrische Mittel g_i jeder Zeile gebildet.

$$g_i = \left(\prod_{j=1}^n a_{ij} \right)^{\frac{1}{n}} \quad (2)$$

Anschließend wird das Prioritätsgewicht w_i mit Formel (3) für jede Zeile normiert.

$$w_i = \frac{g_i}{\sum_{k=1}^n g_k} \quad (3)$$

Durch Multiplikation des normierten Prioritätsgewichts w_i mit den Austauschwerten a_{ij} erhält man mit Formel (4) das Matrix-Vektor-Produkt $(Aw)_i$.

$$(Aw)_i = \sum_{j=1}^n a_{ij} * w_j \quad (4)$$

Der maximale Eigenwert λ_{max} kann näherungsweise mit Formel (5) über den Prioritätsvektor ermittelt werden.

$$\lambda_{max} \approx \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n \lambda_i \quad \text{mit } \lambda_i = \frac{(Aw)_i}{w_i} \quad (5)$$

Der Konsistenzindex CI wird aus dem größten Eigenwert λ_{max} innerhalb der Paarvergleichsmatrix mit Formel (6) berechnet.

$$CI = \frac{\lambda_{max} - n}{n - 1} \quad (6)$$

Das Konsistenzverhältnis CR stellt das Verhältnis des Konsistenzindex CI zum sogenannten zufälligen Index (eng. Random Index, RI) mit Formel (7) dar.

$$CR = \frac{CI}{RI} \quad (7)$$

RI entspricht dabei einem durchschnittlichen, zufällig ermittelten Konsistenzindex aus reziproken Matrizen und kann für alle Matrizen mit Dimension $n > 2$ aus einer Wertetabelle entsprechend Abbildung 18 entnommen werden (33 S.15).

n	RI
3	0,58
4	0,9
5	1,12
6	1,24
7	1,32

Abbildung 18: RI Werte nach Saaty

Mit dem Konsistenzverhältnis CR kann abschließend eine Aussage über die hinreichende Konsistenz getroffen werden. Der Schwellenwert für die Validierung wurde von Saaty auf $CR < 0,1$ als hinreichend genau bei kleinen Matrizen festgelegt. Pant et al. führt auf, dass Saaty für Matrizen der Dimension $n=3$ und $n=4$ CR-Werte bis 0,5 und 0,8 toleriert (38 S. 5).

3.8 Fuzzyfizierung

Schritt 9:

Fuzzyfizierung

Um eine Gewichtung innerhalb einer Ebene zu ermöglichen, bedarf es einer einheitlichen mathematischen Skala, welche die natürliche Unschärfe des Bewertungsprozess berücksichtigt.

Die in Kapitel 3.1.2 vorgestellte Fuzzy-Logik bietet diese Möglichkeit. Dabei werden die linguistischen Werte in Dreiecks-Fuzzy-Zahlen überführt (vgl. Tabelle 4).

Um die spätere Gewichtung zu erhalten, erfolgt nach Gupta et al. eine Aggregation aller Expertenurteile eines Akteurs zu einer gemeinsamen Evaluationsmatrix. Im ersten Schritt wird dabei für jedes Kriterium die untere Grenze bzw. minimale Ausprägung $a_{ij}^{\min}$ aus allen Einzelmatrizen des Expertengremiums ermittelt (27 S. 5). Die Bestimmung der oberen Grenze bzw. der maximalen Ausprägung $c_{ij}^{\max}$ erfolgt mit der gleichen Herangehensweise entsprechend Formel (8).

$$a_{ij}^{\min} = \min_k (a_{ij,k}^L) \qquad c_{ij}^{\max} = \max_k (a_{ij,k}^U) \qquad (8)$$

Der wahrscheinlichste Wert b_{ij}^{mitte} berechnet sich mit Formel (9) aus dem arithmetischen Mittel aller mittleren Bewertungen der Expertenurteile.

$$b_{ij}^{\text{mitte}} = \frac{1}{K} \sum_{k=1}^K b_{ij,k}^M \qquad (9)$$

Mit den Formeln (8) und (9) ergibt sich eine aggregierte Evaluationsmatrix mit folgendem Aufbau für jedes Kriterium entsprechend Abbildung 19

$$\tilde{a}_{ij} = (a_{ij}^{\min}, b_{ij}^{\text{mitte}}, c_{ij}^{\max}) \quad \begin{bmatrix} 1 & \tilde{a}_{12} & \dots & \tilde{a}_{1n} \\ 1/\tilde{a}_{12} & 1 & \dots & \tilde{a}_{2n} \\ \vdots & \vdots & \ddots & \vdots \\ 1/\tilde{a}_{1n} & 1/\tilde{a}_{2n} & \dots & 1 \end{bmatrix}$$

Abbildung 19: Fuzzy-Evaluationsmatrix nach Gupta et al. (27)

Mit der Fuzzy-Evaluationsmatrix kann nun für jedes Kriterium anhand der Ausprägung der Dreieckszahlen die Gewichtung samt Unsicherheit bestimmt werden. Der Ablauf ist dabei identisch zur Validierung in Kapitel 3.7 indem zuerst das geometrische Mittel $\tilde{r}_i$ für alle Dreieckszahlen entsprechend Formel (2) gebildet wird. Anschließend werden die Fuzzy-Gewichte $\tilde{w}_i$ gemäß Formel (10) berechnet.

$$\tilde{w}_i = \tilde{r}_i * (\tilde{r}_1 + \tilde{r}_2 + \tilde{r}_3 + \dots + \tilde{r}_n)^{-1} \quad (10)$$

$$\text{mit } \tilde{r}_k = (\alpha_k, \beta_k, \gamma_k); (\tilde{r}_k)^{-1} = (1/\gamma_k, 1/\beta_k, 1/\alpha_k);$$

3.9 Gewichtung

Schritt 10:

Defuzzifizierung

Die drei, für jedes Kriterium berechneten Fuzzy-Gewichte, müssen für eine aussagekräftige Gewichtung wieder in einen Crisp-Wert (vgl. Kapitel 3.1.1) überführt werden. Diese

Zusammenlegung wird als Defuzzifizierung bezeichnet. Gupta et al. verwendet hierfür die Formeln (11-13) (27 S. 5 ff.). Mit Formel (11) wird den Schwerpunkt des Fuzzy-Dreiecks berechnet

$$DF = \frac{(c_{ij} - a_{ij}) + (b_{ij} - a_{ij})}{3} + a_{ij} \quad (11)$$

Abschließend werden die Zusammengeführten Werte DF noch mit Formel (12) normiert, um eine vergleichbare Gewichtung der Kriterien herzustellen.

$$NW_i = \frac{DF}{\sum DF} \quad (12)$$

Führt man diesen Prozess in der Ebene 3 (Themenfelder) und für die jeweiligen Kriterien in Ebene 4 durch, so erhält man die lokalen Gewichtungen NW_i . Über die Multiplikation der lokalen Gewichtungen der Themenfelder mit den lokalen Gewichtungen der Kriterien erhält man die globale Gewichtung.

$$\text{globale Gewichtung} = \text{lokale Gewichtung (Kriterium)} * \text{lokale Gewichtung (Themenfeld)} \quad (13)$$

3.10 Sensitivitätsanalyse

Schritt 11:

Sensitivitätsanalyse

Die Sensitivitätsanalyse dient nach dem Gewichtungsprozess zur Überprüfung der Stabilität der Bewertungsmatrix. Dazu werden die Kriteriengewichte verändert und die daraus

resultierenden Unterschiede der Rangfolge ermittelt. Bleibt die Rangfolge gegenüber Veränderungen einzelner Kriteriengewichte stabil, ist von einer robusten Bewertungsmatrix auszugehen. Weist die Rangfolge eine hohe Fluktuation auf, muss die Gewichtung kritisch hinterfragt werden.

Durch die hohe Anzahl der verwendeten Kriterien ist dabei nicht davon auszugehen, eine stabile Rangordnung über alle Kulturgüter zu erhalten, da schon kleine Veränderungen der Gewichtungsfaktoren zu einer Rangänderung führen können.

Die Analyse erfolgt dabei mittels einer Monte-Carlo-Simulation mit 1.000 Zufallsstichproben bei Veränderungen der Gewichtungen im Bereich $\pm 20\%$.

Die in Excel durchgeführte Simulation wurde von einem KI-Programmierten VBA-Skript ausgeführt, welches in Anhang 1 aufgeführt ist.

3.11 Implementierung

Schritt 12:

Matrixlayout & Kennzeichnung

Der letzte methodische Schritt beinhaltet die Implementierung der aufgestellten Bewertungsmatrizen. Dies kann je nach verwendetem System der Akteure unterschiedlich

aussehen. Um allen Akteuren eine einheitliche Grundlage bieten und individuelle Anpassungen ermöglichen zu können, soll die Implementierung in Form einer technischen Spezifikation in Anlehnung an die IEEE 29148 (41) erfolgen. Mit der strukturierten Darstellung kann die Matrix in bestehende Prozesse integriert werden.

Für die Kennzeichnung der Objekte entsprechend ihrer Priorisierungsstufe sollen Piktogramme verwendet werden. Um eine Einheitlichkeit zu unterstützen, soll dabei auf eine Kennzeichnung zurückgegriffen werden, die bereits in Verwendung ist. In Bayern bietet sich dazu die Empfehlung der Symbole des Landesfeuerwehrverbandes Bayern an (42 S.13).

4 Ergebnisse

4.1 Offenlegung der AHP-Struktur

Das Ziel der Forschungsfrage war die Entwicklung einer Bewertungsmatrix.

Entsprechend Kapitel 3.1.1 wurde dafür gemäß der AHP-Methode die Fragestellung in mehrere Ebenen gegliedert und strukturiert, die nachfolgend offengelegt werden.

Das Gesamtsystem der Risikobewertung gliedert sich in fünf Ebenen. Die oberste Ebene wird dabei durch die Bewertungsmatrix als Gesamtziel verkörpert. Ebene 2 umfasst die thematische Trennung der beiden darin enthaltenen Teilbereiche Gefahrenabwehr und Kulturgutschutz. Diese lassen sich weiter in unterschiedliche Themenfelder herunterbrechen, welche Ebene 3 darstellen. Diese Themenfelder setzen sich aus den einzelnen Kriterien zusammen, welche die Basis des AHP auf Ebene 4 bilden. Die Definition der einzelnen Kriterien und ihre jeweilige Merkmalsausprägung wird in Abbildung 20 als zusätzliche Ebene 5 aufgeführt. Die spätere Gewichtung über die Paarvergleiche erfolgt dabei nur bei Ebene 3 und 4. Ebene 5 fundiert als Hilfestellung zur Einschätzung und Erklärung der Ebene 4.

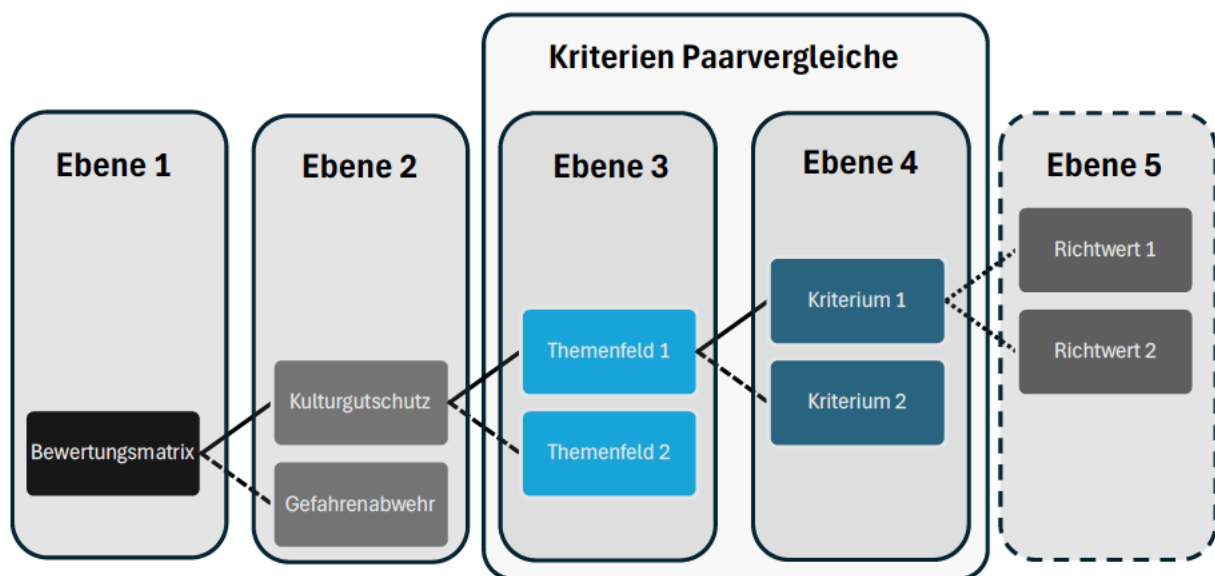


Abbildung 20: Offenlegung der AHP-Struktur

4.2 Expertengremium

Das zwölköpfige Expertengremium der Forschungsarbeit setzt sich zu gleichen Teilen aus Fachleuten des Kulturgutschutzes sowie der Gefahrenabwehr zusammen. Um eine möglichst heterogene Ausprägung zu erreichen, wurden die Fachleute dafür, wie in Kapitel 3.2.3 dargestellt, aus möglichst unterschiedlichen Bereichen ausgewählt.

Aufgrund der personellen Besetzung im Amt für Brand- und Katastrophenschutz sowie der überwiegenden Anzahl von Mitarbeitenden aus dem Archivbereich setzte sich das Gremium dabei entsprechend Tabelle 10 zusammen.

Tabelle 10: Offenlegung des Expertengremium

Kulturgutschutz	Gefahrenabwehr
Staatsarchiv	Gehobener Dienst
Universitätsarchiv	Gehobener Dienst
Stadtarchiv	Gehobener Dienst
Naturkundemuseum	Mittlerer Dienst
Museen der Stadt	Mittlerer Dienst
Staatsbibliothek	Katastrophenschutz

4.3 Kriterienbestimmung

Die Ergebnisse der in Phase zwei beschriebenen Kriterienbestimmung werden nachfolgend offengelegt.

4.3.1 Offenlegung der Literaturrecherche

Die in der Literaturrecherche und durch den Autor aufgestellten Kriterien werden in Tabelle 11 nachfolgend mit einer Bereichszuordnung dargestellt. Die durch den Autor ergänzten Kriterien spiegeln überwiegend den in der Literatur unterrepräsentierten Bereich der Gefahrenabwehr (GAB) wider. Die Kriterien des Kulturgutschutzes (KGS) stammen größtenteils aus den in Kapitel 2.2.3 vorgestellten Bewertungsmodellen.

Tabelle 11: Aufstellung des vordefinierten Kriterienkatalogs

Literatur	Quelle	Bereich
Originalitätsgrad	Teil 2: Priorisierung und Sicherheit für Kulturgüter im Fürstenrum Liechtenstein (9 S.7 f.)	KGS
Erforschungsgrad		KGS
Wiederbeschaffungswert		KGS
Historischer Wert	SiLK – Sicherheitsleitfaden Kulturgut (24 S.20)	KGS
Fragilität		GAB
Ortsbeweglichkeit	Münchner Fachgruppe Präventive Konservierung (42 S.13)	GAB
Zugänglichkeit		GAB
Gewicht		GAB

Autor	Bereich
Widerstandsfähigkeit gegenüber Löschmitteln	GAB
Symbolische Bedeutung	KGS
Öffentliche Sichtbarkeit	KGS
Einsatzmittel- und Geräteaufwand	GAB
Sicherheit des Umfelds	GAB
Zeitkritikalität bei der Rettung	GAB
Technischer Schutz	GAB

4.3.2 Offenlegung der Ergebnisse: Delphi-Runde 1

Die Ergebnisse aus Runde 1 wurden anonymisiert ausgewertet (vgl. Kapitel 3.3.2) und nachfolgend präsentiert. Die Rückmeldequote des Gremiums lag in Runde 1 bei 100 %.

Die in **Teil A** erhobenen Daten in Abbildung 22 zeigen, dass die Experten überwiegend eine Berufserfahrung von mehr als zehn Jahren in ihrem Fachgebiet aufweisen.

Die Verteilung nach Geschlecht liegt dabei bei zehn männlichen Experten (83 %) und zwei weiblichen Expertinnen (17 %). Diese sind beide dem Bereich Kulturgutschutz zuzuordnen.

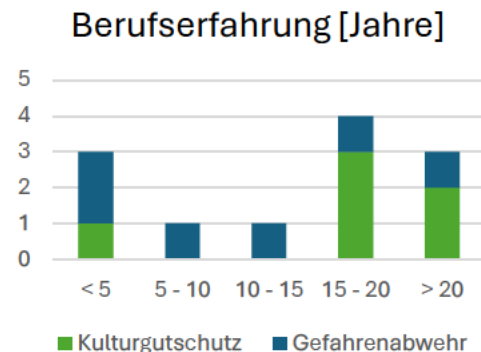


Abbildung 21: Berufserfahrung der Experten

Tabelle 12: Reihenfolge der größten Gefährdungen

Rang	Gefährdung	
1	Unwetter	Die Daten aus Teil B zielen auf die allgemeine Wahrnehmung der Gefahren ab.
2	Brand	
3	Hochwasser	Die Frage nach der Reihenfolge der größten Gefährdung innerhalb des Notfallverbundes in Bamberg zeigt einen klaren Rangunterschied zwischen natürlichen und menschenzentrierten Gefährdungen auf. Dabei zeigen die
4	Vandalismus	
5	Krieg	

Daten entsprechend Tabelle 12, dass eine Gefährdung durch Unwetterlagen als größte Gefahr angesehen wird. Auf den nachfolgenden Plätzen sind Brand- und Hochwasserereignisse aufgeführt. Die menschenzentrierten Gefährdungen durch Vandalismus und Krieg nehmen dabei eine untergeordnete Rolle ein, wobei eine kriegserische Handlung als geringste Bedrohung angesehen wird.

Die Auswertung, ob die Experten eine Zunahme dieser Gefährdungen wahrnehmen, ist in Abbildung 23 allgemein dargestellt.

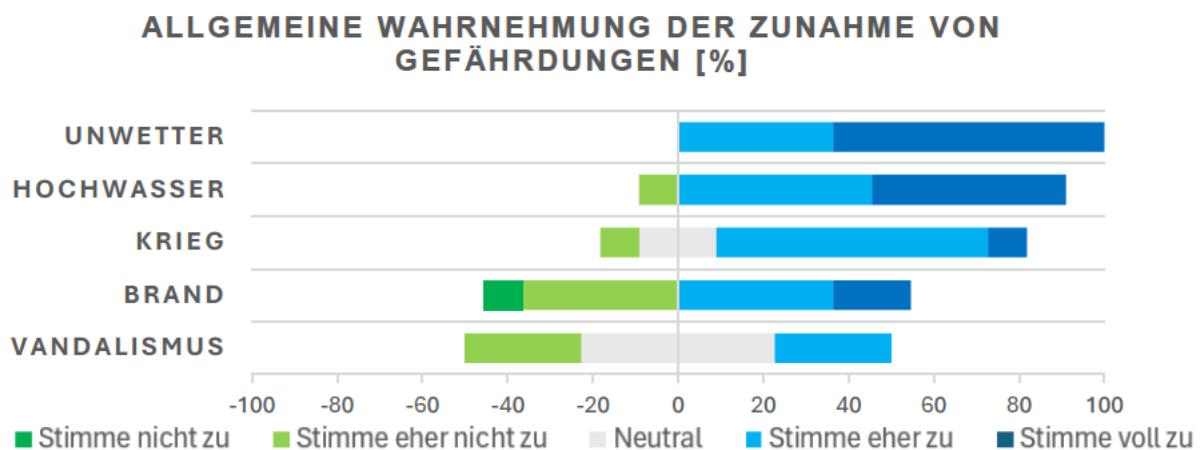


Abbildung 22: Offenlegung der Wahrnehmung der Zunahme von Gefährdungen

Die Experten geben allgemein eine deutliche Wahrnehmung der Zunahme von Gefährdungen an. Die stärkste Ausprägung ist im Bereich der Naturgefahren mit Unwettern und Hochwasser zu verzeichnen. Menschengemachte Gefährdungen sind mit Vandalismus eher weniger stark ausgeprägt, wobei sich 45 % der Experten neutral verhalten. Im Vordergrund stehen hierbei Kriegerische Handlungen. Betrachtet man die Wahrnehmung der Akteure getrennt, zeigt sich, dass diese durch die Experten der Gefahrenabwehr in Zukunft als Gefährdung deutlich zunehmen könnte. Die Kulturgutschutzakteure schätzen die Zunahme der Gefährdung schwächer ein. Gegenteilig verhält sich die Wahrnehmung der Zunahme von Brandereignissen. Allgemein betrachtet sind diese relativ ausgeglichen. Einzelbetrachtet zeigt sich, dass Brandereignisse durch die Gefahrenabwehr eher als rückläufig betrachtet werden, der Kulturgutschutz diese allerdings als eine zunehmende Gefährdung empfindet.

