



**BERGISCHE
UNIVERSITÄT
WUPPERTAL**

Fakultät für Maschinenbau und Sicherheitstechnik

Lehrstuhl Methoden der Sicherheitstechnik/Unfallforschung

Bachelorthesis

Systematik der Schadensbemessung von Bränden: Analyse von Risikofaktoren bei Brandschäden

Name: Jonas Esser

Matrikelnummer:

Anschrift:

1. Prüfer: Univ.-Prof. Dr.-Ing. Uli Barth

2. Prüfer: Dr.-Ing. Sebastian Festag

Wuppertal, 18.03.2022

Erklärung des Verfassers

Ich versichere, dass ich die Arbeit selbstständig verfasst und keine anderen als die angegebenen Quellen und Hilfsmittel benutzt sowie Zitate kenntlich gemacht habe.

Mit Abgabe der Abschlussarbeit erkenne ich an, dass die Arbeit durch Dritte eingesehen und unter Wahrung urheberrechtlicher Grundsätze zitiert werden darf.

Ferner stimme ich zu, dass die Arbeit durch das Fachgebiet an Dritte zur Einsichtnahme herausgegeben werden darf.

Wuppertal, 18.03.2022

Jonas Esser

Gender-Erklärung

Aus Gründen der besseren Lesbarkeit wird in dieser Arbeit die Sprachform des generischen Maskulinums angewandt. Es wird an dieser Stelle darauf hingewiesen, dass die ausschließliche Verwendung der männlichen Form geschlechtsunabhängig verstanden werden soll.

Kurzfassung

Durch die Vielzahl an Möglichkeiten Schäden zu qualifizieren und quantifizieren ist das Feld der Schadensbemessung sehr divers. Mit dem Fokus auf Brandschäden soll in dieser Arbeit ein zusammenfassender Überblick über die Methoden zur Bemessung gegeben werden. Die Schadensarten bei Bränden, unterteilt nach Sachschäden, Umweltschäden und Personenschäden, werden in diesen Überblick mit einbezogen. Darauf aufbauend wird die Stichprobe der vfdb-Brandschadenstatistik zu 1.216 Gebäudebränden hinsichtlich der erfassten Schadenskriterien untersucht. Dazu werden Ereignisschwerpunkte und Zusammenhänge zwischen verschiedenen Einflussfaktoren bei Brandschäden analysiert.

Die Untersuchung wird unterteilt in einen Literaturteil und einen Statistikeil durchgeführt. Für den Literaturteil wird eine systematische Literaturrecherche mit wissenschaftlichen Suchmaschinen, einschlägigen Zeitschriften sowie Internetauftritten von Stakeholdern durchgeführt. Im Rahmen des Statistikeils wird die vfdb-Brandschadenstatistik anhand der vier Auswertungskategorien: Verteilungen des Sachschadens, Verteilungen im Zeitverlauf, Zusammenhänge zwischen Variablen und Aussagekraft untersucht. Grundsätzlich wird dabei die vereinfachte Unterscheidung zwischen Auswertungen der Anzahl bzw. Häufigkeiten, Signifikanzprüfungen von Auffälligkeiten und der Untersuchung auf Korrelationen bzw. Regressionen getroffen.

Diese Arbeit liefert zusätzlich einen Überblick über die Schadensarten und Methoden zur Schadensbemessung bei Bränden in Form einer bildhaften Darstellung. Aus dieser Arbeit lässt sich bereits herleiten, dass ein Sachschadendurchschnitt pro Gebäudebrand mit 13.117,53 € realistisch erscheint. Außerdem kann für die Verteilung des Sachschadens die theoretische Annahme bestätigt werden, dass hohe Schäden besonders selten auftreten. Des Weiteren kann die Küche als Risikoschwerpunkt bestätigt werden. Besonders auffällig ist dabei das übermäßige Auftreten erhöhter Sachschäden. Zudem wird die Nacht als Zeitpunkt für einen erhöhten Anteil an Menschenrettungen, großen Sachschäden und Rauchausbreitungen erkannt. Auf Basis des Verhältnisses zwischen der Anzahl der Brände und Brandsterbefälle wird für Deutschland eine Anzahl von ca. 100.000 Bränden pro Jahr ermittelt.

Abstract

Systematics of fire damage assessment: Analysis of risk factors in fire damage

Due to the multitude of possibilities to qualify and quantify damage, the field of damage assessment is very diverse. This paper will provide an overview of the methods used to measure fire damage. The types of damage in fires, divided into material damage, environmental damage, and personal damage, are included in this overview. The sample of the vfdb fire loss statistics on 1,216 structure fires is examined with regard to the damage criteria recorded. To do so, main risk areas and correlations between different factors influencing fire damage are analyzed.

The analysis is divided into a literature part and a statistics part. For the literature part, a systematic literature research is conducted using scientific search engines, relevant journals as well as stakeholder websites. Within the statistics part, the vfdb fire loss statistics is analyzed based on four evaluation categories: distributions of material damage, distributions over time, correlations between variables, and representativeness. The simplified distinction is made between frequency evaluations, significance tests of irregularities and the analysis of correlations and regressions.

This paper additionally provides an overview of the types of damage and methods of fire damage assessment in the form of a mindmap. This paper indicates that an average material damage per building fire of 13,117.53 € is realistic. Furthermore, regarding the material damage distribution, the theoretical assumption that high damages occur particularly rarely can be confirmed. Moreover, the kitchen area can be identified as a main risk area. Here, the excessive occurrence of increased material damage is particularly striking. In addition, the results show that an increased proportion of human rescues, large material damages and smoke spread occur at night. Based on the relationship between the number of fires and fire fatalities a number of approximately 100,000 fires per year in Germany is estimated.

Inhaltsverzeichnis

Erklärung des Verfassers	II
Gender-Erklärung	III
Kurzfassung.....	IV
Abstract	V
Inhaltsverzeichnis	VI
Abkürzungsverzeichnis.....	VIII
1 Aufgabenstellung	1
1.1 Veranlassung	1
1.2 Zielstellung	2
1.3 Aufbau der Arbeit	3
2 Grundlagen	4
2.1 Relevante Statistiken.....	4
2.1.1 Deutsche Brandstatistiken	4
2.1.2 vfdb-Brandschadenstatistik.....	8
2.1.3 Internationale Brandstatistiken.....	11
2.2 Statistische Methoden	13
3 Vorgehen	15
3.1 Literaturrecherche	15
3.2 Durchführung der Analysen.....	16
4 Ergebnisse: Arten der Brandschadensbemessung	20
4.1 Abgrenzung Schaden und Risiko	20
4.2 Schadensarten bei Bränden.....	21
4.2.1 Sachschäden	21
4.2.2 Umweltschäden	22
4.2.3 Personenschäden.....	24

4.3	Schadensbemessung bei Bränden.....	25
4.3.1	Bemessung von Sachschäden	26
4.3.2	Bemessung von Umweltschäden.....	31
4.3.3	Bemessung von Personenschäden	35
4.3.4	Ergebnis Systematik Schadensbemessung.....	38
5	Ergebnisse: vfdb-Brandschadenstatistik	40
5.1	Untersuchung Risikoschwerpunkte	40
5.2	Untersuchung Cluster und Zusammenhänge	47
5.3	Aussagekraft der Daten.....	49
6	Diskussion.....	53
6.1	Nationaler Kontext.....	53
6.2	Internationaler Kontext	54
7	Fazit und Ausblick.....	57
	Literaturverzeichnis	IX
	Bilderverzeichnis	XXVI
	Tabellenverzeichnis.....	XXIX
	Anhangsverzeichnis	XXXI
	Anhänge	XXXII

Abkürzungsverzeichnis

Abkürzung	Begriff
AGBF	Arbeitsgemeinschaft der Leiter der Berufsfeuerwehren in der Bundesrepublik Deutschland
BBK	Bundesamt für Bevölkerungsschutz und Katastrophenhilfe
BF	Berufsfeuerwehr
BKA	Bundeskriminalamt
BMA	Brandmeldeanlage
CFS	Center of Fire Statistics
CTIF	Internationale Vereinigung des Feuerwehr- und Rettungswesen
Destatis	Statistisches Bundesamt
DFV	Deutscher Feuerwehrverband e.V.
DGUV	Deutsche Gesetzliche Unfallversicherung e.V.
FF	Freiwillige Feuerwehr
GBE Bund	Gesundheitsberichterstattung des Bundes
GDV	Gesamtverband der Deutschen Versicherungswirtschaft e.V.
GK	Gemeindegrößenklasse
IfS	Institut für Schadenverhütung und Schadensforschung der öffentlichen Versicherer e.V.
IG NRW	Informationssystem Gefahrenabwehr Nordrhein-Westfalen
KST	Kolmogorov-Smirnov-Test
Mabw	Mittelwertabweichungen
MRA	Maschinelle Rauch- und Wärmeabzugsanlage
NFIRS	National Fire Incident Reporting System
NFPA	National Fire Protection Association
NRA	Natürliche Rauch- und Wärmeabzugsanlage
NRW	Nordrhein-Westfalen
PTBS, PTSD	Posttraumatische Belastungsstörungen
SAA	Sprachalarmierungsanlage
USFA	U.S. Fire Administration
VdS	VdS Schadenverhütung GmbH
vfdb	Vereinigung zur Förderung des Deutschen Brandschutzes e.V.
VSI	Value of statistical injury
VSL	Value of statistical life
WF	Werkfeuerwehr
WHO	Weltgesundheitsorganisation

1 Aufgabenstellung

Zur Wahrung der Reproduzierbarkeit und Nachvollziehbarkeit bei der Bearbeitung des Themas über die Schadensbemessung von Bränden wird zuerst die Aufgabenstellung abgegrenzt. Dies beinhaltet die Erläuterung der Relevanz sowie die Definition von Zielen. Das Vorgehen zum Erreichen dieser Ziele wird darauffolgend kurz beschrieben.

1.1 Veranlassung

Es gibt verschiedene Möglichkeiten, Schäden zu qualifizieren und zu quantifizieren. Hierzu bedarf es einerseits der Kenntnis der Bedingungen der Schadensentstehung. Andererseits sind zur Bemessung von Schäden Schadenskriterien und entsprechende Informationen erforderlich. Der Fokus dieser Arbeit liegt auf durch Brände verursachten Schäden und Schadenskriterien. Durch Brände können sowohl Sachschäden und Umweltschäden als auch gravierende Personenschäden entstehen. Die Diversität dieser Schadensarten erfordert eine Vielzahl von Methoden und Betrachtungsweisen, um das gesamte Schadensbild eines Brandes zu umfassen. Die Bewertung von Brandschäden erfolgt jedoch meist nur in Bezug auf bestimmte Methoden oder Einzelfälle. Im Rahmen dieser Arbeit soll deshalb ein ganzheitlicher Überblick über Schadensarten und Bemessungsmethoden erarbeitet werden.

Über den einzelnen Brandfall hinausgehend gibt es generelle Schadensbewertungskriterien und Schadensinformationen. Die Relevanz zur Untersuchung der Brandschäden in Deutschland spiegelt sich in den jährlichen Versicherungszahlungen und der Anzahl an Brandsterbefällen wider. So wurden im Jahr 2020 bei Bränden in Wohngebäuden Zahlungen für Sachschäden in Höhe von 1,6 Mrd. € ausgezahlt (Gesamtverband der Deutschen Versicherungswirtschaft e.V [GDV], 2021a, 2021b). Die Zahlungen für Sachschäden in Wohngebäuden unterteilen sich dabei in die Hausratversicherung (Schäden an beweglichen Gegenständen) und die Wohngebäudeversicherung (Schäden am Gebäude, Gebäudebestandteilen und -zubehör) (Allianz, 2021). Die Summe der elf größten Sachschäden bei Bränden in der Industrie belief sich für die Jahre 2018 und 2019 auf 1,4 Mrd. € (Küsel et al., 2020). Die jährliche Anzahl der durch Rauch, Feuer und Flammen gestorbenen Personen in Deutschland im Kontext von unfallartigen Bränden ging im Zeitraum von 2000 bis 2020 von 475 auf 336 zurück (Gesundheitsberichterstattung des Bundes [GBE Bund], 2022).

Für Deutschland sind solche statistischen Angaben über Brände (Brandstatistiken) meist sehr spezifisch. Es werden nur die für die Betrachtungsweise des Verfassers relevanten Daten zum Brandgeschehen erhoben, dokumentiert und untersucht. Folglich existiert in Deutschland der Bedarf nach einer ganzheitlichen Statistik zum Brandgeschehen (Blätte & Wagner, 2013; Max & Dinkov, 2017; Wagner, 2002; Zehfuß, 2020). Für eine einheitliche Erhebung von Bränden durch Feuerwehren liefert die DIN 14010:2019-04 (DIN-Normenausschuss Feuerwehrwesen [FNFW], 2019) eine Grundlage. Jedoch gibt es in Deutschland aktuell keine Verpflichtung der kommunalen Feuerwehren, ihre Daten an den Bund oder die Bundesländer zu melden. In anderen Ländern wie den USA, England, den Niederlanden, Russland, oder Japan ist nach Wagner (2002) diese Meldepflicht bereits seit mehreren Jahrzehnten eingeführt. Die vfdb (Vereinigung zur Förderung des Deutschen Brandschutzes e. V.) hat eine Brandschadenstatistik entwickelt (Festag & Döbbling, 2020), um diese Lücke, ohne den Anspruch eine Vollstatistik zu bieten, zu schließen. Mit der vfdb-Brandschadenstatistik liegt eine Stichprobe von 1.216 tatsächlichen Gebäudebränden mit Informationen zu den Schäden vor, die bisher jedoch noch nicht vollständig aufgearbeitet sind.

1.2 Zielstellung

Im Rahmen der vorliegenden Abschlussarbeit soll eine Systematik für die Qualifizierung von Schäden mit dem Schwerpunkt bei Bränden erarbeitet werden. Das daraus resultierende Ergebnis soll daraufhin anhand von Bränden vertiefend analysiert werden, in dem die Schäden quantifiziert werden. Die Quantifizierung von Brandschäden können an einem konkreten Fall oder statistisch über eine Mehrzahl an Bränden (Ereignisvorkommen) untersucht werden. Bei der statistischen Untersuchung von Bränden, die den zweiten Schwerpunkt der Arbeit darstellt, werden Ereignisschwerpunkte und Zusammenhänge zwischen verschiedenen Einflussfaktoren auf die Brandschäden analysiert. Hierzu werden die Ergebnisse aus der vfdb-Brandschadenstatistik (Festag & Döbbling, 2020) analysiert und gegenüber weiteren statistischen Informationen über Brandursachen und Brandschäden eingeordnet. Das Ziel der Arbeit besteht darin, einen möglichst umfänglichen Überblick über die Schadensarten und deren Bemessung, mit einer exemplarischen Vertiefung in Bezug auf Brände, zu schaffen. Dazu wird eine Übersicht erarbeitet, um die Schadensarten im Kontext von Bränden zusammenzufassen und Ansätze zur Quantifizierung darzustellen.

Risikoanalysen (fire risk analysis) werden ausdrücklich kein Teil dieser Arbeit sein, da diese Methode zur Festlegung von Brandschutzmaßnahmen im Rahmen der Planung von Gebäuden und Anlagen verwendet wird (Meacham et al., 2016). Die Ergebnisse dieser Arbeit lassen sich mit solchen Methoden aufgreifen. Die Schadensbemessung erfolgt im Rahmen dieser Arbeit über die Schäden nach Brandereignissen. Daneben begrenzt sich die statistische Auswertung der Schäden auf Brandereignisse in Deutschland. Es werden Daten aus verschiedenen Quellen themenorientiert statistisch ausgewertet und die Erkenntnisse untereinander abgeglichen. Vereinzelt Kennzahlen zur Schadensbemessung werden mit internationalen Quellen verglichen.

1.3 Aufbau der Arbeit

Der Aufbau der Arbeit ist in Bild 1 dargestellt. Auf die Einleitung folgen zwei Kapitel zur Einführung in die Thematik der Statistiken im Brandschutz und die Beschreibung des Vorgehens bei den Auswertungen (Literatur- und Statistikteil). Danach werden die Ergebnisse dieser beiden Auswertungen dargestellt. Abschließend erfolgt im Rahmen der Diskussion, Fazit und des Ausblicks eine Einordnung der Ergebnisse in den Kontext anderer bereits durchgeführter Untersuchungen.

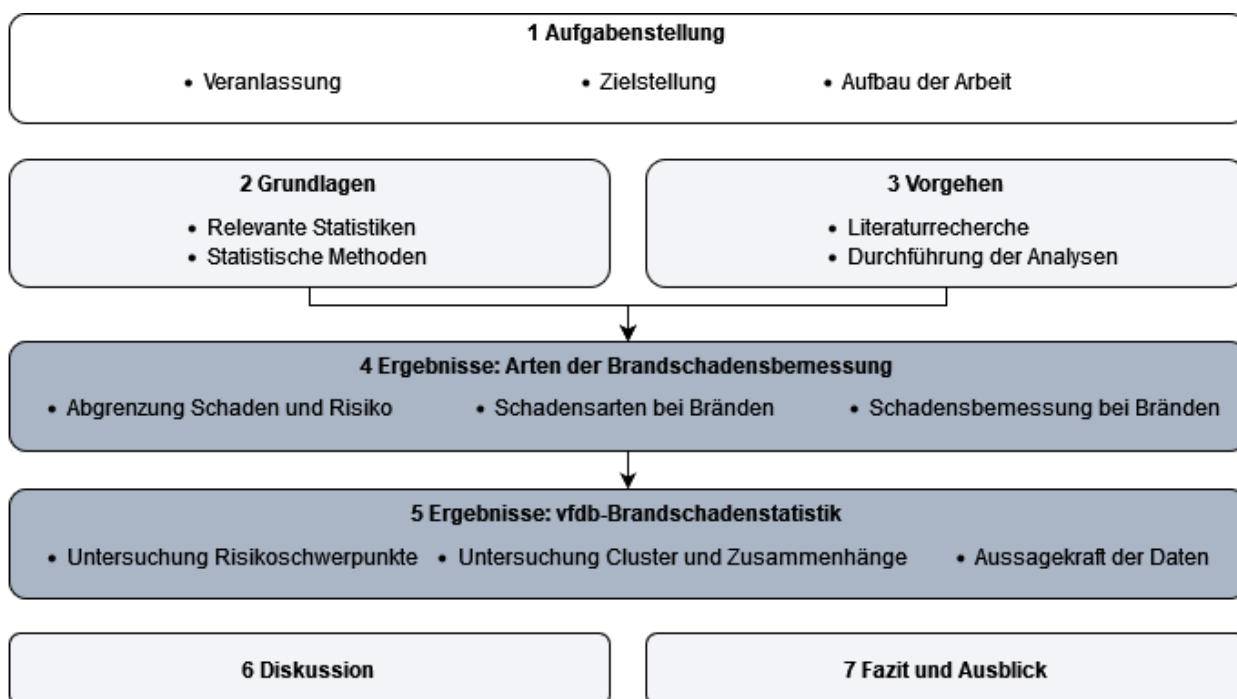


Bild 1: Aufbau der Arbeit

2 Grundlagen

In diesem Kapitel werden Grundlagen zu Statistiken im Brandschutz und statistischen Methoden beschrieben. Die Auswertungen und Vergleiche im weiteren Verlauf der Arbeit werden auf den bereits durchgeführten Erhebungen von Statistiken aufbauen.

2.1 Relevante Statistiken

Die bereits durchgeführten Forschungsarbeiten im Bereich der Statistiken zur Schadensbemessung bei Bränden werden in drei Themengebiete unterteilt. Die Aufteilung gliedert sich in Auswertungen aus Deutschland (Quellen), die vfdb-Brandschadenstatistik (Festag & Döbbling, 2020) und internationale Arbeiten (Quellen).

2.1.1 Deutsche Brandstatistiken

Die historische Entwicklung der Statistiken in Deutschland hat bis heute, trotz der oftmals betonten Relevanz (Wagner, 2002, S. 26), keine einheitliche und repräsentative Brandstatistik hervorgebracht. Durch den vfdb gab es in den letzten 50 Jahren mehrere Initiativen zur Schaffung einer solchen Statistik (1966-1970, 1999). Erst 2010 führte die Initiative des Referat 14 der vfdb zum Start des Projekts der vfdb-Brandschadenstatistik (Bickert, 2021, S. 6 f.). Damit wird zwar eine gesamtheitliche Erfassung der Gebäudebrandeinsätze gewährleistet, jedoch fehlen zur Erreichung einer Repräsentativität zufallsgesteuerte Auswahlverfahren der Teilnehmer (Feuerwehren) (Festag & Döbbling, 2020, S. 56 f.). Für einen ersten Überblick werden existierende Auswertungen zum Brandgeschehen abgegrenzt und darauffolgend die relevanten Statistiken zur Schadensbemessung kurz vorgestellt.

Bild 2 wurde von Festag und Döbbling (2020) genutzt, um die in Deutschland existierenden Brandstatistiken zusammenzufassen. In dem Bild wird deutlich, dass es immer Schnittmengen in den Inhalten verschiedener Statistiken gibt, jedoch fehlt eine Vereinigung aller Statistiken. Durch die vfdb-Brandschadenstatistik wird diese Wissenslücke geschlossen. Zur Abgrenzung der vorhandenen Brandstatistiken werden dort die drei Begriffe Feuerwehrstatistik, (Feuerwehr-)Einsatzstatistik und Brandstatistik eingeführt und erläutert (Festag & Döbbling, 2020, S. 15 ff.).

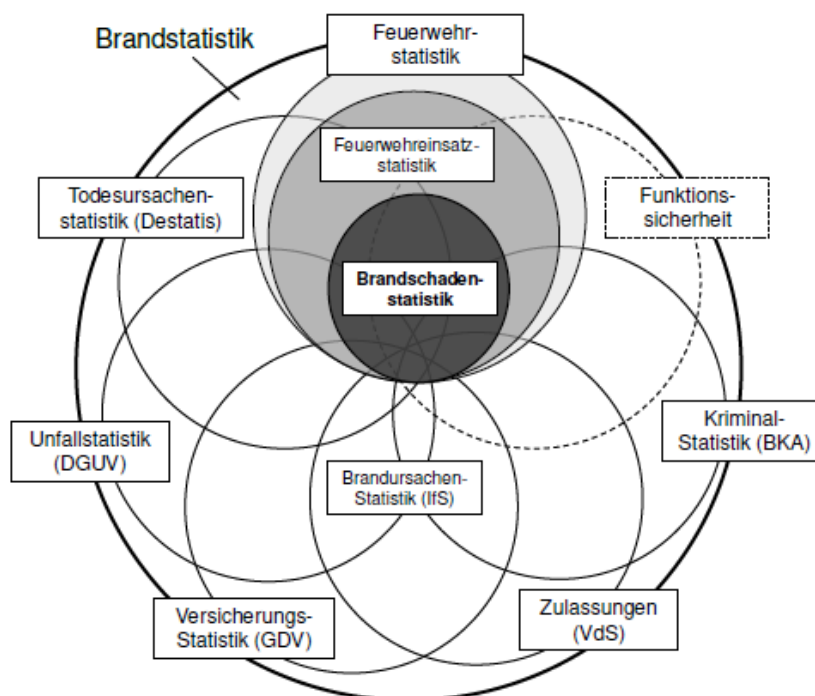


Bild 2: "Einordnung der verschiedenen Statistiken über Brände" gem. (Festag & Döbbling, 2020, S. 13)

Feuerwehrstatistiken umfassen dabei Daten zum Leistungsniveau von kommunalen Feuerwehren oder Werkfeuerwehren und werden meist jährlich in Form eines Jahresberichts veröffentlicht. Dargestellt werden z. B. die Personalentwicklung, Fahrzeug- und Gerätebestand, Statistiken über Aktivitäten (Einsätze, Übungen, Sicherheitswachen) und meistens Berichte über besondere Ereignisse (Einsätze, Neubeschaffungen etc.). Die internen Feuerwehreinsatzstatistiken haben keine definierten Erfassungskriterien. Es werden allerdings meist weitergehende Daten zu den Ereignissen erfasst, z. B. Hilfsfristen, Einsatzart und Einsatzzeitpunkt. Bei Brandstatistiken werden weitergehende Daten zu Brandeinsätzen gesammelt, so z. B. Brandursachen, Brandverläufe, Brandauswirkungen, Brandschäden, Brandschutzmaßnahmen und Brandbekämpfungsmittel. Den Brandstatistiken untergeordnet sind Brandschadenstatistiken, die Verknüpfungen zu den Schäden und Auswirkungen von Bränden herstellen (Festag & Döbbling, 2020, S. 15 ff.). Die weiteren in Bild 2 aufgeführten Statistiken, die unter anderem durch das Bundeskriminalamt (BKA) erhoben und von Festag und Döbbling (2020, S. 18 ff.) kurz beschrieben wurden, liefern im Rahmen dieser Arbeit keine relevanten Daten und werden deshalb nicht weiter thematisiert.

Relevante Daten zur Schadensbemessung aller Brände in Deutschland werden durch zwei Brandstatistiken aus Bild 2 geliefert. Zum einen werden aus der nicht öffentlichen Versicherungsstatistik des GDV die bereits in der Einleitung erwähnten

Versicherungszahlungen für den Wohnbereich und die Großschadenstatistik veröffentlicht (GDV, 2021a, 2021b; Küsel et al., 2016; Küsel et al., 2020). Des Weiteren werden vom GDV besorgniserregende oder auffällige Entwicklungen zum Brandgeschehen publiziert. Bspw. die Erkenntnis, dass es ein erhöhtes Auftreten von Schäden durch Brände im Norden gegenüber dem Süden Deutschlands existiert (GDV, 2019). Festag und Döbbling (2020) fassen die Daten aus der Versicherungsstatistik des GDV mit den Variablen Schadensatz, Schadenhäufigkeit und Schadendurchschnitt im Zeitraum von 1998 – 2016 bzw. 2017 für Wohngebäude-F Feuer, Hausrat-F Feuer, Firmenkunden-Gebäude-F Feuer und Firmenkunden-Inhalt-F Feuer zusammen (S. 315).

Zum anderen wird eine deutschlandweite Todesursachenstatistik vom Statistischen Bundesamt geführt (Statistisches Bundesamt [Destatis], 2022). In dieser werden die Todesursachen auf Grundlage der ICD-10 (International Statistical Classification of Diseases and Related Health Problems - 10. Revision) der Weltgesundheitsorganisation (WHO) verschlüsselt (Bundesinstitut für Arzneimittel und Medizinprodukte [BfArM], 2022). Zur Erfassung der Brandsterbefälle sind dabei die Kategorien X00 – X09 „Exposition gegenüber Rauch, Feuer und Flammen“ relevant. Zur Einordnung der weiteren Diskussionen über Brandsterbefälle in Deutschland sind in Bild 3 die Anzahl der Brandsterbefälle (X00 – X09) im Zeitraum von 2000 bis 2020 aufgetragen (GBE Bund, 2022). Dabei ist zu erkennen, dass die Zahl der jährlichen Brandsterbefälle von 475 auf 336 sank. Zur weiteren Minderung dieser Zahl besteht somit ein relevanter Forschungsbedarf.

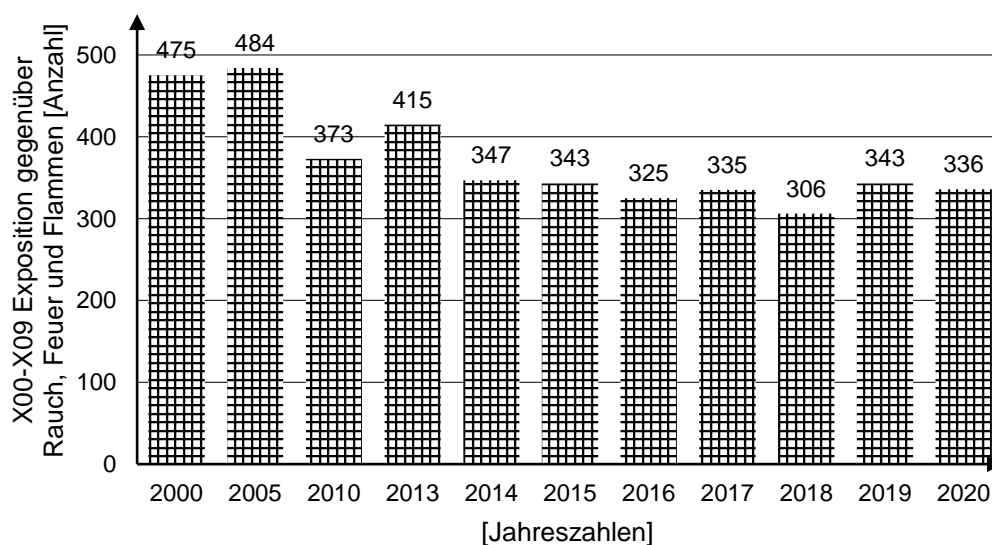


Bild 3: Entwicklung der Brandsterbefälle seit 2000 (GBE Bund, 2022)

Auch der Deutsche Feuerwehrverband (DFV) (2020) bezieht sich in seiner jährlichen Statistik auf diese Zahlen. In dieser werden Brandsterbefälle angegeben, die eine nicht nachvollziehbare Differenz zur Veröffentlichung des Destatis aufweisen. Zudem werden in dieser Statistik Einsatzzahlen veröffentlicht, die sich dabei auf die Alarmierungszahlen der Feuerwehren und nicht auf die tatsächliche Anzahl an Brandereignissen beziehen (Festag & Döbbling, 2020, S. 21). Aus diesen Gründen sind beide vom DFV erhobenen Kriterien bei weiteren Auswertungen kritisch zu betrachten.

Es existieren weitere Brandstatistiken, die sich regional begrenzt mit Faktoren beschäftigen. Diese können zur Schadensbemessung von Bränden genutzt werden. Daher werden diese Statistiken im weiteren Verlauf der Arbeit für Vergleiche und zur Untersuchung der Aussagekraft (s. Kap. 5.3) genutzt. Im Folgenden werden diese Statistiken kurz vorgestellt.

Es existiert eine Vielzahl an Veröffentlichungen zu den Brandopfern in Berlin im Zeitraum 1997 - 2015 und Zusammenhängen zu den Faktoren Zeit, Raum und Brandobjekten (Herweg & Wagner, 2022; Wagner & Herweg, 2018, 2019). Brandopfer werden anhand der Kategorien „In Sicherheit gebrachte Personen“, „Rauchgasvergiftete / verletzte Personen“ und „Leblose Personen“ aufgeteilt (Herweg, 2020, S. 38). Die Daten wurden durch die Pressestelle der Berliner Feuerwehr gesammelt (Herweg, 2020, S. 36). Insgesamt erfasst dieser Datensatz 495 Brandsterbefälle und in Summe 18.117 Brandopfer (Herweg, 2020, S. 54).

In einer weiteren Publikation von Herweg und Wagner (2014) werden die Einsatzchroniken aus Jahresberichten zehn großer deutscher Feuerwehren ausgewertet. Im Zeitraum von 1997 bis 2012 konnten so aus den Jahresberichten Daten zu 258 gesammelt werden. Herweg und Wagner erfassten z. B. die Anzahl der Toten pro Brand, Verteilung Tageszeit, Todesursachen, Altersverteilung und Auffindungsort. Außerdem weist eine andere Publikation eine Verteilung von Sachschäden für das Bundesland Sachsen-Anhalt im Jahr 1994 aus (Wagner, 2008, S. 358). Der Umfang der Erhebung beträgt 1140 Brände, jedoch werden keine Details über die Art der Erhebung des Sachschadens genannt.

Der Fachausschuss „Vorbeugender Brand- und Gefahrenschutz“ der deutschen Feuerwehren (aus der Arbeitsgemeinschaft der Leiter der Berufsfeuerwehren (AGBF) und DFV) sammelte seit 2016 Daten aus ca. 700 Einsatzstellenbegehungen nach Brandereignissen (Maiworm & Bachmeier, 2022). Der Fokus lag dabei auf

Zusammenhängen zwischen vorbeugendem (baulich, anlagentechnisch und organisatorisch) und abwehrendem (Feuerwehr) Brandschutz. Größtenteils haben bis jetzt Feuerwehren aus Großstädten teilgenommen (Maiworm & Bachmeier, 2022, S. 7).

Feuerwehrstatistiken enthalten meistens auch Daten zu der Anzahl von Bränden, Brandsterbefällen, verletzten und geretteten Personen. Zum Vergleich der Stichprobe aus der vfdb-Brandschadenstatistik wurden daher einige online verfügbare Jahresberichte von Feuerwehren in Deutschland gesammelt. Zu den 20 größten Großstädten in Deutschland konnte bei 12 Feuerwehren online für den Zeitraum 2013-2020 Jahresberichte gefunden werden. Welche Kriterien in den Jahren verfügbar sind, ist in Tabelle A17 (s. Anhang A.1) dargestellt. In der Legende (s. Tabelle A16) sind die Bedeutungen der Kürzel in den Tabellen (Tabelle A17 & Tabelle A18) aufgeschlüsselt. Alle fett gedruckten Zellen markieren mangelhafte oder fehlende Daten. Die Jahresberichte wurden auf den Internetseiten der Feuerwehren oder der jeweiligen Städte veröffentlicht. Tabelle A18 fasst die relevanten im Informationssystem Gefahrenabwehr Nordrhein-Westfalen (IG NRW) verfügbaren Kriterien zusammen (Ministerium des Inneren des Landes Nordrhein-Westfalen, 2022). Das Land Nordrhein-Westfalen (NRW) erfasst in dieser Datenbank zentral alle Hilfeleistungsressourcen und gefahrrelevanten Fachdaten. Seit 2014 werden dadurch die Jahresstatistiken aller Gemeinden und kreisfreien Städte gesammelt. Neben den in Tabelle A18 dargestellten Kriterien werden z. B. auch Daten zur Organisation, Personal, Technik und weitere Einsatzdaten (Rettungsdienst, technische Hilfeleistung, Brandobjekte) angegeben.

2.1.2 vfdb-Brandschadenstatistik

Die vfdb-Brandschadenstatistik beruht auf einer anonymisierten Datenerhebung durch das Referat 14 der vfdb bei deutschen Feuerwehren. Das Ziel der Statistik liegt darin, statistische Evidenz über Gebäudebrandeinsätze, sowohl bei tatsächlichen Bränden als auch bei Falschalarmen, zu schaffen (Festag & Döbbeling, 2020, S. 45). Dabei sollte ein möglichst breites Spektrum des Feuerwehrwesens und der Daten über die Alarmierung bis zum Brandschaden abgebildet werden. Es handelt sich nicht um eine Vollstatistik über das Brandgeschehen einer Region oder Gesamtdeutschland. Feuerwehren können sich freiwillig an der Statistik beteiligen, da es aktuell keine gesetzlichen Pflichten für eine gesamtdeutsche Statistik gibt. Darüber hinaus werden über die Diversität der Stichprobe möglichst aussagekräftige Prognosen über die Grundgesamtheit (Brandgeschehen in Deutschland) getätigt. (Festag & Döbbeling, 2020, S. 4 f.)

Umgesetzt wurde die vfdb-Brandschadenstatistik zuerst mit einem Pilotprojekt im Jahr 2010. Das Hauptprojekt wurde auf Grundlage der Erfassung von 580 Brandalarmierungen aus vier teilnehmenden Feuerwehren durchgeführt. Durch das Pilotprojekt konnten erste alleinstehende Ergebnisse abgeleitet und der Erfassungsbogen vor dem Hauptprojekt angepasst werden (Festag & Döbbling, 2020, S. 54). Der Erfassungsbogen für das Hauptprojekt gliedert sich in 22 Hauptgruppen mit 156 erfassten Kriterien (s. Tabelle 1). Der aktuellste Erfassungsbogen gliedert sich in 20 Abfrageblöcke (Festag & Döbbling, 2020, S. 294).

Tabelle 1: Inhalte des Erfassungsbogens im Hauptprojekt der vfdb-Brandschadenstatistik in Anlehnung an (Festag & Döbbling, 2020, S. 49)

Hauptgruppen	Kriterien [Anz.]	Hauptgruppen	Kriterien [Anz.]
Allgemeines	3	Vermutliches Objekt des Brandes	9
Art der Feuerwehr	3	Geschoss des Brandes	5
Art des Gebäudes	4	Brandausmaß	5
Gebäudenutzung	17	Brand begrenzt auf	11
Notruf-/Meldeweg	6	Rauchausbreitung	7
Brand	1	Rauchschichtung erkennbar	1
Falschalarm durch	16	Rettungsweg benutzbar	1
Ausgelöste Anlagentechnik	16	Menschenrettung	2
Zeitpunkt der Brandentstehung	1	Personenschaden	3
Vermutliche Brandursache	8	geschätzter Sachschaden	7
Vermutlicher Ort der Brandentstehung	22	Löschwassereinsatz	8

Das Hauptprojekt gliedert sich in drei Phasen. Die Ergebnisse der beiden ersten Phasen von 2013 bis 2017 werden im Technischen Bericht TB 14-01 dargestellt, welcher als Grundlage für diese Arbeit dient (Festag & Döbbling, 2020). Phase I des Hauptprojektes reichte von 2013 bis 2015. Es wurden 2.775 Gebäudebrandeinsätze und 681 Brandereignisse von 18 Feuerwehren gemeldet. In der Phase II von 2016 bis 2017 wurden Daten von 11 Feuerwehren zu 2.241 Gebäudebrandeinsätzen und 539 Brandereignissen gesammelt. Somit entstand die Stichprobe von 5.016 Gebäudebrandeinsätzen mit 1.216 Brandereignissen (Festag & Döbbling, 2020, S. 55 f.). Alle nach 2017 eingereichten Erfassungsbögen der Feuerwehren werden in Phase III des Projekts gesammelt (Festag & Döbbling, 2020, S. 45).

Aufgrund der bereits erwähnten freiwilligen Teilnahme der Feuerwehren an der vfdb-Brandschadenstatistik, war eine Teilaufgabe des Projekts, Hemmungen gegenüber der

Teilnahme bei Feuerwehren abzubauen und für das Projekt zu werben (Festag & Döbbling, 2020, S. 59). Gründe für die Ablehnung des Projektes waren beispielsweise: organisatorische Veränderungen, Personalmangel, gefürchtete Bewertung individueller Leistungen, fehlender Nutzen des Projektes und eine mögliche Polarisierung der Daten von Feuerwehren (Festag & Döbbling, 2020, S. 302). Aus diesem Umstand resultiert die eingeschränkte Repräsentativität der vfdb-Brandschadenstatistik, da ein nicht zufallsgesteuertes Auswahlverfahren genutzt wurde (Festag & Döbbling, 2020, S. 56 f.).

Die Auswertung der vfdb-Brandschadenstatistik erfolgt auf einer Internetseite mit beschränktem Zugang. Dabei können die Rohdaten aus den Erfassungsbögen nicht direkt abgerufen werden, sondern nur bereits aufbereitete Daten. Die Auswertungsmethoden Clusterauswertungen (Art der Feuerwehr, Gemeindegröße), Gesamtauswertung der Erfassungsblöcke und verknüpfte Auswertung von zwei Erfassungsblöcken stehen zur Verfügung. Durchgeführte Datenabfragen werden im Anschluss als Excel-Dateien heruntergeladen. Die Gemeindegröße, Anzahl der Einwohner einer Gemeinde oder Werkfeuerwehr wird mit Gemeindegrößenklassen (GK) dargestellt (s. Tabelle 2).

Tabelle 2: Definition der Gemeindegrößenklassen in Anlehnung an (Festag & Döbbling, 2020, S. 74)

GK	Definition [Einwohnerzahlen]
0	Werkfeuerwehr
1	0 - 20.000
2	20.0001 - 50.000
3	50.001 - 90.000
4	90.001 - 250.000
5	250.000 - 500.000
6	> 500.000

Bickert (2021) hat sich im Rahmen der Masterthesis mit Risikoanalysen zu den Brandursachen in der vfdb-Brandschadenstatistik beschäftigt. Die zentrale Erkenntnis dieser Arbeit ist, dass Wohnbereiche und Küchenbrände Risikoschwerpunkte von Gebäudebränden sind. Zudem wird darauf hingewiesen, dass unbekannte Brandursachen ein erhöhtes Schadensausmaß aufweisen (Bickert, 2021). Die Kriterien zu Brandschäden werden in dieser Arbeit erstmalig weitergehend analysiert. Dazu werden auch weitergehende Untersuchungen über die Aussagekraft der vfdb-Brandschadenstatistik mit Daten zur Schadensbemessung durchgeführt.

2.1.3 Internationale Brandstatistiken

International gibt es teilweise auf nationalen Ebenen Methoden zur Schadensbemessung im Rahmen von Brandstatistiken. Zudem gibt es im Bereich der Brandstatistiken international Unterschiede in der Datenerhebung. Die verschiedenen Systematiken werden voneinander abgegrenzt und im Nachgang vorgestellt.

Die Erhebung einer Brandstatistik wird allgemein auf verschiedenen Ebenen durchgeführt. Als niedrigste Ebene werden lokale Systeme bei örtlichen Feuerwehren zur Erhebung einer Brandstatistik genutzt. Für diese Form der Erhebung bieten sich ausführliche Feuerwehrstatistiken an. Diese werden am ausführlichsten in Großstädten erhoben (z. B.: New York City, Moskau, Berlin, Paris). Darüber folgen regionale Erhebungssysteme auf Bundesländerebene, wie z. B. in Rheinland-Pfalz, Sachsen-Anhalt und NRW. Zuletzt sind zentralstaatliche Datenerhebungen für Brandstatistiken möglich. Solche Erhebungen werden in den USA, England, den Niederlanden, Russland und Japan durchgeführt. Mit einer zentralstaatlichen Lösung, die auf einer freiwilligen Beteiligung der lokalen Feuerwehren beruht, bildet Dänemark einen Sonderfall. Unabhängig von den Strukturen eines Landes gibt es auch Erhebungen von Brandstatistiken außerhalb des Feuerwehrwesens. So erheben z. B. Versicherungen in Österreich und der Schweiz landesweite Brandstatistiken (Wagner, 2002, S. 27). Aktuell gibt es darüber hinaus das Forschungsvorhaben „EU FireStat“ (EU FireStat, 2022b), mit dem untersucht wird, welche Voraussetzungen zur Schaffung einer Brandstatistik auf Ebene der Europäischen Union erfüllt werden müssen. Dazu wurde bereits eine einheitliche Kommunikation mit definierten Begriffen zur Erhebung einer Brandschadenstatistik erarbeitet (EU FireStat, 2022a). Auch auf deutscher Ebene gibt es die Norm DIN 14010 „Angaben zur statistischen Erfassung von Bränden“ (FNFW, 2019), die mögliche Erhebungskriterien einer Brandstatistik definiert.

Jährlich wird von der Internationalen Vereinigung des Feuerwehr- und Rettungswesens (CTIF) die World Fire Statistics erstellt. Inhalt dieser Statistik sind Vergleiche von Daten zu Bränden wie Brände je 1.000 Einwohner, Brandtote je 100 Brände / 100.000 Einwohner und Verteilung der Brände auf Orte der Brandentstehung (Wohnungen, Transportbereich, Wälder, Grasland/Sträucher/Gestrüpp). Diese Faktoren werden zum einen für Länder (abhängig von der Verfügbarkeit 27-57 Staaten in der Fassung 2021) und für Großstädte weltweit erfasst und publiziert (Brushlinsky et al., 2021). Die in der World Fire Statistics veröffentlichten Daten für Deutschland sind auf Grundlage der angegebenen Statistik des DFV (s. Ausführungen Kap. 2.1.1) nicht sicher verwertbar. Es

erscheint unklar, ob noch weitere Statistiken zur Bildung der deutschen Zahlen genutzt wurden (Festag & Döbbling, 2020, S. 14).

In den USA werden zwei große Brandstatistiken auf nationaler Ebene geführt (U.S. Fire Administration [USFA], 2021). Die größere Datenerhebung bildet das National Fire Incident Reporting System (NFIRS; USFA, 2019). 2019 wurden mit dem NFIRS die Berichte von 72 % der U.S. Feuerwehren gesammelt. Diese Datenerhebung alleinstehend wird nicht als repräsentativ für die USA angenommen (USFA, 2021, S. 1). Daneben wird durch die National Fire Protection Association (NFPA) jährlich eine zufallsgesteuerte Erhebung bei den Feuerwehren durchgeführt (Ahrens & Evarts, 2021). Auf Grundlage dieser Daten werden jährlich repräsentative Brandschadenstatistiken für die USA mit den Faktoren Brandschaden (Anzahl Brände, Brandsterbefälle, Verletzte, direkte Verluste) und Ereignisart (Wohnungsbrand, Fahrzeugbrand, draußen etc.) verfasst (USFA, 2021, S. 2). Außerdem verfasst die USFA über Hochrechnungen mit den beiden Statistiken (NFIRS & NFPA) ein repräsentatives Gesamtlagebild zum Brandgeschehen (USFA, 2012).

Auch in England wird mit der nationalen Statistik (Fire Statistics England) einer Regierungsorganisation eine Brandstatistik geführt. Erhoben werden dabei für die Jahre 2014 / 2015 unter anderem die Faktoren Anzahl der Brandsterbefälle und Brände sowie deren Verteilung im Tagesverlauf. (Gaught et al., 2016) Außerdem wird auch die Anzahl der geretteten Personen bei Bränden erfasst (UK Home Office, 2020, S. 8).

Wie bereits erwähnt werden in der Schweiz und Österreich Brandschadenstatistiken von den Sachversicherungen geführt. In der Schweiz werden dabei die Kriterien Feuerschadenssumme an Gebäuden, Brandsterbefälle und die durchschnittlichen Schäden nach Nutzungsart und Brandursache veröffentlicht (Vereinigung Kantonalen Gebäudeversicherungen [VKG], 2022). Die Österreichischen Brandverhütungsstellen (2018) erfassen unter anderem die Summe der Brandschäden und die Anzahl der Brandsterbefälle. In der Schweiz wurden für das Jahr 2015 auch die Einsatzzahlen erfasst (Feuerwehr Koordination Schweiz [FKS], 2015). Für das Bundesland Vorarlberg in Österreich werden auch noch weitere Daten zu Falschalarmen bei Brandeinsätzen erfasst, dabei wird auch die Größe der Brände und die Nutzungsart der Brandgebäude angegeben (Brandverhütungsstelle Vorarlberg, 2018; Festag, 2018, S. 56).

Unabhängig von diesen verschiedenen Methoden eine Brandstatistik zu erheben, gibt es deutschsprachige Untersuchungen mit dem Fokus auf Daten zu Brandsterbefällen im

Ausland. Randoja und Wagner (2013) haben das Brandrisiko in Estland und Deutschland verglichen. Dafür verwendete Quoten sind Brände pro 1.000 Einwohner oder Brandtote je 100 Brände. Außerdem führten Sokolov und Wagner (2014) eine Auswertung über Daten zu Brandsterbefällen in Russland aus dem Jahr 2012 durch. Betrachtet wurden dabei die Kriterien räumliche Verteilung, Brandobjekte, Brandursache, zeitliche Verteilung, Alter, Geschlecht und sozialer Status der Opfer.

2.2 Statistische Methoden

Im Rahmen der Analysen wird die vfdb-Brandschadenstatistik anhand folgender vier Auswertungsschwerpunkte untersucht: Verteilung des Sachschadens, Verteilungen im Zeitverlauf, Zusammenhänge zwischen Variablen und Aussagekraft. Alle Schwerpunkte haben Grundlagen der mathematischen Statistik gemein. So ist bei allen Auswertungen zu beachten, welcher Skalenart die Variablen zuzuordnen sind (Nominalskala, Ordinalskala, Intervallskala, Verhältnisskala) (Kosfeld et al., 2016, S. 11). Unter Beachtung der vorliegenden Skalenarten und der Abhängigkeit der Stichproben (Bühl, 2019, S. 169; Cleff, 2019, S. 143) können verschiedene Auswertungsmethoden ausgesucht werden. Grundsätzlich gilt die vereinfachte Unterscheidung zwischen Auswertungen der Anzahl bzw. Häufigkeiten, Signifikanzprüfungen von Auffälligkeiten und der Untersuchung auf Korrelationen (Braunecker, 2021, S. 188). Cleff (2019, S. 249 ff.) liefert eine Sammlung der am häufigsten verwendeten Formeln zur Bestimmung von Lageparametern, Streuungsparametern, Zusammenhangsmaßen, Signifikanztests und Verteilungsmodellen. Die beschriebenen Formeln dienen in diesem Rahmen nur als Hintergrund. Berechnungen wurden im Regelfall computergestützt durchgeführt.

Zur Untersuchung der Verteilung des Sachschadens werden Regressionsanalysen durchgeführt, mit denen exponentielle Zusammenhänge nachgewiesen werden können (Papula, 2016, S. 719 ff.). Die Güte von Regressionen wird mit dem Bestimmtheitsmaß R^2 angegeben, welches auch dem Korrelationskoeffizienten entspricht ($R^2 = r^2$) (Kosfeld et al., 2016, S. 240 ff.). Das Risiko hängt von der Eintrittswahrscheinlichkeit und dem Schadensausmaß ab (Festag, 2015). Um mit diesem Zusammenhang Risikoschwerpunkte zu erkennen, werden unter anderem bei Variablen in Abhängigkeit vom geschätzten Sachschaden Mittelwertabweichungen (Mabw) untersucht (Papula, 2016, S. 486 ff.). Auffällige Abweichungen werden durch signifikante Mabw erkennbar (Braunecker, 2021, S. 91 f.; Papula, 2016, S. 672 ff.). Außerdem werden bei Clusterauswertungen (Feuerwehrart, GK) Mittelwerttests zum Vergleich der Stichproben

genutzt (Bühl, 2019, S. 169 f.; Cleff, 2019, S. 144). Aufgrund der Unabhängigkeit der Stichproben und dem Umstand, dass es sich nicht um Normalverteilungen handelt, werden in diesem Fall zum Vergleich der Schadensverteilungen Kolmogorov-Smirnov-Tests (KST) verwendet (Bühl, 2019, S. 360 f.). Darüber hinaus werden bei Variablen aus Hauptgruppen, welche nur sehr selten auftreten, größere Sammelkategorien gebildet. Für die Analyse der Verteilung von Schadensparametern im Zeitverlauf (Tag, Woche) werden wieder Mabw zur Erkennung von Risikoschwerpunkten genutzt. Falls notwendig werden auch bei dieser Auswertungsart Sammelkategorien gebildet.

Zusammenhänge zwischen mehreren Variablen gegenüber dem geschätzten Sachschaden werden mittels Korrelationen untersucht. Der passende Korrelationskoeffizient wird nach Prüfung der Skalenart und Normalverteilung ausgewählt (Braunecker, 2021, S. 188). Die Interpretation der Stärke einer Korrelation erfolgt nach den in Tabelle 3 angegebenen Stufen. Die Formel zur Berechnung des Korrelationskoeffizienten nach Pearson oder Spearman ist in der Formelsammlung von Cleff (2019, S. 251) zu finden. Die Signifikanz von Korrelationen wird, falls vorhanden, als signifikant (*) oder hochsignifikant (**) ausgewiesen (Braunecker, 2021, S. 96 ff.).

Tabelle 3: Stärke von Korrelationen in Anlehnung an (Bühl, 2019, S. 422)

Wert	Interpretation
bis 0,2	Sehr geringe Korrelation
> 0,2 - 0,5	Geringe Korrelation
> 0,5 - 0,7	Mittlere Korrelation
> 0,7 - 0,9	Hohe Korrelation
> 0,9	Sehr hohe Korrelation

Bei der Untersuchung der Aussagekraft der Statistik werden Vergleiche zu anderen verfügbaren Daten (s. Kap. 2.1.1, 2.1.3) durchgeführt. Dazu werden unter anderem Quoten über die Anzahl der Brandsterbefälle und geretteten Personen gebildet. Außerdem werden auf Grundlage dieser Verhältnisse mit verschiedenen anderen Daten Regressionen durchgeführt. Die gewonnenen Funktionsgleichungen werden im Anschluss für Schätzungen genutzt.

3 Vorgehen

Zur Wahrung der Nachvollziehbarkeit und Reproduzierbarkeit der Ergebnisse werden die Schritte für den Literaturteil und den Statistikeil beschrieben. Das Ziel dabei ist es nicht, jede einzelne Handlung zu dokumentieren, sondern Handlungsmuster zu beschreiben und auf die Wiederholung dieser Muster zu verweisen.

3.1 Literaturrecherche

Für den Literaturteil über die Systematik zur Schadensbemessung bei Bränden wurde eine systematische Literaturrecherche durchgeführt. Die Dokumentation und Literaturverwaltung erfolgten mit Citavi. Die systematischen Suchen haben über drei Startpunkte stattgefunden. Zum einen wurden Seiten von relevanten Institutionen durchsucht, so z. B. VdS, Institut für Schadenverhütung und Schadensforschung der öffentlichen Versicherer e.V. (IfS), GDV, BBK, DFV und USFA. Zum anderen wurden Fachzeitschriften (z. B.: vfdb, Fire Safety Journal, Schadenprisma) händisch oder mit Hilfe von Suchmaschinen der Verlage durchsucht. Zudem wurden die wissenschaftlichen Suchmaschinen: Katalog Plus (Bergische Universität Wuppertal), Web of Science, pubmed und Fachdokumentation „Brandschutzwesen“ (Karlsruher Institut für Technologie) genutzt. Die genaue Beschreibung der Suchen, die Anzahl der Ergebnisse und das Vorgehen zum Filtern der Relevanz wurde in einer Tabelle dokumentiert. In Tabelle 4 sind beispielhaft drei Suchen und Teile der Dokumentation dargestellt, die gesamte Tabelle befindet sich im Anhang A.2 Literaturrecherche (s. Tabelle A19). Meistens wurde in der folgenden Reihenfolge vorgegangen: Titelscreening → Lesen des Abstracts → Lesen des Texts. Darüber hinaus wurde auch in relevanter Literatur das Literaturverzeichnis genutzt, um weitere Quellen zu finden (Schneeballverfahren).

Tabelle 4: Beispiel Dokumentation Literaturrecherche

Website / Plattform	Suchstring	Trefferanzahl	Weiteres Vorgehen	Resultat
Web of Science	AB=(fire) AND AB=(damage) AND AB=(consequence) AND AB=(assessment) NOT TI=(Risk)	66	Titelscreening, Abstract	6
Katalog Plus	Brand Sachschaden	37	Titelscreening, Abstract	1
Zeitschrift Schadenprisma	Brandschaden	248	Titelscreening	5

Explizites Ziel der Suchen waren Methoden zur Bemessung von Schäden nach Brandereignissen. Literatur über Methoden zu Risikobewertungen von Gebäuden wurde als irrelevant bewertet. Außerdem wurden Publikationen mit statistischen Auswertungen zu den Folgen des Brandgeschehens, mit einem Fokus auf Deutschland, gesammelt (s. Kap. 2.1).

3.2 Durchführung der Analysen

Aufgeteilt nach den in Kap. 2.2 definierten Auswertungsschwerpunkten werden die einzelnen Auswertungen vorgestellt. Ziel der Vorstellung soll es sein, nachvollziehbar darzustellen, welche mathematischen Operationen genau angewendet wurden. Übergreifend über alle Auswertungsschwerpunkte gilt, dass zur Bestimmung von Risiken Eintrittswahrscheinlichkeiten bestimmt werden. Diese Wahrscheinlichkeiten werden immer in Prozent angegeben, können jedoch je nach Anlass auf verschiedene Ergebnismengen bezogen sein. Für die Verteilung des Sachschadens wurden drei Inhalte für Auswertungen festgelegt. Die ausgewählten Kriterien aus der vfdb-Brandschadenstatistik für Auswertungen sind in Tabelle 5 dargestellt.