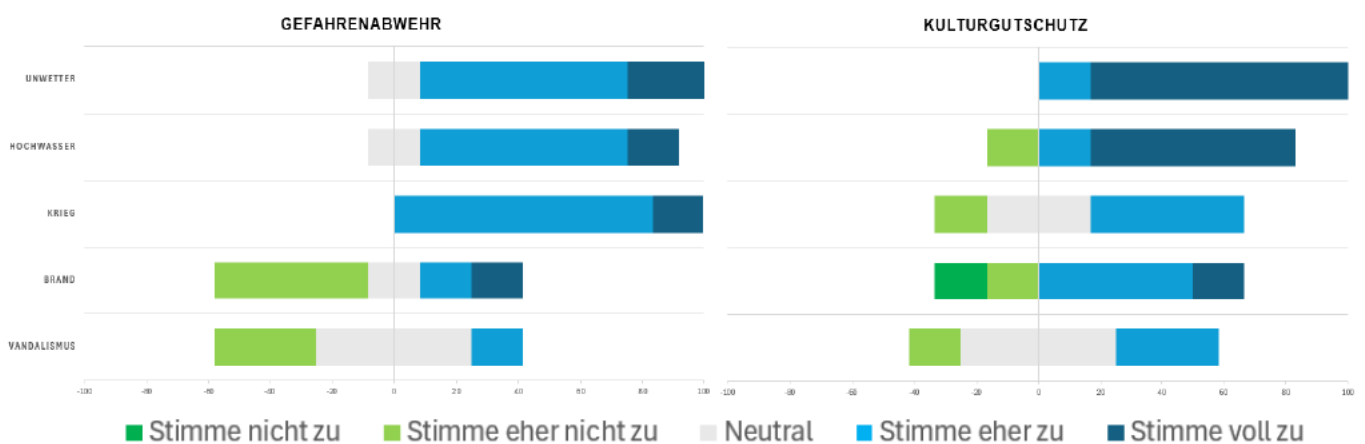


Abbildung 23: Offenlegung der Wahrnehmung je Fachgebiet in Prozent

Mit der Frage nach den zunehmenden Gefährdungen wurde durch das Expertengremium auch ihre Vorbereitung auf Notfälle eingeschätzt. Die allgemeine Auswertung zeigt hierbei ein gemischtes Bild.

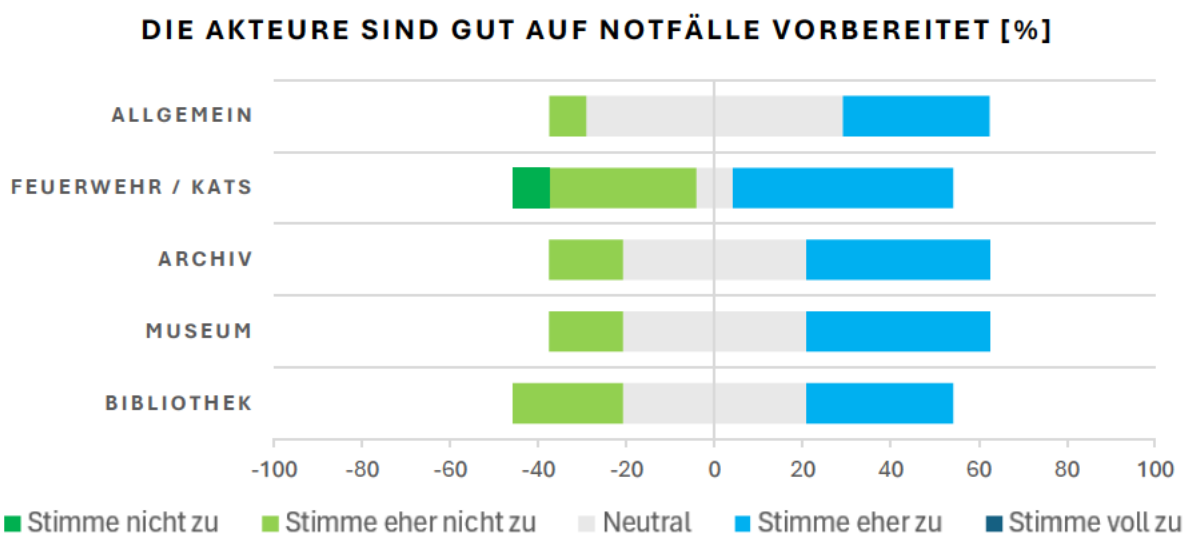


Abbildung 24: Offenlegung des Zustimmung über alle Akteure in Prozent

Betrachtet man das Ergebnis bezogen auf den Einzelakteur, zeigt sich folgendes Bild:

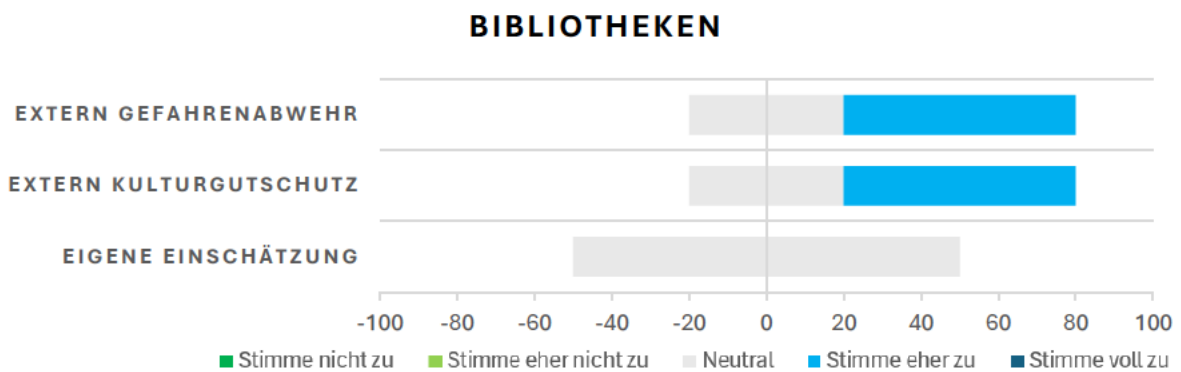


Abbildung 25: Offenlegung der Einschätzung der Bibliotheken in Prozent

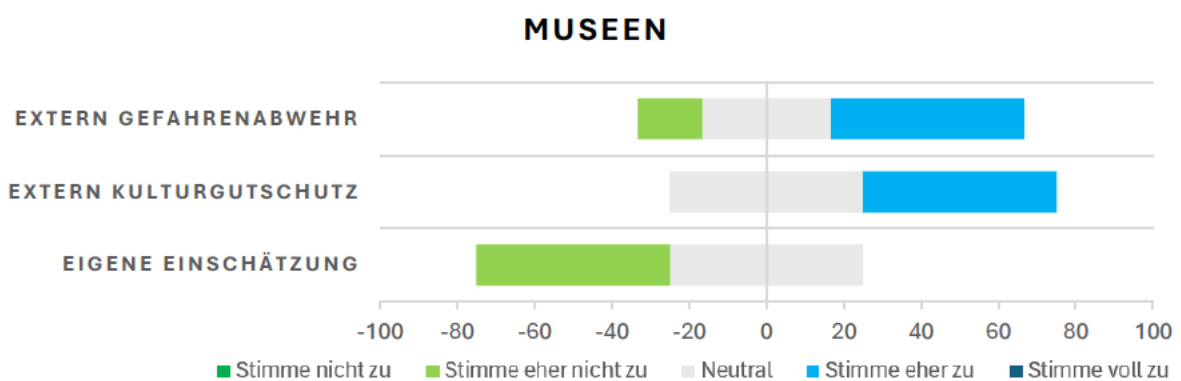


Abbildung 26: Offenlegung der Einschätzung der Museen in Prozent

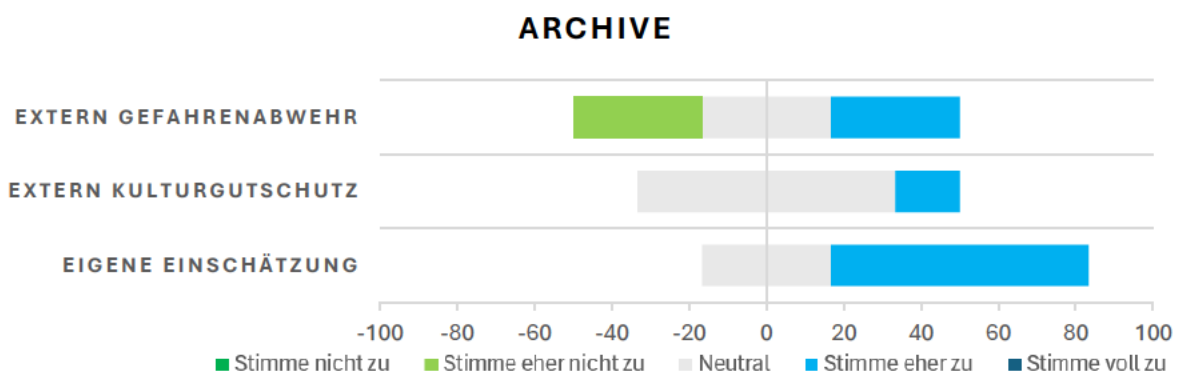


Abbildung 27: Offenlegung der Einschätzung der Archive in Prozent

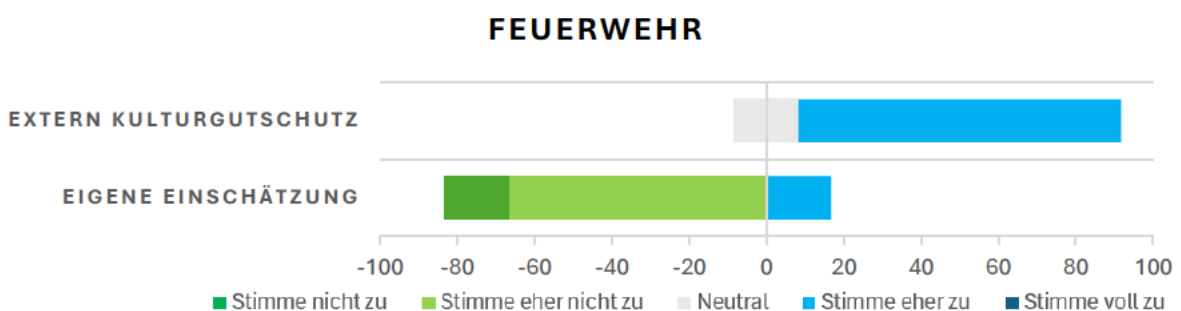


Abbildung 28: Offenlegung der Einschätzung der Feuerwehr in Prozent

Die Kulturgutschutzakteure werden durch die Gefahrenabwehr überwiegend als vorbereitet angesehen, wobei die Archive prozentual die größte negative Einschätzung erhalten. Die eigene Wahrnehmung der Vorbereitung fällt bei den Museen eher negativ aus, die externe Einschätzung ist überwiegend positiver Natur. Die Feuerwehr als Gefahrenabwehrbehörde wird von den externen Akteuren als überwiegend vorbereitet angesehen. Die interne Einschätzung zeigt hingegen eine eher gegenteilige Meinung auf.

Insgesamt ist eine Diskrepanz zwischen der internen und externen Wahrnehmung in der Notfallvorbereitung ausgeprägt wahrnehmbar.

Der in **Teil C** abgefragte Kriterienkatalog stellt die aus der Literaturrecherche ermittelten Kriterien dar (vgl. Kapitel 4.3.1). Diese konnten durch das Expertengremium um drei weitere Kriterien ergänzt werden, welche in Tabelle 13 aufgeführt sind.

Tabelle 13: Durch des Expertengremium eingebrachte Kriterien

Gremium	Bereich
Unikalität	KGS
Schutzdigitalisierung	KGS
Rechtssicherung, rechtliche Relevanz	KGS

Bei den offenen Fragen nach institutionellen oder rechtlichen Besonderheiten wurden überwiegend Aspekte der allgemeinen Notfallvorsorge aufgeführt. Inhaltlich sind diese dabei im Kern die Erarbeitung eines einheitlichen Führungskonzeptes und die Bereitstellung von Material, wie entsprechende Werkzeuge sowie Transportboxen, Personal zur Unterstützung bei Transportaufgaben sowie Fachberater. Die Experten gehen weiter auf die Erstellung von Arbeitsanweisungen und die gezielte Unterweisung von Einsatzkräften ein. Diese Themen werden im Rahmen der Bachelorarbeit nicht weiter behandelt und können gesondert betrachtet werden.

Konkrete Anhaltspunkte für die Priorisierung waren dabei die gesetzlichen Sicherungspflichten von Archiven, mit dem Fokus auf die Klimatisierung und Sicherung der Magazine. Weiter wurde die Unterscheidung zwischen Leihgaben und Objekten im Eigenbestand aufgeführt.

Ein Aspekt beinhaltet die Zugangsregelungen besonders geschützter Bereiche aufgrund der Geheimhaltungspflicht oder aus religiösen Gründen. Eine spezielle Ausweisung und gezielte Priorisierung innerhalb dieser Bereiche ist dabei als zentraler Baustein genannt worden.

4.3.3 Offenlegung der Strukturierung

Die 18 identifizierten Kriterien wurden anschließend entsprechend der AHP-Struktur aus Kapitel 4.2 geordnet. Aufgrund der für die Kriterien definierten Merkmalsausprägungen und der thematischen Überschneidung wurden diese zunächst in sechzehn Kriterien zusammengefasst. Konkret ist das Kriterium der Unikalität als Merkmalsausprägung (vgl. Kapitel 3.3) in den Wiederbeschaffungswert eingeflossen. Die Kriterien Sicherheit des Umfeldes und technischer Schutz wurden in das gemeinsame Kriterium Objektsicherung überführt. Der komplette Kriterienkatalog mit entsprechender Definition und Merkmalsausprägung ist in Anhang 3 aufgelistet.

Die finale AHP-Struktur der Ebenen 2 bis 4 (vgl. Kapitel 4.2) ist in Tabelle 14 dargestellt. Eine Gesamtübersicht der Ebenen 1 bis 4 ist in Anhang 2 aufgeführt.

Tabelle 14: Finale Struktur der AHP Ebenen 2 bis 4

Fachbereich	Themenfeld	Kriterium
Kulturgutschutz	Kulturelle Bedeutung	Symbolische Bedeutung
		Historischer Wert
		Erforschungsgrad
	Ökonomische Bedeutung	Wiederbeschaffungswert
		Öffentliche Sichtbarkeit
	Bestandsbewahrung	Gesetzliche Sicherungspflichten
		Schutzdigitalisierung
		Originalitätsgrad
	Gefahrenabwehr	Infrastruktur
Zugänglichkeit		
Handhabung		Fragilität
		Gewicht
		Ortsbeweglichkeit
		Einsatzmittel- und Geräteaufwand
Resilienz		Zeitkritikalität
		Löschmittel Widerstandsfähigkeit

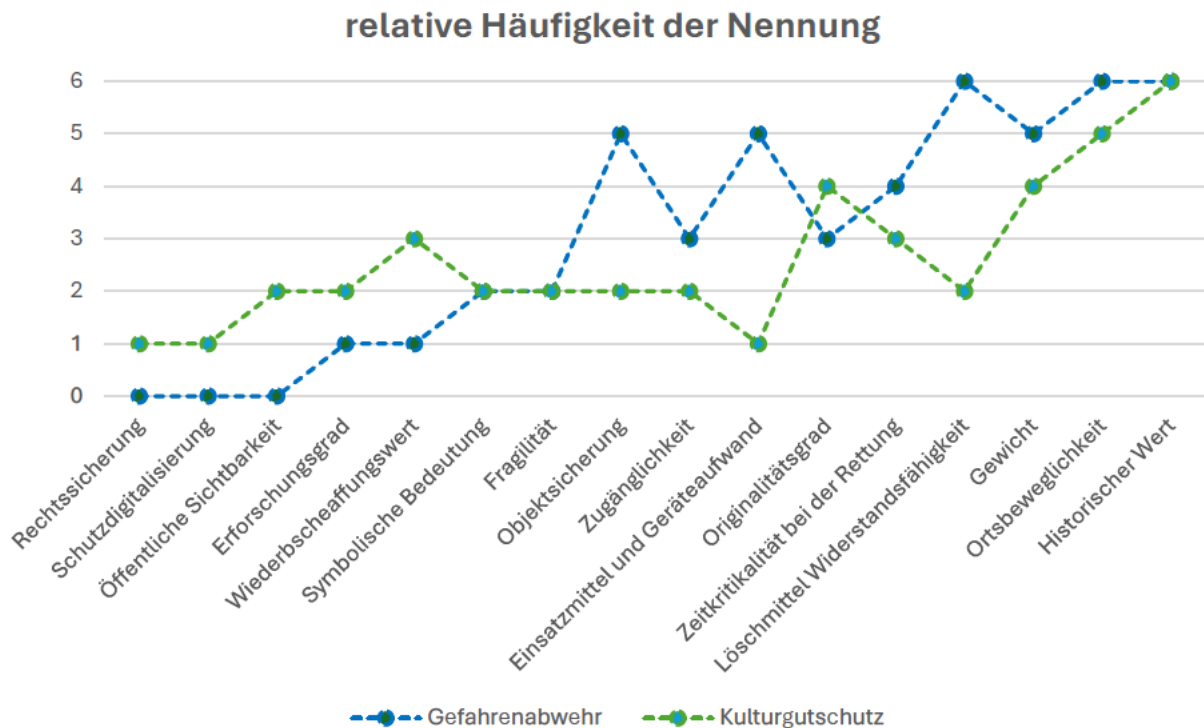


Abbildung 29: Relative Häufigkeit der Nennung pro Fachbereich

Betrachtet man die Häufigkeit der Nennung eines Kriteriums in Abbildung 30 pro Fachbereich, so zeigt sich, welche Kriterien die Experten der beiden Fachbereiche als wichtig einschätzen. Global betrachtet pendeln die relativen Häufigkeiten dabei überwiegend um eine Nennung umeinander. Dabei ist der historische Wert das einzige von allen Experten genannte Kriterium, dicht gefolgt von der Ortsbeweglichkeit. Die Kriterien der Rechtssicherung sowie der Schutzdigitalisierung sind hingegen nur durch einen Experten aus dem Kulturgutschutzbereich genannt worden. Die Betrachtung der relativen Häufigkeit zeigt ebenfalls auf, welche Kriterien überwiegend fachbereichsbezogen betrachtet werden, wie es bei der Objektsicherung, dem Einsatzmittelaufwand und dem Löschmittelwiderstand der Fall ist. Weiter sind mit der symbolischen Bedeutung, der Fragilität sowie dem historischen Wert auch einheitliche Ausprägungen sichtbar.

4.4 Offenlegung der Kriteriengewichtung

Die Ergebnisse der in Phase drei durchgeführten Kriteriengewichtung werden nachfolgend präsentiert.

4.4.1 Offenlegung der Ergebnisse: Delphi-Runde 2

Entsprechend den Bearbeitungsschleifen der Delphi-Methodik aus Kapitel 3.1.3 haben die Experten initial eine Zusammenfassung der Ergebnisse aus Runde 1 bekommen, welche den Ergebnissen aus Kapitel 4.3.2 und 4.3.3 entspricht. Die Rückmeldequote des Gremiums lag in Runde 2 bei 83 %.

Inhalt der zweiten Delphi-Runde war es, die Kriterien über einen Paarvergleich entsprechend Kapitel 3.6 zu gewichten. Die Experten nutzten hierbei den Online-Fragebogen, welcher die Themenfelder in einer 6x6 Matrix und die Einzelkriterien entsprechend in einer 2x2 bis 4x4 Matrix gegenüberstellte. Durch die in Kapitel 3.1.1 aufgeführte Formel (1) wurden durch jeden Experten 30 Paarvergleiche durchgeführt. Die Paarvergleichsurteile der Experten sind in Anhang 4 aufgeführt, die Übersicht der einzelnen Paarvergleichsmatrizen in Fragebogen zwei in Anhang 6.