Tabelle 5: Durchgeführte Auswertungen Verteilung des Sachschadens

Nr.	Inhalte der Auswertung	Analyseschritte
1	Geschätzter Sachschaden x Feuerwehrtart	Regressionen, Kolmogorov-Smirnov-Test
2	Menschenrettung	Titel
2.1	Geschätzter Sachschaden x Menschenrettung	Regressionen, Korrelationen
2.2	Menschenrettung x Ausgelöste Anlagentechnik	Mittelwertabweichungen + Signifikanz, Kategorien (BMA, Löschanlagen)
2.3	Geschätzter Sachschaden x Menschenrettung x Ausgelöste Anlagentechnik x Rauchausbreitung	Mittelwertabweichungen + Signifikanz, Kategorien (BMA, Löschanlagen, Rauchausbreitung), Korrelationen
3	Vermutlicher Ort der Brandentstehung	Titel
3.1	Geschätzter Sachschaden x Vermutlicher Ort der Brandentstehung	Mittelwertabweichungen + Signifikanz, Kategorien (Geschätzter Sachschaden)
3.2	GK x Geschätzter Sachschaden x Vermutlicher Ort der Brandentstehung	Mittelwertabweichungen + Signifikanz, Kolmogorov-Smirnov-Test

In Tabelle 5 sind des Weiteren die Analyseschritte für die einzelnen Auswertungen dargestellt. Zum Verständnis werden im Folgenden nur beispielhaft die verschiedenen Schritte beschrieben. Die Datentabellen mit den Auswertungen sind außerdem im Anhang B.1 zu finden. Mit der Excel Trendlinien Funktion wurden exponentielle und lineare Regressionen bestimmt. Für die Regressionen wurden in Diagrammen auch die ermittelten Funktionen und Bestimmtheitsmaße (R^2) angegeben. Um zu erkennen,

welche Regression am besten zutrifft, wurden bei den Auswertungen beide Regressionsarten berechnet und die Regression mit dem größten Bestimmtheitsmaß als Ergebnis im Bild dargestellt. Nichtparametrische Tests wie der U-Test nach Mann und Whitney oder der KST, welche abhängig von der Skalenart der vorliegenden Variablen für Vergleiche von zwei Stichproben genutzt werden können, wurden mit SPSS durchgeführt (Bühl, 2019, S. 355). Zur Erkennung von signifikanten Risikoschwerpunkten bei den Auswertungen wurde der Analyseschritt „Mittelwertabweichungen + Signifikanz“ in Excel Tabellen ausgeführt. Für diesen Zweck wurden für die Variablen, pro Spalte und Zeile auf Grundlage der Ausgabe „Anzahl“ der vfdb-Brandschadenstatistik, prozentuale Anteile berechnet. Diese Anteile wurden mit Hilfe der Mabw und des Konfidenzbereichs des Mittelwerts auf Signifikanz untersucht. Beispielhaft ist dies für die Auswertung 3.1 mit der ersten Schadenskategorie (Geschätzter Sachschaden < 1.000 €) und den ersten vier vermutlichen Orten der Brandentstehung in Tabelle 6 dargestellt. Des Weiteren wurden die Spalten mit der Excel Funktion „bedingte Formatierung“ gefärbt, um auffällige Ergebnisse intuitiv und sicher zu erkennen. Die Bedeutung der Färbungen ist jeweils unter den Tabellen dargestellt s. z. B. Tabelle B24 mit den weiteren Daten zur Auswertung 3.1.

Tabelle 6: Beispiel Auswertung 3.1 Geschätzter Sachschaden x Vermutlicher Ort der Brandentstehung

Geschätzter Sachschaden [€] Vermutlicher Ort der Brandentstehung - alle Phasen	< 1.000	Mabw	% Spalte	% Zeile	Mabw %
Wohnraum	35	5,96	5,24%	43,75%	-11,19%
Schlafraum	17	-12,04	2,54%	65,38%	10,44%
Küche	200	170,96	29,94%	71,17%	16,23%
Badezimmer	10	-19,04	1,50%	66,67%	11,72%

Die Analyse der Schadensparameter im zeitlichen Verlauf wird in die beiden Auswertungen Wochenverlauf (I) und Tagesverlauf (II) unterteilt. Wie beim vorangegangenen Auswertungsschwerpunkt werden die durchgeführten Analyseschritte auch hier tabellarisch zusammengefasst (s. Tabelle 7). Mit dem Titel Wochenverlauf werden die Unterschiede der Schadensparameter über die Wochentage Montag bis Sonntag betrachtet. Der Tagesverlauf stellt die Entwicklung im 24-Stundenformat für einen Tag dar.

Tabelle 7: Durchgeführte Analysen zeitlicher Verlauf der Schadensparameter

Nr.	Inhalte der Auswertung	Analyseschritte
I	Wochenverlauf: Geschätzter Sachschaden x Menschenrettung x Evakuierung x Rauchausbreitung bei Eintreffen	Korrelationen, Mittelwertabweichungen + Signifikanz, Kategorien (Rauchausbreitung, Geschätzter Sachschaden)
II	Tagesverlauf: Geschätzter Sachschaden x Menschenrettung x Evakuierung x Rauchausbreitung bei Eintreffen	Korrelationen, Mittelwertabweichungen + Signifikanz, Kategorien (Rauchausbreitung, Geschätzter Sachschaden)

Falls bei einzelnen Variablen von Hauptgruppen aus der vfdb-Brandschadenstatistik zu wenige Daten vorhanden sind, um aussagekräftige Ergebnisse zu erkennen, werden Sammelkategorien gebildet. Alle gebildeten Sammelkategorien werden in Tabelle 8 gezeigt.

Tabelle 8: Definition Sammelkategorien bei Auswertungen

Abgebildete Variablen aus vfdb-Brandschadenstatistik	Titel Sammelkategorie
<u>Geschätzter Sachschaden</u>	
< 1.000 €	Geringer Sachschaden
< 10.000 € + < 100.000 €	Mittlerer Sachschaden
< 500.000 € + < 1.000.000 € + > 1.000.000 €	Hoher Sachschaden
<u>Ausgelöste Anlagentechnik</u>	
Brandmeldeanlage - mit automatischen Brandmelder + Brandmeldeanlage - nur mit Handfeuermeldern	BMA
Sprinkleranlage + Sprühwasserlöschanlage (stationär/halbstationär) + Schaumlöschanlage + Gaslöschanlage	Löschanlagen
<u>Rauchausbreitung bei Eintreffen</u>	
Keine, nicht nennenswert	Keine, nicht nennenswert
Raum, Schacht + Raumgruppe, Wohnung	Geringe Rauchausbreitung
Ganzes Geschoss + Treppenraum + Flur + Mehrere Geschosse	Große Rauchausbreitung

Der Auswertungsschwerpunkt über Zusammenhänge zwischen Variablen wurde wie aus den Tabellen 5 & 7 hervorgeht bei den einzelnen Auswertungen integriert. Dazu wurden zum einen die Korrelationskoeffizienten (meistens Spearman Korrelationen) mit Hilfe des Statistik-Programms SPSS ermittelt. Die Darstellung erfolgt in Tabellen mit allen ausgewerteten Variablen in den Zeilen und Spalten (z. B. s. Tabelle C30, S. XLV). Für eine Aussage zur Güte der Korrelationen zwischen den verglichenen Variablen bei einer Regression wurde das Bestimmtheitsmaß (R^2) erfasst.

Zur Untersuchung der Aussagekraft der vfdb-Brandschadenstatistik wurde der Fokus auf die Auswertung von Schadensparametern gelegt. Hierzu wurden die in Kap. 3.2

beschriebenen Daten von Feuerwehren in Deutschland zu den Variablen Brände, Brandsterbefälle, gerettete und verletzte Personen gesammelt. Diese Daten wurden für die Jahre 2013 bis 2020 mit der Einwohnerzahl (Landesbetrieb Information und Technik Nordrhein-Westfalen [IT.NRW], 2022; Statista, 2022b; Statistisches Bundesamt, 2022) zusammen in einer Tabelle gesammelt (s. Tabelle B28). Bei der Sammlung der Daten aus dem IG NRW (Ministerium des Inneren des Landes Nordrhein-Westfalen, 2022) wurden die folgenden Schritte durchgeführt. Als Brände für eine Stadt wurde jeweils die Summe aus „Einsätze im zuständigen Einsatzgebiet“ der BF + „Einsätze im zuständigen Einsatzgebiet (ohne Beteiligung der BF)“ für die FF gewertet. Auch unter gerettete Personen für eine Stadt wurde die Summe aus BF und FF gebildet. Wenn die Anzahl der Brände für eine Stadt im Verhältnis zur Einwohnerzahl auffällig hoch war, wurde eine Näherung für die Fehlalarme bei Bränden errechnet. Dies war nur als Näherung möglich, da die Fehlalarme in den Kategorien „Blinde Alarmer“ und „Böswillige Alarmer“ nicht nach Ereignistyp (Brandinsatz oder technische Hilfeleistung) aufgeschlüsselt sind. Deshalb wurden für die Summe „Fehlalarme Brand“ nur die Kategorien „Falschalarme in BMA“ und „Blinde Alarmer durch Rauchwarnmelder“ verwendet. Die aus dem IG NRW gewonnenen Daten sind anonymisiert dargestellt. Beim Zusammenfügen mit den gewonnenen Daten aus den Jahresberichten der Feuerwehren (s. Tabelle B28) wurde für die doppelt erfassten Städte in NRW immer die kleinere Anzahl der Brände genutzt und bei der Anzahl der Brandsterbefälle immer die größere Zahl.

Im weiteren Verlauf der Untersuchung der Aussagekraft wurden aus Gründen der Vergleichbarkeit nur Daten im Zeitraum 2013-2017 genutzt, da dies dem zeitlichen Verlauf der Phasen I und II der vfdb-Brandschadenstatistik entspricht. Für weitere Auswertungen wurden einzelne Datensätze entfernt, die vermeintlich fehlerhafte Angaben für die ausgewerteten Variablen enthalten (z. B. hohe Schwankungen der Brandzahl). Die Erstellung von Streudiagrammen für jeweils zwei Variablen erfolgte mit SPSS. In die Streudiagramme wurden lineare Regressionen inkl. Konfidenzbereiche integriert (z. B. s. Bild 25, S. 51).

4 Ergebnisse: Arten der Brandschadensbemessung

Mit diesem Kapitel soll ein Überblick über mögliche Brandschäden und ihre Bemessung gegeben werden. Dazu wird zuerst definiert was ein Schaden ist. Im Anschluss werden Schadensarten bei Bränden differenziert. Dann werden im weiteren Verlauf allen Schadensarten Methoden zur Bemessung zugeordnet und die Ergebnisse in einer Abbildung zusammengefasst.

4.1 Abgrenzung Schaden und Risiko

Bevor im weiteren Verlauf dieser Arbeit Methoden zur Schadensbemessung vorgestellt werden und im Anschluss Risikoanalysen durchgeführt werden, gilt es die formelle Verknüpfung zwischen Schaden und Risiko zu klären. In der Sicherheitswissenschaft werden grundsätzlich Systeme betrachtet, in denen aufgrund von Veränderungen aus einer Gefährdung eine Gefahr wird und so ein negatives Ereignis eintreten kann. Diese negativen Ereignisse oder Unfälle sind dadurch gekennzeichnet, „dass sie (1) zeitlich und örtlich begrenzt, (2) unvorhergesehen, (3) plötzlich, (4) von außen (5) unfreiwillig auf ein schützenswertes Gut einwirken und mit einem (6) Schaden verbunden sind“ (Festag, 2015, S. 2). Der Schaden als direkte Folge dieser Ursachenkette kann in Personen-, Sach- und / oder Umweltschäden unterteilt werden (Kahl, 2019, S. 97). In diesem Kontext besteht ein Zusammenhang zwischen der Gefährlichkeit als Auslöser und der Schädlichkeit als Indikator für das Ausmaß der Folgen (Bickert, 2021; Compes, 1981).

In Abhängigkeit von der Schadensschwere und Häufigkeit können diese Ereignisse in die Stufen Bagatellen, Unfälle und Katastrophen eingeteilt werden. Dabei treten schwere Unfallfolgen in der Praxis am seltensten auf, Bagatellen mit geringeren Folgen am häufigsten. Dieser Zusammenhang zwischen Häufigkeit und Schadensschwere entspricht idealer Weise einer exponentiellen Entwicklung (Festag, 2015; Kahl, 2019). Daraus ergibt sich, dass bei einer möglichen Quantifizierung der Schadensschwere (Ausmaß) und der Eintrittswahrscheinlichkeit des Schadens durch ein geeignetes Bewertungsverfahren der Begriff des Risikos verwendet wird (Kahl, 2019, S. 67). Problematisch ist, dass der Zusammenhang von Eintrittswahrscheinlichkeit und Schadensschwere nicht für alle Anwendungsbereiche gleich definiert werden kann (Ridder, 2015). Als Folge dieses Zusammenhangs des Risikos wurde auch in der vfdb-Brandschadenstatistik von einem Risikoschwerpunkt gesprochen, wenn die Eintrittswahrscheinlichkeit (Häufigkeit) für einzelne Variablen erhöht war (Festag & Döbbling, 2020, S. 82).

4.2 Schadensarten bei Bränden

Vor der Bemessung von Brandschäden wird ein Überblick über Arten der Brandschäden gegeben. Dabei werden Brandschäden in die drei Arten Sachschäden, Umweltschäden und Personenschäden unterteilt (vgl., Friedl, 1998; Kahl, 2019; Pulm, 2020).

4.2.1 Sachschäden

Der Begriff des Sachschadens umfasst in dieser Arbeit zum einen alle direkten (materiellen) Schäden, also Schäden an Gebäuden oder anderen Brandobjekten (z. B.: Transportmittel, landwirtschaftliche Nutzflächen / Erzeugnisse) und die Gegenstände, die sich zum Zeitpunkt des Brandes in diesen (Brand-)Objekten befanden. Zum anderen treten durch Brände Kosten auf. Diese beinhalten alle Versicherungszahlungen, Kosten für temporäre Ersatzlösungen, indirekte Schäden (Betriebsunterbrechungen) und volkswirtschaftliche Kosten (Pflugradt, 2007; Zhuan et al., 2017).

Kosten und unmittelbaren Folgen eines Brandereignisses für Unternehmen können Ausfallzeiten und Imageverluste sein, die zum Gesamtschaden beitragen (Pulm, 2020, S. 24). Aus diesen Schäden können sich langfristig Verluste von Marktanteilen und letztendlich die Insolvenz der Unternehmen entwickeln (Meacham et al., 2016, S. 2941). Einen umfangreichen Überblick über mögliche Zahlungsanlässe bei Feuerschäden von Sachversicherern liefert Pflugradt (2007, S. 274). Er zählt für einen Feuerschaden die Kosten: Neuwert der Gebäude und technischen / kaufmännischen Einrichtungen, Herstell-/ Verkaufskosten (der Vorräte, Waren, etc.), Preisdifferenzkosten, Mehrkosten durch behördliche Wiederherstellungsbeschränkungen, Aufräumungs-, Abbruch-, Feuerlösch- und Bewegungskosten und Kosten für Dekontamination von Erdreihen auf. Außerdem können laut Pflugradt bei Betriebsunterbrechungen die daraus folgenden Kosten von der Versicherung getragen werden: Löhne, Gehälter, Betriebsgewinn, Fixkosten, Kosten, die infolge einer Vergrößerung des Ertragsausfallschadens durch behördlich angeordnete Wiederaufbau- und Betriebsbeschränkungen entstehen sowie Kosten aufgrund von Abnahmeverpflichtungen, Vertragsstrafen, Wertminderung, Auslauf-/ Anlaufkosten und Stillstandkosten. Ferner werden unter den Kosten des Sachschadens auch noch Ausgaben für die Aufrechterhaltung eines leistungsstarken abwehrenden Brandschutzes gefasst, also Kosten für Feuerwehren zur Bekämpfung des Brandes (Zhuan et al., 2017, S. 8).

Bei direkten (materiellen) Schäden treten neben thermischen Einwirkungen an der Gebäudestatik auch Wasserschäden und Rauchschäden bei Gebäudebränden auf

(Meacham et al., 2016, S. 2941). Wasserschäden entstehen meistens durch die Brandbekämpfungsmaßnahmen der Feuerwehr und lösen möglicherweise eine Kontamination der Bausubstanz und der Einrichtung mit Gefahrstoffen aus (de Vries, 2017, S. 45).

Zusätzlich kann ein großer direkter Schaden an Kunstwerken entstehen. Vor mehr als 20 Jahren wurde der Kulturgutschutz als eine Aufgabe der deutschen Feuerwehren erkannt (Kabat, 1998). Diese Schadensart erweist sich insofern als besonders heikel, als dass deren Verluste zum einen irreversibel sind und zum anderen nur schwer monetär zu bestimmen sind (Hanten-Schmidt, 2017, S. 33 ff.). Grundsätzlich gilt, dass Kunstwerke auch durch Teilschäden und die anschließende Restaurierung an Wert verlieren (Pracher, 2017, S. 84). Weiterhin wird ab einer Beschädigung des Kunstwerkes in Quantität und Qualität von 45 % bereits von einem Wertverlust von 100 % ausgegangen (Pracher, 2017, S. 93). Beispielhaft für dieses hohe Schadenspotenzial bei Kunstwerken sind zwei Ereignisse in den letzten 20 Jahren in Deutschland. So brannte 2004 die Herzogin-Anna-Amalia-Bibliothek in Weimar und 2009 stürzte das Kölner Stadtarchiv ein. Aufgrund dieser Ereignisse und des Hochwassers 2002 in Dresden wurde dort z. B. als Konzept zum Schutz der Kulturgüter der Notfallverbund Dresden eingeführt (Friedrich, 2018, S. 524 f.).

Pulm (2020, S. 36) erläutert ausführlich, dass das Handeln der Feuerwehr einen erheblichen Einfluss auf die Höhe des Sachschadens haben kann. Dafür hat er eine einfache Bilanzierung für Feuerwehr-Führungskräfte entwickelt. Diese Bilanz betrachtet die Differenz des Schadens zwischen einer schnellen unvorsichtigen Einsatztaktik und der alternativen langsameren Taktik zu Minimierung der Schäden. Pulm plädiert dafür, dass Kommunen mehr Geld für eine leistungsfähigere Feuerwehr investieren sollen, um Brandschäden zu minimieren und somit einen Standortvorteil ausweisen zu können. Dieser Zusammenhang wird z. B. auch von Herweg (2009) bei der Bekämpfung des Brandes der Philharmonie in Berlin (2008) erläutert.

4.2.2 Umweltschäden

Seit der Explosion im Chemiepark in Leverkusen (Juli 2021) wurden Umweltschäden nach Brandereignissen auch in der alltäglichen deutschen Berichterstattung vermehrt thematisiert (Tagesschau, 2021). Nach den Auffälligkeiten bei diesem Ereignis rund um die Entsorgung des kontaminierten Löschwassers und weiteren Störfällen in NRW, folgte die Ankündigung alle Chemieparke in NRW systematisch zu überprüfen (Land Nordrhein-

Westfalen, 2022; Rheinische Post, 2022). Allgemein kann ein Umweltschaden gem. Kokott et al. (S. 11) „... jede durch eine Umwelteinwirkung herbeigeführte Schädigung an Individualrechtsgütern und jeden ökologischen Schaden“ umfassen.

Umweltschäden bei Bränden können anhand ihrer Emissionswege unterschieden werden. Zum einen treten bei Bränden aufgrund der nicht idealen Brandbedingungen eine Reihe von giftigen Brandfolgeprodukten auf. Das Spektrum dieser Brandfolgeprodukte kann als Gas, Dampf, Aerosol, Asche und / oder Ruß emittiert werden. Durch die Ausbreitung über die Luft kann ein Fallout entstehen. Dieser Umstand beschreibt die Ablagerung von Gefahrstoffen auf Boden bzw. Erdreich in der Umgebung des Brandes. Eine weitere Ausbreitungsmöglichkeit ist durch das kontaminierte Löschwasser möglich, das in den Boden, das Grundwasser, Regenwasser, Abwasser oder Gewässer abfließen kann (Borutzki et al., 2019, S. 19 ff.).

Das Löschwasser stellt dabei ein erhöhtes Risiko dar, da zum einen bei fast jedem Brand Wasser als Hauptlöschmittel eingesetzt wird (Eintrittswahrscheinlichkeit) und zum anderen die Vielzahl an Ausbreitungswegen das Potenzial für einen hohen Schaden verdeutlicht. Schadstoffe können durch Löschwasser auf den folgenden Wegen freigesetzt werden:

- Lösen oder Auswaschen von Schadstoffen aus der Brandstelle durch Löschwasser
- Austragen von Schadstoffen infolge von Einkapselung bzw. Bindung der Schadstoffe durch den Löschmittelzusatz
- Unzureichende biologische Abbaubarkeit der Konzentrate
- Verringerung bzw. Brechung der Oberflächenspannung durch Kohlenwasserstofftenside in Löschmittelzusätzen
- Schädigende Eigenschaften von Fluortensiden (Persistenz, Bioakkumulierbarkeit, Toxizität und Verbreitung durch ausschließliche Verdünnung in Kläranlagen)
- Eigenschaftsverbessernde Zusätze, Stabilisatoren oder Frostschutzmittel in Löschmittelkonzentraten (z. B.: Nano-Mizellen, Polymere, Fungizide, Glykole) (Borutzki et al., 2019, S. 18)

Einen weiteren Schwerpunkt innerhalb der Gefahren durch Löschwasser legen fluorhaltige Schaummittel dar, wenn sie Wasser zur Brandbekämpfung zugemischt werden. Fluorhaltige Schaummittel zeichnen sich durch ihre herausragenden Eigenschaften bei der Bekämpfung von Flüssigkeitsbränden aus. Hierbei liegt die Gefährdung darin, dass enthaltene per- und polyfluorierte Verbindungen für Jahrzehnte

in der Umwelt verbleiben und nur äußerst langsam abgebaut werden können (Staudé & Biegel-Engler, 2013). Dass wir Menschen diese durch Trinkwasser oder Nahrungsmittel aufnehmen, ist unvermeidbar und birgt die Gefahr, fortpflanzungsschädigend und krebserregend zu sein (Borutzki et al., 2019). Diese Problematik ist seit den 1980ern bekannt. Es werden immer noch fluorhaltige Schaummittel eingesetzt (Hähnle & Arenholz, 2011; Staudé & Biegel-Engler, 2013). Die Schwierigkeit liegt in der Eingrenzung der Ausbreitung des kontaminierten Löschwassers. Das Löschwasser muss mittels einer Löschwasser-Rückhaltung aufgefangen werden (Roßmann, 2010; Schulte & Dieter, 2009, S. 79). Außerdem ist die Reinigung des kontaminierten Löschwassers sehr aufwendig und teuer, da das Löschwasser z. B. Verbrennungsanlagen zugeführt werden muss. Bei einer Einleitung in öffentliche Kläranlagen ohne geeignete Reinigungsverfahren (z. B. Aktivkohlebehandlung, Membranverfahren (Borutzki et al., 2019, S. 70)) „handelt es sich ... eher um eine Verdünnung als um eine echte Schadstoffelimination“ (Romanus & Köppke, 1996, 160).

Vor dem Hintergrund des fortschreitenden Klimawandels spielen auch Umweltschäden durch Waldbrände eine Rolle. Es wurde nachgewiesen, dass das Potenzial für Waldbrände durch den Klimawandel erhöht ist und vermutlich weiter steigen wird (Barbero et al., 2015; Dupuy et al., 2020). Eine Sammlung zu Forschungsthemen in diesem Gebiet liefert das U.S. Ministerium für Landwirtschaft (Pacific Northwest Research Station, 2022). Diese Schäden werden unter anderem zwischen Schäden an der Umgebung des Waldbrandes (Ökologische Schäden) (Bär et al., 2019) und Schäden durch den Brandrauch unterschieden. Brandrauch kann dabei eine Gefahr für die Bevölkerung darstellen (Borchers Arriagada et al., 2019). Zudem wird dahingehend nach möglichen Folgen für das globale Klima geforscht (Che Azmi et al., 2021; Pacific Northwest Research Station, 2022; Yue & Unger, 2018).

4.2.3 Personenschäden

Brandsterbefälle und verletzte Personen stellen die offensichtlichen Personenschäden dar. Reduzierung der Lebensqualität, psychische Erkrankungen, Arbeitsunfähigkeit und der Einfluss auf das Familienverhältnis sind aber auch Schäden dieser Kategorie (Meacham et al., 2016, S. 2941). Personenschäden werden hier unterteilt nach den Personengruppen Einsatzkräfte und Geschädigte bzw. Brandopfer. Zum Vergleich der Aktivität der weltweiten Feuerwehren werden vornehmlich nur die Parameter Brandtote und verletzte Personen genutzt (Brushlinsky et al., 2021; Sokolov & Wagner, 2014).

Einsatzkräfte sind aufgrund ihrer Tätigkeiten im Gefahrenbereich des Brandes prädestiniert für persönlichen Schäden. Der Schadstoffeintrag in die Schutzkleidung und auf ungeschützte Körperteile spielt z. B. beim Löschen mit Wasser, Löschmittelzusätzen und anderen Löschmitteln eine Rolle. Diese Kontamination und Aufnahme der Gefahrstoffe kann zu langfristigen Schädigungen führen (de Vries, 2017, S. 45). Außerdem können durch die Arbeiten im Gefahrenbereich Kontaminationen mit am Brandgeschehen beteiligten Gefahrstoffen zur psychischen Belastung der Feuerwehrangehörigen führen (Markowitz et al., 1987). Grundsätzlich sind bei Einsatzkräften aufgrund der Exposition gegenüber traumatischen Ereignissen posttraumatische Belastungsstörungen (PTBS) und weitere psychische Auffälligkeiten (z. B. Depressionen) häufiger nachweisbar (Milligan-Saville et al., 2018; Okon & Meermann, 2003).

Geschädigte bzw. Brandopfer erleiden auf der einen Seite Verletzungen durch die Exposition gegenüber Brandrauch oder Verbrennungen. So wurde durch eine Meta-Analyse nachgewiesen, dass nach der Exposition gegenüber Feinstäuben von Waldbränden für Frauen und Personen über 65 Jahre eine erhöhte Anzahl an Asthma Diagnosen festgestellt wird (Borchers Arriagada et al., 2019). Auf der anderen Seite gibt es eine Vielzahl von Untersuchungen zu psychischen Schäden bei Überlebenden von Brandereignissen. Vornehmlich werden diese Untersuchungen nach Brandereignissen mit einer großen Anzahl an Betroffenen durchgeführt. Für 50 Überlebende des U-Bahn-Brands in London (King's Cross Station 1987) wurde bei zwei Drittel psychologische Stresszustände entdeckt. Vor allem Personen, die um ihr Leben gefürchtet haben wiesen erhöhte Variablen auf (Sturgeon et al., 1991; Turner et al., 1995). Vergleichbar sind Untersuchungen zum „Station nightclub fire“ 2003, bei diesen wurde bei 104 Überlebenden psychische Folgeerscheinungen nachgewiesen. Jedoch konnte in diesem Fall kein Zusammenhang zwischen physischen Verletzungen und Symptomen für Depressionen oder PTBS festgestellt werden (Trinh et al., 2014). Daneben wurden Untersuchungen durchgeführt, welche psychische Folgen (z. B.: Stresszustände, PTBS) für Überlebende bei Wohnungsbränden oder Waldbränden nachweisen (Jones et al., 2002; Keane et al., 1994).

4.3 Schadensbemessung bei Bränden

Für die drei Schadensarten Sachschäden, Umweltschäden und Personenschäden werden im Folgenden Methoden zur Bemessung nach Bränden vorgestellt. Von

Meacham et al. (2016, S. 2941) wird ausgeführt, dass zu einer vollständigen Einschätzung der Schadenshöhe die Parameter Physik, Ökonomie, Gesundheit, Umwelt, Sozial, Kultur und Psyche betrachtet werden müssen. In dieser Arbeit geht es grundsätzlich um die Methodik. Anwendungsbeispiele dienen nur zum Verständnis und stammen aus der ausgewiesenen Literatur.

4.3.1 Bemessung von Sachschäden

Sachschäden können in Bezug auf drei verschiedene Kategorien bemessen werden. Zuerst geht es um die direkten Schäden von Bränden an Gebäuden, die in den meisten Fällen durch Versicherungen abgedeckt sind. Zum anderen wird die Bemessung von Schäden an Kunstwerken thematisiert. Und abschließend wird die Gesamtbewertung der Kosten des Brandgeschehens z. B. in einem Land vorgestellt.

Bemessung von Gebäudeschäden

Zur qualitativen Bemessung von Gebäudeschäden können Sachverständige Untersuchungen zur chemischen Belastung, Einfluss der Thermik, Inventarschäden und Schäden an technischen Anlagen durchführen (GDV, 2017, S. 4). Auf Grundlage der Untersuchungsergebnisse werden die notwendigen Sanierungsmaßnahmen festgelegt oder ein Abriss veranlasst. Für die Bereiche chemische und thermische Belastungen werden im Folgenden ein Teil der Methoden vorgestellt.

Bei großen Bränden oder besonders giftigen Brandprodukten ist die chemische Bewertung (Toxizität und Ausbreitung) der beteiligten Stoffe und deren Brandfolgeprodukte durch einen Sachverständigen empfehlenswert (Dorn et al., 1997, S. 14). Das Vorgehen dieser Bewertung beginnt mit einer Begehung des Brandobjektes. Ziel dieser Begehung ist die Dokumentation der Situation (Foto- oder Videoaufnahmen) und Ableitung der folgenden Analysen aufgrund der Brandprodukte. Für die Analyse der Stoffe im Labor können Wischproben / Kratzproben, Bohrproben, Materialproben, Brandschuttproben und Abwasserproben genommen werden. Die Proben werden auf toxische, korrosive, feste und flüssige Stoffe untersucht. Aus den Ergebnissen werden im Anschluss Konzepte für die Sanierung, Entsorgung und den Arbeitsschutz entwickelt (Dorn et al., 1997, S. 15–23).

Die Bewertung thermischer Folgeschäden stellt eine vertiefende Analyse dar. Das Ziel der Untersuchung auf thermische Einflüsse ist die Bewertung der Weiterverwendbarkeit von Stahlkonstruktionen, Beton, Werkzeugmaschinenbauteilen; Konstruktionsbeurteilungen hinsichtlich Verzug; Überprüfung von Maßhaltigkeit bzw. Verzug; und

metallkundliche Untersuchungen (Schaar & Metzner, 1999). Die Untersuchungen beginnen ähnlich wie bei der chemischen Bewertung mit Sichtprüfungen und der Dokumentation mit Fotos. Dadurch können Schmelz- und Verformungstemperaturen und grobe Strukturverformungen bereits erkannt werden (Schaar & Metzner, 1999, S. 393 f.). Einen Überblick über Prüfmethoden auf thermische Einflüsse bei brandgeschädigten Bauteilen liefert Tabelle 9.

Tabelle 9: Prüfmethoden für brandgeschädigte Bauteile auf thermische Einflüsse in Anlehnung an (Schaar & Metzner, 1999, S. 395)

Verfahren	Beispiel	Bauteilbeeinträchtigung
Sichtprüfung	Endoskop, Miniaturkamera, Mikroskop, Lupe, Messhilfsmittel	zerstörungsfrei
Gefügeuntersuchung	Polieren von Hand, elektrolytisch Polieren	geringer Oberflächenabtrag
Härteprüfung	Ultrasonic-Contact-Impedance (UCI)-Verfahren, Equotip-Verfahren	kleine Eindrücke
Rissprüfung	Magnetpulver-, Farbeindring-, Wirbelstromprüfung	zerstörungsfrei
Makroabdruck	Technovit, Pioloform	zerstörungsfrei
Probenentnahme	Surface Sampling System SSAM 2	Abtrag 2,5 mm
Beschichtungsprüfung	Kapazitätsmessung, Wirbelstrommessung, Ritztest	zerstörungsfrei und zerstörend
Eigen Spannungsmessung	Dehnungsmessstreifen, mobiles Röntgengoniometer	zerstörungsfrei und zerstörend

Weitere zerstörungsfreie Prüfmethoden werden von Colombo und Felicetti (2007) tabellarisch zusammengefasst (S. 462). Daneben wird in einer Publikation auf das „NDT & E International Journal“ und einen Bericht des American Concrete Institutes (ACI Committee 228, 2013) verwiesen (Hua et al., 2021, S. 282). Zu den weiteren Methoden zählen z. B. Ultraschall-Methoden, Nutzung von Titan und die „Leeb Hardness Method“ (Liu et al., 2020; Rosenfeld et al., 2001; Sim & Ryu, 2020).

Tunnelbauwerke und die Schädigung von Wohngebäuden bei Waldbränden sind zwei Spezialfälle bei der Bemessung von Gebäudeschaden. Brände in Tunneln fielen bei Brandereignissen mit hohen Sachschäden durch aufwendige Sanierungsmaßnahmen auf. Grund dafür sind die sehr schnelle Brandentwicklung mit Temperaturen über 1.000 °C, die langsamere Brandbekämpfung und somit die längere Branddauer bei höheren Temperaturen (Hua et al., 2021, S. 279 f.). Besondere Methoden im Rahmen dieser Schadensbemessung sind die Probennahme von geschädigtem Material und einer

Referenzprobe mit unbeschädigtem Material. Außerdem können computergestützte Modellierungen und Analysen zur Untersuchung der thermischen Belastung genutzt werden (Felicetti, 2013; Hua et al., 2021). Für den zweiten Spezialfall Waldbrände ist die Bemessung der Anzahl zerstörter Gebäude bei großen Waldbränden eine Herausforderung (McNamara et al., 2020). Mit Hilfe von aktuellen Luftbildern können in Kombination mit bodengestützten Bewertungen durch Inspektoren und Augenzeugenberichte mit hoher Zuverlässigkeit die räumliche Verteilung der Schadensschwere eingeschätzt werden.

Für die Erhebung der landesweiten Brandschadenstatistik (NFIRS) durch die Feuerwehren wurde in den USA eine Methode zur Schätzung der Gebäudeschaden eingeführt. Durch diese Schätzungen sollen nur die Schäden an Gebäuden geschätzt werden. Es werden keine indirekten Schäden berücksichtigt. Zur Schätzung werden die Daten der International Code Council (ICC) zu Kosten vom Bau definierter Gebäudeklassen genutzt. Diese Kosten pro m² werden mit der zerstörten Fläche des Hauses multipliziert und als Gebäudeschaden in das NFIRS eingetragen. Schäden an der Einrichtung werden durch die lokalen Feuerwehren geschätzt. (USFA, 2016)

Bemessung von Kunstschäden

Bei der Bemessung von Kunstschäden spielt die erforderliche Expertise des Sachverständigen eine entscheidende Rolle. Grundsätzlich ist die Wertermittlung für ein Kunstwerk vor einem Schadensereignis notwendig, um den genauen Schaden zu beziffern. Nach dem Schaden ist nur noch das Ausmaß des Teilschadens oder der totale Wertverlust ermittelbar (Pracher, 2017).

Der Wert eines Kunstwerkes wird durch öffentlich bestellte und vereidigte Kunstsachverständige ermittelt (Kirchmaier, 2012, Rz. 13 ff.). Für die Bewertung werden zwei Methodenarten unterschieden, die kombiniert bei einem Kunstwerk eingesetzt werden können. Zum einen können naturwissenschaftlich-technische Untersuchungen durchgeführt werden. Dazu zählen unter anderem flächige Analysen mit UV-Strahlen, Röntgenaufnahmen und Computertomographie oder die Entnahme einer punktuellen Probe für Infos über Pigmente, Bindemittel und Holzarten (Kirchmaier, 2012, Rz. 7-11). Andererseits können kunsthistorische Methoden durchgeführt werden. Diese Methoden umfassen die Beurteilung der Originalität und Echtheit des Werks, wobei auch für diesen Schritt das Originalwerk notwendig ist (Kirchmaier, 2012, Rz. 12). Die Komplexität der Wertermittlung für ein Kunstwerk wird außerdem durch den Kunstmarkt und das

allgemeine ökonomische Umfeld beeinflusst. Die kommunikative Aufmerksamkeit eines Künstlers hat z. B. einen direkten Einfluss auf den Wert seiner Kunstwerke (Beckert, 2020, 32 f.).

Pracher (2017) erläutert Besonderheiten für den Umgang mit Teilschäden bei Kunstwerken. Grundsätzlich gilt, dass ein Kunstwerk nach einem Teilschaden und einer anschließenden Restaurierung nicht mehr den ursprünglichen Wert erreichen kann. Für die Bewertung eines Teilschadens definiert Pracher 13 materielle und immaterielle Aspekte des Schadens, z. B. Art, Bemessung, Restaurierbarkeit, Lage und Offensichtlichkeit des Schadens. Diese Aspekte werden hinsichtlich Qualität und Quantität bewertet und im „Q-Wert“ gebündelt. Anhand des Q-Werts kann der Sachverständige dann dynamisch den Schaden klassieren und eine prozentualen Wertverlust festlegen.

Bemessung der Kosten

Zur Bestimmung der Kosten von Bränden müssen viele Daten zusammengefasst werden. Teilweise überschneiden sich diese Kostenbestimmungen mit Methoden zur Bemessung von Umweltschäden oder Personenschäden (Ramachandran & Hall, 2016). Durch die NFPA werden mit diesen Berechnungen die Gesamtkosten für Brände in den United States von 1980 bis 2014 geschätzt (Hall, 2010, 2014; Zhuan et al., 2017). Im aktuellen Bericht dazu (Zhuan et al., 2017) werden die Kosten wie in Bild 4 dargestellt aufgeschlüsselt. Unterteilt werden die Gesamtkosten des Brandgeschehens dabei nach Ausgaben und Schaden. Da die Ausgaben für Brände nicht im Fokus dieser Arbeit stehen, werden diese nur kurz erwähnt. Zu den Ausgaben zählt für die „aktive“ Gefahrenabwehr die Unterhaltung der Feuerwehren, der Wert der aufgebrauchten Zeit durch freiwillige Feuerwehrleute und Zuwendungen. Unter der „passiven“ Gefahrenabwehr werden Kosten für vorbeugenden Brandschutz, Instandhaltung, Prüfung und Produktion feuerhemmender Materialien, Vorplanung für Ereignisse und die Verwaltung passender Normen zusammengefasst. Einen alleinstehenden Punkt für die Ausgaben bei Bränden stellen Versicherungszahlungen dar (Zhuan et al., 2017, S. 11 f.).

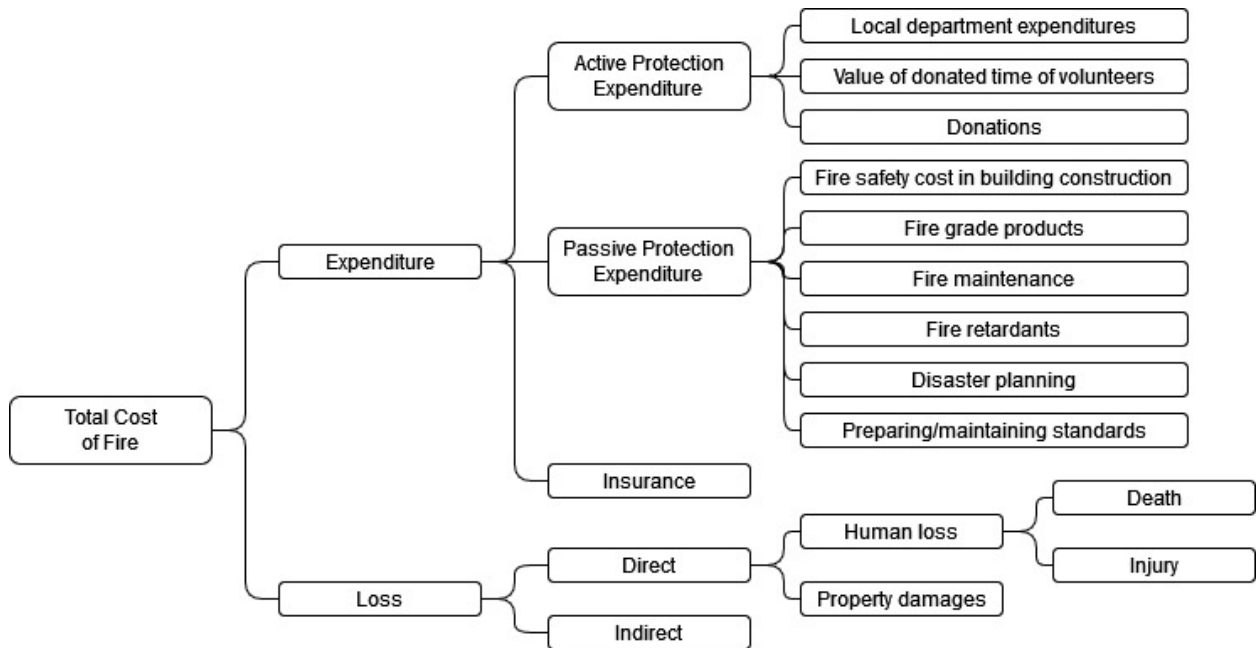


Bild 4: Kategorien zur Bestimmung total cost of fire gem. (Zhuan et al., 2017, S. 8)

Die Ermittlung des Schadens teilt sich in direkte und indirekte Schäden auf. Unter direkten Schäden werden zum einen Gebäudeschäden gefasst, welche aus der jährlichen „NFPA fire loss statistics“ (Ahrens & Evarts, 2021) hervorgehen. Zum anderen werden Personenschäden, sowohl Toten als auch Verletzten, Kosten zugeordnet (Zhuan et al., 2017, S. 24 f.). Die genauen Berechnungsschritte werden im Rahmen dieser Arbeit im Kap. 4.3 unter „Wert eines Lebens“ erläutert. Unter indirekten Schäden werden alle ökonomischen Schadeneinflüsse, wie z. B. Betriebsunterbrechungen, temporäre Unterbringungen und immaterielle Verluste, aufsummiert (Zhuan et al., 2017, S. 27 ff.). Die Berechnung für den indirekten Schaden erfolgt mit der folgenden Formel aus einem früheren Bericht (Hall, 2014) $Indirekter\ Schaden = 0,65 * A + 0,25 * B + 0,1 * C + D$ (Legende s. Tabelle 10).

Tabelle 10: Definition Variablen Indirekter Schaden (Zhuan et al., 2017, S. 28)

Variable	Definition
A	direkte Schaden (gemeldet) bei produzierenden oder industriellen Einrichtungen
B	direkte Schaden (gemeldet) bei öffentlichen Einrichtungen, Geschäften, Büros
C	direkte Schaden (gemeldet) bei Wohngebäuden, Lagern, speziellen Gebäuden
D	Indirekter Schaden (Nicht wiederöffnende Unternehmen): 4 x 2 % des direkten Schadens (gemeldet) für Brände in nicht Wohngebäuden, außer Lager und spezielle Gebäude

Grundsätzlich werden bei allen direkten und indirekten Schäden nicht gemeldete Schäden mit 13,6 % der gemeldeten Schäden angenommen und addiert (Zhuan et al.,

2017, S. 28). In Anlehnung an die NFPA Berechnungen (Hall, 2010, 2014; Zhuan et al., 2017) wurden die Gesamtkosten des Brandgeschehens in Neuseeland (Stokes et al., 2012) ermittelt. Vergleichbare Berechnungen für die Gesamtkosten des Brandgeschehens wurden außerdem bereits in England, Kanada, Dänemark und Australien durchgeführt (Ashe et al., 2009). Lam und Robbins (2021) vergleichen für diese Länder die Komponenten der Kategorien über die Kosten des Brandgeschehens. Sie weisen aus, dass nur für Kanada und Australien der Umwelteinfluss mitbewertet wird. Bei den australischen Auswertungen beruhen die Kosten zu Umweltschäden auf einer Studie über verursachte medizinische Versorgungskosten durch die Freisetzung von Feinstäuben bei Bränden (Ashe et al., 2009, S. 128).

4.3.2 Bemessung von Umweltschäden

Eine reine Betrachtung der Kosten bei Umweltschäden durch Brände, bspw. nach Großbränden in der Industrie, kann durch die Durchführung aller umweltschutztechnischen Maßnahmen stattfinden. Diese Maßnahmen oder auch Kostenpunkte können Gutachten, Probenahmen, Analysen; Reinigungskosten; Entsorgungskosten; Sanierungskosten; und die Begleichung von Schadensersatzforderungen Dritter umfassen (Borutzki et al., 2019, S. 81). Die Bemessung eines Umweltschadens kann nicht ausschließlich kostenorientiert betrachtet werden, da irreversible Schäden am Ökosystem und somit auch am Menschen weitreichender sind. Deshalb legt dieses Kapitel zuerst allgemeine Methoden zur ökonomischen Bemessung von Umweltschäden dar. Im Anschluss erfolgt die Vorstellung von Methoden mit direktem Bezug zu Bränden für die Freisetzung von gefährlichen Brandprodukten und Schädigungen bei Waldbränden.

Ökonomische Bemessung von Umweltschäden

Seit ca. 40 Jahren veröffentlicht das Umweltbundesamt regelmäßig Übersichten zu Methoden zur ökonomischen Bemessung von Umweltschäden (Bünger & Matthey, 2018; Kokott et al.; Matthey & Bünger, 2020; Schwermer, 2012; Umweltbundesamt, 1986). In der aktuellsten „Methodenkonvention 3.0 zur Ermittlung von Umweltkosten“ werden die Methoden in die vier Kategorien Bewertung mit Marktpreisen, indirekte, direkte Bewertungsmethoden und Bewertung mit Vermeidungskosten unterteilt (Bünger & Matthey, 2018, S. 54 f.). Die zugehörigen Methoden sind mit Beispielen in Tabelle 11 aufgeführt.

Tabelle 11: Methoden zur Bemessung von Umweltschäden in Anlehnung an (Bünger & Matthey, 2018, S. 54 f.)

Methode	Beispiele
Bewertung mit Marktpreisen	
• Geringer Aufwand, kostengünstigste Methode	
Wertschöpfungsmethoden	<ul style="list-style-type: none"> • Ertragsverluste in Land- und Forstwirtschaft • Erhöhung der Produktionskosten durch verschlechterte Umweltqualität (z. B.: Wasseraufbereitungskosten)
Kosten der Schadensverringerung	<ul style="list-style-type: none"> • Lärmschutzfenster, Gebäudesanierungen • Behandlungskosten bei umweltbedingten Krankheiten
Aufwendungen zur Kompensation von Umweltschäden	<ul style="list-style-type: none"> • Kosten einer technischen Abwasserbehandlung für die Reinigungsleistung eines Schilfgürtels • Kompensation von Schäden durch Umwelthaftung
Indirekte Bewertungsmethoden	
Hedonische Bewertungsmethode	<ul style="list-style-type: none"> • Wertänderung von Immobilien infolge von Änderungen der Umweltqualität (signifikanter Zusammenhang notwendig)
Aufwands- und Reisekostenmethode	<ul style="list-style-type: none"> • Erholungsnutzen von Naturlandschaften
Direkte Bewertungsmethoden	
Contingent valuation	<ul style="list-style-type: none"> • Erfassung der Zahlungsbereitschaft zur Verringerung von Umweltfolgen • Bsp.: Ölunfälle, Gewässerkontaminationen
Attributbasierte Bewertungsansätze	<ul style="list-style-type: none"> • Wie contingent valuation nur aufwändiger
Partizipative Bewertungsmethoden	<ul style="list-style-type: none"> • Für Fälle bei denen individuelle Präferenzen nicht zielführend genutzt werden können
Bewertung mit Vermeidungskosten	
Vermeidungskostenansatz	<ul style="list-style-type: none"> • Nur wenn Kenntnisse über die Wirkungen unzureichend sind, aufgrund Komplexität der Schadenswirkung

Bünger und Matthey (2018) führen aus, dass direkte Bewertungsmethoden (Zahlungsbereitschaftsanalysen) aktuell die besten Methoden sind (S. 55). In früheren Veröffentlichungen angeführte Mängel, wie strategisches Antwortverhalten etc. (Ewers, 1986, 1-10 f.) können mit Qualitätskriterien für die Gestaltung ausgeglichen werden. Grundsätzlich kann es für eine umfassende Schätzung des Umweltschadens notwendig sein Marktpreis, indirekte und direkte Methoden zu kombinieren (Bünger & Matthey, 2018, S. 55). Alternative Methoden sind Schadensschätzungen durch Richter, Risikotabellen, oder Schadenstabellen mit computergestützten Schadensbemessungsprogrammen (Kokott et al., S. 82 ff.).

Schädigungen durch Brandprodukte

Für eine genaue Bewertung des Schadenspotentials von Löschwasser, wird es mit dem schlimmstmöglich anzunehmenden Schadstoffspektrum untersucht. Diese Untersuchungen muss Einflüsse durch freigesetzte Stoffe aus dem Brandobjekt, eingesetzte Löschmittel, Brandfolgeprodukte und umweltrelevante Metaboliten beinhalten. Das Umweltministerium Rheinland-Pfalz schlägt dafür eine Reihe von Untersuchungsparameter abhängig von dem untersuchten Objekt (Bodenbelastungen, Oberflächengewässer, Grundwasserbelastungen, Kläranlage) vor (Borutzki et al., 2019, S. 68). Die Parameter unterscheiden sich nach Untersuchungen über das Gefährdungspotenzial (biologisch-chemische Analytik) oder Untersuchungen über die Wirkung (Bioindikatoren) (de Vries, 2017, S. 45). Grundsätzlich gilt aber, dass jegliche Verbreitung von Fluortensiden in die Umwelt vermieden werden sollte (Hähnle & Arenholz, 2011, S. 23). Die Nutzung alternativer Schaummittel vermeidet die Freisetzung von Fluortensiden durch fluorhaltige Schaummittel (de Vries et al., 2001).

Einen Sonderfall bei der Bewertung von Umweltschäden nach Brandereignissen stellen Untersuchungen der globalen klimatischen Einflüsse von Brandrauch dar. Diese Untersuchungen waren 1991 aufgrund der Brände von Ölfeldern in Kuwait im Rahmen des zweiten Golfkrieges notwendig. Dazu wurden mit meteorologischen Modellen versucht vorherzusagen, wie sich der Ruß des Brandrauches global (Höhe und Ferne) ausbreitet und welchen Einfluss die Brände auf das Klima haben. Es konnte eine Abkühlung um bis zu 10 °C im Umkreis von 200 km um die Brände nachgewiesen werden. Globale klimatische Effekte wurden jedoch als nicht signifikant nachgewiesen (Bakan et al., 1991; Browning et al., 1991). Zusätzlich wurde im direkten Umfeld der Ölquellen auch mehr als 20 Jahre nach den Bränden eine Verschmutzung des Grundwassers beanstandet (Mukhopadhyay et al., 2017). Ausbreitungsberechnungen des Brandrauches können in Deutschland von der Feuerwehr beim Deutschen Wetterdienst angefordert werden. Die Berechnungen mit dem Modellsystem HEARTS (Estimation for Accidental Release of Toxic Substances) können über bis zu sechs Stunden unter Beachtung der Wetterlage und Topographie eine Ausbreitung mit Gefahrenklassen vorhersagen (Institut der Feuerwehr Nordrhein-Westfalen [IdF NRW], 2021).

Schädigungen bei Waldbränden

Für ökologische Schäden durch Waldbrände existieren internationale Forschungsbündnisse, damit globale Trends entdeckt werden. Williams und Bradstock

(2008) wiesen dadurch nach, dass langfristige ökologische Einflüsse einzelner Brände nicht sehr bedeutend sind. Dafür wurden die biogeochemischen Ressourcen betroffener Wälder untersucht. Dabei wurde festgestellt, dass nur eine steigende Wiederholungsrate der großen Brände die Regeneration gefährden könnte (Keane et al., 2008; Pausas et al., 2008; Sankey et al., 2012; Yates et al., 2008). Die Methoden unterteilen sich in die Kategorien historische Schwankungen, Nutzen von Indikatoren für die Reaktion von Pflanzen und der Einfluss auf Böden und Wasserreservoirs (Williams & Bradstock, 2008, S. 686). Ein Beispiel für die Untersuchung der ökologischen Einflüsse ist die Fragestellung, ob Seen durch die erhöhte Exposition gegenüber Waldbränden geschädigt werden (McCullough et al., 2019). Dazu werden die Parameter Temperatur, Eisschicht; Nährstoffe, Sedimente; organische Materialien; Ionen und pH-Wert analysiert. Es wird davon ausgegangen, dass sich bei Seen durch mehr Brände langfristig Veränderungen einstellen, welche durch einen Anstieg der meisten Parameter nachgewiesen werden können (McCullough et al., 2019, S. 2850). Die Methode der ökonomischen Bemessung „Aufwendungen zur Kompensation von Umweltschäden“ aus Tabelle 11 wurde durch Hanson et al. (2013) auf Waldbrände im Westen der USA angewendet.

Für die Analyse des Einflusses von Bränden auf das globale Klima werden freigesetzte Gase einzeln untersucht. Che Azmi et al. (2021) bewerten den Einfluss von Kohlenstoffemissionen bei Moorbränden auf das Klima. Dafür bestimmen Sie die Eindringtiefe des Brandes und haben auf Grundlage des betroffenen Volumens Schätzungen zu Kohlenstoffemissionen getätigt. Die Eindringtiefe wird mit den vier Methoden (Light Detection and Ranging (LiDAR), Soil Core Analysis, Soil Moisture Content, Sampling Adventitious Roots Method) bestimmt (Che Azmi et al., 2021, S. 16956). Ein weiteres Beispiel ist die Analyse des durch Brände freigesetzten Ozons und Aerosole auf das Klima, in Form des Kohlenstoffzyklusses (Yue & Unger, 2018). Der globale Einfluss der Brände wird signifikant mit drei Methoden (chemical transport model (CTM), Column Radiation Model (CRM), Yale Interactive terrestrial Biosphere model (YIB)) nachgewiesen (Yue & Unger, 2018, S. 5).

Michael et al. (2018) bewertet die Kosten eines Waldbrandes 2016 in Israel. Aufgrund der guten Ergebnisse empfehlen Michael et al. die verwendeten Methoden für eine Anwendung bei anderen Waldbränden. Satellitenbilder-Auswertungen und stichprobenhafte Untersuchungen der betroffenen Gebiete ergaben, dass ca. 17.000 Bäume verbrannt sind. Die Schätzung des ökonomischen Werts für einen Baum erfolgte

mit dem „i-Tree“ Modell. Auf dieser Grundlage wurde im Anschluss der Schaden des Waldbrandes mit ca. 41 (\pm 10) Mio. US \$ ermittelt (Michael et al., 2018, S. 4 ff.). Grundsätzlich können mit Satellitenbildern und der Auswertung des elektromagnetischen Spektrums die ökologische Schadensschwere von Waldbränden eingeschätzt werden (UN-Spider, 2022). Es zeigt sich aber in mehreren Studien, dass diese gewonnenen Daten mit Felddaten validiert werden müssen (Cardil et al., 2019).

4.3.3 Bemessung von Personenschäden

In der Schadensbemessung gibt es Verknüpfungen zwischen Schadenskategorien. Für die Bewertung von Sachschäden bei Bränden bestimmt man den Wert eines verlorenen Lebens. Andere Bemessungen von Personenschäden zielen weniger auf die Zuordnung von Kosten ab. Hier steht eher die medizinische Einschätzung der persönlichen Folgen eines Brandes für Überlebende oder Einsatzkräfte im Vordergrund.

Wert eines Lebens

Zur Bestimmung des Wert eines Lebens gibt es umfangreiche Forschungsarbeiten, da diese Zuweisung von Geldwerten zu Menschenleben ethische Problemstellungen offenlegt (Jones-Lee, 1976, 1985; Ramachandran & Hall, 2016; Viscusi & Aldy, 2003). Ramachandran und Hall (2016) stellen vier Methoden zur Bestimmung des Wert eines Lebens vor s. Tabelle 12.