4.4.2 Validierung der Delphi-Runden

Nach der Erhebung der Daten erfolgte eine Validierung dieser entsprechend Kapitel 3.7 über das von Saaty entwickelte Konsistenzverhältnis CR. Die Prüfung gilt dabei als bestanden, wenn die Bedingung $CR < 0,1$ erfüllt ist. Die Ergebnisse der Validierung in Tabelle 15 zeigen, dass nur ein Experte diesen Grenzwert in der zweiten Delphi-Runde eingehalten hat.

Tabelle 15: Ergebnisse der Validierung der zweiten Delphi-Runde

Matrix Experten ID	Themenfelder (6x6 Matrix)	Kulturelle Bedeutung (3x3 Matrix)	Bestands- sicherung (3x3 Matrix)	Handhabung (4x4 Matrix)
1	Keine Rückmeldung			
2	0,059	0,069	0	(-) 0
3	0,167	0	0	0,012
4	0,207	0	0	0,178
5	0,002	0,376	0	0,436
6	0,372	0,01	0,254	0,314
7	0,189	0,025	0	0,175
8	0,164	0,117	0,011	0,216
9	Keine Rückmeldung			
10	0,294	0,117	0,254	0,28
11	0,033	0,033	0	0
12	0,237	0	0,025	0,096

Mit der Rückmeldung der dritten Runde erreichten alle Experten bei der erneuten Validierung die Unterschreitung des Grenzwertes. Der Datensatz der validierten Paarvergleiche ist in Anhang 4 abgelegt.

4.4.3 Offenlegung der Ergebnisse: Kriteriengewichtung

Mit den nach Saaty validierten Paarvergleichsurteilen konnte nachfolgend die dritte Phase der Kriteriengewichtung durchgeführt werden.

4.4.3.1 Nachweis eines Gruppen-Bias

Vergleicht man die beiden Fachbereiche entsprechend der relativen Häufigkeit der gewählten Bewertungsstufen, zeigt sich in Abbildung 31, dass der Kulturgutschutz häufiger das Urteil „Gleichwertig“ wählt. Die Gefahrenabwehr wählt global öfter höhere Urteilsausprägungen bei den einzelnen Paarvergleichen aus, wie die Ausprägungen bei „Gering wichtiger“ (+8,7 %), „Deutlich wichtiger“ (+7,3 %) und „Viel wichtiger“ (+4,7 %) zeigen.

Das Urteil „Sehr viel wichtiger“ wird insgesamt kaum vergeben und macht beim Kulturgutschutz 5,3 %, bei der Gefahrenabwehr nur 2 % aus.

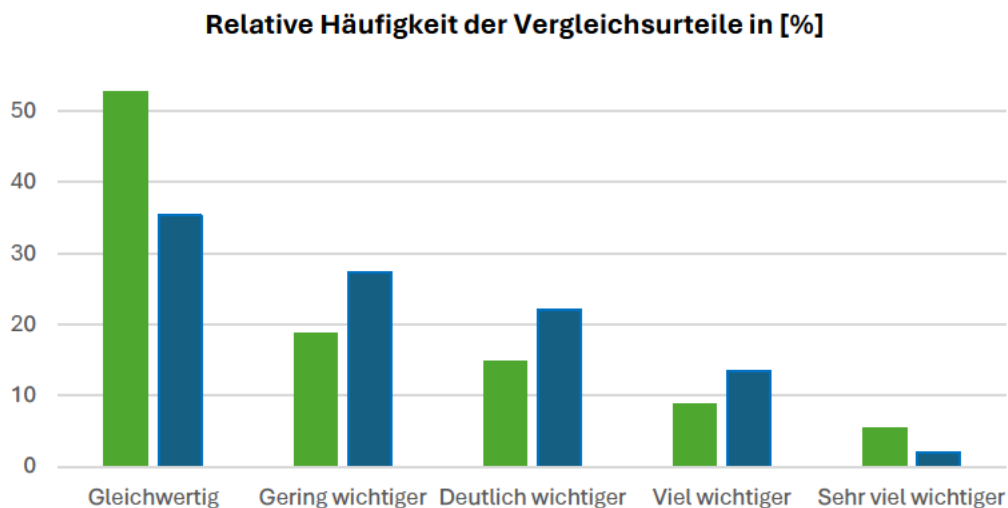


Abbildung 30: Relative Häufigkeit der Vergleichsurteile in Prozent

Diese Gruppenunterschiede in der Beurteilung können auch über die Effektstärke nachgewiesen werden. Berechnet man diese mittels Cliff's Delta, erhält man einen Wert von 0,151. Das bedeutet, dass eine leicht höhere Urteilsvergabe zugunsten der Gefahrenabwehr erfolgt.

4.4.3.2 Offenlegung der Gewichtung

Die Daten der Experten wurden für die Gewichtung entsprechend den Formeln in Kapitel 3.8 in Fuzzy-Zahlen umgewandelt. Die Fuzzy-Matrizen jedes einzelnen Experten wurden anschließend entsprechend ihrer Zugehörigkeit zu einer Fuzzy-Matrix pro Akteur aggregiert. Diese bildet die Grundlage für die spätere, gemeinsame Bewertungsmatrix.

Das Ergebnis sind vier unterschiedlich zusammengesetzte Matrizen. Die allgemeine Matrix bildet dabei das Ergebnis über alle 4 Akteure zu gleichen Teilen ab. Diese ist in Abbildung 31 dargestellt und bildet die Grundlage für den weiteren Vergleich der Matrizen, welche sich spezifisch auf einen Akteur des Kulturgutschutzes beziehen. Diese Matrizen bilden die Gefahrenabwehr und den jeweiligen Akteur zu 50 % ab.

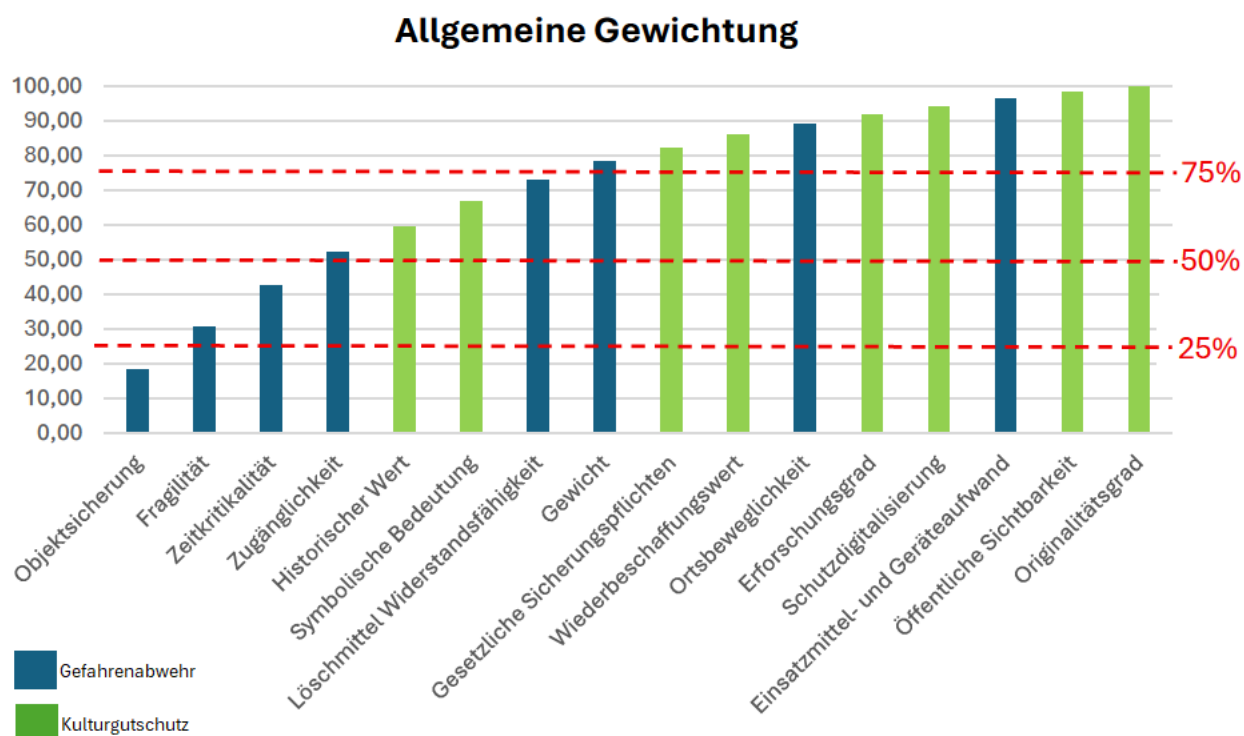


Abbildung 31: Kumulierte Gewichtung der allgemeinen Bewertungsmatrix (25 % pro Akteur)

Die kumulierte, allgemeine Bewertungsmatrix in Abbildung 31 zeigt, dass in den Bewertungsmatrizen die Kriterien aus dem Fachbereich der Gefahrenabwehr insgesamt eine höhere Gewichtung aufweisen. Die ersten vier Kriterien decken bereits die Hälfte der Gesamtgewichtung ab, mit den ersten acht Kriterien werden dreiviertel der Gesamtgewichtung erreicht.

Tabelle 16: Ermittelte Gewichtungen in Prozent

ID	Kriterium	Allgemein	Archiv	Bibliothek	Museum
1	Symbolische Bedeutung	7,30	7,56	8,76	5,7
2	Historischer Wert	7,41	6,07	7,74	4,72
3	Erforschungsgrad	2,62	2,57	2,35	2,1
4	Wiederbeschaffungswert	3,68	4,85	2,55	3,88
5	Öffentliche Sichtbarkeit	1,80	1,76	1,54	1,41
6	Gesetzliche Sicherungspflichten	3,94	6,16	1,98	3,25
7	Schutzdigitalisierung	2,50	2,36	1,45	2,58
8	Originalitätsgrad	1,73	1,60	1,11	1,25
9	Objektsicherung	18,41	17,32	20,14	22,17
10	Zugänglichkeit	9,61	12,99	8,94	9,84
11	Fragilität	12,24	10,57	12,77	12,09
12	Gewicht	5,23	4,42	5,71	6,91
13	Ortsbeweglichkeit	3,12	3,40	3,14	3,8
14	Einsatzmittel- und Geräteaufwand	2,30	2,77	1,83	2,47
15	Zeitkritikalität	11,86	9,79	12,54	14,43
16	Löschmittel Widerstandsfähigkeit	6,26	5,81	7,44	3,41

Die genauen Gewichtungen aller Bewertungsmatrizen sind in Tabelle 16 aufgeführt. Stellt man die Rangordnung der Kriterien der allgemeinen Matrix denen der spezifischen Matrizen für die Akteure gegenüber, so zeigt sich, dass die Rangordnung bei den Plätzen 1 und 16 konstant bleibt. Dies zeigt, wie in Tabelle 17 dargestellt wird, dass die Objektsicherung generell als wichtigstes Kriterium betrachtet wird. Der Originalitätsgrad verkörpert dagegen den geringsten Einfluss auf die Gesamtbewertung.

Tabelle 17: Offenlegung der Rangordnungen über alle Akteure

Position nach Wichtigkeit	Allgemein	Bibliothek	Archiv	Museum
Objektsicherung	1	1	1	1
Fragilität	2	2	3	3
Zeitkritikalität	3	3	4	2
Zugänglichkeit	4	4	2	4
Historischer Wert	5	6	7	7
Symbolische Bedeutung	6	5	5	6
Löschmittel Widerstandsfähigkeit	7	7	8	10
Gewicht	8	8	10	5
Gesetzliche Sicherungspflichten	9	12	6	11
Wiederbeschaffungswert	10	10	9	8
Ortsbeweglichkeit	11	9	11	9
Erforschungsgrad	12	11	13	14
Schutzdigitalisierung	13	15	14	12
Einsatzmittel- und Geräteaufwand	14	13	12	13
Öffentliche Sichtbarkeit	15	14	15	15
Originalitätsgrad	16	16	16	16

Betrachtet man die Differenz der Rangordnungen über die einzelnen Akteure in Tabelle 18, so zeigt sich, dass die Museen die Summe der größten Abweichungen (n) gegenüber der allgemeinen Bewertungsmatrix aufweisen, die Bibliotheken die geringste.

Tabelle 18: Differenz der Akteur spezifischen Rangordnungen zur allgemeinen Matrix

Allgemeine Matrix gegenüber den	Bibliotheken (12)	Archiven (18)	Museen (20)
Objektsicherung	0	0	0
Fragilität	0	1	1
Zeitkritikalität	0	1	1
Zugänglichkeit	0	2	0
Historischer Wert	1	2	2
Symbolische Bedeutung	1	1	0
Löschmittel Widerstandsfähigkeit	0	1	3
Gewicht	0	2	3
Wiederbeschaffungswert	3	3	2
Ortsbeweglichkeit	0	1	2
Gesetzliche Sicherungspflichten	2	0	2
Erforschungsgrad	1	1	2
Einsatzmittel- und Geräteaufwand	2	1	1
Schutzdigitalisierung	1	2	1
Öffentliche Sichtbarkeit	1	0	0
Originalitätsgrad	0	0	0

4.5 Sensitivitätsanalyse

Die Sensitivitätsanalyse mittels Monte-Carlo-Simulation (vgl. Kapitel 3.10) wurde anhand der im Leitszenario (Kapitel 2.1.3) vorhandenen, neun Kulturgüter aus Anhang 1 durchgeführt. Die Ergebnisse in Abbildung 32 zeigen, dass die Rangordnung bei vier Objekten stabil ist. Diese befinden sich dabei auf den vordersten (1, 2) und hintersten Rängen (8, 9). Die Objekte auf den mittleren Rängen variieren häufig ihre Platzierungen und weisen damit eine hohe Sensitivität gegenüber Gewichtsvariationen auf.

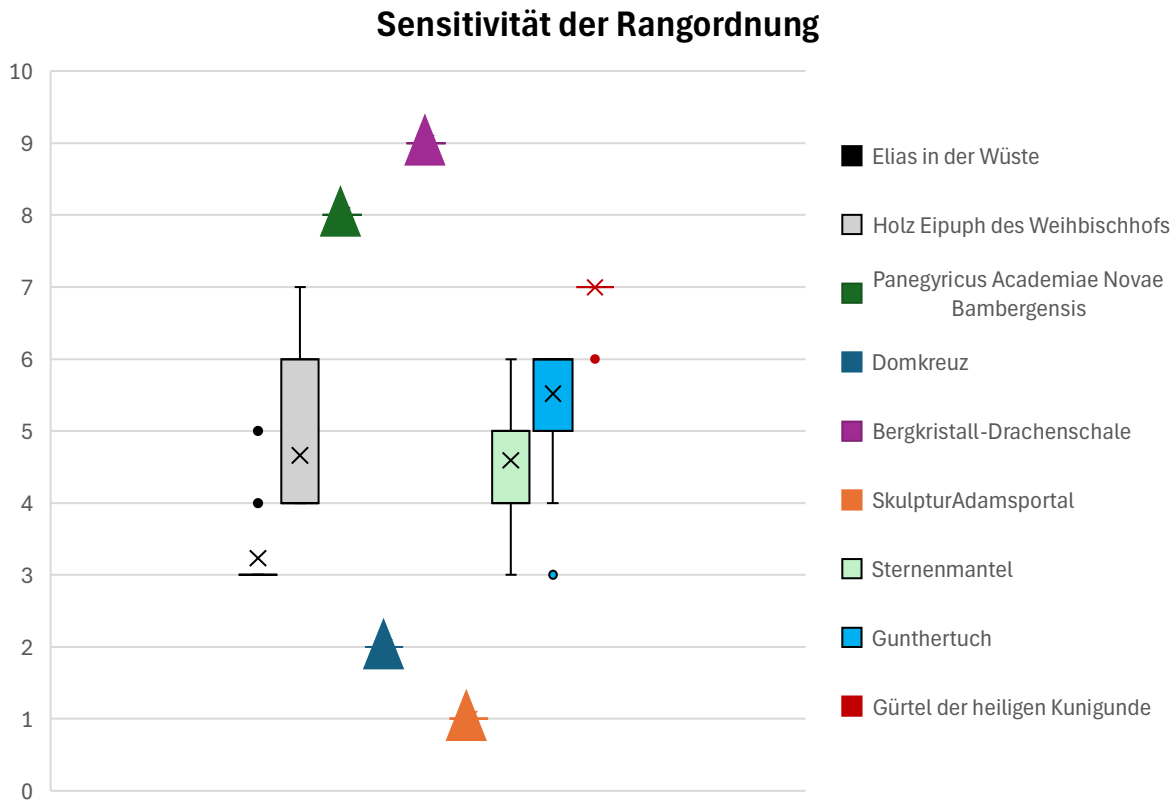


Abbildung 32: Sensitivitätsanalyse der Rangordnung ausgewählter Kulturgüter

4.6 Implementierung

Um allen Akteuren eine einheitliche Grundlage bieten zu können und individuelle Anpassungen zu ermöglichen, erfolgte die Ausarbeitung entsprechend Kapitel 3.11 als technische Spezifikation. Diese ist in Anhang 5 abgelegt.

Die einheitliche Kennzeichnung wird über die Denkmalplakette mit Ziffer des Landesfeuerwehrverbandes Bayern aus Tabelle 19 abgebildet (vgl. Kapitel 3.11).

Tabelle 19: Kennzeichnung der Priorität



höchste Priorität



mittlere Priorität



niedrigste Priorität

5 Diskussion

Der nachfolgende Diskussionsteil bezieht sich auf die in Kapitel 4 offengelegten Ergebnisse. Diese werden inhaltlich an einigen Stellen abweichend vom methodischen Aufbau themenübergreifend betrachtet und zusammengeführt.

5.1 Zielerfüllung

Ziel der Arbeit war es, eine Bewertungsmatrix für die Priorisierung von Kulturgütern zu entwickeln. Diese sollte Kriterien aus dem kulturhistorischen Bereich sowie der Gefahrenabwehr berücksichtigen. Die Ergebnisse zeigen, dass mit der Methodik für die jeweiligen Schwerpunkte der Akteure sowie für eine allgemeine Bewertung vier Matrizen entwickelt werden konnten. Das Ziel der Forschungsarbeit ist damit erfüllt.

5.2 Kritische Reflexion der Methodik

Die Verwendung der Fuzzy-Delphi-AHP Methodik ermöglichte es, über mehrere Runden die Bewertungskriterien für Kulturgüter zu analysieren und anschließend zu gewichten. Die Delphi-Methodik über drei Umfragerunden ermöglichte die konstante Einbindung und den Wissenstransfer des Expertengremiums, was sich positiv auf die Validierung auswirkt. Für zukünftige Arbeiten ist ein größeres Expertengremium zu empfehlen, um die subjektive Meinung der einzelnen Experten, wie es für die Bibliotheken der Fall war, auszugleichen und eine Generalisierung umzusetzen.

Die FAHP-Methodik ermöglichte die systematische Gewichtung der ermittelten Kriterien. Die Gewichtung zeigte dabei deutlich auf, dass über alle Bewertungsmatrizen die Kriterien der Gefahrenabwehr, die ersten vier Plätzen belegten und entsprechend die größte Relevanz für eine Rettung aufweisen. Die unterschiedlichen institutionellen Schwerpunkte der Akteure fallen dabei nicht ins Gewicht, auch wenn diese anhand der Rangordnung klar bestimmbar sind. Die Rückmeldung eines Experten zur Fuzzy-Skala mit der Bewertungslogik kann in folgenden Bewertungsansätzen noch detaillierter erklärt werden, um Unsicherheiten bei der Beantwortung entgegenzuwirken.

Der Einsatz der kombinierten Methodik bietet eine robuste Grundlage für die Erstellung von Bewertungsmatrizen. Die Anwendung ist dabei nicht auf ein Brandereignis entsprechend dem Leitszenario beschränkt. Der Umfang der Auswertung ist dabei für eine Abdeckung aller potenzieller Schadenslagen sehr aufwendig und muss berücksichtigt werden.

5.2 Untersuchungsraum und Expertengremium

Die Mittelstadt Bamberg weist als Untersuchungsraum mit einer hohen kulturellen Dichte und diversen Einrichtungen eine gute Basis auf. Mit einem örtlich ansässigen Notfallverbund ist die Kulturgutschutz Thematik bereits ein integriertes Aufgabenfeld der Akteure. Die Umfrageergebnisse bestätigen, dass die Akteure eine umfangreiche Gefährdung, überwiegend durch natürliche Bedrohungen wahrnehmen. Die Gefährdungen durch Kriegerische Handlungen ist dabei im internationalen Kontext mit

dem andauernden Krieg in der Ukraine ebenfalls wahrnehmbar, mit stärkerer Ausprägung bei der Gefahrenabwehr, was auf die thematische Nähe als Akteur im Bevölkerungsschutz zurückführbar sein kann. Brandereignisse zeigten ein unterschiedliches Meinungsbild zwischen den Akteuren des Kulturgutschutz und der Gefahrenabwehr auf. Während im Bereich der Gefahrenabwehr die Einsatzzahlen für Brandereignisse rückläufig sind, kommt es bei Kulturguteinrichtungen in den letzten Jahren immer wieder zu Brandschäden.