Tabelle 12: Methoden zur Bestimmung des Wert eines Lebens in Anlehnung an (Ramachandran & Hall, 2016, S. 3106 f.)

Methode	Erläuterung
Output approach	<ul style="list-style-type: none"> • Beruht auf den Werten, die eine Person produzieren kann. • Veralteter Ansatz → Variation mit dem „livelihood approach“
Insurance method	<ul style="list-style-type: none"> • Methodisch schwach, da der Wert der Lebensversicherung nicht der Einschätzung über den Wert des eigenen Lebens entspricht. • Ökonomische Limitationen beim Abschluss der Versicherung schränken diese Methode ein.
Court awards	<ul style="list-style-type: none"> • Bewertung des Werts eines Lebens durch ein Gericht und die festgelegte gerichtliche Würdigung.
Willingness to pay	<ul style="list-style-type: none"> • Beruht auf der Zahlungsbereitschaft von Personen für eine definierte Risikoreduzierung. Diese Zahlungsbereitschaft wird dann auf das Gesamtrisiko hochgerechnet und ergibt den Wert des Lebens. • Faktoren für Variation zwischen Personen: Verständnis über Risiko, bereits ausgeführte Zahlungen zu Risikominderung, Einkommen der Person

Im Rahmen der Bemessung der Kosten eines Brandes wurden in Kap. 4.3.1 die Berechnung der Zhuan et al. (2017) vorgestellt. Im Folgenden werden die Schritte zur

Bestimmung des Werts eines Toten und Verletzten ausgeführt. Datengrundlage für die Bemessungen sind die NFPA Statistiken zu den jährlichen Todes- und Verletztanzahlen unter Feuerwehrangehörigen und Zivilisten (Ahrens & Evarts, 2021; Fahy & Petrillo, 2021). Dabei beruhen die ermittelten Kosten für einen Toten („value of statistical life (VSL)“) auf der „willingness to pay“ Methode und werden mit 9,6 Mio. US \$ aus dem Jahr 2016 angenommen (Zhuan et al., 2017, S. 24 f.). Die Bestimmung des „value of statistical injury (VSI)“ beruht auf den Werten für den VSL, es werden Koeffizienten für sechs verschiedene Verletzungsstufen (Maximum Abbreviated Injury Scale (MAIS)) in Abhängigkeit vom VSL genutzt. So gilt beispielsweise für die zweite Verletzungsstufe „moderate“ der Koeffizient 0,047, weshalb die Berechnung den Wert von $VSI = 0,047 * 9,4 \text{ Mio } \$ = 448.000 \$$ für Verletzungen ergibt. Dieser Wert wird in den weiteren Berechnungen als VSI verwendet, da „moderate“ als Median der Verletzungsstufen angenommen wird. Auf Grundlage einer anderen Studie wird ein weiterer Koeffizient genutzt, um die ermittelten Werte der Realität anzupassen. Mit diesem weiteren Koeffizienten wird bspw. auch die Tätigkeit der Feuerwehrleute zum Zeitpunkt der Verletzung mit einbezogen (Zhuan et al., 2017, S. 25 ff.).

Ein weiteres Beispiel für die Bestimmung des Werts eines Lebens sind die Ausführungen von Haikonen et al. (2016) zum ökonomischen Schaden durch Brandsterbefälle in Finnland von 2000 - 2010. Dazu haben Sie die „Human Capital“ Methode verwendet, welche sich am output approach orientiert. Einen Wert von 0,315 Mio. € pro Leben ergab diese Methode. Außerdem wurde als zweite Variable „Potential Years of Life Lost (PYLL)“ verwendet, welche sich an der Lebenserwartung der Bevölkerung orientiert. Auch Parameter wie Geschlecht und sozioökonomischer Status der Brandopfer wurden ausgewertet (Haikonen et al., 2016).

Medizinische Bewertung

Unter der medizinischen Bewertung von Personenschäden werden im Rahmen dieser Arbeit Untersuchungen auf psychische Erkrankungen und die Bewertung der Schwere von Verbrennungen verstanden. Zur Untersuchung der psychischen Schäden bei Brandopfern (Überlebende & Einsatzkräfte) wird eine Vielzahl von psychologischen Skalen verwendet. In Tabelle 13 werden diese psychologischen Skalen gesammelt. Die Skalen wurden bei Einsatzkräften nach einer Gefahrstoffexposition (Markowitz et al., 1987), Überlebenden des U-Bahn Brandes in London (Sturgeon et al., 1991; Turner et al., 1995), Überlebenden von Wohnungsbränden (Keane et al., 1994), Überlebenden des

„Station nightclub fires“ (Trinh et al., 2014) und bei ehrenamtlichen australischen Feuerwehrleuten (Milligan-Saville et al., 2018) zur Evaluation der Schäden genutzt.

Tabelle 13: Psychologische Bewertungsmethoden für Überlebende & Einsatzkräfte

Methode	Quelle	Anwendung
Beck Depression Inventory (BDI)	(Beck et al., 1988)	Überlebende (Trinh et al., 2014)
Brief Symptom Inventory (BSI)	(Keane et al., 1994, S. 1057)	Überlebende (Keane et al., 1994)
Burn Specific Health Scale-Brief (BSHS-B)	(Kildal et al., 2001)	Überlebende (Trinh et al., 2014)
Demoralisation Scale	(Dohrenwend et al., 1980)	Einsatzkräfte (Markowitz et al., 1987)
Eysenck Personality Questionnaire (EPQ)	(Bodling & Martin, 2011)	Überlebende (Turner et al., 1995)
General Health Questionnaire (GHQ)	(Goldberg & Hillier, 1979)	Überlebende (Turner et al., 1995), (Sturgeon et al., 1991)
Impact of Event Scale (IES)	(Horowitz et al., 1979)	Überlebende (Turner et al., 1995), (Sturgeon et al., 1991), (Keane et al., 1994)
Impact of Event Scale - Revised (IES-R)	(Weiss & Marmar, 1997)	(Trinh et al., 2014), Überlebende
Kessler Psychological Distress Scale mit 6 Items (K6)	(Milligan-Saville et al., 2018, S. 9)	Einsatzkräfte (Milligan-Saville et al., 2018)
Kings Cross Event Schedule	(Turner et al., 1995, S. 421 f.)	Überlebende (Turner et al., 1995)
Perceived Threat to Physical Health	(Dohrenwend et al., 1981)	Einsatzkräfte (Markowitz et al., 1987)
PTSD Diagnostik, PCL-5 Test	(Milligan-Saville et al., 2018, S. 8)	Einsatzkräfte (Milligan-Saville et al., 2018)
PTSD structured interview	(Keane et al., 1994, S. 1057)	Überlebende (Keane et al., 1994)
Specific Emotional Distress	(Guterman et al., 1986)	Einsatzkräfte (Markowitz et al., 1987)

Verbrennungen werden meistens mit steigendem Schweregrad bewertet. Die Stufen werden nach ersten, zweiten und dritten Grades unterschieden. Dabei handelt es sich um eine medizinische Bewertung in Abhängigkeit des Fortschritts der Nekrose der Haut und der Tiefe der Verbrennung. Andere Skalen geben auch noch Verbrennungen vierten, fünften und sechsten Grades an. Diese werden durch notwendige Hauttransplantationen oder die Zerstörung von Muskeln und / oder Knochen charakterisiert (Wieczorek & Dembsey, 2016, S. 2711). Überdies ist der psychische Einfluss von Verbrennungen zu beachten. Mögliche psychische Folgen sind Angstzustände, Depressionen und soziale Isolation (Wieczorek & Dembsey, 2016, S. 2713). Bakker et al. (2013) haben eine Meta-Analyse durchgeführt, die 75 Artikel zu psychischen Folgen durch Verbrennungen bei

Kindern untersucht. Für die Kinder wurden dabei bspw. die Parameter Angstzustände, traumatischer Stress; Depressionen; soziale Funktionen; Selbstbewusstsein; Körperbild; Entwicklung; und Schlafprobleme analysiert. Des Weiteren haben sie den Einfluss auf die betroffenen Familien betrachtet.

Weitere Bemessungen von Personenschäden

Peng et al. (2014) haben eine Art der Schadensbemessung von Personenschäden durchgeführt, welche nicht zu den vorherigen Kategorien passt. Und zwar wurden für Brände mit mehr als drei Brandsterbefällen verknüpfende Statistik Analysen (analytic network process (ANP)) durchgeführt. Betrachtet haben sie dabei Konsequenzen der Brände (Anzahl der Brandsterbefälle und Verletzten, Gebäudeschaden und betroffene Fläche) sowie Informationen zur Brandsituation (Brandort, Zeitpunkt und Brandursache) (Peng et al., 2014, S. 1170). Mittels quadratischer Regressionen konnte dabei ein Zusammenhang zwischen Konsequenzen und der Brandsituation bei großen Schäden nachgewiesen werden. Als Umstände für einen großen Schaden werden Brände tagsüber in Krankenhäusern mit Rauchen als Brandursache ausgewiesen (Peng et al., 2014, S. 1178).

Eine weitere alternative Herangehensweise zur Bewertung der Schwere von Personenschäden liefert das deutsche Arbeitsschutzsystem. In diesem System wird die Schwere der persönlichen Folgen für eine versicherte Person anhand der Ausfallzeit, gemessen in Kalendertagen, beurteilt. Die folgenden Arbeitsunfall Kategorien existieren:

- Tödlicher Arbeitsunfall (meldepflichtig)
- > drei Tagen Ausfallzeit (meldepflichtig)
- < drei Tagen Ausfallzeit (nicht meldepflichtig, ärztliche Behandlung erforderlich)
- < 1 Tag Ausfallzeit (keine ärztliche Behandlung erforderlich (Kahl, 2019, S. 98).

4.3.4 Ergebnis Systematik Schadensbemessung

Bild 5 fasst die in Kap. 4 beschriebenen Methoden der Schadensbemessung in Form einer Mindmap zusammen. Diese stellt des Weiteren auf der zweiten Ebene Beispiele für die Schadensarten Sachschäden, Umweltschäden und Personenschäden dar. Damit bildet Bild 5 den Abschluss der ersten Hälfte dieser Arbeit und dient als Übersicht über das gesamte Themengebiet der Schadensbemessung bei Bränden.

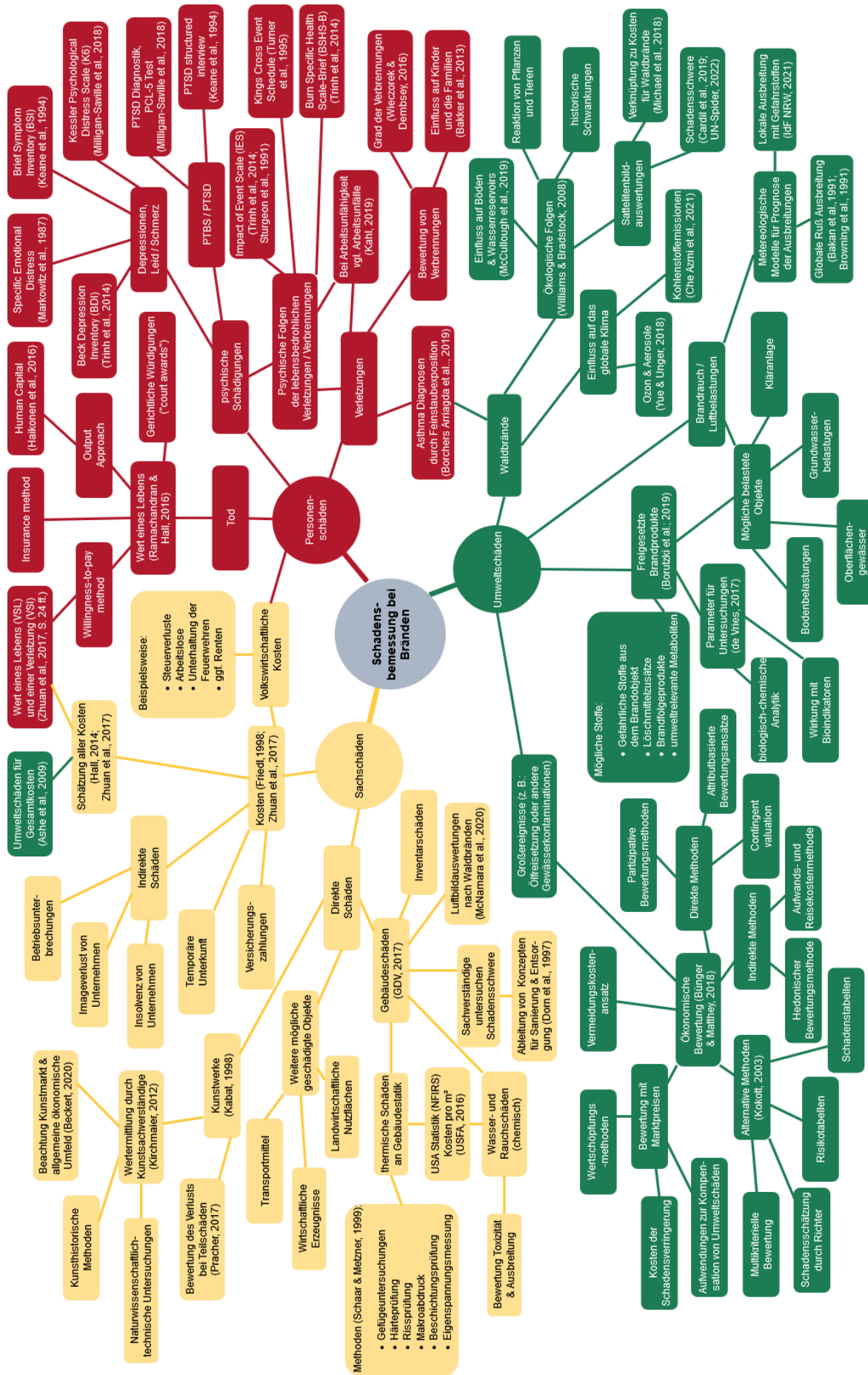


Bild 5: Zusammenfassung Systematik Schadensarten & Schadensbemessung bei Bränden

5 Ergebnisse: vfdb-Brandschadenstatistik

In diesem Kapitel werden die Ergebnisse der durchgeführten Auswertungen präsentiert. Die Ergebnisse sind unterteilt in Ergebnisse zu Risikoschwerpunkten; Clusteranalysen, Zusammenhänge zwischen Variablen; und Aussagekraft der Daten. Sofern nicht anders ausgewiesen, ist die Datengrundlage für Bilder und Tabellen die vfdb-Brandschadenstatistik (Festag & Döbbling, 2020).

5.1 Untersuchung Risikoschwerpunkte

Unter einem Risikoschwerpunkt wird, wie bei Festag und Döbbling (2020, S. 82), das erhöhte Auftreten einer Variable im Verhältnis zur Anzahl der Brände (Eintrittswahrscheinlichkeit) verstanden. Als statistisch signifikant werden solche Risikoschwerpunkte, bei denen die Maßw der Variable signifikant erhöht ist, ausgewiesen. Des Weiteren können Risikoschwerpunkte durch eine erhöhte Schadensschwere auftreten. Bei der vfdb-Brandschadenstatistik wird die Schadensschwere durch die Kategorien Menschenrettung (Brandsterbefälle, verletzte und gerettete Personen) und geschätzter Sachschaden abgebildet (Festag & Döbbling, 2020).

Auswertung 1 zeigt, dass die Anzahl der Brände mit steigendem geschätztem Sachschaden deutlich abnimmt. In Bild 6 ist der prozentuale Anteil der Kategorien des geschätzten Sachschadens im Verhältnis zu allen Bränden mit Angaben (n = 1021) dargestellt. Auffällig ist, dass die beiden größten Kategorien des geschätzten Sachschadens jeweils nur bei 0,2 % der Brände auftreten. Deshalb wurden für weitere Auswertungen die Sammelkategorien geringer, mittlerer und hoher geschätzter Sachschaden gebildet. Die prozentuale Verteilung dieser Klassen am gesamten erfassten Brandgeschehen ist in Bild 7 aufgetragen. Geschätzte Sachschäden über 1.000 € sind also grundsätzlich als seltene Ereignisse zu bewerten.

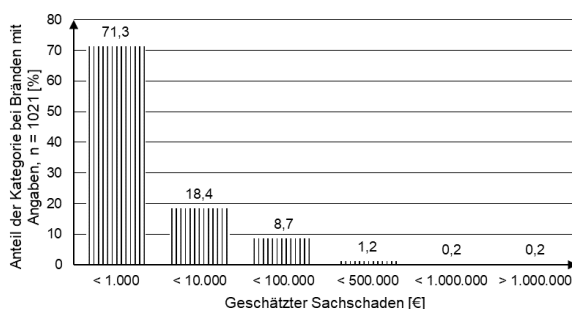


Bild 6: Prozentualer Anteil der Schadenskategorien am Brandgeschehen

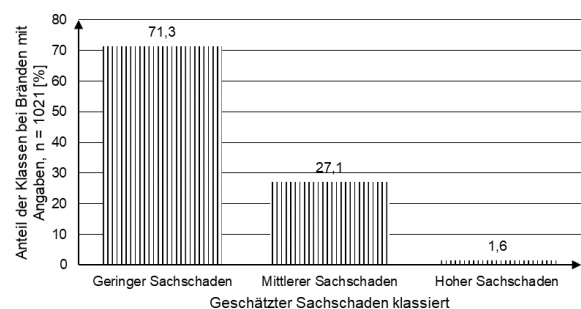


Bild 7: Prozentualer Anteil der klassierten Schadenskategorien am Brandgeschehen

Bei Auswertung 2.1 wird die Verknüpfung der Hauptgruppen geschätzter Sachschaden und Menschenrettung untersucht. In Bild 8 bis Bild 11 wird jeweils eine Variable der Menschenrettung (Brandsterbefälle, Einsatz mit Rettung von Personen, verletzte und gerettete Personen) auf der primären y-Achse abgebildet. Die sekundäre y-Achse integriert den Anteil der Variablen pro Anzahl der Brände je Sachschadenskategorie. Die Regressionen der Daten der sekundären Achse verdeutlichen, dass alle Menschenrettungsvariablen mit steigendem Sachschaden exponentiell häufiger auftreten. Als Einschränkung gilt in diesem Fall, dass für die Variablen Einsätze mit Rettung von Personen, verletzte und gerettete Personen keine Einsätze mit einem geschätzten Sachschaden > 500.000 € im Datensatz vorhanden sind. Dies könnte der Fall sein, da es nur vier Brände mit einem geschätzten Sachschaden > 500.000 € gibt oder Menschenrettungen möglicherweise bei so hohen Sachschäden wieder seltener auftreten. Des Weiteren ist nur für die Anzahl der Brandsterbefälle (s. Bild 8) ein exponentieller Rückgang mit dem steigenden geschätzten Sachschaden feststellbar. Daraus lässt sich, aufgrund der erhöhten Eintrittswahrscheinlichkeiten, ein Risikoschwerpunkt für Menschenrettungsvariablen bei hohen geschätzten Sachschäden (hohe Schadensschwere aus materieller Sicht) schließen.

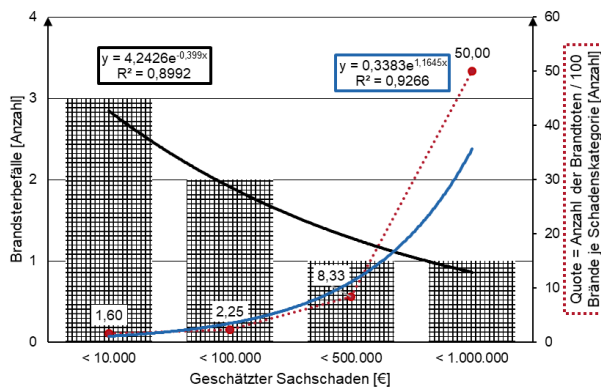


Bild 8: Verteilung der Brandsterbefälle auf die Schadenskategorien

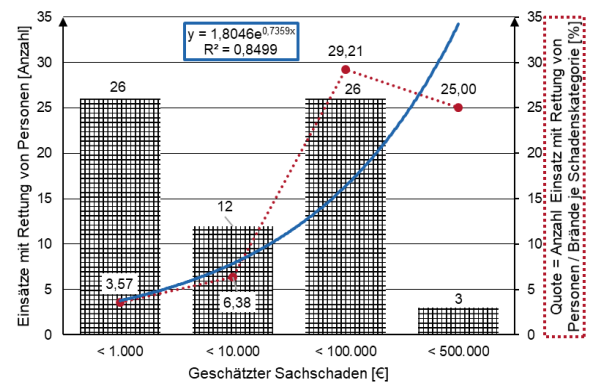


Bild 9: Verteilung Einsätze mit Rettung von Personen auf die Schadenskategorien

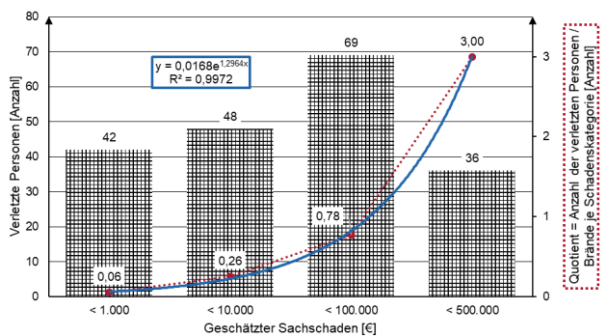


Bild 10: Verteilung der verletzten Personen auf die Schadenskategorien

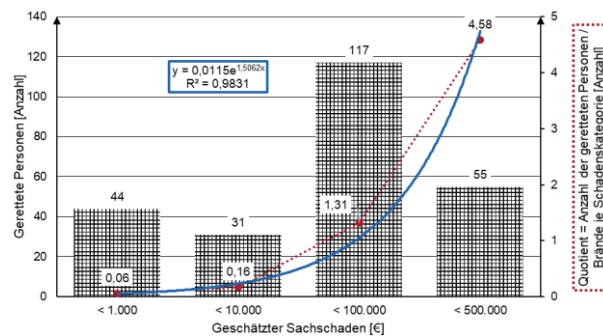


Bild 11: Verteilung der geretteten Personen auf die Schadenskategorien

Auswertung 2.2 der Hauptgruppen Menschenrettung und ausgelöste Anlagentechnik ergibt, dass vier Kategorien der ausgelösten Anlagentechnik signifikante Mabw enthalten. Die vier Kategorien: keine Anlagentechnik vorhanden, Rauchwarnmelder (Wohnungsbereich), Brandmeldeanlage (BMA) und natürlich wirkende Rauch- und Wärmeabzugsanlage (NRA) sind in Bild 12 (x-Achse) dargestellt. Für jede dieser Kategorien ist auf der primären y-Achse (logarithmische Skala) die Anzahl der Brände und Einsätze mit Menschenrettungen aufgeführt. Auf der sekundären y-Achse sind Quotienten über den Umfang der durchzuführenden Menschenrettungen je Kategorie veranschaulicht. Grundsätzlich ist auffällig, dass die Anzahl der Brände und Einsätze mit allen Arten der Menschenrettung bei keiner ausgelösten Anlagentechnik signifikant erhöht ist. Dies lässt sich mit dem großen Anteil von 61 % der Brände ohne Anlagentechnik erklären. Für Einsätze mit ausgelösten Rauchwarnmeldern oder NRA ist die absolute Anzahl der Menschenrettungsvariablen nicht auffällig. Aber der Anteil von Einsätzen mit Menschenrettung (Todesfall, verletzte Personen, Rettung von Personen) ist in diesen Kategorien signifikant erhöht. Bei bestätigten Bränden mit ausgelösten Rauchwarnmeldern oder NRA besteht also ein signifikant erhöhtes Risiko für die Personen. Außerdem stellt die Auslösung der BMA die meisten Brände mit ausgelöster Anlagentechnik dar. Relevanter ist jedoch, dass die Quotienten (sekundäre y-Achse) bei Bränden mit ausgelöster BMA signifikant erhöht sind. Es scheint, dass bei Bränden mit ausgelöster Anlagentechnik und Menschenrettungen eine erhöhte Anzahl an Personen gerettet werden muss bzw. verletzt sind.

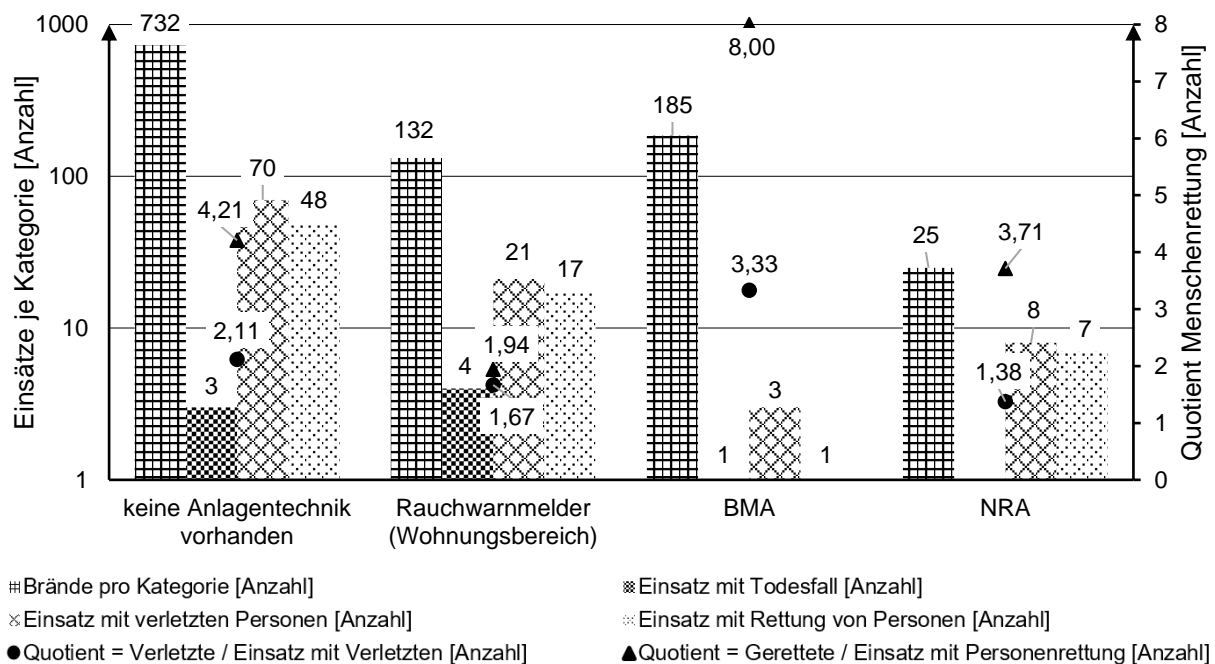


Bild 12: Kategorien ausgelöster Anlagentechnik mit signifikant erhöhten Anzahlen bei Menschenrettungsvariablen

Die Verteilung der Hauptgruppen Menschenrettung, Rauchausbreitung bei Eintreffen und ausgelöste Anlagentechnik über den geschätzten Sachschaden wird in Auswertung 2.3 untersucht. Die vier Kategorien große / kleine Rauchausbreitung, keine Anlagentechnik vorhanden und ausgelöste BMA weisen die aussagekräftigsten Werte auf. Deshalb zeigen Bild 13 bis Bild 16 jeweils die Verteilung einer dieser vier Kategorien für die Sachschadenskategorien (x-Achse). Auf der primären y-Achse ist die Anzahl der Ereignisse zu sehen. Auf der sekundären y-Achse sind wieder die Quoten der Ereignisse pro Anzahl der Brände je Schadenskategorie veranschaulicht. Für die große Rauchausbreitung bei Eintreffen gilt, dass der Anteil an den Bränden je Sachschadenskategorie linear und mit steigendem geschätztem Sachschaden (s. Bild 13) zunimmt. Für die Rauchausbreitung gelten die signifikanten Risikoschwerpunkte, dass eine kleine Rauchausbreitung bei Eintreffen häufiger zu Sachschäden < 10.000 € (s. Bild 14) und eine große Rauchausbreitung häufiger zu hohen Sachschäden führt. Wenn keine Anlagentechnik bei einem Brand auslöst, sinkt die Anzahl der Brände fast ideell exponentiell mit steigendem geschätztem Sachschaden ($R^2 = 0,96$; s. Bild 15).

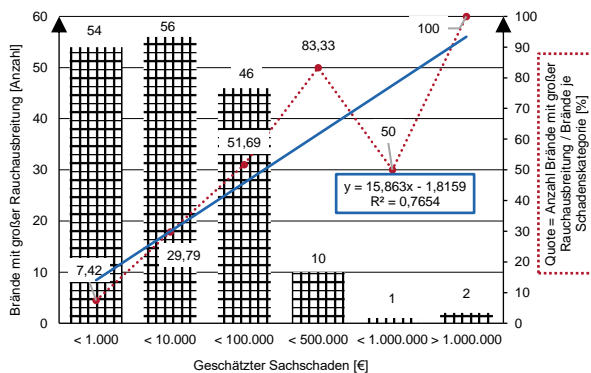


Bild 13: Verteilung große Rauchausbreitung bei Eintreffen auf die Schadenskategorien

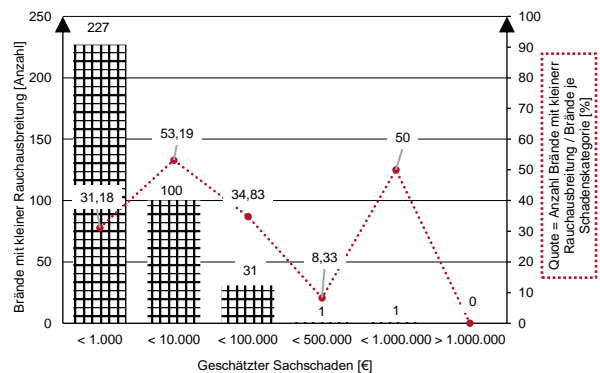


Bild 14: Verteilung kleine Rauchausbreitung bei Eintreffen auf die Schadenskategorien

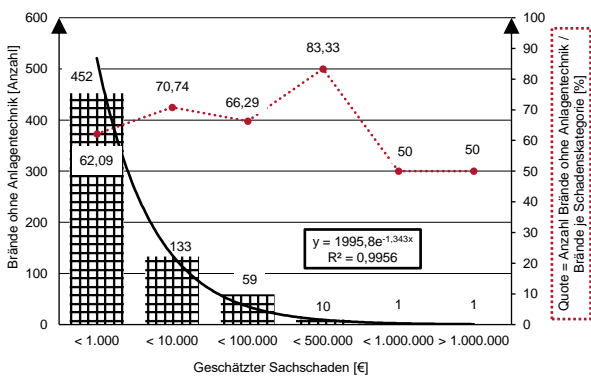


Bild 15: Verteilung keine ausgelöste Anlagentechnik auf die Schadenskategorien

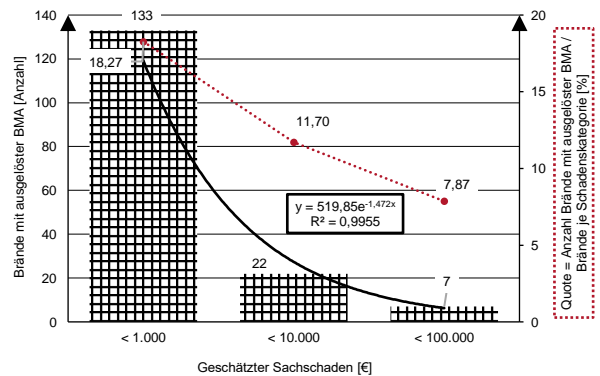


Bild 16: Verteilung ausgelöste BMA auf die Schadenskategorien

Demgegenüber steht die signifikant erhöhte Häufigkeit für Brände ohne ausgelöste Anlagentechnik bei einem geschätzten Sachschaden < 500.000 €. Somit bestehen für

die Variablen große Rauchausbreitung und keine ausgelöste Anlagentechnik gemeinsame signifikante Risikoschwerpunkte, da erhöhte Eintrittswahrscheinlichkeiten bei hoher Schadensschwere erkennbar sind. Die Analyse der Verteilung des Sachschadens für ausgelöste BMA zeigt, dass keine geschätzten Sachschäden über 100.000 € auftreten. Daneben nimmt die Anzahl der Brände mit ausgelöster BMA in den ersten drei Sachschadenskategorien exponentiell ab (s. Bild 16). Weitere ausgelöste Anlagentechnik, die im Bereich der mittleren Sachschäden je Variable vermehrt auftritt sind NRA, Sprachalarmierungsanlagen und Löschanlagen. Diese Arten von Anlagentechnik treten aber absolut gesehen sehr selten auf und werden deshalb hier nicht genauer betrachtet (s. Tabelle B23, Bild C38, Bild C39).

Auswertung 3.1, die die Hauptgruppen geschätzter Sachschaden und vermutlicher Ort der Brandentstehung verknüpft, kann die Küche als Risikoschwerpunkt bestätigen (vgl. Festag & Döbbling, 2020, S. 82). Bild 17 stellt daher die Verteilung des geschätzten Sachschadens für die Brände mit der Küche als vermutlichen Ort der Brandentstehung dar. Die sekundäre y-Achse trägt die gleiche Quote wie zuvor. Für Brände, die vermutlich in der Küche entstanden sind, sinkt zwar die Anzahl mit steigendem geschätztem Sachschaden ($R^2 > 0,9$), jedoch ist die Anzahl und Häufigkeit der Brände je Sachschadenskategorie (außer $> 1.000.000$ €) signifikant erhöht. Ähnlich dazu zeigt Bild 18 die Darstellung für den Wohnraum als vermutlichen Ort der Brandentstehung. Bei der Auswertung ist auffällig, dass für diese Variable die exponentielle Abnahme der Anzahl mit steigendem geschätztem Sachschaden deutlich schlechter ($R^2 = 0,73$) ist. Dieser Umstand deutet in Verbindung mit den erhöhten Häufigkeiten bei mittleren Sachschäden darauf hin, dass der Wohnraum, als vermutlicher Ort der Brandentstehung, einen zweiten Risikoschwerpunkt kennzeichnet.

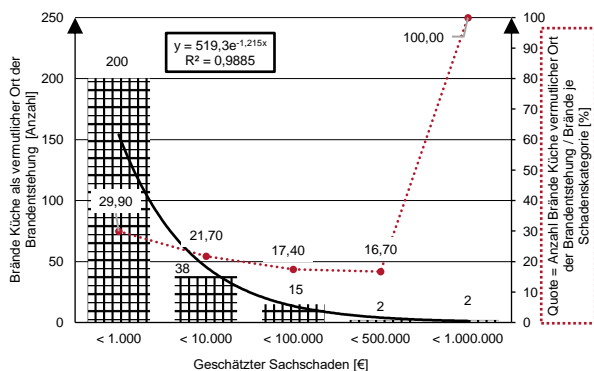


Bild 17: Verteilung Küche als vermutlicher Ort der Brandentstehung auf die Schadenskategorien

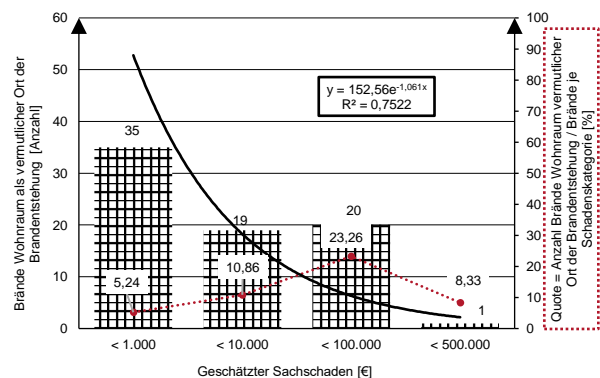


Bild 18: Verteilung Wohnraum als vermutlicher Ort der Brandentstehung auf die Schadenskategorien

Bei einigen anderen Variablen sind die Quoten pro Schadenskategorie bei hohen geschätzten Sachschäden signifikant erhöht (s. Tabelle B24). Aufgrund der geringen Anzahl an Bränden in diesen Sachschadenskategorien, ist die Aussagekraft dieser erhöhten Werte eingeschränkt. Es handelt sich dabei um die vermutlichen Orte der Brandentstehung: Lager, Flur + Treppenraum und Garage + Parkhaus. Außerdem tritt der Ort Transport-/ Verkehrsweg am dritthäufigsten als vermutlicher Ort der Brandentstehung auf. Aber bei ca. 97 % der Brände, mit Angabe zum Sachschaden, liegt der geschätzte Sachschaden unter 1.000 € und stellt damit keinen Risikoschwerpunkt dar. Daneben wurden diese Brände vor allem von einer bestimmten WF gemeldet (s. Tabelle B25) (Festag & Döbbling, 2020, S. 82).

Die Auswertung 3.2 zum vermutlichen Ort der Brandentstehung und geschätzten Sachschaden abhängig von der GK hat vor allem relevante Zusammenhänge ergeben, die in Kap. 5.2 dargestellt werden. Dennoch traten einige signifikante Werte auf, die Aussagekraft ist aber durch die nicht zufällige Erhebung der vfdb-Brandschadenstatistik stark eingeschränkt. Hohlraum – Sonstige Hohlräume tritt fast ausschließlich in GK 6 als vermutlicher Ort der Brandentstehung auf und hat für GK 6 somit eine signifikant erhöhte Eintrittswahrscheinlichkeit. Ein weiterer vermutlicher Ort der Brandentstehung der auffällig ist, sind Fassadenelemente, die in GK 5 und 6 signifikant häufiger angegeben werden. Erhöhte geschätzte Sachschäden in Abhängigkeit der GK werden aufgrund dessen, dass es sich nicht um eine verpflichtende vollständige Erhebung bei den Feuerwehren handelt, nicht genauer betrachtet.

Auswertung I und II analysiert die Entwicklung von Schadenskriterien (geschätzter Sachschaden, Menschenrettung, Evakuierung, Rauchausbreitung bei Eintreffen) im zeitlichen Verlauf einer Woche und eines Tages. Der zeitliche Verlauf der Anzahl der Gebäudebrände ist in Bild C29 und Bild C30 (S. XLIV) veranschaulicht. Für die Darstellung von Risikoschwerpunkten in Bild 19 und Bild 20 wurden fünf Kategorien, mit signifikanten Abweichungen, als Schadensparameter ausgewählt. Dies sind einerseits die Anzahl der verletzten und geretteten Personen und zum anderen die Raten der mittleren, großen geschätzten Sachschäden und der großen Rauchausbreitung bei Eintreffen pro Tag oder Stunde. Als Referenz dient die zeitliche Entwicklung der Anzahl der Brände. Für all diese Parameter werden die Mabw, entweder als Abweichung der Anzahl oder in %, auf der y-Achse in den Bildern wiedergegeben.

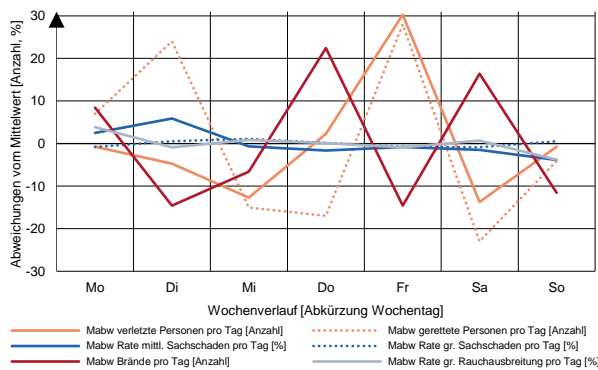


Bild 19: Mabw (Brände, verletzte / gerettete Personen, Rate mittlerer / großer Sachschaden, Rate große Rauchausbreitung) im Wochenverlauf

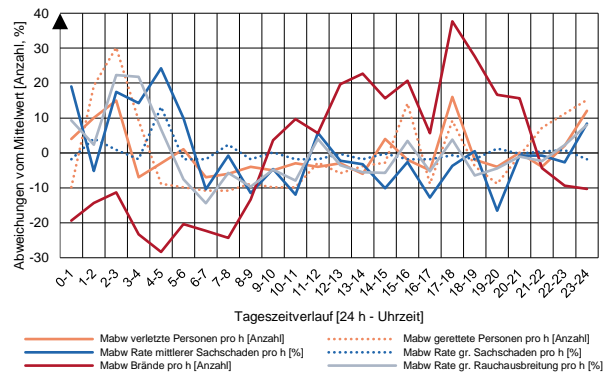


Bild 20: Mabw (Brände, verletzte / gerettete Personen, Rate mittlerer / großer Sachschaden, Rate große Rauchausbreitung) im Tagesverlauf

Bei der Auswertung des Wochenverlaufs (Bild 19) fällt auf, dass montags die große Rauchausbreitung bei Eintreffen signifikant erhöht ist (21 % der Brände). Außerdem treten dienstags mittlere geschätzte Sachschäden häufiger auf und die Anzahl der geretteten Personen ist signifikant höher. Weiterhin sind am Freitag die Menschenrettungsparameter (verletzte / gerettete Personen) auffällig. Zusätzlich gilt der Umstand, dass freitags wenige Brände auftreten und somit die Raten der Menschenrettungen pro Brand auch signifikant erhöht sind. Auf Grundlage dieser Auswertung scheinen Dienstag und vor allem Freitag Risikoschwerpunkte für Menschenrettungen darzustellen, da die Eintrittswahrscheinlichkeiten und der Umfang erhöht sind. Auffällige Schadensparameter können nicht an den Tagen mit den meisten Gebäudebränden der Woche, Donnerstag und Samstag, festgestellt werden.

Die Schwankung der Anzahl der Brände ist im Tagesverlauf deutlich stärker, als zwischen verschiedenen Wochentagen (s. Bild 20). So ist die Anzahl der Brände zwischen 12 und 21 Uhr, mit Ausnahme von 16 – 17 Uhr, signifikant erhöht und nachts bzw. morgens von 23 bis 9 Uhr signifikant niedrig. Bei den Schadensparametern treten tagsüber jedoch keine signifikant erhöhten Werte auf. Stattdessen lassen sich, wie bereits von Döbbling und Festag (2021) ausgewiesen, nachts signifikant erhöhte Schadensparameter erkennen. So sind zwischen 23 und 3 Uhr die Anzahl und die Rate der geretteten und verletzten Personen erhöht. Ähnliches gilt für die Kategorien große Rauchausbreitung, mittlerer und großer geschätzter Sachschaden, die im Zeitraum von 23 bis 5 Uhr vermehrt eine hohe Anzahl oder Rate pro Stunde aufweisen. Damit lässt sich die Nacht als Risikoschwerpunkt feststellen, da sowohl Menschenrettungsparameter als auch Schadensparameter (geschätzter Sachschaden, Rauchausbreitung) signifikant erhöht sind. Gleichzeitig ist des Weiteren die Anzahl der Brände signifikant niedrig.

5.2 Untersuchung Cluster und Zusammenhänge

Grundsätzlich wurden die Untersuchungen auf Zusammenhänge zwischen Variablen unabhängig von den Untersuchungen auf Risikoschwerpunkte durchgeführt. Jedoch traten bei der Analyse der Risikoschwerpunkte bereits auffällige Regressionen auf, weshalb die Trennung der Ergebnisse nicht vollständig möglich ist. Im Folgenden werden Ergebnisse von Auswertungen über Verteilungen des geschätzten Sachschadens in verschiedenen Clustern (Feuerwehrart, GK) oder Zusammenhänge bei Variablen dargestellt.

Mit Auswertung 1 wird das Cluster Feuerwehrart untersucht. Die Feuerwehrarten sind BF, WF und FF. In Bild 21 bis Bild 24 ist die Verteilung der Anzahl der Brände (y-Achse) auf die Kategorien des geschätzten Sachschadens (x-Achse) aufgetragen. Teil der Bilder sind nur Brände mit Angaben zum geschätzten Sachschaden. Falls die Anzahl der Brände in einer der sechs Sachschadenskategorien null beträgt, wird die Kategorie in den Bildern ausgeblendet. Es gilt, dass die Güte der exponentiellen Regressionen in der Reihenfolge alle Brände, BF, WF und FF abnimmt.

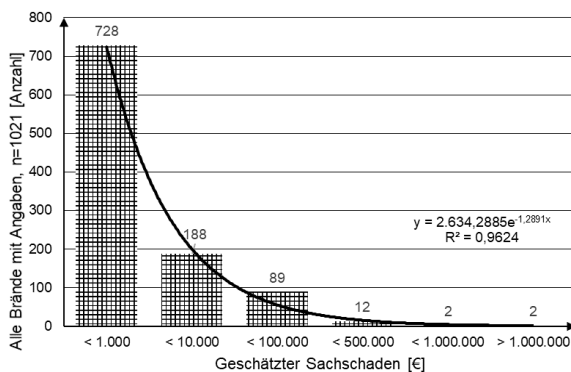


Bild 21: Verteilung aller Brände mit Angaben zum geschätzten Sachschaden

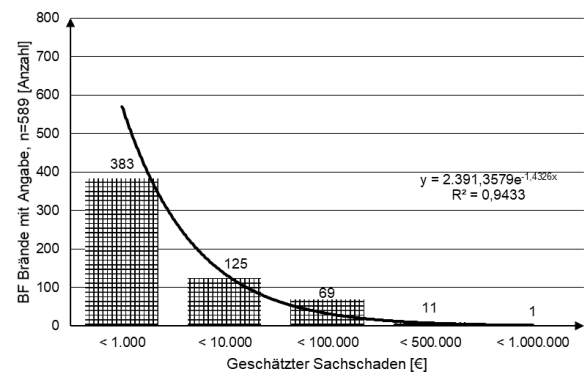


Bild 22: Verteilung der Brände bei BF mit Angaben zum geschätzten Sachschaden

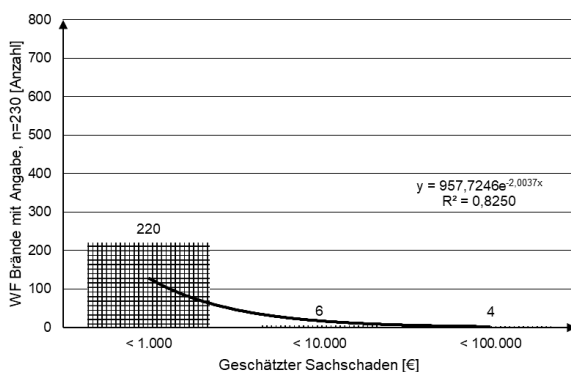


Bild 23: Verteilung der Brände bei WF mit Angaben zum geschätzten Sachschaden

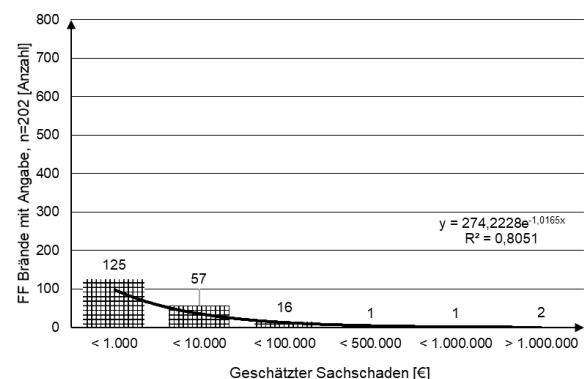


Bild 24: Verteilung der Brände bei FF mit Angaben zum geschätzten Sachschaden

Die Ergebnisse des KST für das Cluster Feuerwehrtart sind in Bild C31 bis Bild C36 (S. XLV) dargestellt. Mit dem KST wurde die Verteilung der Sachschäden immer einzeln zwischen zwei Clusterarten untersucht. Dabei treten die einzigen signifikanten Unterschiede bei Vergleichen zum Cluster WF auf. Die Verteilung des geschätzten Sachschadens bei WF unterscheidet sich also signifikant zur Verteilung bei allen Bränden, BF und FF.

Dieselben Analyseschritte werden in Auswertung 3.2 für das Cluster GK durchgeführt. Die Verteilung der Brände je GK auf die Kategorien des geschätzten Sachschadens wird in Bild C46 bis Bild C51 (S. XLVIII f.) veranschaulicht. Zusätzlich sind auf der sekundären y-Achse noch die Quoten pro Brände je Sachschadenskategorie aufgeführt. Die exponentiellen Regressionen weisen für die GK 1, 3 und 4 ein geringeres Bestimmtheitsmaß ($R^2 < 0,9$) auf. In GK 6 wurde ein signifikant erhöhter Anteil der Brände (39,18 %) erfasst. Des Weiteren sind die Ergebnisse des KST für den Vergleich der Verteilung des geschätzten Sachschadens bei allen Bränden und immer einer GK in Bild C40 bis Bild C45 aufgeführt (S. XLVIII). Die GK 3 und 4 fallen mit sehr signifikant abweichenden Verteilungen des geschätzten Sachschadens auf.

Die Analyse der Kriterien geschätzter Sachschaden und Menschenrettung (Auswertung 2.1) zeigt ein weiteres exponentielles Wachstum auf. Der Zusammenhang zwischen dem Quotienten Anzahl geretteter Personen pro Einsatz mit Menschenrettung und dem geschätzten Sachschaden ist in Bild C37 (S. XLVI) abgebildet. Durch das hohe Bestimmtheitsmaß ($R^2 = 0,92$) wird deutlich, dass mit steigendem geschätztem Sachschaden bei Einsätzen mit Menschenrettung immer mehr Menschen gerettet werden. Daneben wurden bei dieser Auswertung bei Auftragung über den geschätzten Sachschaden einige (hoch-)signifikante Korrelationen zwischen Menschenrettungsvariablen festgestellt (s. Tabelle C30, S. XLV). Die auffälligen und signifikanten Korrelationen sind in den Kreuztabellen im Anhang rot markiert. So bestehen sehr hohe und hochsignifikante Korrelationen zwischen der Anzahl der Einsätze mit verletzten Personen und Anzahl verletzter Personen sowie Einsatz mit Rettung von Personen. Außerdem weisen die Variablen Einsatz mit Rettung von Personen und Anzahl verletzter Personen untereinander eine hohe hochsignifikante Korrelation auf.

Weitere Korrelationsanalysen wurden für die Kriterien (Menschenrettung, Rauchausbreitung, ausgelöste Anlagentechnik) der Auswertung 2.3 durchgeführt (s. Tabelle C31, S. XLVII). Auch diese Kriterien wurden abhängig vom geschätzten Sachschaden

untersucht. Aufgrund des großen Umfangs der signifikanten Zusammenhänge wird deutlich, dass die Anzahl der meisten Variablen mit steigendem geschätztem Sachschaden abnimmt. Interessant sind hier hohe und signifikante Korrelationen bei Variablen, über die bekannt ist, dass die Anzahl mit steigendem geschätztem Sachschaden nicht auffällig fällt. Bspw. für die große Rauchausbreitung, die bei geschätzten Sachschäden kleiner 100.000 €, eine relativ konstante Anzahl aufweist (s. Bild 13). Die große Rauchausbreitung weist hohe hochsignifikante Korrelationen mit den Variablen keine Anlagentechnik vorhanden und ausgelöste NRA auf.

Die Untersuchung der Korrelationen von Schadensparametern (Menschenrettung, Rauchausbreitung bei Eintreffen, geschätzter Sachschaden) im Zeitverlauf bei Auswertung I und II ergibt relevante Ähnlichkeiten. Die bestimmten Korrelationskoeffizienten sind in Tabelle C32 und Tabelle C33 (S. XLIX f.) zu finden. Sowohl bei der Verteilung im Wochen- als auch Tagesverlauf bestehen hochsignifikante und hohe Korrelationen bei den folgenden Variablen:

- Geringer Sachschaden: Rauchausbreitung nicht nennenswert, geringe Rauchausbreitung
- Mittlerer Sachschaden: große Rauchausbreitung.

Außerdem korrelieren bei Auswertung I (Wochentage) die Anzahl geretteter Personen mit geringer Rauchausbreitung und geringe Sachschäden hoch. Bei Auswertung II (Tageszeit) ist eine hochsignifikante mittlere Korrelation für eine große Rauchausbreitung und die Anzahl geretteter Personen nachweisbar. Im Gegensatz zu den Ähnlichkeiten zwischen Auswertung I und II konnten auch auffällige Unterschiede bei Korrelationskoeffizienten festgestellt werden. Die Korrelationskoeffizienten für die Variablen Anzahl der Brände pro Tag oder Stunde weichen besonders stark bei der Anzahl geretteter Personen voneinander ab (Differenz = 0,658). Dieser Umstand bestätigt den geringen Bezug zwischen Anzahl der Brände und geretteten Personen im Tagesverlauf (s. Bild 20).

5.3 Aussagekraft der Daten

Zur Untersuchung der Repräsentativität der Schadensparameter aus der vfdb-Brandschadenstatistik werden zum einen Daten und Quoten zusammengefasst (s. Tabelle 14). Diese Daten charakterisieren die Stichprobe der vfdb-Brandschadenstatistik oberflächlich in Bezug auf die Kategorien Menschenrettung und geschätzter Sachschaden. Nützlich sind diese Daten für einfache Vergleiche mit fremden

Auswertungen oder Veröffentlichungen (z. B.: GDV; CFS; Brandstatistiken einzelner Länder bspw. USA, England (USFA, 2019; UK Home Office, 2020)) in Kap. 6.

Tabelle 14: Allgemeine Daten zu Menschenrettung und geschätzter Sachschaden der vfdb-Brandschadenstatistik

Daten	vfdb-Brandschadenstatistik
Brände [Anzahl]	1.220
Brandsterbefälle [Anzahl]	8
Quote Brandsterbefälle / 100 Brände [Anzahl]	0,66
Gerettete Personen [Anzahl]	259
Quote gerettete Personen / 100 Brände [Anzahl]	21,23
Verletzte Personen [Anzahl]	215
Quote verletzte Personen / 100 Brände [Anzahl]	17,62
Klassierter Mittelwert geschätzter Sachschaden [€]	13.117,53

Zum anderen werden Analysen mit den gesammelten Daten zum deutschen Brandgeschehen aus den Feuerwehr Jahresberichten und dem IG NRW durchgeführt (s. Anhang B.3, S. XLII). Hier sei darauf hingewiesen, dass die vfdb-Brandschadenstatistik nur Gebäudebrände erfasst. In die gesammelten Daten zum Brandgeschehen in Deutschland (Jahresberichte, IG NRW) fließen jedoch alle Arten von Bränden mit ein. Durch diesen Umstand wird die Aussagekraft der folgenden Vergleiche eingeschränkt, aufgrund der Datenlage ist dies aber die einzige Vergleichsmöglichkeit. Mit der erfassten Stichprobe über Schadensparameter bei Bränden in deutschen Großstädten und NRW werden ca. 30 % der deutschen Bevölkerung (Stand 2020) abgedeckt (IT.NRW, 2022; Statista, 2022b; Statistisches Bundesamt, 2022). Durch die Recherche der Feuerwehr Jahresberichte für die 20 größten Städte in Deutschland, liegt bei der Stichprobe aber keine gleichmäßige Verteilung der GK vor. Diese Tendenz wird nur in Kombination mit den Summen der Brände und Schadensparameter für ganz NRW etwas ausgeglichen. Jedoch treten auch in der vfdb-Brandschadenstatistik ca. 49,7 % der Brände in GK 5 und 6 auf.