Das Expertengremium umfasst, wie in Kapitel 4.2 aufgeführt, mindestens einen Fachexperten aus jedem Bereich. Die überwiegende Berufserfahrung von 10 Jahren und mehr der Experten kann als Hinweis für fachliche Kompetenz gewertet werden, was zu einer höheren Validität beiträgt.

5.3 Vorbereitungsstatus der Akteure

Die Auswertung der Vorbereitungen der einzelnen Akteure (vgl. Kapitel 4.3.2) zeigt auf, dass die internen und externen Einschätzungen teilweise stark auseinandergehen. Dabei muss die Anzahl der jeweiligen Fachexperten berücksichtigt werden.

Die intern überwiegend kritische Einschätzung der sechs Experten der Gefahrenabwehr kann als ein Anzeichen hoher Unsicherheit im Umgang mit Kulturgütern betrachtet werden. Das Merkmal kann auf fehlender Handlungssicherheit und Erfahrungswerte im operativen Umgang mit Kulturgütern hindeuten. Die positive externe Einschätzung spricht dabei für ein professionelles Auftreten und das Vertrauen der Akteure in die vorhandenen Handlungskompetenzen.

Die Einschätzung der Archive beruht auf 3 Expertenmeinungen und lässt die Tendenz erkennen, dass interne Handlungsabläufe bei Notfällen vorhanden sind, was sich in der überwiegend positiven Einschätzung widerspiegelt. Die externe Einschätzung der Gefahrenabwehr ist dabei zweigeteilt, was auf einen fehlenden Informationsfluss bei den Notfallvorbereitungen und dem koordinierten Zusammenspiel hindeuten kann.

Mit nur zwei Fachexperten zeigt die interne Einschätzung bei den Museen ein kritisches Bild. Die Notfallvorbereitungen sind durch die unterschiedlichen Merkmalsausprägungen der Sammlungsstücke in den Museen dabei als besonders umfangreich anzusehen. Die externe Einschätzung spiegelt dabei eine überwiegend positiv wahrgenommene Notfallvorbereitung wider.

Eine allgemeine Interpretation der Notfallvorbereitung ist bei den Bibliotheken mit nur einer neutralen Einschätzung durch den Experten nicht möglich. Extern werden die Bibliotheken als überwiegend positiv in der Vorbereitung wahrgenommen.

Global betrachtet zeigt sich, dass die externe Bewertung tendenziell positiver erfolgt als die interne Wahrnehmung. Dieses Meinungsbild kann dabei unterschiedliche Gründe haben. Die externe Betrachtung erfolgt meist aufgrund von formalen Kriterien und dem Wissen über das Vorhandensein von Konzepten. Intern werden diese Konzepte kritischer

betrachtet und die örtlichen Gegebenheiten sowie Gefährdungen aus vergangenen Ereignissen mit wahrgenommen.

Für den Notfallverbund Bamberg zeigt die Auswertung Hinweise auf potenzielle Lücken in der überwiegend organisationsinternen Vorbereitung. Mit dem größten Wahrnehmungsunterschied im Bereich der Feuerwehr ist hier eine engere Verzahnung der Fachbereiche anzustreben. Der konzeptionelle und operative Austausch ist dabei auf übergeordneter Ebene anzustreben, um die Notfallvorbereitungen stärker voranzutreiben. Die direkte Einbindung der Gefahrenabwehr bietet dabei weiterhin die Möglichkeit, die Einsatzkräfte in der sachgemäßen Handhabung zu befähigen.

5.4 Kriterienkatalog

Die in der Literatur abgebildeten Kriterien sind überwiegend dem Bereich Kulturgutschutz zuzuordnen, was die bisherige, stark auf die kulturhistorischen Aspekte ausgelegte Betrachtung der Notfallvorbereitung bestätigt. Die durch den Autor eingebrachten Kriterien aus dem Bereich der Gefahrenabwehr wurden durch das Expertengremium mindestens einmal bestätigt, was für eine relevante Auswahl spricht.

Betrachtet man die Verteilung der relativen Häufigkeit aus Abbildung 28, zeigen sich die Wahrnehmungsunterschiede zwischen den Fachbereichen. Global betrachtet zeigt sich, dass die Kriterien Rechtssicherung und Schutzdigitalisierung nur von einem Experten genannt wurden. Dies kann auf das spezifische Anforderungsprofil der Archive mit der gesetzlichen Verpflichtung zur Dokumentensicherung hinweisen. Demgegenüber werden die Kriterien Historischer Wert sowie die Ortsbeweglichkeit bei allen Akteuren als zentrale Kriterien der Notfallbewertung genannt. Allgemein liegen die Fachbereiche häufig nur eine Nennung voneinander entfernt. Bei der symbolischen Bedeutung, der Fragilität und dem historischen Wert sind die Ausprägungen identisch, was auf eine überwiegend ausgeglichene Grundwahrnehmung schließen lässt.

Betrachtet man die Kriterien mit den größten Abweichungen, wie es bei der Objektsicherung, dem Einsatzmittel- und Geräteaufwand sowie der Löschmittel Widerstandsfähigkeit der Fall ist, lassen sich klare handlungsbezogene Unterschiede aufweisen. Das von allen Experten der Gefahrenabwehr genannte Kriterium der Löschmittel Widerstandsfähigkeit stellt eine zentrale Fragestellung für den Fachbereich dar. Betrachtet man das Kriterium im Kontext der Kulturgutschutzakteure, so zeigt sich eine deutlich niedrigere Ausprägung. Dieses Ergebnis kann mit der unmittelbar nach einem Schadensfall durchgeführten Notkonservierung der Objekte begründet werden, da eine Kontamination mit Löschmitteln nicht direkt zu einem Verlust führen muss. Mit einem zielgerichteten und zeitnahen Aufbereitungsprozess können die Kulturgüter vor einer Schädigung geschützt werden.

Betrachtet man den Einsatzmittel- und Geräteaufwand, zeigen sich ebenfalls handlungsbezogene Unterschiede. Im Brandfall ist die Feuerwehr auf Transportboxen für die Kulturgüter angewiesen. Weiter sind auch spezielle Werkzeuge für

Demontagarbeiten durch die jeweiligen Einsatzkräfte mitzuführen, welche unter Umständen nicht dem Standardwerkzeug auf einem Löschfahrzeug entsprechen. Dies stellt für die eingesetzten Kräfte eine Herausforderung dar und erfordert im Vorfeld definierte Handlungsabläufe. Die Objektsicherung schließt sich dabei der Thematik an. Sind alle Bereiche eines Gebäudes für die Feuerwehr unmittelbar betretbar oder liegen besondere, auch im Einsatzfall relevante, Sperrvermerke vor, die eine Rettung ausschließen.

Zusammenfassend zeigen die Ergebnisse die institutionellen Schwerpunkte auf. Eine fachbereichsübergreifende Bewertungsgrundlage kann dabei die unterschiedlichen Wahrnehmungen beider Seiten berücksichtigen und die Entscheidungsprozesse im Notfall positiv beeinflussen. Eine engere Abstimmung zwischen den Akteuren kann dabei Wahrnehmungsunterschiede angleichen und konzeptionell in die Handlungsabläufe zur Schadensbewältigung einfließen lassen, etwa bei der Verwendung von geeigneten Löschmitteln und Verfahren.

5.5 Validation und Gruppen-Bias

Das nicht Erfüllen der Validierung in Runde 2 führte entsprechend der Methodikschleife zu einem erneuten Paarvergleich (vgl. Kapitel 3.7). Um den Prozess zu vereinfachen und eine Überschreitung der Abbruchbedingung von $n > 3$ Runden zu verhindern (vgl. Kapitel 3.2.2.1) wurden die Paarvergleichswerte der Experten durch den Autor aufbereitet und die Bewertungsstufen so gewählt, dass die Validierung über den CR-Wert erfüllt ist. Dabei wurden möglichst wenig Paarvergleichsurteile angepasst und die nächstgelegene Bewertungsstufe gewählt.

Die angepassten Bewertungen wurden den Experten daraufhin individuell zugespielt und offengelegt. Diese hatten die Möglichkeit die Anpassungen freizugeben oder gemeinsam mit dem Autor eine erneute Korrektur durchzuführen. Die Anpassungsvorschläge wurden von allen Experten freigegeben. Das fast alle Experten in den Matrizen der Dimension vier und sechs die Validierungsbedingung von Saaty nicht erfüllen, war aufgrund der strengen Bewertungsgrenze zu erwarten. Das Zusammenspiel der individuellen Bewertungen und die große Unschärfe durch die Kombination aus den beiden thematisch unterschiedlichen Fachbereichen begünstigt die Inkonsistenz einzelner Aussagen. In der Literatur gibt Saaty für Matrizen höherer Dimension einen CR-Wert von 0,5 bis zu 0,8 an, um die wachsende Unschärfe zu berücksichtigen. Die Inkonsistenz der Experten, mit der größten Ausprägung von 0,436 erscheint mit Bezug zu den Grenzwerten daher als methodisch nachvollziehbar und der Komplexität realer Entscheidungsmodelle geschuldet.

Die Auswertung der validierten Daten zeigt einen kleinen Gruppen-Bias auf. Mit einer über Cliff's Delta ermittelten Effektstärke von 0,151 weist die Gefahrenabwehr eine leicht ausgeprägtere Urteilsbildung im Bezug auf Extremwerte auf. Dies kann auf die fachliche Perspektive der Gefahrenabwehr zurückgeführt werden, welche in Schadenslagen eine klare Priorisierung bzw. starke Abgrenzung einzelner Aspekte

verlangt. Da die Ausprägung von Cliff's Delta bis 0,15 als vernachlässigbar eingestuft wird und der Wert mit 0,151 gerundet minimal über der Grenze liegt, wird der Gruppen-Bias im Ergebnisteil berücksichtigt, führt jedoch zu keiner Anpassung der späteren Gewichtungen. Dies ist mit Rundungsfehlern in der Datenerhebung und der Unschärfe der AHP-Methodik zu begründen.

5.7 Kriteriengewichtung

Die Ergebnisse der Kriteriengewichtung in Kapitel 4.4.3.2 zeigen, dass unter Berücksichtigung der Hälfte der Kriterien bereits 75% der Gesamtsumme eines Kulturgutobjektes erreicht werden können. Dies weist darauf hin, dass auch mit einer um die Hälfte reduzierten Variante der Bewertungsmatrix eine umfassende Priorisierung erfolgen kann. Die ersten vier dominanten Kriterien beinhalten bereits die Hälfte der prozentualen Gesamtgewichtung. Betrachtet man dazu die in Tabelle 18 aufgeführte Rangordnung der Kriterien, ist festzustellen, dass diese ersten vier Kriterien zwar untereinander die Rangordnung ändern, es aber keinen bereichsüberschreitenden Austausch gibt. Dies kann als Bestätigung der Dominanz der Kriterien gewertet werden.

Die in Tabelle 19 dargestellte Differenz der allgemeinen Matrix zu den, auf die einzelnen Akteure bezogenen Matrizen zeigt die Unterschiedlichen Schwerpunkte in den Aufgaben der einzelnen Akteure auf.

Die Archive zeigen mit dem Fokus auf die Sicherung und Verfügbarkeit von physischen Dokumenten die größte Abweichung zur allgemeinen Bewertungsmatrix mit den Kriterien der Schutzdigitalisierung sowie der Zugänglichkeit auf. Gemeinsam mit den Bibliotheken erreichen sie die größte Ausprägung beim Wiederbeschaffungswert. Die Objekte in den Bibliotheken sind häufiger im Umlauf. Das Kriterium Wiederbeschaffungswert nimmt entsprechend eine zentrale Rolle im täglichen Umgang ein, bei dem es ebenfalls zu Beschädigungen oder Verlust kommen kann.

In den Museen finden sich unterschiedlichste Materialien und Ausstellungstücke wieder. Im Schadensfall ist die Widerstandsfähigkeit dieser Objekte gegenüber den äußeren Einflüssen, wie dem Löschwasser zentraler Punkt der Bewertung. Das Gewicht spiegelt sich hierbei auch in den variierenden Ausstellungen wider, bei denen die Objekte im Normalbetrieb durch das Museumspersonal bewegt werden müssen. Im Brandfall stellt dies bei der Gefahrenabwehr einen der kritischsten Aspekte dar, welcher die Anzahl der geretteten Objekte maßgeblich beeinflusst.

5.8 Sensitivitätsanalyse

Betrachtet man die Rangordnung der im Leitszenario ausgewählten Kulturgüter entsprechend der allgemeinen Matrix, so zeigt sich, dass die oberen und unteren Priorisierungen entsprechend der Gewichte stabil bleiben, während die im Mittelfeld zu findenden Kulturgüter teilweise stark variieren. Diese Stabilität der Randpositionen lässt sich dabei über die Ausgangsgewichte der Objekte herleiten. Ein Kulturgut, dass mit den 16 Kriterien bewertet eine hohe Gesamtsumme aufweist, wird auch nach der

Gewichtungsvariation eine hohe Gesamtsumme erreichen. Das gleiche passiert mit Objekten, die an sich eine sehr niedrige Gesamtsumme erreichen, da trotz einzelner Gewichtungsunterschiede sich global betrachtet die Gesamtsumme sich nicht stark im Verhältnis zu allen anderen Objektsammen verschiebt. Die auf den mittleren Rängen aufgeführten Objekte sind durch ihren relativ nahen Punktebereich stark von einzelnen Gewichtungsfaktoren abhängig, was auch bei kleinen Gewichtsvariationen zu einer Änderung der Rangordnung führt. In der Praxis bedeutet dies, dass Objekte, die durch die Experten mit einer hohen oder niedrigen Gesamtsumme geschätzt werden, als vergleichsweise robust interpretiert werden können. Dies spricht für die von der Bewertungsmatrix angestrebte, stabile Priorisierung der wichtigsten Kulturgüter. Bei Objekten, die im mittleren Punktebereich landen, ist hingegen eine genauere Betrachtung der einzelnen Position innerhalb der Gesamtsammlung notwendig. Die Variation der Objekte auf den mittleren Rängen unterstreicht die Bedeutung von transparenten und einheitlichen Bewertungsgrundsätzen und der Empfehlungen zur Einordnung der Bewertungsvorschläge im Rahmen der zu vergebenden Punkte in Ebene 5 entsprechend Kapitel 4.2.

5.8 Implementierung

Die Ausarbeitung der Bewertungsmatrix in Form einer technischen Spezifikation bietet den Vorteil einer systemübergreifenden Implementierung. Mit den Beschreibungen der Anforderungen der Objekte sowie dem Bewertungsschlüssel können ebenfalls individuelle Anpassungen durch den jeweiligen Akteur vorgenommen werden, was sich positiv auf eine überörtliche Verwendung auswirkt.

Als Kennzeichnung der Priorisierungsstufen wurde der Empfehlung des Landesfeuerwehrverband von Bayern gefolgt, um der einheitlichen Kennzeichnung auf Landesebene zu folgen. Für den Fall einer bundesweiten Verwendung der Matrix sind die abweichenden Kennzeichnungen entsprechend der örtlichen Gegebenheiten zu berücksichtigen. Die sich aus der Umsetzung der Kennzeichnung ergebenden Problemstellungen auf Bundesebene sind dabei kein inhaltlicher Teil dieser Arbeit. Eine direkte Kennzeichnung am Objekt ist dabei aus einsatztaktischer Sicht, durch mögliche Verrauchung, Verschmutzung und aus Aspekten des Diebstahlschutzes nicht zu empfehlen.

Eine direkte Einbindung der Priorisierung im Schadensfall kann über mehrere Wege erfolgen. Die Kulturgüter können für die Gefahrenabwehrbehörden in physischer Form als Kulturgutschutzaufkarten angelegt werden. Digital bietet sich die direkte Einbindung der Objektlisten in die Einsatzsoftware der Feuerwehr an. Die Vorteile liegen dabei im geringen Aktualisierungsaufwand und der Option der organisations- und einheitsübergreifenden Zusammenarbeit, wie es bei Großschadenslagen der Notfallstufe 3 der Fall ist (vgl. Kapitel 2.1.3).

Da im Schadensfall eine Rettung aller Kulturgüter als unwahrscheinlich erscheint, ist die Anzahl der Objekte je Priorisierungsstufe durch die Objektverantwortlichen festzulegen. In der technischen Spezifikation ist eine Einstufung der obersten 10% der Objekte einer Sammlung vorgeschlagen. Diese 10% ergeben sich dabei aus der Rangordnung der Bewertungsmatrix sowie den Objekten, die durch die Sammlungsverantwortlichen unabhängig der Matrixbewertung einen besonderen Schutzstatus zugesprochen bekommen. Dies begründet sich auf kulturhistorischen oder rechtlichen Aspekten, die nicht durch die allgemeine Bewertung abgefragt oder in ihrer Ausprägung in der Gesamtbetrachtung berücksichtigt werden können. Die Kulturgüter der mittleren Priorität entsprechen dabei den Rangordnungsplätzen bis 50% des Sammlungsumfangs. Die Objekte, die nicht als höchste oder mittlere Priorität eingestuft werden, entsprechen folgend der niedrigsten Prioritätsstufe.

Die prozentuale Abstufung dient dabei den Verantwortlichen als Richtwert und kann entsprechend der Sammlungsgröße sowie den individuellen Gegebenheiten angepasst werden. Die 10% Grenze der höchsten Priorität ist dabei am kritischsten zu betrachten, da mit umfangreichen Sammlungen der Grenzwert schnell zu viele Objekte beinhalten kann und die Priorisierung an Wirksamkeit verliert. In Abstimmung mit der örtlichen Gefahrenabwehr und unter Berücksichtigung der Leistungsfähigkeit der Kräfte kann die Priorisierung der Objekte auch innerhalb der Brandabschnitte festgelegt werden. Die damit verbundene Anzahl der am höchsten priorisierten Objekte kann damit verringert werden, entsprechend dem Schadensfall sind die Brandabschnitte allerdings nicht als klare Bereichsabgrenzung zu werten.

6 Resümee

Mit den entwickelten Matrizen wird dem Notfallverbund Bamberg ein Werkzeug zur standardisierten Priorisierung von Kulturgütern im Schadensfall zur Verfügung gestellt. Diese können auch von anderen Notfallverbünden überregional verwendet werden.

Die Implementierung erweitert den vorherrschenden Prozess, um bisher aus Sicht der Gefahrenabwehr unterrepräsentierte Kriterien und Einzelbetrachtungen. Das Leitszenario zeigt deutlich auf, dass die Verwendung einer standardisierten Bewertungsmatrix einen klaren einsatztaktischen Mehrwert bietet, da sie eine unmittelbare und gezielte Rettung der wichtigsten Kulturgüter ermöglicht.

Die während der Arbeit identifizierten Unterschiede in der Wahrnehmung der Akteure wurden thematisch aufgezeigt. Diese können durch eine intensivere, konzeptionelle Zusammenarbeit reduziert werden. Mit regelmäßiger Beübung können die Matrizen auf objektspezifischen Gegebenheiten angepasst werden.

Abschließend lässt sich mit der Arbeit die Kulturgutrettung optimieren, da diese in bestehende Konzepte implementiert werden kann und Führungskräften im Schadensfall eine strukturierte Entscheidungshilfe bietet.

7 Quellenverzeichnis

1. Nach Flut im Ahrtal: Museen helfen bei der Rettung von Kulturgütern.
RedaktionsNetzwerk Deutschland [Internet]. 11. August 2021 [zitiert 5. Januar 2026];
Verfügbar unter: <https://www.rnd.de/kultur/nach-flut-im-ahrtal-museen-helfen-bei-der-rettung-von-kulturguetern-N4DYSHJ73W3H7KMICTR3ULBTFU.html>
2. Anna-Amalia-Bibliothek: Verheerender Großbrand und ein kleines Wunder.
Mitteldeutscher Rundfunk [Internet]. 2. September 2020 [zitiert 17. Oktober 2025];
Verfügbar unter:
<https://www.mdr.de/geschichte/mitteldeutschland/orte/weimar/brand-anna-amalia-bibliothek-100.html>
3. Stadt Köln [Internet]. [zitiert 5. Januar 2026]. Der Einsturz des Historischen Archivs.
Verfügbar unter: <https://www.stadt-koeln.de/leben-in-koeln/kultur/historisches-archiv-mit-rheinischem-bildarchiv/der-einsturz-des-historischen-archivs>
4. UNESCO World Heritage Centre [Internet]. 2020 [zitiert 5. Januar 2026]. Notre Dame: One year after the fire. Verfügbar unter: <https://whc.unesco.org/en/news/2102/>
5. Bundesamt für Bevölkerungsschutz und Katastrophenhilfe [Internet]. [zitiert 28. November 2025]. Schutz von Kulturgut. Verfügbar unter:
https://www.bbk.bund.de/DE/Themen/Schutz-Kulturgut/schutz-kulturgut_node.html
6. Landesverwaltung Fürstentum Liechtenstein [Internet]. [zitiert 22. Januar 2026]. Kulturgüterschutz bei Schadenereignissen. Verfügbar unter:
<https://www.llv.li/de/landesverwaltung/amt-fuer-kultur/denkmalpflege/kulturgueterschutz>
7. SiLK – SicherheitsLeitfaden Kulturgut der Konferenz Nationaler Kultureinrichtungen [Internet]. Bundesamt für Bevölkerungsschutz und Katastrophenhilfe; 2021.
Verfügbar unter:
https://www.bbk.bund.de/SharedDocs/Downloads/DE/Mediathek/Publikationen/Kulturgutschutz/silk-sicherheitsleitfaden-kulturgut.pdf?__blob=publicationFile&v=3
8. José Luiz Pedersoli Jr., Catherine Antomarchi, Stefan Michalski. A Guide to Risk Management of Cultural Heritage [Internet]. International Centre for the Study of the Preservation and Restoration of Cultural Property; 2016 [zitiert 30. November 2025] S. 120. Verfügbar unter: https://www.iccrom.org/sites/default/files/2017-12/risk_management_guide_english_web.pdf
9. Leitfaden Teil 2: Priorisierung und Sicherheit für Kulturgüter im Fürstentum Liechtenstein [Internet]. Liechtenstein: Amt für Kultur; 2023 März [zitiert 2. Dezember 2025]. Verfügbar unter: https://www.llv.li/serviceportal2/amtstellen/amt-fuer-kultur/denkmalpflege/pdf-dateien/leitfaeden/leitfaden_teil-2-priorisierung-und-risikomanagement_20230207.pdf
10. Referat 6, Herausgeber. Bamberger Zahlen 2024 [Internet]. Bamberg: Stadt Bamberg; 2025 S. 176. Report No.: 71. Jahrgang. Verfügbar unter:
https://www.stadt.bamberg.de/media/custom/3481_8400_1.PDF?1765987783

11. Bundesinstitut für Bau-, Stadt- und Raumforschung [Internet]. [zitiert 3. Dezember 2025]. Stadt- und Gemeindetypen in Deutschland. Verfügbar unter: <https://www.bbsr.bund.de/BBSR/DE/forschung/raumbeobachtung/Raumabgrenzung/en/deutschland/gemeinden/StadtGemeindetyp/StadtGemeindetyp.html>
12. UNESCO World Heritage Centre [Internet]. [zitiert 12. Dezember 2025]. Town of Bamberg. Verfügbar unter: <https://whc.unesco.org/en/list/624/>
13. Richtlinien für die Durchführung des Übereinkommens zum Schutz des Kultur- und Naturerbes der Welt [Internet]. Paris: UNESCO World Heritage Centre; 2023 März [zitiert 13. Dezember 2025]. Verfügbar unter: https://www.unesco.de/assets/dokumente/Kultur/02_Welterbe/OG_UNESCO_Welterbe-Richtlinien_2021_Amtliche_%C3%9Cbersetzung_AA.pdf
14. Zentrum Welterbe Bamberg [Internet]. Bamberg; [zitiert 6. Dezember 2025]. Zentrum Welterbe Bamberg. Verfügbar unter: <https://welterbe.bamberg.de/de/lernort>
15. Kobold M, MoczarSKI J. Bestandserhaltung : ein Ratgeber für Verwaltungen, Archive und Bibliotheken [Internet]. 3. überarbeitet und erweiterte Auflage. Universitäts- und Landesbibliothek Darmstadt, Herausgeber. Darmstadt; 2019 [zitiert 1. Dezember 2025]. 316 S. Verfügbar unter: <https://tuprints.ulb.tu-darmstadt.de/id/eprint/11407>
16. Koordinierungsstelle für die Erhaltung des schriftlichen Kulturguts [Internet]. [zitiert 27. November 2025]. Notfallverbundkarte. Verfügbar unter: <https://www.kek-spK.de/notfallverbundkarte/#/>
17. Gemeinsame Pressemitteilung der Generaldirektion der Staatlichen Archive Bayerns, des Erzbistums Bamberg, der Stadt Bamberg, der Staatsbibliothek Bamberg und der Otto-Friedrich-Universität Bamberg [Internet]. München: Generaldirektion der Staatlichen Archive Bayerns; 2019 Okt [zitiert 27. November 2025]. Verfügbar unter: https://www.gda.bayern.de/fileadmin/user_upload/Medien_fuer_Aktuelles/2019/PM_Notfall_Bamberg.pdf
18. Erzdiözese Bamberg KdöR. Dom zu Bamberg. Bamberg; [zitiert 7. Januar 2026]. Chronologie. Verfügbar unter: <https://bamberger-dom.de/geschichte/chronologie/>
19. Sylwester Kabat. Kirchenbrände in Bayern. Bayerisches Staatsministerium des Inneren, für Sport und Integration für den Brand- und Katastrophenschutz in Bayern, Herausgeber. Brandwacht [Internet]. September 2025 [zitiert 6. Januar 2026];(05/2025):47. Verfügbar unter: <https://www.brandwacht.bayern.de/archiv/brandwacht-5-2025/index.html>
20. Menzel C, Rüsenberg M. Einsatztaktik für die Feuerwehr Hinweise zu Bränden in Kultur- und Sakralbauten [Internet]. Bruchsal: Landesfeuerweherschule Baden-Württemberg; 2021 Nov [zitiert 15. Dezember 2025] S. 21. Verfügbar unter: https://www.lfs-bw.de/fileadmin/LFS-BW/themen/einsatzlehre/sonderlagen/dokumente/Braende_historische_Bauten.pdf
21. Der Beauftragte der Bundesregierung für Kultur und Medien [Internet]. [zitiert 26. November 2025]. Alles zum Kulturgutschutz. Verfügbar unter:

https://www.kulturgutschutz-deutschland.de/DE/AllesZumKulturgutschutz/alleszumkulturgutschutz_node.html

22. Kulturgutschutzgesetz vom 31. Juli 2016 (BGBl. I S. 1914), das zuletzt durch Artikel 1 des Gesetzes vom 17. Juli 2025 (BGBl. 2025 I Nr. 167) geändert worden ist.
23. Arbeitskreis Frachtcontainer. Risikomatrix nach Nohl [Internet]. Institut für Arbeitsschutz der Deutschen Gesetzlichen Unfallversicherung; 2020 Sep. Verfügbar unter: <https://www.dguv.de/medien/ifa/de/pra/container/pdf/risikomatrix-nohl.pdf>
24. SiLK – SicherheitsLeitfaden Kulturgut der Konferenz Nationaler Kultureinrichtungen. Bundesamt für Bevölkerungsschutz und Katastrophenhilfe; 2021 S. 210.
25. Formular zur Risikoanalyse [Internet]. Hamburg: Sicherheitsleitfaden Kulturgut; [zitiert 5. Dezember 2025]. Verfügbar unter: https://www.silk-tool.de/wp-content/uploads/2022/06/1.1_SiLK_Risikoanalyse.pdf
26. SiLK - SicherheitsLeitfaden Kulturgut [Internet]. [zitiert 23. Januar 2026]. SiLK Risk-Ranking. Verfügbar unter: <https://www.silk-tool.de/de/risk-ranking/>
27. Gupta S, Chatterjee P, Rastogi R, Gonzalez EDRS. A Delphi fuzzy analytic hierarchy process framework for criteria classification and prioritization in food supply chains under uncertainty. *Decision Analytics Journal* [Internet]. Juni 2023 [zitiert 22. Dezember 2025];7:100217. Verfügbar unter: <https://linkinghub.elsevier.com/retrieve/pii/S2772662223000577>
28. Aasa OP, Musonda I, Phoya S, Monko RJ. Suitability framework for selecting MCDA methods in energy planning problems. *Next Energy* [Internet]. Oktober 2025 [zitiert 27. Dezember 2025];9:100389. Verfügbar unter: <https://linkinghub.elsevier.com/retrieve/pii/S2949821X25001528>
29. Aquilué Junyent I, Martí Casanovas M, Roukouni A, Moreno Sanz J, Roca Blanch E, Correia GHDA. Planning shared mobility hubs in European cities: A methodological framework using MCDA and GIS applied to Barcelona. *Sustainable Cities and Society* [Internet]. Juli 2024 [zitiert 10. Januar 2026];106:105377. Verfügbar unter: <https://linkinghub.elsevier.com/retrieve/pii/S2210670724002051>
30. Jutta Geldermann, Nils Lerche. Leitfaden zur Anwendung von Methoden der multikriteriellen Entscheidungsunterstützung [Internet]. Geort-Augustus-Universität Göttingen; 2014 Jan [zitiert 27. November 2025]. Verfügbar unter: <https://www.uni-goettingen.de/de/document/download/285813337d59201d34806cfc48dae518-en.pdf/MCDA-Leitfaden-PROMETHEE.pdf>
31. Aruldoss M, Lakshmi TM, Venkatesan VP. A Survey on Multi Criteria Decision Making Methods and Its Applications. *American Journal of Information Systems* [Internet]. 15. Dezember 2013 [zitiert 29. November 2025];1(1):31–43. Verfügbar unter: <https://pubs.sciepub.com/ajis/1/1/5/abstract.html>
32. Rommelfanger H. Fuzzy-Nutzwertanalyse und Fuzzy-AHP. In: Morlock M, Schwindt C, Trautmann N, Zimmermann J, Herausgeber. *Perspectives on Operations Research*:

- Essays in Honor of Klaus Neumann [Internet]. Wiesbaden: DUV; 2006 [zitiert 28. Dezember 2025]. S. 403–23. Verfügbar unter: https://doi.org/10.1007/978-3-8350-9064-4_22
33. Peters ML, Zelewski S. Analytical Hierarchy Process (AHP) – dargestellt am Beispiel der Auswahl von Projektmanagement-Software zum Multiprojektmanagement [Internet]. Essen: Institut für Produktion und Industrielles Informationsmanagement Universität Essen; 2002 S. 52. Verfügbar unter: <https://pim.wiwi.uni-due.de/fileadmin/migratedchairt3assets/file/bericht14.pdf>
 34. Beiderbeck D, Frevel N, Von Der Gracht HA, Schmidt SL, Schweitzer VM. Preparing, conducting, and analyzing Delphi surveys: Cross-disciplinary practices, new directions, and advancements. *MethodsX* [Internet]. 2021 [zitiert 5. Dezember 2025];8:20. Verfügbar unter: <https://linkinghub.elsevier.com/retrieve/pii/S2215016121001941>
 35. Michael Häder. Delphi-Befragungen. 3. Auflage. Wiesbaden: Springer VS; 255 S.
 36. Niederberger M, Deckert S. Das Delphi-Verfahren: Methodik, Varianten und Anwendungsbeispiele. *Zeitschrift für Evidenz, Fortbildung und Qualität im Gesundheitswesen* [Internet]. November 2022 [zitiert 3. Dezember 2025];174:11–9. Verfügbar unter: <https://linkinghub.elsevier.com/retrieve/pii/S1865921722001647>
 37. Gnegel F. Matrix zur Bewertung der Qualität und Bedeutung von Sammlungsobjekten [Internet]. Museumsstiftung Post und Telekommunikation; [zitiert 16. Dezember 2025] S. 8. Verfügbar unter: <https://www.museumsstiftung.de/wp-content/uploads/MSPT-Sammlungskonzept-Sammlungsbewertung-2022-12-07.pdf>
 38. Pant S, Kumar A, Ram M, Klochkov Y, Sharma HK. Consistency Indices in Analytic Hierarchy Process: A Review. *Mathematics* [Internet]. Januar 2022 [zitiert 28. November 2025];10(8):1206. Verfügbar unter: <https://www.mdpi.com/2227-7390/10/8/1206>
 39. Saaty RW. The analytic hierarchy process—what it is and how it is used. *Mathematical Modelling* [Internet]. 1987 [zitiert 29. Januar 2026];9(3–5):161–76. Verfügbar unter: <https://linkinghub.elsevier.com/retrieve/pii/0270025587904738>
 40. Crawford G, Williams C. A note on the analysis of subjective judgment matrices. *Journal of Mathematical Psychology* [Internet]. Dezember 1985 [zitiert 29. Januar 2026];29(4):387–405. Verfügbar unter: <https://linkinghub.elsevier.com/retrieve/pii/0022249685900021>
 41. ISO/IEC/IEEE International Standard - Systems and software engineering – Life cycle processes – Requirements engineering [Internet]. 2018 [zitiert 21. Januar 2026]. Verfügbar unter: <https://ieeexplore.ieee.org/document/8559686/>
 42. Bauernfeind M, Herdin M, Luber K, Naumović T, Reißmann S. Umgang mit Kunst und Kulturgut im Notfall [Internet]. München: Münchner Fachgruppe Präventive Konservierung; 2017 Okt S. 44. Verfügbar unter:

https://www.schloesser.bayern.de/deutsch/ueberuns/rz/service/Notfall-Broschuere_MFGPK_2017-11-07.pdf

43.DGUV Information 208-033. Berlin: Deutsche Gesetzliche Unfallversicherung; 2023
Feb S. 36. Report No.: 208-033.

Anhang

A1: Ausgewählte Kulturgüter und Sensitivitätsanalyse

Für die Beschreibung des Leitszenarios und anschließende Priorisierung durch die Bewertungsmatrix wurden 9 Kulturgüter aus dem Diözesanmuseum ausgewählt. Diese wurden durch den Autor so gewählt, dass möglichst unterschiedliche Materialien, Gewichte und Wertigkeiten berücksichtigt wurden.

ID	Bezeichnung	Materialgruppe
1	Elias in der Wüste	Holz
2	Holz Eipuph des Weihbischhofs	Holz
3	Panegyricus Acadimiae Novae Bambergensis	Papier
4	Domkreuz	Metall/Holz
5	Bergkristall-Drachenschale	Stein
6	Skulptur Adamsportal	Stein
7	Sternenmantel	Stoff
8	Gunthertuch	Stoff
9	Gürtel der heiligen Kunigunde	Stoff

Für die Sensitivitätsanalyse wurden die Merkmalsausprägungen (Ebene 5) der Kulturgüter über die 16 Kriterien durch den Autor geschätzt und in der nachfolgenden Tabelle festgehalten.

ID Kriterium	1	2	3	4	5	6	7	8	9	Gewicht
Symbolische Bedeutung	3	3	3	4	2	4	5	5	3	0,069
Historischer Wert	3	2	2	4	2	4	4	4	3	0,072
Erforschungsgrad	3	2	2	4	1	4	4	5	2	0,024
Wiederbeschaffungswert	2	3	4	4	5	4	5	5	5	0,034
Öffentliche Sichtbarkeit	4	3	4	5	4	5	5	4	4	0,017
Gesetzliche Sicherungspflichten	1	1	1	1	1	1	1	1	1	0,025
Schutzdigitalisierung	5	5	1	5	5	5	5	5	5	0,023
Originalitätsgrad	5	5	1	5	5	4	5	4	4	0,013
Objektsicherung	5	5	1	5	1	5	1	1	1	0,198
Zugänglichkeit	1	1	1	1	1	1	1	1	1	0,104
Fragilität	2	2	4	1	3	3	4	4	5	0,132
Gewicht	4	3	1	5	1	5	2	2	1	0,058
Ortsbeweglichkeit	2	2	1	4	1	4	2	2	1	0,033
Einsatzmittel- und Geräteaufwand	1	2	1	3	1	4	1	1	1	0,024
Zeitkritikalität	3	3	5	3	1	3	5	5	5	0,115
Löschmittel Widerstandsfähigkeit	2	2	2	2	1	1	3	3	3	0,060

Zur zeilenweisen Auflistung der 1.000 Rangordnungen, welche zufällig um $\pm 20\%$ der Gewichtung variiert wurden, ist der folgende VBA-Code mittels KI-Prompt erstellt worden:

KI-Tool: ChatGPT

Sinngemäßer Prompt-Inhalt:

Für die Durchführung einer Sensitivitätsanalyse habe ich 9 Objekte und 16 unterschiedliche, gewichtete Kriterien. Es sollen 1.000 zufällige Rangordnungen untereinander in Excel generiert werden.

Die Ausgangsdaten sind in eine Excel-Sheet wie folgt aufbereitet: In Spalte A2 bis A17 stehen die Kriterien. Spalte B2 bis B17 enthält die Kriteriengewichte. Die Spalten C1:C17 bis K1:K17 enthalten die jeweiligen Objekte 1 bis 9, wobei in der ersten Zeile der Name erfasst ist. Die Gewichtung der Kriterien soll um $\pm 20\%$ variiert werden.

Programmiere mir ein VBA, dass in Excel ausführbar ist und die Gewichtungen entsprechend der Vorgabe variiert. Die Ausgabe soll in einem neuen Excel-Sheet erfolgen und pro Zeile (1.000) jeweils die Rangordnung der 9 Objekte ausgeben. In Zeile 1 soll der Objektname stehen. Die Spalte 1 beinhaltet die Vorlaufende Nummerierung von 1 bis 1.000.