Für den Vergleich mit der vfdb-Brandschadenstatistik wird die Anzahl der Brandsterbefälle und geretteten Personen im Verhältnis zur Anzahl der Brände ausgewertet. Soweit verfügbar, werden die Datenpunkte für den Zeitraum 2013 bis 2017 einbezogen. Grundsätzlich werden lineare Regressionen mit Grenzen des Konfidenzbereichs ($\alpha = 5\%$) in die Streudiagramme integriert. In Bild 25 und Bild 26 sind dafür die Brandsterbefälle und die Anzahl der Brände in Streudiagrammen dargestellt. Auf den y-Achsen ist jeweils die Anzahl der Brandsterbefälle pro Jahr erfasst und auf der x-Achse die zugehörige Anzahl der Brände pro Jahr. Aufgetragen sind in Bild 25 ausschließlich

die Daten für die 20 größten Städte in Deutschland, so ist die Lage der vfdb-Brandschadenstatistik im Verhältnis dazu gut erkennbar. Hier fällt auf, dass die Anzahl der Brandsterbefälle in der vfdb-Brandschadenstatistik den Konfidenzbereich der linearen Regression überschreitet. Grundsätzlich weist das Bestimmtheitsmaß der Regression ($R^2 = 0,79$) einen relativ guten Zusammenhang zwischen der Anzahl der Brände und Brandsterbefälle nach. In Bild 26 sind für dasselbe Streudiagramm die Daten zu NRW ergänzt. Auf Grundlage der linearen Regression ($R^2 = 0,966$) werden im Anschluss Schätzungen über die Anzahl der Brände in Deutschland durchgeführt. Für die gemittelte Anzahl der Brandsterbefälle pro Jahr im Zeitraum 2013 – 2017 des Destatis (GBE Bund, 2022) und des DFV (DFV, 2020), ergibt sich wie abgebildet die Anzahl von 97.071 bis 104.249 Bränden pro Jahr. Auffällig im Rahmen dieser Auswertung ist, dass die Anzahl der jährlichen Brandsterbefälle zwischen IG NRW (Ministerium des Inneren des Landes Nordrhein-Westfalen, 2022) und der GBE Bund (2022) stark voneinander abweicht. Außerdem liegt der gemittelte Wert der Schätzungen für die Anzahl der Brände pro Jahr (100.660,3) nur knapp über der Hälfte des vom DFV in diesem Zeitraum angegebenen Wert für die Brandeinsätze der Feuerwehren (ohne Fehlalarmierungen) (Statista, 2022a). Die Schätzung der Brände für ganz Deutschland scheint mit diesem Vergleich zu klein auszufallen.

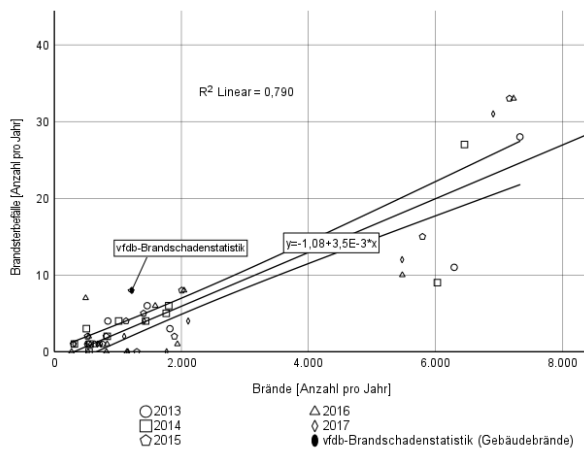


Bild 25: Zusammenhang zw. Anzahl Brände & Brandsterbefälle für 2013-2017 in dt. Großstädten (basierend auf den Feuerwehrstatistiken und IG NRW, Extremwerte bereinigt)

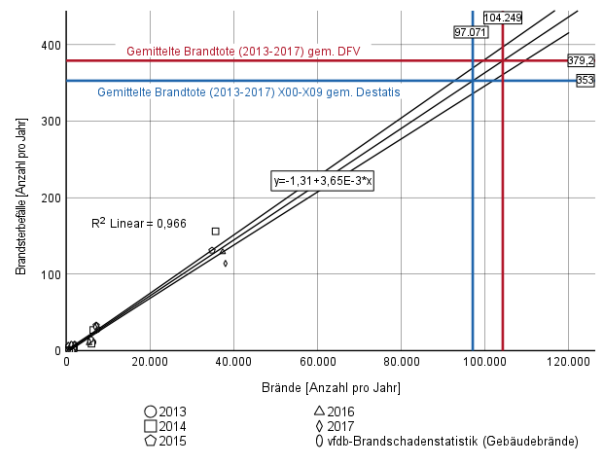


Bild 26: Schätzungen mit Anzahl Brände & Brandsterbefälle für 2013-2017 in Deutschland (basierend auf den Feuerwehrstatistiken und IG NRW, Extremwerte bereinigt)

Die Darstellung der geretteten Person und der Anzahl der Brände befindet sich in Bild 27 und Bild 28. Das linke Bild (Bild 27) bildet nur die Daten aus den deutschen Großstädten ab, damit die Position der vfdb-Brandschadenstatistik erkennbar ist. Im Fall der geretteten Personen ist die lineare Regression ($R^2 = 0,34$) jedoch nicht so stark, wie bei der Darstellung mit den Brandsterbefällen ($R^2 = 0,79$). Die vfdb-Brandschadenstatistik liegt

auch hier wieder oberhalb des Konfidenzbereichs der Regression, da die Anzahl der geretteten Personen im Verhältnis zur Anzahl der Brände erhöht ist. Mit dem Streudiagramm Bild 28, in welchem die Daten für NRW integriert sind, werden wieder Schätzungen durchgeführt. In diesem Fall wird aber mit der Regressionsgleichung ($y = 0,1 * x + 16,13$) von der Anzahl der jährlichen Brände auf die Anzahl der geretteten Personen geschlossen. Dafür wird der gemittelte Wert für die Anzahl der jährlichen Brände aus Bild 26 genutzt (100.660,3). Zum Vergleich wird der gemittelte Wert für die Brandeinsätze der Feuerwehren (ohne Fehlalarmierungen) des DFV (188.261,2) aufgetragen (Statista, 2022a). Damit ergibt sich eine große Differenz bei der Schätzung der jährlich in Deutschland geretteten Personen von ca. 8.760 Personen.

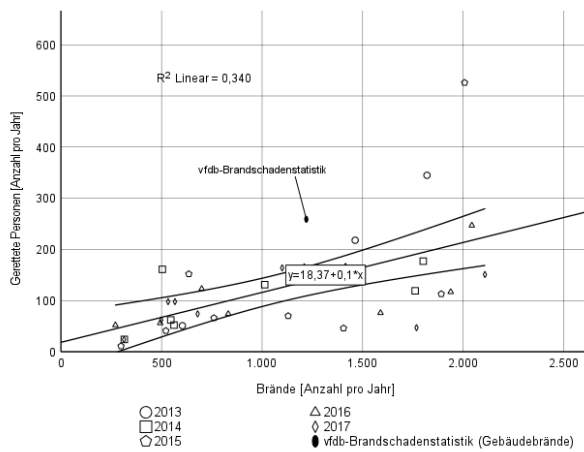


Bild 27: Zusammenhang Anzahl Brände & Gerettete Personen für 2013-2017 in dt. Großstädten (basierend auf den Feuerwehrstatistiken und IG NRW, Extremwerte bereinigt)

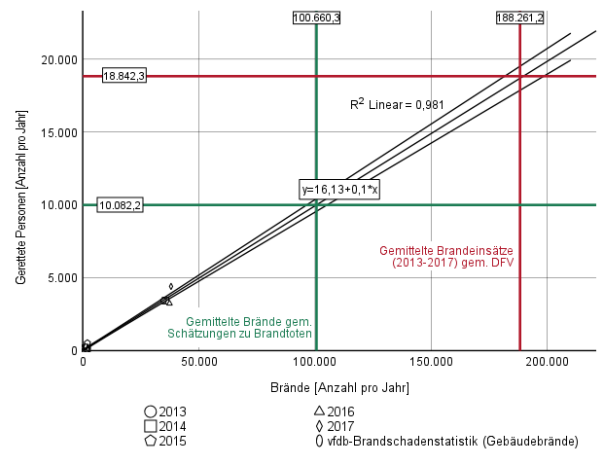


Bild 28: Schätzungen mit Anzahl Brände & Gerettete Personen für 2013-2017 in Deutschland (basierend auf den Feuerwehrstatistiken und IG NRW, Extremwerte bereinigt)

Abschließend lässt sich festhalten, dass die Schadensparameter Brandsterbefälle und gerettete Personen in der vfdb-Brandschadenstatistik im Vergleich mit Daten aus Feuerwehr Jahresberichten erhöht sind. Ähnliche Ausreißer treten bei beiden Schadensparametern auch bei Feuerwehr Jahresberichten auf. Vor allem bei der Anzahl der geretteten Personen scheint die nicht einheitliche Definition und Erfassung zu hohen Schwankungen zu führen.

6 Diskussion

Im Rahmen der Diskussion werden einzelne Ergebnisse der Auswertungen mit Bezug zum Schaden in den Kontext vergleichbarer Datenerhebungen eingeordnet und diskutiert. Unterschieden wird dabei zwischen einem nationalen und internationalen Kontext.

6.1 Nationaler Kontext

In Deutschland gibt es zur Schadensbemessung bei Bränden alleinstehende Untersuchungen im Bereich der Sach- und Personenschäden, die für einen Vergleich zur vfdb-Brandschadenstatistik geeignet sind. Einfache Vergleiche des Sachschadens sind mit den Daten des GDV zum jährlichen Schadendurchschnitt durch Feuer (s. Tabelle 15) möglich. Der klassierte Mittelwert des geschätzten Sachschadens aus der vfdb-Brandschadenstatistik liegt mit 13.117,53 € pro Brand sehr nahe beim Schadendurchschnitt des GDV zu Wohngebäude-Feuern. Dieser Vergleich kann jedoch nur als grobe Einordnung des geschätzten Sachschadens aus der vfdb-Brandschadenstatistik dienen. Eigenschaften dieser sind nämlich, dass der Sachschaden unmittelbar nach dem Brandereignis von einem Verantwortlichen der Feuerwehr geschätzt wird, wobei Sachschäden nur in sechs grobe Kategorien eingeordnet und sowohl Wohn- als auch Firmengebäudebrände erfasst werden.

Tabelle 15: Mittelwerte über Schadendurchschnitte im Zeitraum 2013–2017 des GDV (Festag & Döbbling, 2020, S. 315 f.)

Mittelwerte	Schadendurchschnitt [€ pro Jahr]
2013-2017 Wohngebäude-Feuer	13.139,60 €
2013-2017 Hausrat-Feuer	4.034,20 €
2013-2016 Firmenkunden-Gebäude-Feuer	23.109,75 €
2013-2016 Firmenkunden-Inhalt-Feuer	12.597,75 €

Maiworm und Bachmeier (2022) geben an, dass „eine gute Übereinstimmung der Verteilung der Nutzungsarten“ zwischen den Bränden aus der vfdb-Brandschadenstatistik und der von ihnen erfassten Stichprobe durch Einsatzstellenbegehungen besteht. In dieser Stichprobe wird eine Rauchausbreitung über Nutzungseinheiten hinweg in ca. 15 % der Brände festgestellt. In der vfdb-Brandschadenstatistik wird ein vergleichbarer Wert großer Rauchausbreitung beim Eintreffen bei ca. 18 % der Brände (mit Angaben zur Rauchausbreitung) gemeldet. Außergewöhnlich starke Rauchausbreitungen treten bei beiden Stichproben also ungefähr gleich selten auf. Eine bessere Vergleichbarkeit wäre allerdings durch eine einheitliche Verwendung von Begriffen über die Stärke von Rauchausbreitungen möglich.

Herweg und Wagner (2014) stellen fest, dass 76 % der Einsätze mit Brandsterbefällen zwischen 18 und 6 Uhr auftreten. Die dafür verwendete Stichprobe, aus Jahresberichten deutscher Feuerwehren, hat mit 258 Brandsterbefällen einen deutlich größeren Umfang als die vfdb-Brandschadenstatistik. Aus Auswertung II lässt sich schließen, dass bei der vfdb-Brandschadenstatistik 57 % der Einsätze mit Brandsterbefällen in diesem Zeitraum liegen. Die Tendenz für Einsätze mit Brandsterbefällen in der Nacht (Herweg & Wagner, 2014) kann durch die vfdb-Brandschadenstatistik also nicht wirklich bestätigt werden.

Weitere Vergleiche, unter anderem zur zeitlichen Verteilung von Menschenrettungsparametern sind mit Daten zu Brandopfern in Berlin möglich (Wagner & Herweg, 2018). Einschränkend gilt bei diesen Vergleichen, dass bei der vfdb-Brandschadenstatistik nur Gebäudebrände betrachtet werden. Die Quote „Brandtote je 100 Brände“ 2015 unterschreitet mit 0,46 die Quote aus der vfdb-Brandschadenstatistik (0,66). Noch größer sind die Unterschiede bei Quoten je 100 Brände für gerettete und verletzte Personen (Wagner & Herweg, 2018, S. 81), welche nur von 1997 bis 2009 erfasst wurden. Hier sind die Werte der vfdb-Brandschadenstatistik (s. Tabelle 14) dreimal so hoch wie die Höchstwerte der Berliner Auswertung. Bei den zeitlichen Verteilungen nutzen Wagner und Herweg die Brandopferzahl, welche „in Sicherheit gebrachte“, „rauchgasvergiftete und verletzte“, sowie „leblose“ Personen gemeinsam angibt. Wagner und Herweg weisen eine geringe Schwankung der Brandopferzahlen im Wochenverlauf aus. Dieser Umstand deckt sich nicht mit Auswertung I. Bei dieser wurde für die vfdb-Brandschadenstatistik freitags eine erhöhte Anzahl verletzter und geretteter Personen und dienstags eine erhöhte Anzahl geretteter Personen festgestellt. Für den Tagesverlauf erkennen Wagner und Herweg (2018) einen Schwerpunkt bei den Brandopferzahlen zwischen 18 und 4 Uhr (S. 91). Mit Auswertung II über die vfdb-Brandschadenstatistik wird dieser Umstand ähnlich erkannt. Jedoch können mit Auswertung II die stark erhöhten Menschenrettungsparameter (gerettete, verletzte Personen) auf den Zeitraum 23 bis 3 Uhr eingegrenzt werden. Außerdem geht aus Auswertung II hervor, dass in der Nacht (23 – 5 Uhr) erhöhte Sachschäden und große Rauchausbreitungen häufiger auftreten.

6.2 Internationaler Kontext

Ein Vergleich der Menschenrettungsparameter aus Tabelle 14 mit den Daten aus der Weltfeuerwehrstatistik des CFS (Brushlinsky et al., 2017) wäre zwar möglich, ergibt aber aufgrund der unübersichtlichen Erfassungsweise des CFS wenig Sinn. Außerdem wurden für die vfdb-Brandschadenstatistik nur Gebäudebrände erfasst und ein solch

vereinfachter Vergleich würde bei der Entdeckung globaler Risikoschwerpunkte nicht helfen. Einzelne Vergleiche zu internationalen Brandstatistiken mit ähnlichen Betrachtungsfeldern erscheinen daher sinnvoller. In der englischen Brandstatistik wird bspw. der Verlauf der Brände und Brandsterbefälle im Tagesverlauf untersucht (Gaught et al., 2016; UK Home Office, 2020). In der aktuellen Fassung wird dabei resümiert, dass der Höhepunkt der Brände im Tagesverlauf seit mehreren Jahren zwischen 18 und 20 Uhr liegt. Zudem können bei der Anzahl der Brandsterbefälle im Tagesverlauf keine Schwerpunkte erkannt werden (UK Home Office, 2020, S. 17). Diese Bewertung der Anzahl der Brände und Brandsterbefälle im Tagesverlauf ist in der vfdb-Brandschadenstatistik ähnlich. In dieser wird der Höhepunkt der Brände nur schon zwischen 17 und 18 Uhr erreicht und für statistisch starke Aussagen ist die Anzahl der Brandsterbefälle zu gering (s. Auswertung II, Tabelle B27).

Des Weiteren wird für England ein Risikoschwerpunkt für Küchengeräte als Brandursache bei versehentlichen Wohngebäudebränden ausgewiesen, da bei diesen Bränden der Anteil der Brandsterbefälle erhöht ist (UK Home Office, 2020). Auch in der aktuellen Brandstatistik der USA wird Kochen als häufige Ursache für Gebäudebrände mit Sachschäden angegeben. Nur bei Gebäuden ohne Wohnungen wird der Anteil von unbekanntem oder unbeabsichtigten Brandursachen höher eingeschätzt (USFA, 2019, S. 42 ff.). Der erhöhte Anteil der Küchenbrände bei Bränden mit Sachschäden kann auch in der vfdb-Brandschadenstatistik erkannt werden (Auswertung 3.1) (vgl. Bickert, 2021, S. 75 f.). Weitergehende repräsentative Untersuchungen in Bezug auf erhöhte Brandsterbefälle sind mit der vfdb-Brandschadenstatistik noch nicht möglich, da die Stichprobe der Brandsterbefälle noch zu klein ist.

Ein Vergleich des geschätzten Sachschadens pro Brand hat mit deutschen Daten des GDV in Kap. 6.1 nur eingeschränkt funktioniert. In der Schweiz wird die Schadenssumme und Anzahl der Feuerschäden an Gebäuden erfasst (VKG, 2022). Für den Zeitraum 2013 – 2017 ergibt sich daraus ein Schadendurchschnitt von 28.813,23 CHF je Gebäudebrand. Dieser vereinfachte Vergleich zeigt, dass der in der vfdb-Brandschadenstatistik mit 13.117,53 € ermittelte Schadendurchschnitt des geschätzten Sachschadens pro Brand geringer ausfällt. Dabei sind zum einen die Umrechnungskurse zwischen CHF und € zu beachten, welche hier für eine einfache Einordnung weggelassen werden. Zum anderen ist nicht erfassbar, welche Anzahl an Sachschäden den Versicherungen nicht gemeldet werden. Bei der Erfassung des geschätzten Sachschadens mit Feuerwehrberichten wird diese Datenlücke geschlossen. Für aussagekräftigere Aussagen der vfdb-

Brandschadenstatistik über Sachschäden bei Gebäudebränden in Deutschland wären noch Verbesserungen möglich. So könnte z. B. die Schätzung des Gebäudeschadens ähnlich zur NFIRS Erhebung in den USA (USFA, 2016) standardisiert werden. Als reine Schätzungen werden in diesem Fall nur noch Inventarschäden und indirekte Sachschäden angegeben. Außerdem sind bei den geschätzten Sachschäden große Abweichungen zwischen den Verteilungen über die Gemeindegrößen (GK) erkennbar (Auswertung 3.2). Ob diese Unterschiede auf die freiwillige Teilnahme an der vfdb-Brandschadenstatistik oder ungleichmäßige Verteilungen der Schadensschwere von Bränden zwischen GK zurückzuführen sind, kann hier nicht erkannt werden.

Die in der vfdb-Brandschadenstatistik erfassten und hier ausgewerteten Schadensparameter (Sachschäden, Personenschäden) passen teilweise in den Kontext anderer nationaler sowie internationaler Erhebungen. Es besteht jedoch für einige Ergebnisse bzw. Hypothesen dieser Arbeit noch Bedarf zum Vergleich mit anderen Statistiken. Dies gilt z. B. für die Verteilung der Anzahl der Brände auf Sachschadenskategorien (Auswertung 1). Beziehungsweise für die Erkenntnis, dass die Anteile für große Rauchausbreitungen und Menschenrettungen (verletzte und gerettete Personen) pro Brand mit höherem Sachschaden steigt (Auswertung 2.1, 2.3). Auch ein kausaler Zusammenhang zwischen den Variablen Rauchausbreitung und Menschenrettungen konnte hier nicht hergestellt werden. Außerdem wurden Verknüpfungen der ausgelösten Anlagentechnik und des geschätzten Sachschadens noch nicht genauer betrachtet. So deuten die Ergebnisse von Auswertung 2.3 an, dass bei einem hohen geschätzten Sachschaden (> 100.000 €) vermehrt keine Anlagentechnik vorhanden ist. Daneben ist es vielleicht möglich, die Effektivität von verbauter Anlagentechnik anhand der Verteilung des Sachschadens zu beurteilen. Mit ausgelöster BMA treten bspw. keine geschätzten Sachschäden > 100.000 € auf. Zudem fällt beim Vergleich zwischen NRA und maschinellen Rauch- und Wärmeabzugsanlagen (MRA) auf, dass ausgelöste MRA sehr selten bei geschätzten Sachschäden > 1.000 € gemeldet wurden (s. Bild C38, Bild C39). Ob dieser Umstand der geringen Summe an Fallzahlen oder einer höheren Effektivität geschuldet ist, bleibt offen.

7 Fazit und Ausblick

Die vorliegende Arbeit gibt eine Übersicht an verschiedenen Brandschäden. Zur Bemessung dieser Schäden gibt es zahlreiche Methoden. Diese orientieren sich an Einzelfällen mit relevanter Schadensschwere, bei denen im Nachgang Kosten für die Wiederherstellung des vorherigen Zustands anfallen. Durch übergeordnete Erfassungen dieser Einzelfälle lassen sich Statistiken bilden, welche z. B. die durch Brände ausgelösten Kosten in einem Land oder einer Region einschätzen. Wenn die vfdb-Brandschadenstatistik zukünftig ein gesamtheitlich repräsentatives Bild über Gebäudebrände in Deutschland abbildet, könnte sie für solche Betrachtungen mit einbezogen werden. Auch Hochrechnungen wären für solche Anwendungen denkbar.

In der vorliegenden Arbeit wurden gezielt statistische Ergebnisse in Bezug auf Schäden bei Bränden ausgearbeitet und aussagekräftige Vergleiche durchgeführt. Somit lässt sich aus dieser Arbeit bereits herleiten, dass der Sachschadendurchschnitt pro Gebäudebrand mit 13.117,53 € realistisch erscheint. Außerdem konnte für die Verteilung des Sachschadens die theoretische Annahme bestätigt werden, dass hohe Schäden besonders selten auftreten. Die Küche als Risikoschwerpunkt konnte bestätigt werden. Besonders auffällig ist dabei das übermäßige Auftreten erhöhter Sachschäden. Zudem wurde die Nacht als Zeitpunkt für einen erhöhten Anteil an Menschenrettungen, großen Sachschäden und Rauchausbreitungen erkannt. Die gemittelte Anzahl von deutschlandweit ca. 188.000 Bränden pro Jahr (DFV) scheint zu hoch zu sein. Auf Basis des Verhältnisses zwischen der Anzahl der Brände und Brandsterbefälle wurde als Vergleich eine deutlich geringere Anzahl von ca. 100.000 Bränden pro Jahr ermittelt.

Die Stichprobe der vfdb-Brandschadenstatistik konnte hinsichtlich der Verknüpfung von Variablen (bspw. Sachschaden und Menschenrettung oder ausgelöster Anlagentechnik) nicht mit einer deutschen Vollstatistik verglichen werden. Überhaupt gibt es öffentlich zugänglich keine solche Statistik. Abgleichende Untersuchungen zwischen einzelnen Stichproben bleiben damit essentiell. Die einheitliche und systematische Erhebung von Daten zu Bränden ist dafür eine notwendige Voraussetzung. Diese Voraussetzung weist in Deutschland besonders bei durchgeführten Untersuchungen zu Brandsterbefällen und geretteten Personen noch erhebliche Mängel auf. Für Qualitätskontrollen und Standards bei mehr oder weniger freiwilligen Veröffentlichungen ist eine Initiative von Seiten der Politik erforderlich.

Die Verknüpfung zwischen den Kategorien Geschoss der Brandentstehung, Sachschaden, Rauchausbreitung und Menschenrettung wird in Bezug auf Schadensparameter als noch ausstehender Forschungsbedarf bei der vfdb-Brandschadenstatistik identifiziert. Die Stichprobe der vfdb-Brandschadenstatistik ist für Aussagen zu Brandsterbefällen zu klein. Mit einer größeren Stichprobe zu Brandsterbefällen könnten Verknüpfungen zum Ort bzw. der Ursache der Brandentstehung hergestellt werden. Außerdem wäre eine größere und repräsentative Stichprobe dazu geeignet, bei der Betrachtung von Kosten bei Bränden den Wert eines Lebens und einer Verletzung mit einzubeziehen. Die größere Stichprobe ist zudem für die Bewertung der Effektivität von Anlagentechnik anhand des Sachschadens notwendig. Ob bei dem erfassten geschätzten Sachschaden indirekte Schäden korrekt eingeschätzt werden, gilt es zu überprüfen.