VBA-Code:

Option Explicit

```
Sub MonteCarloFuzzyAHP_RangdatenExport()  
    Dim wsData As Worksheet, wsResults As Worksheet  
    Dim i As Long, j As Long, k As Long  
    Dim nObj As Long, nKri As Long, nSim As Long  
    Dim BasisGewichte() As Double  
    Dim Bewertung() As Double  
    Dim Gewichte() As Double  
    Dim Scores() As Double  
    Dim Ranks() As Long  
    Dim sumGew As Double  
    Dim rankCount As Long  
  
    ' === Einstellungen ===  
    Set wsData = ThisWorkbook.Sheets("Daten")  
    Set wsResults = ThisWorkbook.Sheets("Simulation")  
    nKri = 16  
    nObj = 9  
    nSim = 1000  
  
    ReDim BasisGewichte(1 To nKri)  
    ReDim Bewertung(1 To nObj, 1 To nKri)  
    ReDim Gewichte(1 To nKri)  
    ReDim Scores(1 To nObj)
```

ReDim Ranks(1 To nObj)

' === Basisgewichte einlesen ===

For i = 1 To nKri

 BasisGewichte(i) = wsData.Cells(i + 1, 2).Value

Next i

' === Bewertungsmatrix einlesen ===

For i = 1 To nObj

 For j = 1 To nKri

 Bewertung(i, j) = wsData.Cells(j + 1, i + 2).Value

 Next j

Next i

' === Ergebnisblatt vorbereiten ===

wsResults.Cells.Clear

wsResults.Cells(1, 1).Value = "Simulation"

For i = 1 To nObj

 wsResults.Cells(1, i + 1).Value = "Objekt " & i

Next i

Randomize

' === Monte-Carlo-Simulation ===

For k = 1 To nSim

 sumGew = 0

 ' Gewichte mit $\pm 20\%$ Variation

 For j = 1 To nKri

 Gewichte(j) = BasisGewichte(j) * (1 + (Rnd() * 0.4 - 0.2))

 If Gewichte(j) < 0 Then Gewichte(j) = 0

 sumGew = sumGew + Gewichte(j)

 Next j

 ' Normieren

 For j = 1 To nKri

 Gewichte(j) = Gewichte(j) / sumGew

 Next j

 ' Scores berechnen

 For i = 1 To nObj

 Scores(i) = 0

 For j = 1 To nKri

 Scores(i) = Scores(i) + Bewertung(i, j) * Gewichte(j)

 Next j

 Next i

 ' Ränge manuell berechnen (1 = bester Score)

 For i = 1 To nObj

```

rankCount = 1
For j = 1 To nObj
    If Scores(j) > Scores(i) Then rankCount = rankCount + 1
Next j
Ranks(i) = rankCount
Next i

' Ergebnisse schreiben
wsResults.Cells(k + 1, 1).Value = k
For i = 1 To nObj
    wsResults.Cells(k + 1, i + 1).Value = Ranks(i)
Next i
Next k

MsgBox "Simulation abgeschlossen! Alle Rangdaten wurden exportiert.", vbInformation
End Sub

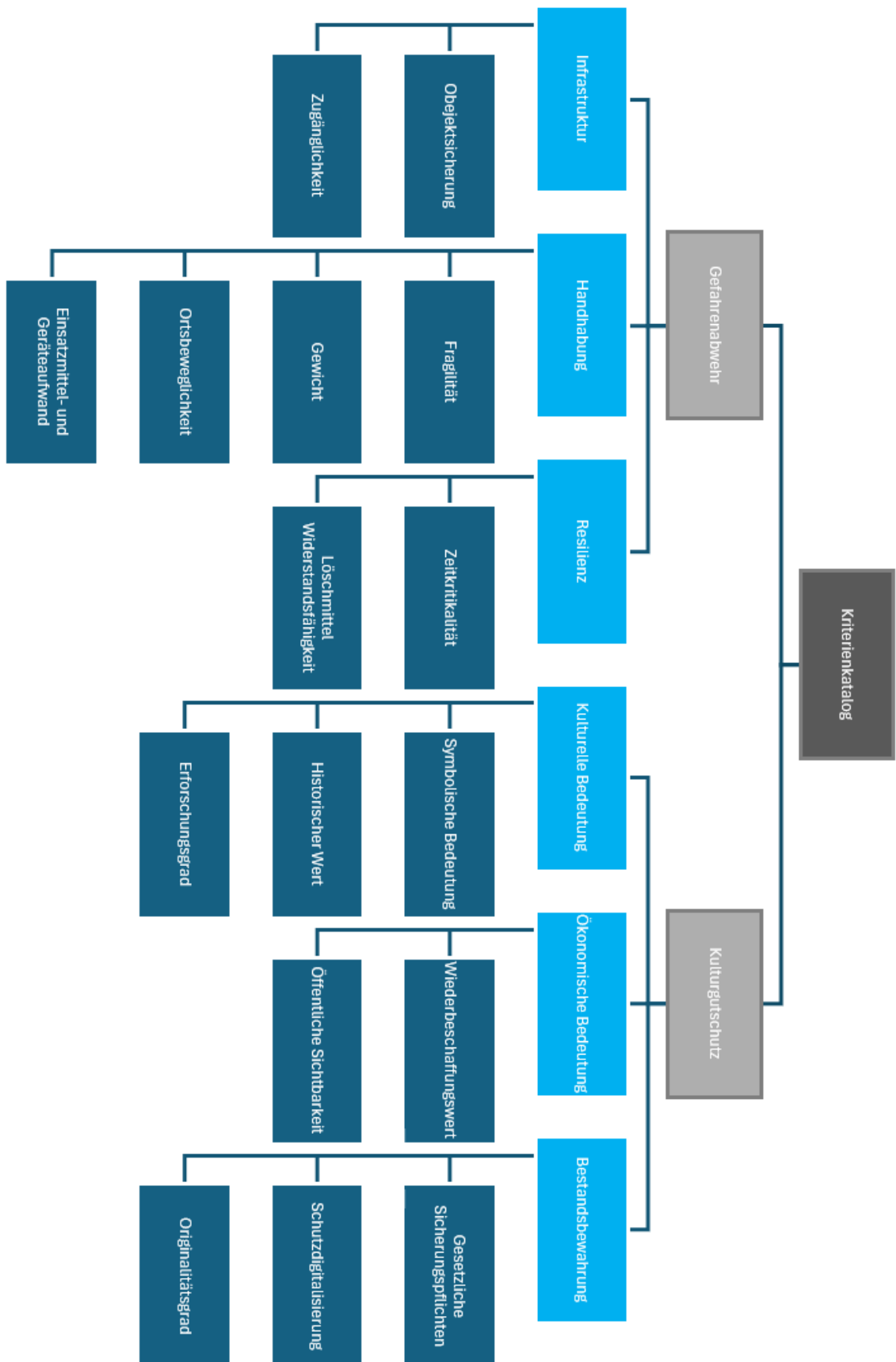
```

Ergebnis:

Das Ergebnis des VBA-Codes über die 1.000 Rang-Simulationen wurde wie folgt für die Erstellung der Abbildung 32 ausgewertet:

Objekt	Min	Max	Mittelwert	Standard- abweichung
Elias in der Wüste	3	5	3,231	0,632
Holz Eipuph des Weihbischhofs	4	7	4,662	0,941
Panegyricus Academiae Novae Bambergensis	8	8	8	0,000
Domkreuz	2	2	2	0,000
Bergkristall-Drachenschale	9	9	9	0,000
Skulptur Adamsportal	1	1	1	0,000
Sternenmantel	3	6	4,591	0,724
Gunthertuch	3	6	5,519	0,723
Gürtel der heiligen Kunigunde	6	7	6,997	0,055

A2: Übersicht AHP-Struktur Ebene 1 bis 4



A3: Kriterienkatalog: Offenlegung Ebene 5

-----Kriterien aus dem Bereich Kulturgutschutz-----

Die Merkmalsausprägungen entsprechen dem Aufbau aus Kapitel 3.3

Symbolische Bedeutung:

Die symbolische Bedeutung beschreibt den Grad, in dem ein Objekt die Identität, Werte und technischen Errungenschaften über seine Funktionalität hinaus verkörpert.

5. Sehr hoch – zentrales Kultursymbol einer Epoche oder Gebietskörperschaft von internationaler Bedeutung

4. Hoch – Kultursymbol einer Epoche oder Gebietskörperschaft von nationaler Bedeutung

3. Moderat – Kultursymbol einer Epoche oder Gebietskörperschaft von regionaler oder Lokaler Bedeutung

2. Gering – Kultursymbol einer Epoche oder Gebietskörperschaft für die interne Sammlung eines Kulturträgers.

1. Sehr gering – Ohne erkennbare symbolische Bedeutung

Historischer Wert:

Der historische Wert bezeichnet den Grad, in dem ein Objekt als verlässliches Zeugnis vergangener Zeiten gesellschaftliche Kontexte, Ereignisse oder das kollektive Gedächtnis festhält.

5. Sehr hoch – Objekt des allgemeinen kollektiven Gedächtnisses (Eintragung in das nationale Kulturgutregister etc.)

4. Hoch – Für bestimmte Gruppen ein Objekt des kollektiven Gedächtnisses

3. Moderat – Das Objekt lässt sich in Gesellschaftliche Kontexte oder Veränderungen einordnen

2. Gering – Kein Objekt des kollektiven Gedächtnisses, kaum ablesbare Gesellschaftliche Kontexte oder Veränderungen

1. Sehr gering – Kein Erinnerungswert, kein Objekt des kollektiven Gedächtnisses, nicht ablesbare Gesellschaftliche Kontexte

Erforschungsgrad:

Der Erforschungsgrad gibt die Bedeutung eines Objektes im wissenschaftlichen Kontext wieder.

5. Sehr hoch – Das Objekt wurde in wissenschaftlichen Publikationen erwähnt oder erhält häufig Anfragen zur Erforschung

4. Hoch – Das Objekt wurde bereits verwendet, um wissenschaftliche Forschungen zu unterstützen oder erhält gelegentlich Anfragen zur Erforschung

3. Moderat – Das Objekt besitzt das Potential, um wissenschaftliche Forschung zu unterstützen und in Anfragen erwähnt zu werden

2. Gering - Das Objekt besitzt kaum Potential, um wissenschaftliche Forschung zu unterstützen

1. Sehr gering - Das Objekt besitzt keine offensichtliche Relevanz, um wissenschaftliche Forschung zu unterstützen

Wiederbeschaffungswert:

Der Wiederbeschaffungswert ist ein Maß für den zu betreibenden Aufwand bzw. die Seltenheit eines Objektes.

5. Unersetzlich – das Objekt ist ein internationales Unikat, es ist kein Ersatz möglich

4. Sehr hoch – der Objekttyp ist sehr selten, ein Ersatz wäre nur durch sehr aufwändige Restaurationsarbeit und sehr hohe Kosten möglich

3. Moderat – der Objekttyp ist selten, ein Ersatz wäre mit hohem Zeit- und Kostenaufwand verbunden

2. Gering – der Objekttyp ist in vielfach vorhanden, ein Ersatz wäre möglich

1. Sehr gering – der Objekttyp ist weit verbreitet, ein Ersatz wäre nicht erforderlich

Öffentliche Sichtbarkeit:

Die Öffentliche Sichtbarkeit ist ein Maß, wie publik ein Objekt medial, touristisch und sozial in der Allgemeinheit wahrnehmbar ist oder dargestellt wird.

5. Sehr hoch – Das Objekt ist ein Publikumsmagnet und wird medial hervorgehoben (Touristenführer etc.)

4. Hoch – Das Objekt ist ein fester Ausstellungsgegenstand und findet regelmäßig medial Erwähnung (Website etc.)

3. Moderat – Das Objekt findet sich in temporären Ausstellungen wieder und findet gelegentlich mediale Erwähnung (Museumsführer etc.)

2. Gering – Das Objekt wird selten Ausgestellt und findet nur geringe Erwähnung in den Medien

1. Sehr gering – Das Objekt befindet sich nur im Depot und generiert keinerlei mediale Aufmerksamkeit.

Gesetzliche Sicherungspflichten:

Innerhalb der deutschen Rechtsvorschriften existieren für die Akteure Verpflichtungen zur Sicherung der Kulturobjekte. Diese gesetzlichen Sicherungspflichten unterscheiden sich dabei entsprechend der Inhaltlich zugewiesenen Aufgaben.

5. Sicherungspflicht vorhanden - Es liegen gesetzliche Regelungen zur Sicherung vor

1. Keine Sicherungspflicht - Es liegen keine gesetzlichen Regelungen zur Sicherung vor

Schutzdigitalisierung:

Im Bereich der Dokumentensicherung stellt die Schutzdigitalisierung eine Methode zur Bestandserhaltung dar. Die digitalen Kopien bieten dabei die Möglichkeit einer sicheren Verwahrung mittels dezentraler Speicherung und Vervielfältigung.

5. Keine Schutzdigitalisierung vorhanden – Es liegen keine Sicherheitskopien vor

1. Schutzdigitalisierung vorhanden – Es liegt mindestens eine Sicherheitskopien vor

Originalitätsgrad:

Der Originalitätsgrad beschreibt den Anteil und Zustand der erhaltenen Originalsubstanz eines Objekts gegenüber Schäden, Rekonstruktionen oder Restaurierungen.

5. (Nahezu) vollständig original – Originalsubstanz sehr gut erhalten(>90%)

4. Großteils original – kleinere Restauratorische Eingriffe (60-90%)

3. Teiloriginal – Originale und Rekonstruktionsanteile gemischt (40-70%)

2. Restauriertes Objekt – wesentliche Teile nachgearbeitet (10-40%)

1. Replica – keine Originalsubstanz mehr vorhanden (<10%)

-----Kriterien aus dem Bereich der Gefahrenabwehr-----

Objektsicherung:

Die Objektsicherung ist ein Maß für die Ausprägung von Schutzvorrichtungen für Objekt.

5. Ungesichert – Das Objekt befindet sich frei gelagert in den Räumlichkeiten (Buch steht im Regal, Gemälde hängt an der Wand etc.)

3. Grundschutz vorhanden – Das Objekt ist in einer Vitrine oder Verpackung gelagert, die keine Zertifizierung aufweist (Brandschutz etc.)

1. Erweiterter Schutz – Das Objekt ist in einer Vitrine oder Verpackung gelagert, die eine Zertifizierung aufweist (Brandschutz etc.)

Zugänglichkeit:

Die Zugänglichkeit bezeichnet die physische Möglichkeit ein Objekt zu erreichen.

Dies kann durch bauliche Eigenschaften, technische Schließsysteme, religiöser sowie sicherheitstechnische Aspekte, wie der Geheimhaltung eingeschränkt sein.

5. Uneingeschränkt – Die Erreichbarkeit des Objektes ist über den Gebäudeverantwortlichen sowie mit der Feuerwehrschießung jederzeit möglich

3. Teil Beschränkt – Die Erreichbarkeit des Objektes ist nur durch den Gebäudeverantwortlichen möglich

1. Beschränkt – Die Erreichbarkeit des Objektes ist nur durch die Einbeziehung externer bzw. verantwortlicher Personen auf überörtlicher Ebene gegeben.

Fragilität:

Die Fragilität ist ein Maß für die Empfindlichkeit eines Objekts gegenüber äußeren Einwirkungen, welche z.B. durch mechanische Belastung zu Schäden führen kann.

1. Robust – unempfindlich gegenüber auftretenden Belastungen im Standardeinsatz

2. Relativ robust – unempfindlich gegenüber Belastungen im Normalbetrieb

3. Sensibel – vorsichtige Handhabung nötig (Handschuhe, Gehäuse/Verpackung etc.)

4. Sehr sensibel – vorsichtige Handhabung nötig, fachkundige Anweisungen notwendig

5. Extrem empfindlich – Direktes Mitwirken fachkundiger Personen erforderlich

Gewicht:

Das Gewicht ist ein Maß für die Schwere eines Objektes. Je höher dieses ist, desto größere ist der zu betreibende Aufwand bei der Bergung. In Anlehnung an die DGUV Information 208-033 (43) nach der Häufigkeit der Tätigkeit und dem Gewicht in [kg] ausgerichtet. Eine Vorbelastung der Personen durch im Schadensfall verwendete Schutzkleidung ist zu beachten.

- 5. Gering** – Das Gewicht des Objektes überschreitet 5 kg nicht.
- 4. Leicht** – Das Gewicht des Objektes liegt zwischen 5 und 10 kg.
- 3. Mittel** – Das Gewicht liegt zwischen 10 und 15 kg.
- 2. Hoch** – Das Gewicht liegt zwischen 15 – 20 kg.
- 1. Sehr hoch** – Das Gewicht überschreitet 20 kg.

Ortsbeweglichkeit:

Die Ortsbeweglichkeit ist Maß für die physische Bewegbarkeit eines Objektes innerhalb einer Räumlichkeit, ohne seine Substanz oder Funktion wesentlich zu verändern.

- 5. Uneingeschränkt** – Ohne Hilfsmittel mit einer Person bewegbar
- 4. Leicht eingeschränkt** – Bewegung ohne Hilfsmittel im Trupp (2 Personen) möglich
- 3. Eingeschränkt** – Bewegung mit Hilfsmitteln möglich
- 2. Stark eingeschränkt** – Bewegung mit Hilfsmitteln und erheblichem Aufwand möglich
- 1. Ortsfest** – Teil eines Gebäudes bzw. größeren Objektes

Einsatzmittel- und Geräteaufwand:

Der Einsatzmittel und Geräteaufwand beschreibt die Notwendigkeit bei der Rettung des Objektes auf Gerätschaften der Feuerwehr bzw. der Gefahrenabwehrbehörden angewiesen zu sein.

- 5. Kein Geräteeinsatz** – Eine händische Mitnahme zur Bergung ist möglich
- 4. Basiswerkzeug** – Eine Bergung mit Basiswerkzeug (Schraubenzieher etc.) ist möglich
- 3. Standardgerätschaften** – Eine Bergung ist mit Standardmitteln der Gefahrenabwehrbehörden möglich (Leitern, Säge etc.)
- 2. Erweiterte Technik** – Eine Bergung ist mit umfangreichen technischen Hilfsmitteln möglich (Hubwagen etc.)

1. Spezialausrüstung – Für eine Bergung ist spezialisierte Technik notwendig (Hydraulik, Kran, Gerüst etc.)

Zeitkritikalität:

Die Zeitkritikalität ist ein Maß für die Dauer der Widerstandsfähigkeit eines Objektes gegenüber schädlichen äußeren Einwirkungen (Wasser, Hitze, Brandrauch etc.) bis es zu einer irreversiblen Schädigung kommt.

5. Unmittelbar – irreversible Schäden treten innerhalb von in Minuten bis zu einer Stunde auf (Papierdokumente, Gemälde etc.)

3. Mittelfristig – Substanzielle Schäden treten im Bereich von 1– 3 Stunden Expositionsdauer auf (Holzobjekte etc.)

1. Verzögert – Substanzielle Schäden treten erst nach mehreren Stunden Exposition auf (Metall, Glas, Stein etc.)

Löschmittel Widerstandsfähigkeit:

Die Widerstandsfähigkeit gegenüber Löschmitteln beschreibt die Fähigkeit eines Materials oder Objekts, der Einwirkung von Löschmitteln (Wasser, Pulver, CO₂ etc.) standzuhalten, ohne dass dabei irreversible chemische oder physikalische Schäden auftreten.

5. Nicht Widerstandsfähig – irreparable Zerstörung bei kontakt mit Löschmitteln

4. Sehr Anfällig – muss mit speziallöschmitteln geschützt werden

3. Anfällig – kann nur mit bestimmten Löschmitteln beaufschlagt werden

2. Widerstandsfähig – kann mit allen Löschmitteln in Berührung kommen, wenn es danach zeitnah behandelt wird (Trocknung etc.)

1. Hoch Widerstandsfähig – kann mit allen gängigen Löschmitteln (Wasser, Schaum, CO₂) in Berührung kommen

A4: Datengrundlage und Fuzzy-Werte

Gefahrenabwehr:

Paarvergleich Ebene 3 - Themenfelder											
GAB	Infrastruktur im Vergleich zu...			Handhabung im Vergleich zu...			Resilienz im Vergleich zu...			Kulturelle Bedeutung im Vergleich zu...	
	Handhabung	Resilienz	Bestandsbewahrung	Kulturelle Bedeutung	Ökonomische Bedeutung	Bestandsbewahrung	Kulturelle Bedeutung	Ökonomische Bedeutung	Bestandsbewahrung	Ökonomische Bedeutung	Bestandsbewahrung
2	1	1	5	1	5	5	5	7	9	5	7
6	3	3	3	5	7	5	1	1	1	1	3
7	3	3	7	3	7	7	1	5	5	5	7
12	1	1	1	3	3	3	3	3	3	7	1
8	5	7	7	3	7	5	1	5	5	7	3

Paarvergleich Ebene 4 - Kriterien											
Symbolischer Wert	Kulturelle Bedeutung			Ökonomische Bedeutung			Handhabung			Resilienz	
	Erforschungsgrad	Historischer Wert	Wiederbeschaffungswert	Gesetzliche Sicherungspflicht	Schutzdigitalisierung	Objektsicherung	Frage	Ortsbeweglichkeit	Einsatzmittel- und Geräteaufwand	Ortsbeweglichkeit	Zeitkritikalität
1	3	7	1	1	1	1	1	1	5	3	5
7	5	1	7	3	1	3	3	5	7	9	7
1	3	5	1	3	1	1	3	3	1	1	1
1	1	1	5	5	1	3	5	3	1	1	3
1	1	3	3	1	7	1	1	1	5	3	5

Ebene 3 - Themenfelder							
Geometrisches Mittel			Fuzzy-Gewicht wi			Defuzzifizierte Werte DF	Normierte DF
unten	mitte	oben	unten	mitte	oben		
1,122	2,967	5,499	0,072	0,363	1,566	0,667	0,354
0,935	2,201	3,634	0,060	0,269	1,035	0,455	0,241
0,525	1,269	2,749	0,034	0,155	0,783	0,324	0,172
0,490	1,066	2,000	0,031	0,130	0,570	0,244	0,129
0,245	0,350	0,794	0,016	0,043	0,226	0,095	0,050
0,195	0,324	0,891	0,012	0,040	0,254	0,102	0,054
Summe:	3,512	8,176	15,567	0,226	1,000	4,433	1,886
Inverse Summe:	0,064	0,122	0,285				

Ebene 4 - Kulturelle Bedeutung							
Geometrisches Mittel			Fuzzy-Gewichte wi			Defuzzifizierte Werte DF	Normierte DF
unten	mitte	oben	unten	mitte	oben		
1,000	1,788	3,634	0,151	0,522	2,047	0,907	0,543
0,500	1,156	2,000	0,075	0,337	1,127	0,513	0,308
0,275	0,484	1,000	0,041	0,141	0,563	0,249	0,149
Summe:	1,775	3,428	6,634	0,268	1,000	3,737	1,668
Inverse Summe:	0,151	0,292	0,563				

Ebene 4 - Ökonomische Bedeutung							
Geometrisches Mittel			Fuzzy-Gewichte wi			Defuzzifizierte Werte DF	Normierte DF
unten	mitte	oben	unten	mitte	oben		
1,000	1,844	2,828	0,261	0,773	2,090	1,041	0,747
0,354	0,542	1,000	0,092	0,227	0,739	0,353	0,253
Summe:	1,354	2,386	3,828	0,354	1,000	2,828	1,394
Inverse Summe:	0,261	0,419	0,739				

Ebene 4 - Bestandsbewahrung							
Geometrisches Mittel			Fuzzy-Gewichte wi			Defuzzifizierte Werte DF	Normierte DF
unten	mitte	oben	unten	mitte	oben		
1,000	2,068	3,302	0,159	0,587	1,809	0,851	0,539
0,550	0,946	2,000	0,087	0,268	1,096	0,484	0,306
0,275	0,511	1,000	0,044	0,145	0,548	0,246	0,155
Summe:	1,825	3,525	6,302	0,290	1,000	3,452	1,581
Inverse Summe:	0,159	0,284	0,548				

Ebene 4 - Infrastruktur							
Geometrisches Mittel			Fuzzy-Gewichte wi			Defuzzifizierte Werte DF	Normierte DF
unten	mitte	oben	unten	mitte	oben		
1,000	1,183	2,000	0,333	0,583	1,333	0,750	0,643
0,500	0,845	1,000	0,167	0,417	0,667	0,417	0,357
Summe:	1,500	2,028	3,000	0,500	1,000	2,000	1,167
Inverse Summe:	0,333	0,493	0,667				

Ebene 4 - Handhabung							
Geometrisches Mittel			Fuzzy-Gewichte wi			Defuzzifizierte Werte DF	Normierte DF
unten	mitte	oben	unten	mitte	oben		
1,000	2,269	4,120	0,109	0,466	1,783	0,786	0,453
0,639	1,306	2,449	0,070	0,268	1,060	0,486	0,269
0,452	0,833	1,565	0,049	0,171	0,677	0,299	0,172
0,219	0,457	1,000	0,024	0,094	0,433	0,184	0,106
Summe:	2,310	4,865	9,134	0,253	1,000	3,954	1,736
Inverse Summe:	0,109	0,206	0,433				

Ebene 4 - Resilienz							
Geometrisches Mittel			Fuzzy-Gewichte wi			Defuzzifizierte Werte DF	Normierte DF
unten	mitte	oben	unten	mitte	oben		
1,000	2,049	2,828	0,261	0,808	2,090	1,053	0,755
0,354	0,488	1,000	0,092	0,192	0,739	0,341	0,245
Summe:	1,354	2,537	3,828	0,354	1,000	2,828	1,394
Inverse Summe:	0,261	0,394	0,739				

Archive:

Paarvergleich Ebene 3 - Themenfelder											
Archive	Infrastruktur im Vergleich zu...				Handhabung im Vergleich zu...				Resilienz im Vergleich zu...		
ID	Handhabung	Resilienz	Kulturelle Bedeutung	Ökonomische Bedeutung	Kulturelle Bedeutung	Bestandsbewahrung	Resilienz	Ökonomische Bedeutung	Kulturelle Bedeutung	Bestandsbewahrung	Ökonomische Bedeutung
3	3	5	1	3	1	1	3	1	1	5	1
11	1	1	1	3	1	1	1	1	3	5	1

Paarvergleich Ebene 4 - Kriterien											
Kulturelle Bedeutung				Bestandsbewahrung				Infrastruktur			
Symbolische Bedeutung		Historischer Wert	Wiederbeschaffungswert	Gesetzliche Sicherungspflichten		Originalitätsgrad	Originalitätsgrad	Schutzdigitalisierung		Objektsicherung	Objektsicherung
Historischer Wert	Erforschungsgrad	Erforschungsgrad	Öffentliche Sichtbarkeit	Schutzdigitalisierung	Originalitätsgrad	Originalitätsgrad	Originalitätsgrad	Schutzdigitalisierung	Originalitätsgrad	Zugänglichkeit	Zugänglichkeit
1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
1	5	9	5	9	9	9	9	1	1	1	1

Ebene 3 - Themenfelder								
Geometrisches Mittel			Fuzzy-Gewichte wi			Defuzzifizierte Werte	Normierte DF	
unten	mitte	oben	unten	mitte	oben			
1,122	1,619	2,140	0,140	0,253	0,417	0,270	0,253	
0,794	1,122	1,587	0,099	0,176	0,309	0,195	0,182	
0,589	0,833	1,260	0,073	0,130	0,245	0,150	0,140	
1,260	1,308	1,348	0,157	0,205	0,262	0,208	0,195	
0,371	0,505	0,707	0,046	0,079	0,138	0,088	0,082	
1,000	1,000	1,000	0,124	0,157	0,195	0,159	0,148	
Summe:	5,136	6,387	8,042	0,639	1,000	1,566	1,068	
Inverse Summe:	0,124	0,157	0,195					

Ebene 4 - Kulturelle Bedeutung								
Geometrisches Mittel			Fuzzy-Gewichte wi			Defuzzifizierte Werte DF	Normierte DF	
unten	mitte	oben	unten	mitte	oben			
1,000	1,442	1,817	0,204	0,405	0,802	0,471	0,390	
1,000	1,710	2,080	0,204	0,481	0,919	0,534	0,442	
0,265	0,405	1,000	0,054	0,114	0,442	0,203	0,168	
Summe:	2,265	3,558	4,897	0,462	1,000	2,163	1,208	
Inverse Summe:	0,204	0,281	0,442					

Ebene 4 - Ökonomische Bedeutung								
Geometrisches Mittel			Fuzzy-Gewichte wi			Defuzzifizierte Werte DF	Normierte DF	
unten	mitte	oben	unten	mitte	oben			
1,000	1,732	2,449	0,290	0,750	1,739	0,926	0,720	
0,408	0,577	1,000	0,118	0,250	0,710	0,359	0,280	
Summe:	1,408	2,309	3,449	0,408	1,000	2,449	1,286	
Inverse Summe:	0,290	0,433	0,710					

Ebene 4 - Bestandsbewahrung								
Geometrisches Mittel			Fuzzy-Gewichte wi			Defuzzifizierte Werte DF	Normierte DF	
unten	mitte	oben	unten	mitte	oben			
1,000	2,924	4,327	0,158	0,714	2,206	1,026	0,679	
0,481	0,585	1,000	0,076	0,143	0,510	0,243	0,161	
0,481	0,585	1,000	0,076	0,143	0,510	0,243	0,161	
Summe:	1,961	4,094	6,327	0,310	1,000	3,225	1,512	
Inverse Summe:	0,158	0,244	0,510					

Ebene 4 - Infrastruktur								
Geometrisches Mittel			Fuzzy-Gewichte wi			Defuzzifizierte Werte DF	Normierte DF	
unten	mitte	oben	unten	mitte	oben			
1,000	1,000	1,000	0,500	0,500	0,500	0,500	0,500	
1,000	1,000	1,000	0,500	0,500	0,500	0,500	0,500	
Summe:	2,000	2,000	2,000	1,000	1,000	1,000	1,000	
Inverse Summe:	0,500	0,500	0,500					

Ebene 4 - Handhabung								
Geometrisches Mittel			Fuzzy-Gewichte wi			Defuzzifizierte Werte DF	Normierte DF	
unten	mitte	oben	unten	mitte	oben			
1,682	2,632	3,464	0,281	0,548	0,945	0,591	0,546	
0,639	0,707	0,841	0,107	0,147	0,229	0,161	0,149	
0,639	0,707	0,841	0,107	0,147	0,229	0,161	0,149	
0,707	0,760	0,841	0,118	0,158	0,229	0,169	0,156	
Summe:	3,667	4,806	5,987	0,612	1,000	1,633	1,082	
Inverse Summe:	0,167	0,208	0,273					

Ebene 4 - Resilienz								
Geometrisches Mittel			Fuzzy-Gewichte wi			Defuzzifizierte Werte DF	Normierte DF	
unten	mitte	oben	unten	mitte	oben			
1,000	1,000	1,000	0,500	0,500	0,500	0,500	0,500	
1,000	1,000	1,000	0,500	0,500	0,500	0,500	0,500	
Summe:	2,000	2,000	2,000	1,000	1,000	1,000	1,000	
Inverse Summe:	0,500	0,500	0,500					

Museen:

Paarvergleich Ebene 3 - Themenfelder									
Museen	Infrastruktur im Vergleich zu...			Handhabung im Vergleich zu...			Resilienz im Vergleich zu...		
	Handhabung	Resilienz	Kulturelle Bedeutung	Bestandsbewahrung	Ökonomische Bedeutung	Bestandsbewahrung	Kulturelle Bedeutung	Ökonomische Bedeutung	Bestandsbewahrung
4	1	1	5	1	5	1	1	7	1
10	1	3	5	3	3	3	3	5	1

Paarvergleich Ebene 4 - Kriterien									
Kulturelle Bedeutung	Bestandsbewahrung			Infrastruktur			Handhabung		
	Symbolische Bedeutung	Historischer Wert	Wiederbeschaffungswert	Gesetzliche Sicherungspflichten	Schutzdigitalisierung	Objektisierung	Fragilität	Gewicht	Resilienz
Historischer Wert	Erforschungsgrad	Erforschungsgrad	Erforschungsgrad	Originalitätsgrad	Originalitätsgrad	Zugänglichkeit	Gewicht	Ortsbeweglichkeit	Zeitorientierung
1	1	1	1	1	1	3	5	1	5
1	3	7	5	3	5	3	1	5	9

Ebene 3 - Themenfelder									
Geometrisches Mittel			Fuzzy-Gewichte wi			Defuzzifizierte Werte		Normierte DF	
unten	mitte	oben	unten	mitte	oben				
1,122	2,140	3,238	0,099	0,296	0,756	0,384		0,287	
1,260	2,000	2,884	0,111	0,277	0,673	0,354		0,264	
0,742	1,285	2,140	0,066	0,178	0,509	0,248		0,185	
0,467	0,833	1,414	0,041	0,115	0,330	0,162		0,121	
0,275	0,371	0,630	0,024	0,051	0,147	0,074		0,055	
0,416	0,589	1,000	0,037	0,082	0,233	0,117		0,088	
Summe:	4,283	7,217	11,306	0,379	1,000	2,640	1,340		
Inverse Summe:	0,088	0,139	0,233						

Ebene 4 - Kulturelle Bedeutung									
Geometrisches Mittel			Fuzzy-Gewichte wi			Defuzzifizierte Werte DF		Normierte DF	
unten	mitte	oben	unten	mitte	oben				
1,000	1,260	1,587	0,218	0,376	0,686	0,427		0,367	
1,000	1,587	2,000	0,218	0,474	0,864	0,519		0,446	
0,315	0,500	1,000	0,069	0,149	0,432	0,217		0,186	
Summe:	2,315	3,347	4,587	0,505	1,000	1,982	1,162		
Inverse Summe:	0,218	0,299	0,432						

Ebene 4 - Ökonomische Bedeutung									
Geometrisches Mittel			Fuzzy-Gewichte wi			Defuzzifizierte Werte DF		Normierte DF	
unten	mitte	oben	unten	mitte	oben				
1,000	1,732	2,449	0,290	0,750	1,739	0,926		0,720	
0,408	0,577	1,000	0,118	0,250	0,710	0,359		0,280	
Summe:	1,408	2,309	3,449	0,408	1,000	2,449	1,286		
Inverse Summe:	0,290	0,433	0,710						

Ebene 4 - Bestandsbewahrung									
Geometrisches Mittel			Fuzzy-Gewichte wi			Defuzzifizierte Werte DF		Normierte DF	
unten	mitte	oben	unten	mitte	oben				
1,000	1,260	1,587	0,227	0,387	0,676	0,430		0,379	
1,000	1,442	1,817	0,227	0,443	0,774	0,482		0,424	
0,347	0,550	1,000	0,079	0,169	0,426	0,225		0,198	
Summe:	2,347	3,252	4,405	0,533	1,000	1,877	1,137		
Inverse Summe:	0,227	0,307	0,426						

Ebene 4 - Infrastruktur									
Geometrisches Mittel			Fuzzy-Gewichte wi			Defuzzifizierte Werte DF		Normierte DF	
unten	mitte	oben	unten	mitte	oben				
1,414	1,732	2,000	0,522	0,750	1,045	0,772		0,742	
0,500	0,577	0,707	0,185	0,250	0,369	0,268		0,258	
Summe:	1,914	2,309	2,707	0,707	1,000	1,414	1,040		
Inverse Summe:	0,369	0,433	0,522						

Ebene 4 - Handhabung									
Geometrisches Mittel			Fuzzy-Gewichte wi			Defuzzifizierte Werte DF		Normierte DF	
unten	mitte	oben	unten	mitte	oben				
1,414	2,913	4,243	0,164	0,544	1,506	0,738		0,504	
0,760	1,414	2,449	0,088	0,264	0,869	0,407		0,278	
0,408	0,658	1,107	0,047	0,123	0,393	0,188		0,128	
0,236	0,369	0,841	0,027	0,069	0,298	0,132		0,090	
Summe:	2,818	5,354	8,640	0,326	1,000	3,056	1,464		
Inverse Summe:	0,116	0,187	0,355						

Ebene 4 - Resilienz									
Geometrisches Mittel			Fuzzy-Gewichte wi			Defuzzifizierte Werte DF		Normierte DF	
unten	mitte	oben	unten	mitte	oben				
2,000	2,645	3,000	0,571	0,875	1,286	0,911		0,863	
0,333	0,378	0,500	0,095	0,125	0,214	0,145		0,137	
Summe:	2,333	3,024	3,500	0,667	1,000	1,500	1,056		
Inverse Summe:	0,285	0,331	0,429						

Bibliothek:

Paarvergleich Ebene 3 - Themenfelder										
Bibliothek	Infrastruktur im Vergleich zu...			Handhabung im Vergleich zu...			Resilienz im Vergleich zu...			Ökonomische Bedeutung
ID	Handhabung	Resilienz	Kulturelle Bedeutung	Bestandsbewahrung	Ökonomische Bedeutung	Kulturelle Bedeutung	Bestandsbewahrung	Ökonomische Bedeutung	Bestandsbewahrung	Bestandsbewahrung
5	1	1	1	1	1	1	7	7	9	1

Paarvergleich Ebene 4 - Kriterien										
Kulturelle Bedeutung			Bestandsbewahrung			Infrastruktur			Handhabung	
Symbolischer Wert	Erforschungsgrad	Historischer Wert	Ökonomische Bedeutung	Wiederbeschaffungswert	Schutzdigitalisierung	Originalitätsgrad	Originalitätsgrad	Zugänglichkeit	Objektsicherung	Resilienz
1	3	7	1	1	1	1	1	3	5	1

Ebene 3 - Themenfelder								
Geometrisches Mittel			Fuzzy-Gewichte wi			Defuzzifizierte Werte		Normierte DF
unten	mitte	oben	unten	mitte	oben			
1,817	1,913	2,000	0,207	0,229	0,249	0,229		0,228
1,817	1,913	2,000	0,207	0,229	0,249	0,229		0,228
1,817	1,913	2,000	0,207	0,229	0,249	0,229		0,228
2,080	2,080	2,080	0,237	0,249	0,259	0,249		0,248
0,245	0,262	0,283	0,028	0,031	0,035	0,032		0,031
0,245	0,262	0,408	0,028	0,031	0,051	0,037		0,037
Summe:	8,022	8,343	8,771	0,915	1,000	1,093	1,003	
Inverse Summe:	0,114	0,120	0,125					

Ebene 4 - Kulturelle Bedeutung								
Geometrisches Mittel			Fuzzy-Gewichte wi			Defuzzifizierte Werte DF		Normierte DF
unten	mitte	oben	unten	mitte	oben			
1,260	1,442	1,587	0,313	0,388	0,468	0,390		0,386
1,817	1,913	2,000	0,452	0,515	0,590	0,519		0,514
0,315	0,362	0,437	0,078	0,097	0,129	0,102		0,101
Summe:	3,392	3,718	4,024	0,843	1,000	1,186	1,010	
Inverse Summe:	0,248	0,269	0,295					

Ebene 4 - Ökonomische Bedeutung								
Geometrisches Mittel			Fuzzy-Gewichte wi			Defuzzifizierte Werte DF		Normierte DF
unten	mitte	oben	unten	mitte	oben			
1,000	1,000	1,000	0,500	0,500	0,500	0,500		0,500
1,000	1,000	1,000	0,500	0,500	0,500	0,500		0,500
Summe:	2,000	2,000	2,000	1,000	1,000	1,000	1,000	
Inverse Summe:	0,500	0,500	0,500					

Ebene 4 - Bestandsbewahrung								
Geometrisches Mittel			Fuzzy-Gewichte wi			Defuzzifizierte Werte DF		Normierte DF
unten	mitte	oben	unten	mitte	oben			
1,000	1,000	1,000	0,333	0,333	0,333	0,333		0,333
1,000	1,000	1,000	0,333	0,333	0,333	0,333		0,333
1,000	1,000	1,000	0,333	0,333	0,333	0,333		0,333
Summe:	3,000	3,000	3,000	1,000	1,000	1,000	1,000	
Inverse Summe:	0,333	0,333	0,333					

Ebene 4 - Infrastruktur								
Geometrisches Mittel			Fuzzy-Gewichte wi			Defuzzifizierte Werte DF		Normierte DF
unten	mitte	oben	unten	mitte	oben			
1,414	1,732	2,000	0,522	0,750	1,045	0,772		0,742
0,500	0,577	0,707	0,185	0,250	0,369	0,268		0,258
Summe:	1,914	2,309	2,707	0,707	1,000	1,414	1,040	
Inverse Summe:	0,369	0,433	0,522					

Ebene 4 - Handhabung								
Geometrisches Mittel			Fuzzy-Gewichte wi			Defuzzifizierte Werte DF		Normierte DF
unten	mitte	oben	unten	mitte	oben			
3,834	4,213	4,559	0,517	0,639	0,791	0,649		0,636
1,189	1,432	1,682	0,161	0,217	0,292	0,223		0,219
0,500	0,615	0,760	0,067	0,093	0,132	0,098		0,095
0,243	0,333	0,408	0,033	0,051	0,071	0,051		0,050
Summe:	5,766	6,593	7,409	0,778	1,000	1,285	1,021	
Inverse Summe:	0,135	0,152	0,173					

Ebene 4 - Resilienz								
Geometrisches Mittel			Fuzzy-Gewichte wi			Defuzzifizierte Werte DF		Normierte DF
unten	mitte	oben	unten	mitte	oben			
1,000	1,000	1,000	0,500	0,500	0,500	0,500		0,500
1,000	1,000	1,000	0,500	0,500	0,500	0,500		0,500
Summe:	2,000	2,000	2,000	1,000	1,000	1,000	1,000	
Inverse Summe:	0,500	0,500	0,500					

A5: Technische Spezifikation

Technische Spezifikation der Bewertungsmatrix

Titel: Technische Spezifikation für eine standardisierte Bewertungsmatrix mit 16 gewichteten Kriterien zur Priorisierung von Kulturgütern

Version: 1.0

Datum: 16.01.2026

Autor: Alexander Rentz

1. Verwendungszweck

Die Spezifikation dient der Beschreibung der Struktur, der Eingabeparameter und der Berechnungslogik einer standardisierten Bewertungsmatrix für Kulturgüter. Ziel ist eine einheitliche Implementierung der Bewertungsmatrix in Software- und Entscheidungssystemen.

2. Anwendungsbereich

Die Spezifikation kann als Grundlage für alle Bewertungssysteme von Kulturgütern auf Basis gewichteter Kriterien verwendet werden. Sie definiert:

- Die erforderlichen Datenfelder
- Wertebereiche
- Die Gewichtungslogik
- Die Zusammensetzung der Gesamtsumme
- Die Einordnung der Priorisierungsklasse

3. Begriffe und Definitionen

Kriterium:

Ein definierter Bewertungsaspekt, der mit einem numerischen Wert bewertet wird.

Kulturgutobjekt:

Ein zu Bewertendes Objekt aus der Bestandsliste eines Akteurs

Akteur:

Eine Person oder Gemeinschaft die eine Bewertung des Kulturguts vornimmt

Gewichtung:

Ein normierter Faktor, der die relative Bedeutung eines Kriteriums im Gesamtscore angibt.

Gesamtsumme:

Der aggregierte Wert, der sich aus der Summe aller gewichteten Kriterien ergibt.

4. Modellübersicht

Die Bewertungsmatrix besteht aus 16 Kriterien, die jeweils durch folgende Parameter definiert sind:

- Name
- Beschreibung
- Bewertungsvorschlag

Das Gewicht jedes Kriterium ist dabei entsprechend dem Akteur aus dem kulturhistorischen Bereich zu wählen. Für jeden Akteur beträgt die aggregierte Summe der Gewichte 1.

Eine spezifische Gewichtung ist dabei bisher für folgende Akteure erfasst:

- Archive
- Bibliotheken
- Museen

5. Datenstruktur

Tabelle 20: Datenstruktur Kulturgutobjekt

Feldname	Datentyp	Beschreibung
ID	Integer	Eindeutige Identifikationsnummer
Bezeichnung	String	Kurzbezeichnung des Objekts
Material	String	Beschreibung der Objektbeschaffenheit
Skala (min)	Integer	Untere Grenze des Bewertungsvorschlang
Skala (max)	Integer	Obere Grenze des Bewertungsvorschlag
Rang	Integer	Position des Objektes relativ zur Gesamtanzahl
Besondere Priorisierung	String	Beschreibung der Besonderheit, welche zu einer maximalen Priorisierung führt.

Tabelle 21: Datenstruktur Kriterium

Feldname	Datentyp	Beschreibung
ID	Integer	Nummer des Kriterium
Name	String	Name des Kriteriums
Definition	String	Kurzbeschreibung der Bedeutung des Kriterium
Gewichtung	Float	Gewichtungsfaktor entsprechend dem Akteur

6. Eingabedaten

Für jedes Kulturgutobjekte sind folgende Angaben erforderlich:

- ID
- Bezeichnung
- Material
- Bewertungsvorschlag pro Kriterium

Ungültige oder fehlende Werte führen zu einem Ausschluss des Kulturgutobjektes in der Priorisierung.

7. Berechnungslogik

7.1 Wert pro Kriterium

Der gewichtete Wert eines Kriteriums wird berechnet als:

$$W_i = B_i \times G_i$$

mit B_i = Bewertung des Kriteriums G_i = Gewichtung des Kriteriums

7.2 Gesamtsumme

Die Gesamtsumme ergibt sich aus:

$$S = \sum_{i=1}^{16} (B_i \times G_i)$$

8. Priorisierung

Die Priorisierung erfolgt durch Vergleich der Gesamtsumme. Je höher die Summe, desto höher die Priorität. Bei Vorliegen einer Besonderen Priorisierung ist diese Maßgeblich.

Prio 1: Top 10% der Rangordnung der Objekte
inkl. Objekte mit besonderer Priorisierung

Prio 2: Top 11-50% der Rangordnung der Objekte

Prio 3: Alle weiteren Objekte

9. Mindestanforderungen an Implementierungen

Ein konformes System muss:

- alle 16 Kriterien unterstützen
- die Gewichtungen unverändert übernehmen
- die Berechnung gemäß Abschnitt 7 durchführen
- Eingaben validieren
- die Priorisierung gemäß Abschnitt 8 anwenden

10. Gewichtungsfaktoren nach Akteur

		Gewichtung [%]			
ID	Kriterium	Allgemein	Archive	Bibliotheken	Museen
1	Symbolische Bedeutung	7,30	7,56	8,76	5,70
2	Historischer Wert	7,41	6,07	7,74	4,72
3	Erforschungsgrad	2,62	2,57	2,35	2,10
4	Wiederbeschaffungswert	3,68	4,85	2,55	3,88
5	Öffentliche Sichtbarkeit	1,80	1,76	1,54	1,41
6	Gesetzliche Sicherungspflichten	3,94	6,16	1,98	3,25
7	Schutzdigitalisierung	2,50	2,36	1,45	2,58
8	Originalitätsgrad	1,73	1,60	1,11	1,25
9	Objektsicherung	18,41	17,32	20,14	22,17
10	Zugänglichkeit	9,61	12,99	8,94	9,84
11	Fragilität	12,24	10,57	12,77	12,09
12	Gewicht	5,23	4,42	5,71	6,91
13	Ortsbeweglichkeit	3,12	3,40	3,14	3,80
14	Einsatzmittel- und Geräteaufwand	2,30	2,77	1,83	2,47
15	Zeitkritikalität	11,86	9,79	12,54	14,43
16	Löschmittel Widerstandsfähigkeit	6,26	5,81	7,44	3,41

A6: Fragebogen Runde 1

[Ergebnisse anzeigen](#)

Auskunftsperson

17

Anonym

01:24

Zeit zum
Ausfüllen

Teil A - Allgemeine Angaben

Die Personenbezogenen Daten werden nur für die interne Auswertung abgefragt, die Inhaltlichen Angaben werden Anonym ausgewertet und lassen keine Rückschlüsse auf einzelne Personen zu.

1. Geben Sie bitte Ihren Vornamen an *

2. Geben Sie bitte Ihren Nachnamen an *

3. Bitte geben Sie ihr Geschlecht an *

☒ Männlich

☐ Weiblich

☐ Divers

4. Welcher Institution gehören Sie an? *

☐ Archiv

☐ Bibliothek

☐ Museum

☐ Feuerwehr / Katastrophenschutz

☒ Sonstiges

5. Wie viele Jahre Berufserfahrung haben Sie in Ihrem Fachgebiet? *

- ☒ < 5 Jahre
- ☐ 5 - 10 Jahre
- ☐ 10 - 15 Jahre
- ☐ 15 - 20 Jahre
- ☐ > 20 Jahre

Teil B - Wahrnehmung allgemeiner Aussagen

6. Eine Zunahme von Gefährdungen für Kulturgüter ist für mich wahrnehmbar *

	Stimme voll zu	Stimme ehr zu	Neutral	Stimme ehr nicht zu	Stimme nicht zu
Brand	☐	☐	☒	☐	☐
Hochwasser	☐	☐	☒	☐	☐
Unwetter	☐	☐	☒	☐	☐
Vandalismus	☐	☐	☒	☐	☐
Krieg	☐	☐	☒	☐	☐

7. Geben Sie die Reihenfolge der Bedrohungen für Kulturgut an, dabei geht von Platz 1 die höchste Gefährdung aus *

1	Hochwasser
2	Brand
3	Unwetter
4	Krieg
5	Vandalismus

8. Die Kulturguteinrichtungen und Organisationen der Gefahrenabwehr sind gut für Notfälle mit Kulturgütern aufgestellt *

	Stimme voll zu	Stimme ehr zu	Neutral	Stimme ehr nicht zu	Stimme nicht zu
Allgemein	☐	☐	☒	☐	☐
Museum	☐	☐	☒	☐	☐
Archiv	☐	☐	☒	☐	☐
Bibliothek	☐	☐	☒	☐	☐
Feuerwehr	☐	☐	☒	☐	☐

Teil C - Sammlung von Kriterien

Im letzten Abschnitt soll ein Kriterienpool bestimmt werden, aus dem die Bewertungsmatrix gebildet wird.
Eine Gewichtung der Kriterien findet dabei erst in den nachfolgenden Runden statt.

9. Bitte geben Sie alle Kriterien an, die Sie für eine Priorisierung von Kulturgütern im Notfall als wichtig erachten. Ergänzen Sie dabei gerne eigene Kriterien die nicht genannt wurden *

- ☐ Historischer Wert
- ☐ Originalitätsgrad
- ☐ Ortsbeweglichkeit
- ☐ Fragilität
- ☐ Widerstandsfähigkeit gegenüber Löschmitteln
- ☐ Wiederbeschaffungswert
- ☐ Symbolische Bedeutung
- ☐ Öffentliche Sichtbarkeit
- ☐ Einsatzmittel und Geräteaufwand
- ☐ Sicherheit des Umfelds
- ☐ Zeitkritikalität bei der Rettung
- ☐ Zugänglichkeit
- ☐ Gewicht
- ☐ Technischer Schutz (Vitrine, Abschirmung, Abdeckung)
- ☐ Erforschungsgrad
- ☒ Sonstiges

10. Welche institutionellen oder rechtlichen Besonderheiten sollten Ihrer Meinung nach zusätzlich beachtet werden? *

Arbeitsabläufe, Organisationsstrukturen, Lagerungsformen, Aufbewahrung von Urkunden, nachweise über Grundbucheinträge etc.

Antwort

11. Freitext für Rückmeldungen die nicht durch den Fragebogen abgedeckt wurden

Keine Antwort angegeben.

A6: Fragebogen Runde 2

[Ergebnisse anzeigen](#)

Auskunftsperson

13

Anonym

00:53

Zeit zum
Ausfüllen

Informationen zum Ablauf der Gewichtung

Der in Runde 1 gebildete Kriterienkatalog soll in der nachfolgenden Runde gewichtet werden. Die Gewichtung wird - je nach Szenario - unterschiedlich ausfallen.

Für diese Forschungsarbeit soll die Priorisierung im **Brandfall** betrachtet werden, da hier die Einsatzkräfte als alleinige Akteure im Gebäude angenommen werden können.

Dazu wird ein Paarvergleich zwischen den 16 Kriterien durchgeführt. Eine genaue Beschreibung der Kriterien ist dem Einladungslink beigelegt. Der Vergleich erfolgt mittels linguistischer Ausdrücke.

1. Vorname *

2. Nachname *

Paarvergleich: Oberkategorien

In diesem Abschnitt sollen die Gewichtungen der Ebene 1 - Oberkategorien zueinander ermittelt werden. Dazu folgt eine 6x6 Bewertungsmatrix der folgenden Oberkategorien, welche jeweils aus zwei bis vier Kriterien bestehen:

Kulturelle Bedeutung (Symbolische Bedeutung, Historischer Wert, Erforschungsgrad)

Ökonomische Bedeutung (Wiederbeschaffungswert, Öffentliche Sichtbarkeit)

Bestandsbewahrung (Gesetzliche Sicherungspflichten, Schutzdigitalisierung, Originalitätsgrad)

Infrastruktur (Objektsicherung, Zugänglichkeit)

Handhabung (Fragilität, Gewicht, Ortsbeweglichkeit, Einsatzmittel- und Geräteaufwand)

Resilienz (Zeitkritikalität, Löschmittel Widerstandsfähigkeit)

3. Die Kategorie **Infrastruktur** ist im direkten Vergleich ____ (Spalte) ____ zur Kategorie ____ (Zeile) ____? *

	Gleichwertig	Gering wichtiger	Deutlich wichtiger	Viel wichtiger	Sehr viel wichtiger
Handhabung	☒	☐	☐	☐	☐
Resilienz	☒	☐	☐	☐	☐
Kulturelle Bedeutung	☒	☐	☐	☐	☐
Ökonomische Bedeutung	☒	☐	☐	☐	☐
Bestandsbewahrung	☒	☐	☐	☐	☐

4. Die Kategorie **Handhabung** ist im direkten Vergleich ____ (Spalte) ____ zur Kategorie ____ (Zeile) ____? *

	Gleichwertig	Gering wichtiger	Deutlich wichtiger	Viel wichtiger	Sehr viel wichtiger
Resilienz	☒	☐	☐	☐	☐
Kulturelle Bedeutung	☒	☐	☐	☐	☐
Ökonomische Bedeutung	☒	☐	☐	☐	☐
Bestandsbewahrung	☒	☐	☐	☐	☐

5. Die Kategorie **Resilienz** ist im direkten Vergleich ____ (Spalte) ____ zur Kategorie ____ (Zeile) ____? *

	Gleichwertig	Gering wichtiger	Deutlich wichtiger	Viel wichtiger	Sehr viel wichtiger
Kulturelle Bedeutung	☒	☐	☐	☐	☐
Ökonomische Bedeutung	☒	☐	☐	☐	☐
Bestandsbewahrung	☒	☐	☐	☐	☐

6. Die Kategorie **Kulturelle Bedeutung** ist im direkten Vergleich ____ (Spalte) ____ zur Kategorie ____ (Zeile) ____? *

	Gleichwertig	Gering wichtiger	Deutlich wichtiger	Viel wichtiger	Sehr viel wichtiger
Ökonomische Bedeutung	☒	☐	☐	☐	☐
Bestandsbewahrung	☒	☐	☐	☐	☐

7. Die Kategorie **Ökonomische Bedeutung** ist im direkten Vergleich ____ (Spalte) ____ zur Kategorie ____ (Zeile) ____? *

	Gleichwertig	Gering wichtiger	Deutlich wichtiger	Viel wichtiger	Sehr viel wichtiger
Bestandsbewahrung	☒	☐	☐	☐	☐

Paarvergleich: Kriterien

In diesem Abschnitt sollen die Gewichtungen der Ebene 2 – Kriterien zueinander ermittelt werden.

Dazu folgt eine 2x2 bis 4x4 Bewertungsmatrix der folgenden Kategorien welche jeweils kurz beschrieben werden

Kulturelle Bedeutung

Im Abschnitt sollend die folgenden Kriterien miteinander Verglichen werden:

Symbolische Bedeutung: Die symbolische Bedeutung beschreibt den Grad, in dem ein Objekt die Identität, Werte und technischen Errungen-schaften über seine Funktionalität hinaus verkörpert.

Historischer Wert: Der historische Wert bezeichnet den Grad, in dem ein Objekt als verlässliches Zeugnis vergangener Zeiten gesellschaftliche Kontexte, Ereignisse oder das kollektive Gedächtnis festhält.

Erforschungsgrad: Der Erforschungsgrad gibt die Bedeutung eines Objektes im wissenschaftlichen Kontext wieder.

8. Das Kriterium **Symbolische Bedeutung** ist im direkten Vergleich mit dem Kriterium __(*Spalte*)__ als __(*Zeile*)__einzuordnen? *

	Gleichwertig	Gering wichtiger	Deutlich wichtiger	Viel wichtiger	Sehr viel wichtiger
Historischer Wert	☒	☐	☐	☐	☐
Erforschungsgrad	☒	☐	☐	☐	☐

9. Das Kriterium **Historischer Wert** ist im direkten Vergleich mit dem Kriterium __(*Spalte*)__ als __(*Zeile*)__einzuordnen? *

	Gleichwertig	Gering wichtiger	Deutlich wichtiger	Viel wichtiger	Sehr viel wichtiger
Erforschungsgrad	☒	☐	☐	☐	☐

Ökonomische Bedeutung

Im Abschnitt sollend die folgenden Kriterien miteinander Verglichen werden:

Wiederbeschaffungswert: Der Wiederbeschaffungswert ist ein Maß für den zu betreibenden Aufwand bzw. die Seltenheit eines Objektes.

Öffentliche Sichtbarkeit: Die Öffentliche Sichtbarkeit ist ein Maß, wie publik ein Objekt medial, touristisch und sozial in der Allgemeinheit wahrnehmbar ist oder dargestellt wird.

10. Das Kriterium **Wiederbeschaffungswert** ist im direkten Vergleich mit dem Kriterium __(*Spalte*)__ als __(*Zeile*)__einzuordnen? *

	Gleichwertig	Gering wichtiger	Deutlich wichtiger	Viel wichtiger	Sehr viel wichtiger
Öffentliche Sichtbarkeit	☒	☐	☐	☐	☐

Bestandsbewahrung

Im Abschnitt sollend die folgenden Kriterien miteinander Verglichen werden:

Gesetzliche Sicherungspflichten: Innerhalb der deutschen Rechtsvorschriften existieren für die Akteure Verpflichtungen zur Sicherung der Kulturobjekte. Diese gesetzlichen Sicherungspflichten unterscheiden sich dabei entsprechende der Inhaltlich zugewiesenen Aufgaben.

Schutzdigitalisierung: Im Bereich der Dokumentensicherung stellt die Schutzdigitalisierung eine Methode zur Bestandserhaltung dar. Die digitalen Kopien bieten dabei die Möglichkeit einer sicheren Verwahrung mittels dezentraler Speicherung und Vervielfältigung.

Originalitätsgrad: Der Originalitätsgrad beschreibt den Anteil und Zustand der erhaltenen Originalsubstanz eines Objekts gegenüber Schäden, Rekonstruktionen oder Restaurierungen.

11. Das Kriterium **Gesetzliche Sicherungspflichten** ist im direkten Vergleich mit dem Kriterium __ (Spalte) __ als __ (Zeile) __ einzuordnen? *

	Gleichwertig	Gering wichtiger	Deutlich wichtiger	Viel wichtiger	Sehr viel wichtiger
Schutzdigitalisierung	☒	☐	☐	☐	☐
Originalitätsgrad	☒	☐	☐	☐	☐

12. Das Kriterium **Schutzdigitalisierung** ist im direkten Vergleich mit dem Kriterium __ (Spalte) __ als __ (Zeile) __ einzuordnen? *

	Gleichwertig	Gering wichtiger	Deutlich wichtiger	Viel wichtiger	Sehr viel wichtiger
Originalitätsgrad	☒	☐	☐	☐	☐

Infrastruktur

Im Abschnitt sollend die folgenden Kriterien miteinander Verglichen werden:

Objektsicherung: Die Objektsicherung ist ein Maß für die Ausprägung von Schutzvorrichtungen für Objekt.

Zugänglichkeit: Die Zugänglichkeit bezeichnet die physische Möglichkeit ein Objekt zu erreichen. Dies kann durch bauliche Eigenschaften, technische Schließsysteme, religiöser sowie sicherheitstechnische Aspekte der Geheimhaltung eingeschränkt sein.

13. Das Kriterium **Objektsicherung** ist im direkten Vergleich mit dem Kriterium __ (Spalte) __ als __ (Zeile) __ einzuordnen? *

	Gleichwertig	Gering wichtiger	Deutlich wichtiger	Viel wichtiger	Sehr viel wichtiger
Zugänglichkeit	☒	☐	☐	☐	☐

Handhabung

Im Abschnitt sollend die folgenden Kriterien miteinander Verglichen werden:

Fragilität: Die Fragilität ist ein Maß für die Empfindlichkeit eines Objekts gegenüber äußeren Einwirkungen welche z.B. durch mechanische Belastung zu Schäden führen kann.

Gewicht: Das Gewicht ist ein Maß für die Schwere eines Objektes. Je höher dieses ist, desto größere ist der zu betreibende Aufwand bei der Bergung. In Anlehnung an die DGUV Information 208-033 (29) nach der Häufigkeit der Tätigkeit und dem Gewicht in [kg] ausgerichtet. Eine Vorbelastung der Personen durch im Schadensfall verwendete Schutzkleidung ist zu beachten.

Ortsbeweglichkeit: Die Ortsbeweglichkeit ist Maß für die physische Bewegbarkeit eines Objektes innerhalb einer Räumlichkeit ohne seine Substanz oder Funktion wesentlich zu verändern.

Einsatzmittel- und Geräteaufwand: Der Einsatzmittel und Geräteaufwand beschreibt die Notwendigkeit bei der Rettung des Objektes auf Gerätschaften der Feuerwehr bzw. der Gefahrenabwehrbehörden angewiesen zu sein.

14. Das Kriterium **Fragilität** ist im direkten Vergleich mit dem Kriterium __(*Spalte*)__ als __(*Zeile*)__einzuordnen? *

	Gleichwertig	Gering wichtiger	Deutlich wichtiger	Viel wichtiger	Sehr viel wichtiger
Gewicht	☒	☐	☐	☐	☐
Ortsbeweglichkeit	☒	☐	☐	☐	☐
Einsatzmittel- und Geräteaufwand	☒	☐	☐	☐	☐

15. Das Kriterium **Gewicht** ist im direkten Vergleich mit dem Kriterium __(*Spalte*)__ als __(*Zeile*)__einzuordnen? *

	Gleichwertig	Gering wichtiger	Deutlich wichtiger	Viel wichtiger	Sehr viel wichtiger
Ortsbeweglichkeit	☒	☐	☐	☐	☐
Einsatzmittel- und Geräteaufwand	☒	☐	☐	☐	☐

16. Das Kriterium **Ortsbeweglichkeit** ist im direkten Vergleich mit dem Kriterium __(*Spalte*)__ als __(*Zeile*)__einzuordnen? *

	Gleichwertig	Gering wichtiger	Deutlich wichtiger	Viel wichtiger	Sehr viel wichtiger
Einsatzmittel- und Geräteaufwand	☒	☐	☐	☐	☐

Resilienz

Im Abschnitt sollend die folgenden Kriterien miteinander Verglichen werden:

Zeitkritikalität: Die Zeitkritikalität ist ein Maß für die Dauer der Widerstandsfähigkeit eines Objektes gegenüber schädlichen äußeren Einwirkungen (Wasser, Hitze, Brandrauch etc.) bis es zu einer irreversiblen Schädigung kommt.

Löschmittel Widerstandsfähigkeit: Die Widerstandsfähigkeit gegenüber Löschmitteln beschreibt die Fähigkeit eines Materials oder Objekts, der Einwirkung von Löschmitteln (Wasser, Pulver, CO₂ etc.) standzuhalten, ohne dass dabei irreversible chemische oder physikalische Schäden auftreten.

17. Das Kriterium **Zeitkritikalität** ist im direkten Vergleich mit dem Kriterium __(*Spalte*)__ als __(*Zeile*)__einzuordnen? *

	Gleichwertig	Gering wichtiger	Deutlich wichtiger	Viel wichtiger	Sehr viel wichtiger
Löschmittel Widerstandsfähigkeit	☒	☐	☐	☐	☐