Literaturverzeichnis

- ACI Committee 228. (2013). *ACI PRC-228.2-13: Report on Nondestructive Test Methods for Evaluation of Concrete in Structures*. Farmington Hills. American Concrete Institute (ACI).
- Ahrens, M. & Evarts, B. (2021). *Fire Loss in the United States During 2020*.
<https://www.nfpa.org/~media/fd0144a044c84fc5baf90c05c04890b7.ashx>
- Allianz (2021). Wohnungsbrand: Welche Versicherung zahlt was? Wohnungsbrand: Auf den Punkt gebracht. <https://www.allianz.de/recht-und-eigentum/hausratversicherung/wohnungsbrand/#abschliessen>
- Ashe, B., McAneney, K. J. & Pitman, A. J. (2009). Total cost of fire in Australia. *Journal of Risk Research*, 12(2), 121–136. <https://doi.org/10.1080/13669870802648528>
- Bakan, S., Chlond, A., Cubasch, U., Feichter, J., Graf, H., Grassl, H., Hasselmann, K., Kirchner, I., Latif, M., Roeckner, E., Sausen, R., Schlese, U., Schriever, D., Schult, I., Schumann, U., Sielmann, F. & Welke, W. (1991). Climate response to smoke from the burning oil wells in Kuwait. *Nature*(351), 367–371.
<https://doi.org/10.1038/351367a0>
- Bakker, A., Maertens, K. J. P., van Son, M. J. M. & van Loey, N. E. E. (2013). Psychological consequences of pediatric burns from a child and family perspective: a review of the empirical literature. *Clinical psychology review*, 33(3), 361–371. <https://doi.org/10.1016/j.cpr.2012.12.006>
- Bär, A., Michaletz, S. T. & Mayr, S. (2019). Fire effects on tree physiology. *New Phytologist*(4), Artikel 223, 1728–1741. <https://doi.org/10.1111/nph.15871>
- Barbero, R., Abatzoglou, J. T., Larkin, N. K., Kolden, C. A. & Stocks, B. (2015). Climate change presents increased potential for very large fires in the contiguous United States. *International Journal of Wildland Fire*, 24(7).
<https://doi.org/10.1071/WF15083>
- Beck, A. T., Steer, R. A. & Carbin, M. G. (1988). Psychometric properties of the Beck Depression Inventory: Twenty-five years of evaluation. *Clinical psychology review*, 8(1), 77–100. [https://doi.org/10.1016/0272-7358\(88\)90050-5](https://doi.org/10.1016/0272-7358(88)90050-5)
- Beckert, J. (2020). Der Wert von Haien: Der Kunstmarkt als ein System reflektierender Spiegel. In S. Hanten-Schmidt (Hrsg.), *Der Faktor Mensch: Wie gelingt der Generationsübergang mit Kunst?* (25-33). Van Ham Art Publications.
- Berliner Feuerwehr. (2022). *Jahresberichte*. <https://www.berliner-feuerwehr.de/service/mediathek/jahresberichte>

- Bickert, F. (2021). *Risikobetrachtungen anhand empirischer Analysen von Ursachen von Gebäudebränden basierend auf Einsatzangaben der Feuerwehren* [Masterthesis]. Bergische Universität Wuppertal, Wuppertal.
- Blätte, H. J. & Wagner, P. (2013). Statistik, die sehr unterbelichtete Wissensbasis der deutschen Feuerwehren. *vfdb-Zeitschrift - Forschung, Technik und Management im Brandschutz*, 62(2), 59–62.
- Bodling, A. M. & Martin, T. (2011). Eysenck Personality Inventory. In J. S. Kreutzer, B. Caplan & J. DeLuca (Hrsg.), *Encyclopedia of clinical neuropsychology* (S. 1007–1008). Springer. https://doi.org/10.1007/978-0-387-79948-3_2025
- Borchers Arriagada, N., Horsley, J. A., Palmer, A. J., Morgan, G. G., Tham, R. & Johnston, F. H. (2019). Association between fire smoke fine particulate matter and asthma-related outcomes: Systematic review and meta-analysis. *Environmental research*, 179(Pt A), 108777. <https://doi.org/10.1016/j.envres.2019.108777>
- Borutzki, E., Dolezych, W., Faulstich, S., Jaeger, E., Knittel, E., Koenemann, H.-J., Ludwig, A., Rihlmann, H.-J. & Zimmer, M. (2019). *Leitfaden Brandschadensfälle: Vorsorge - Bewältigung - Nachsorge*. Mainz. Ministerium für Umwelt, Energie, Ernährung und Forsten. <https://mkuem.rlp.de/de/themen/wasser/leitfaden-brandschadensfaelle/>
- Brand- und Katastrophenschutzamt Dresden. (2022). *Aktuelles und Pressestelle - Jahresberichte des Brand- und Katastrophenschutzes*. https://www.dresden.de/de/rathaus/aemter-und-einrichtungen/unternehmen/feuerwehr/aktuelles.php?pk_campaign=Shortcut&pk_kwd=feuerwehr/infos
- Brandverhütungsstelle Vorarlberg. (2018). *Vorarlberger Brandgeschehen 2018*. Bregenz. <https://www.brandverhuetzung.at/brandstatistik/>
- Braunecker, C. (2021). *How to do Statistik und SPSS: Eine Gebrauchsanleitung. utb-studi-e-book Schlüsselkompetenzen: Bd. 5596*. utb GmbH. <https://elibrary.utb.de/doi/book/10.36198/9783838555966> <https://doi.org/10.36198/9783838555966>
- Browning, K. A., Allam, R. J., Ballard, S. P., Barnes, R. T. H., Bennetts, D. A., Maryon, R. H., Mason, P. J., McKenna, D., Mitchell, J. F. B., Senior, C. A., Slingo, A. & Smith, F. B. (1991). Environmental effects from burning oil wells in Kuwait. *Nature*(351), 363–367. <https://doi.org/10.1038/351363a0>

- Brushlinsky, N., Ahrens, M., Sokolov, S. & Wagner, P. (2017). *World Fire Statistics* (World Fire Statistics Nr. 22). International Association of Fire and Rescue services (CTIF). <https://www.ctif.org/world-fire-statistics>
- Brushlinsky, N., Ahrens, M., Sokolov, S. & Wagner, P. (2021). *World Fire Statistics* (World Fire Statistics Nr. 26). International Association of Fire and Rescue services (CTIF). https://ctif.org/sites/default/files/2021-06/CTIF_Report26_0.pdf
- Bühl, A. (2019). *SPSS: Einführung in die moderne Datenanalyse ab SPSS 25* (16. Aufl.). *Studium Scientific Tool*. Pearson.
<https://elibrary.pearson.de/book/99.150005/9783863268718>
- Bundesinstitut für Arzneimittel und Medizinprodukte (Hrsg.). (2022). *ICD-10-WHO: Internationale statistische Klassifikation der Krankheiten und verwandter Gesundheitsprobleme der WHO*.
https://www.bfarm.de/DE/Kodiersysteme/Klassifikationen/ICD/ICD-10-WHO/_node.html
- Bünger, B. & Matthey, A. (2018). *Methodenkonvention 3.0 zur Ermittlung von Umweltkosten: Methodische Grundlagen* (Methodenkonvention zur Ermittlung von Umweltkosten Nr. 3.0). Dessau-Roßlau. Umweltbundesamt.
<https://www.umweltbundesamt.de/publikationen/methodenkonvention-30-zur-ermittlung-von-0>
- Cardil, A., Mola-Yudego, B., Blázquez-Casado, Á. & González-Olabarria, J. R. (2019). Fire and burn severity assessment: Calibration of Relative Differenced Normalized Burn Ratio (RdNBR) with field data. *Journal of environmental management*(235), 342–349. <https://doi.org/10.1016/j.jenvman.2019.01.077>
- Che Azmi, N. A., Mohd Apandi, N. & A Rashid, A. S. (2021). Carbon emissions from the peat fire problem-a review. *Environmental Science and Pollution Research*, 28(14), 16948–16961. <https://doi.org/10.1007/s11356-021-12886-x>
- Cleff, T. (2019). *Angewandte Induktive Statistik und Statistische Testverfahren: Eine computergestützte Einführung mit Excel, SPSS und Stata*. Springer Gabler.
<https://doi.org/10.1007/978-3-8349-6973-6>
- Colombo, M. & Felicetti, R. (2007). New NDT techniques for the assessment of fire-damaged concrete structures. *Fire Safety Journal*, 42(6-7), 461–472.
<https://doi.org/10.1016/j.firesaf.2006.09.002>
- Compes, P. C. (1981). *Unfall-Vorkommen und Unfall-Verhütung beim Gebrauch von Heimsportgeräten. Forschungsbericht des Landes Nordrhein-Westfalen: Bd.*

2951. Springer Fachmedien Wiesbaden. <https://doi.org/10.1007/978-3-663-19795-9>
- de Vries, H. (2017). *Einsatz von Schaummitteln: Auswahl und Logistik. Fachwissen Feuerwehr*. ecomed Sicherheit.
- de Vries, H., Hölemann, H. & Wienecke, A. (2001). Toxikologische Bewertung des Einsatzes von Class-A-Foam. *vfdb-Zeitschrift - Forschung, Technik und Management im Brandschutz*, 50(2), 62–70.
- Deutscher Feuerwehrverband e. V. (2020). *Übersicht Statistische Entwicklungen*. <https://www.feuerwehrverband.de/app/uploads/2022/01/Statistik.pdf>
- DIN-Normenausschuss Feuerwehrwesen (FNFW) (2019). *DIN 14010:2019-04: Angaben zur statistischen Erfassung von Bränden (DIN 14010)*. Berlin. Beuth Verlag GmbH.
- Döbbling, E.-P. & Festag, S. (2021). vfdb-Brandschadenstatistik: Auswertungsstudie Nr. 1: "Analysen des zeitlichen Verlaufes der Brandalarme über 24 Stunde". *vfdb-Zeitschrift - Forschung, Technik und Management im Brandschutz*, 70(3), 124–125.
- Dohrenwend, B. P., Shrout, P. E., Egri, G. & Mendelsohn, F. S. (1980). Nonspecific psychological distress and other dimensions of psychopathology. Measures for use in the general population. *Archives of General Psychiatry*, 37(11), 1229–1236. <https://doi.org/10.1001/archpsyc.1980.01780240027003>
- Dohrenwend, B. P., Snell Dohrenwend, B., Warheit, G. J., Bartlett, G. S., Goldsteen, R. L., Goldsteen, K. & Martin, J. L. (1981). Stress in the community: a report to the President's Commission on the Accident at Three Mile Island. *Annals of the New York Academy of Sciences*, 365, 159–174. <https://doi.org/10.1111/j.1749-6632.1981.tb18129.x>
- Dorn, U., Duvigneau, J. J. & Stief, S. (1997). Chemische Brandfolgeschäden: Teil I: Untersuchung und Bewertung. *Schadenprisma: Zeitschrift für Schadenverhütung und Schadenforschung der öffentlichen Versicherer*(2), 8–23.
- Dupuy, J., Fargeon, H., Martin-StPaul, N., Pimont, F., Ruffault, J., Guijarro, M., Hernando, C., Madrigal, J. & Fernandes, P. (2020). Climate change impact on future wildfire danger and activity in southern Europe: a review. *Annals of Forest Science*, 77(2), Artikel 35, 1–24. <https://doi.org/10.1007/s13595-020-00933-5>
- EU FireStat (Hrsg.). (2022a). *EU FireStat 3rd Steering Committee Report: The European fire statistics project - CLOSING DATA GAPS AND PAVING THE*

- WAY FOR PAN-EUROPEAN FIRE SAFETY EFFORTS. <https://eufirestat-effectis.com/files/EUFireStat3rdSteeringCommitteePresentation.pdf>
- EU FireStat (Hrsg.). (2022b). *EU FireStat: CLOSING DATA GAPS AND PAVING THE WAY FOR PAN-EUROPEAN FIRE SAFETY EFFORTS*. <https://eufirestat-effectis.com/>
- Ewers, H.-J. (1986). Grundfragen der monetären Bewertung eines komplexen Umweltschadens, dargestellt am Beispiel des Waldsterbens. In Umweltbundesamt (Hrsg.), *Umweltforschungsplan des Bundesministers des Inneren - Umweltplanung/Ökologie -: 85-091. Zur monetären Bewertung von Umweltschäden: Methodische Untersuchung am Beispiel der Waldschäden. Berichte 4/86 (1-01 - 1-41)*. Erich Schmidt Verlag.
- Fahy, R. F. & Petrillo, J. T. (2021). *Firefighter Fatalities in the US in 2020* (Firefighter Fatalities in the US). <https://www.nfpa.org/News-and-Research/Data-research-and-tools/Emergency-Responders/Firefighter-fatalities-in-the-United-States>
- Felicetti, R. (2013). Assessment Methods of Fire Damages in Concrete Tunnel Linings. *Fire Technology*, 49(2), 509–529. <https://doi.org/10.1007/s10694-011-0229-6>
- Festag, S. (2015). Analyse von Unfallursachen und das Kausalitätsproblem: Einführung in die Thematik. In S. Festag (Hrsg.), *Unfallursachenanalyse (1-13)*. Beuth.
- Festag, S. (Hrsg.). (2018). *False Alarm Study: False Alarm Data Collection and Analysis from Fire Detection and Fire Alarm Systems in Selected European Countries (1st ed.)*. Erich Schmidt Verlag GmbH & Co. <https://esv-campus.de/ce/false-alarm-study-false-alarm-data-collection-and-analysis-from-fire-detection-and-fire-alarm-systems-in-selected-european-countries/ebook.html>
- Festag, S. & Döbbling, E.-P. (2020). *vfdb-Brandschadenstatistik: Untersuchung der Wirksamkeit von (anlagentechnischen) Brandschutzmaßnahmen: Technischer Bericht vfdb TB 14-01*. Münster. Vereinigung zur Förderung des Deutschen Brandschutzes e. V. (vfdb); Technisch-Wissenschaftlicher Beirat (TWB). http://www.ref14.vfdb.de/fileadmin/download/ref14/Bericht_Brandschadenstatistik/14-01_Technischer_Bericht_vfdb-Brandschadenstatistik_02_2020_Final.pdf
- Feuerwehr Bielefeld. (2019). *TOP Ö 8: Jahresbericht 2018 der Feuerwehr Bielefeld*. https://anwendungen.bielefeld.de/bi/to0050.asp?__ktonr=165069
- Feuerwehr Bochum. (2022). *Jahresberichte der Feuerwehr Bochum*. <https://www.bochum.de/Feuerwehr-und-Rettungsdienst/Jahresberichte>

- Feuerwehr Dortmund. (2022). *Öffentlichkeitsarbeit - Presse - Feuerwehr Dortmund*.
https://www.dortmund.de/de/leben_in_dortmund/sicherheit_und_recht/feuerwehr/presse_fw/oeffentlichkeitsarbeit_fw/index.html
- Feuerwehr Düsseldorf. (2022). *Jahresberichte*.
<https://www.duesseldorf.de/feuerwehr/presse/broschueren.html>
- Feuerwehr Essen. (2022). *Jahresberichte*. Feuerwehr Essen. <https://www.feuerwehr-essen.com/index.php?typ=1&id=27&l1=1#setpos>
- Feuerwehr Hamburg. (2022). *Die Jahresberichte der Feuerwehr*.
<https://www.hamburg.de/feuerwehr/service/313254/jahresberichte/>
- Feuerwehr Hannover. (2022). *Feuerwehr Hannover Jahresberichte*.
<https://www.hannover.de/Leben-in-der-Region-Hannover/Sicherheit-Ordnung/Feuerwehr-Hannover/Presse-und-%C3%96ffentlichkeitsarbeit/Jahresberichte>
- Feuerwehr Köln. (2022). *Feuerwehr und Rettungsdienst*. <https://www.stadt-koeln.de/politik-und-verwaltung/feuerwehr/>
- Feuerwehr Koordination Schweiz. (2015). *Feuerwehrstatistik 2015*. Bern.
<http://www.feukos.ch/de/unterlagen/feuerwehrstatistik/>
- Feuerwehr München. (2022). *Pressestelle der Branddirektion*.
<https://stadt.muenchen.de/infos/presseberichte-feuerwehr.html>
- Feuerwehr Stuttgart. (2022). *Informationen der Branddirektion*. https://feuerwehr-stuttgart.de/index.php?article_id=19
- Friedl, W. J. (1998). *Ökologische und ökonomische Bedeutung des Brand- und Explosionsschutzes. Brand- und Explosionsschutz: Bd. 7*. Kohlhammer.
- Friedrich, U. (2018). Schutz von Kulturgut: Die Entwicklung des Notfallverbundes Dresden. *BRANDSchutz Deutsche Feuerwehr-Zeitung*, 72(7), 524–526.
- Gaught, P., Gallucci, J. & Smallldridge, G. (2016). *Fire Statistics England, 2014/15* (Fire Statistics England). UK Home Office.
<https://www.gov.uk/government/collections/fire-statistics-great-britain>
- Gesamtverband der Deutschen Versicherungswirtschaft e.V. (2017). *Merkblatt Umgang mit kalten Brandstellen: MB 10-15, Kalte Brandstellen*. VdS 2217.
https://www.vfdb.de/fileadmin/Referat_10/Merkblaetter/Aktuelle_Endversionen/MB10_15_Kalte_Brandstellen_Ref10_2017_12.pdf
- Gesamtverband der Deutschen Versicherungswirtschaft e.V. (Hrsg.). (2019). *Mehr Schäden durch Brände im Norden als im Süden: Erstmals regionale Zahlen zur*

- Feuergefährdung*. <https://www.gdv.de/de/medien/aktuell/mehr-schaeden-durch-braende-im-norden-als-im-sueden-48556>
- Gesamtverband der Deutschen Versicherungswirtschaft e.V. (Hrsg.). (2021a). *Hausratversicherung 2020*. <https://www.gdv.de/de/zahlen-und-fakten/versicherungsbereiche/hausrat-24100>
- Gesamtverband der Deutschen Versicherungswirtschaft e.V. (Hrsg.). (2021b). *Wohngebäudeversicherung 2020*. <https://www.gdv.de/de/zahlen-und-fakten/versicherungsbereiche/wohngebäude-24080#Schaeden>
- Gesundheitsberichterstattung des Bundes. (2022). *Sterbefälle durch Unfälle nach äußeren Ursachen und Unfallkategorien ab 1998*. https://www.gbe-bund.de/gbe/pkg_olap_tables.prc_set_hierlevel?p_uid=gast&p_aid=82959957&p_sprache=D&p_help=2&p_indnr=632&p_ansnr=67242254&p_version=3&p_dim=D.048&p_dw=1048048&p_direction=rollup
- Goldberg, D. P. & Hillier, V. F. (1979). A scaled version of the General Health Questionnaire. *Psychological medicine*, 9(1), 139–145. <https://doi.org/10.1017/s0033291700021644>
- Gutterman, E. M [Elane M.], Ehrhardt, A. A., Markowitz, J. S [Jeffrey S.], Veridiano, N. P. & Neuwalder, H. F. (1986). Long-Term Distress Subsequent to Pregnancy Drug Administration: Women with in Utero Diethylstilbestrol (DES) Exposed Daughters. *Journal of Psychosomatic Obstetrics & Gynecology*, 5(1), 51–63. <https://doi.org/10.3109/01674828609016742>
- Hähnle, J. & Arenholz, U. (2011). Ersatz von perfluorierten Tensiden (PFT) durch neue polyfluorierte Tenside in Feuerlöschschaummitteln: Nachweisproblematik und Umweltrelevanz. *vfdB-Zeitschrift - Forschung, Technik und Management im Brandschutz*, 60(1), 18–23.
- Haikonen, K., Lillsunde, P. M., Lunetta, P. & Kokki, E. (2016). Economic burden of fire-related deaths in Finland, 2000-2010: Indirect costs using a human capital approach. *Burns : journal of the International Society for Burn Injuries*, 42(1), 56–62. <https://doi.org/10.1016/j.burns.2015.10.015>
- Hall, J. R. (2010). *The total cost of fire in the United States*. National Fire Protection Association (NFPA); Fire Analysis and Research Division.
- Hall, J. R. (2014). *The total cost of fire in the United States*. Fire Analysis and Research Division; National Fire Protection Association (NFPA).

- Hanson, D. A., Britney, E. M., Earle, C. J. & Stewart, T. G. (2013). Adapting Habitat Equivalency Analysis (HEA) to assess environmental loss and compensatory restoration following severe forest fires. *Forest Ecology and Management*, 294, 166–177. <https://doi.org/10.1016/j.foreco.2012.12.032>
- Hanten-Schmidt, S. (2017). Wie wird der Kunst ein Wert zugewiesen? Zur Sachverständigen Bewertung von Werken der bildenden Kunst. In S. Hanten-Schmidt (Hrsg.), *Der Kunst einen Wert zuweisen: Symposium 2017* (S. 29–53). Van Ham Art Publications.
- Herweg, H. (2009). Brand der Philharmonie in Berlin. *Schadenprisma: Zeitschrift für Schadenverhütung und Schadenforschung der öffentlichen Versicherer*(1), 9–10.
- Herweg, H. (2020). *Brandopfer in Berlin 1997 bis 2015 - Auswertung von Brandzeit, örtlicher Brandverteilung und Brandobjekt* [Dissertation]. Charite - Universitätsmedizin Berlin, Berlin.
- Herweg, H. & Wagner, P. (2014). Trautes Heim, (Un-)Glück allein! Auswertung einer Stichprobe von 258 Brandtoten. *vfdb-Zeitschrift - Forschung, Technik und Management im Brandschutz*, 63(3), 150–158.
- Herweg, H. & Wagner, P. (2022). Brandopfer in Berlin - Teil 3: Faktor Brandobjekt: b) Auf welche Brandobjekte verteilen sich Opferbrände an sich und dabei registrierte Brandopfer? *vfdb-Zeitschrift - Forschung, Technik und Management im Brandschutz*, 71(1), 20–32.
- Horowitz, M., Wilner, N. & Alvarez, W. (1979). Impact of Event Scale: a measure of subjective stress. *Psychosomatic medicine*, 41(3), 209–218. <https://doi.org/10.1097/00006842-197905000-00004>
- Hua, N., Elhami-Khorasani, N. & Tessari, A. (2021). Review of Tunnel Fire Damage Assessment Methods and Techniques. *Transportation Research Record: Journal of the Transportation Research Board*, 2675(5), 279–290. <https://doi.org/10.1177/0361198120987228>
- Institut der Feuerwehr Nordrhein-Westfalen (Hrsg.). (2021). *ABC-Messstrategie: Lernunterlage B3-350*. Münster. https://lernkompass.idf.nrw/ilias.php?ref_id=208&cmd=render&cmdClass=ilrepositorygui&cmdNode=ui&baseClass=ilRepositoryGUI
- Jones, R. T., Ribbe, D. P., Cunningham, P. B., Weddle, J. D. & Langley, A. K. (2002). Psychological impact of fire disaster on children and their parents. *Behavior modification*, 26(2), 163–186. <https://doi.org/10.1177/0145445502026002003>

- Jones-Lee, M. W. (1976). *The value of life: An economic analysis. York studies in economics*. Robertson.
- Jones-Lee, M. W. (1985). The Value of Life and Safety: a Survey of Recent Developments. *The Geneva Papers on Risk and Insurance - Issues and Practice*, 10(3), 141–173. <https://doi.org/10.1057/gpp.1985.13>
- Kabat, S. (1998). Kulturgutschutz als Schutzziel des Brandschutzes. *vfdb-Zeitschrift - Forschung, Technik und Management im Brandschutz*, 47(1), 16–22.
- Kahl, A. (2019). *Arbeitssicherheit: Fachliche Grundlagen*. Erich Schmidt Verlag. <http://www.esv.info/978-3-503-17120-0>
- Keane, Pickett, M., Jepson, C., McCorkle, R. & Lowery, B. J. (1994). Psychological distress in survivors of residential fires. *Social Science & Medicine*, 38(8), 1055–1060. [https://doi.org/10.1016/0277-9536\(94\)90222-4](https://doi.org/10.1016/0277-9536(94)90222-4)
- Keane, R. E., Agee, J. K., Fulé, P., Keeley, J. E., Key, C., Kitchen, S. G., Miller, R. & Schulte, L. A. (2008). Ecological effects of large fires on US landscapes: benefit or catastrophe? *International Journal of Wildland Fire*, 17(6), 696–712. <https://doi.org/10.1071/WF07148>
- Kildal, M., Andersson, G., Fugl-Meyer, A. R., Lannerstam, K. & Gerdin, B. (2001). Development of a brief version of the Burn Specific Health Scale (BSHS-B). *The Journal of trauma*, 51(4), 740–746. <https://doi.org/10.1097/00005373-200110000-00020>
- Kirchmaier, R. (2012). 5. Teil.: Kunstmarkt. In K. Ebling & M. Schulze (Hrsg.), *Kunstrecht: Zivilrecht, Steuerrecht, Stiftungsrecht* (2. Aufl., S. 282–347). C. H. Beck.
- Kokott, J., Klaphake, A. & Marr, S. *Ökologische Schäden und ihre Bewertung in internationalen, europäischen und nationalen Haftungssystemen - eine juristische und ökonomische Analyse: Forschungsbericht 201 18 101. Umweltforschungsplan des Bundesministeriums für Umwelt, Naturschutz und Reaktorsicherheit: Bd. 2003,3*. Erich Schmidt Verlag.
- Kosfeld, R., Eckey, H.-F. & Türck, M. (2016). *Deskriptive Statistik: Grundlagen - Methoden - Beispiele - Aufgaben* (6. Aufl.). *Lehrbuch*. Springer Gabler. <https://doi.org/10.1007/978-3-658-13640-6>
- Küsel, A., Langer, T. & van Lier, M. (2020). *Schadenverhütung in der Sachversicherung 2019/2020* (Schadenverhütung in der Sachversicherung). Berlin. Gesamtverband der Deutschen Versicherungswirtschaft e.V. (GDV).

- <https://www.gdv.de/de/themen/news/schadenverhuetung-in-der-sachversicherung-2019-2020-60612>
- Küsel, A., van Lier, M. & Roßmann, G. (2016). *Schadenverhütung in der Sachversicherung 2015/2016: Bericht der GDV Sach-Schadenverhütungs-Gremien* (Schadenverhütung in der Sachversicherung). Berlin. Gesamtverband der Deutschen Versicherungswirtschaft e.V. (GDV).
<https://www.gdv.de/resource/blob/9166/35fe85614efdbd25022a85d0bb09fe32/sc-hadenverhuetung-in-der-sachversicherung-2015-2016---1218346817-data.pdf>
- Lam, C. & Robbins, A. (2021). Comparison of component categorizations used in international total cost of fire estimates. *Fire Safety Journal*, 120.
<https://doi.org/10.1016/j.firesaf.2020.103142>
- Land Nordrhein-Westfalen (Hrsg.). (2022). *Currenta-Chempark in Leverkusen: Sondermüllverbrennungsanlage steht weiterhin still: Ministerin Heinen-Esser: Die Explosion im Juli vergangenen Jahres und weitere Zwischenfälle machen eine systematische Überprüfung der Chemieparks in Nordrhein-Westfalen erforderlich*. <https://www.land.nrw/pressemitteilung/currenta-chempark-leverkusen-sondermuellverbrennungsanlage-steht-weiterhin-still>
- Landesbetrieb Information und Technik Nordrhein-Westfalen (Hrsg.). (2022). *Bevölkerung in Nordrhein-Westfalen*.
<https://www.it.nrw/statistik/eckdaten/bevoelkerung-nach-gemeinden-93051>
- Liu, D., Liu, X., Fu, F. & Wang, W. (2020). Nondestructive Post-fire Damage Assessment of Structural Steel Members Using Leeb Harness Method. *Fire Technology*, 56(4), 1777–1799. <https://doi.org/10.1007/s10694-020-00954-6>
- Maiworm, B. & Bachmeier, P. (2022). Einsatzstellenbegehungen der deutschen Feuerwehren. *FeuerTrutz*(1), 6–10.
- Markowitz, J. S [J. S.], Gutterman, E. M [E. M.], Link, B. & Rivera, M. (1987). Psychological response of firefighters to a chemical fire. *Journal of human stress*, 13(2), 84–93. <https://doi.org/10.1080/0097840X.1987.9936799>
- Matthey, A. & Bünger, B. (2020). *Methodenkonvention 3.1 zur Ermittlung von Umweltkosten: Kostensätze* (Methodenkonvention zur Ermittlung von Umweltkosten Nr. 3.1). Dessau-Roßlau. Umweltbundesamt.
<https://www.umweltbundesamt.de/publikationen/methodenkonvention-umweltkosten>

- Max, D. & Dinkov, I. (2017). *Anwendungsbereiche und –grenzen von Ingenieurverfahren bei Nachweisen für die Einhaltung der Anforderungen für die Sicherstellung des abwehrenden Brandschutzes. Teil I: Grundlagen: Brandschutzforschung der Länder der Bundesrepublik Deutschland*. Forschungsbericht Nr. 180. Karlsruhe. Karlsruher Institut für Technologie (KIT). <https://doi.org/10.5445/IR/1000078120>
- McCullough, I. M., Cheruvellil, K. S., Lapierre, J.-F., Lottig, N. R., Moritz, M. A., Stachelek, J. & Soranno, P. A. (2019). Do lakes feel the burn? Ecological consequences of increasing exposure of lakes to fire in the continental United States. *Global change biology*, 25(9), 2841–2854. <https://doi.org/10.1111/gcb.14732>
- McNamara, D., Mell, W. & Maranghides, A. (2020). Object-based post-fire aerial image classification for building damage, destruction and defensive actions at the 2012 Colorado Waldo Canyon Fire. *International Journal of Wildland Fire*, 29(2), 174–189. <https://doi.org/10.1071/WF19041>
- Meacham, B. J., Charters, D., Johnson, P. & Salisbury, M. (2016). Building Fire Risk Analysis. In M. Hurley (Hrsg.), *SFPE handbook of fire protection engineering* (S. 2941–2991). Springer. https://doi.org/10.1007/978-1-4939-2565-0_75
- Michael, Y., Lensky, I., Brenner, S., Tchetchik, A., Tessler, N. & Helman, D. (2018). Economic Assessment of Fire Damage to Urban Forest in the Wildland–Urban Interface Using Planet Satellites Constellation Images. *Remote Sensing*, 10(9), Artikel 1479, 1–23. <https://doi.org/10.3390/rs10091479>
- Milligan-Saville, J., Choi, I., Deady, M., Scott, P., Tan, L., Calvo, R. A., Bryant, R. A., Glozier, N. & Harvey, S. B. (2018). The impact of trauma exposure on the development of PTSD and psychological distress in a volunteer fire service. *Psychiatry research*, 270, 1–26. <https://doi.org/10.1016/j.psychres.2018.06.058>
- Ministerium des Inneren des Landes Nordrhein-Westfalen (Hrsg.). (2022). *Informationssystem Gefahrenabwehr NRW (IG NRW)*. <https://www.ig.nrw.de/IGNRW-Internet/>
- Mukhopadhyay, A., Quinn, M., Al-Haddad, A., Al-Khalid, A., Al-Qallaf, H., Rashed, T., Bhandary, H., Al-Salman, B., Bushehri, A., Boota, A. & Bhatti, M. (2017). Pollution of fresh groundwater from damaged oil wells, North Kuwait. *Environmental Earth Sciences*, 76(4), Artikel 145, 1–16. <https://doi.org/10.1007/s12665-017-6457-4>

- Okon, E. & Meermann, R. (2003). Reaktion auf Unfälle mit Personenschaden: Akute und posttraumatische Belastungsstörung bei Ärzten, Polizei- und Rettungskräften. *Notfallmedizin*, 29(6), 255–259. <https://doi.org/10.1055/s-2003-40182>
- Österreichischen Brandverhütungsstellen. (2018). *Brandschadenstatistik der österreichischen Brandverhütungsstellen*. Linz. <https://www.bvs-ooe.at/services-und-leistungen/brandschadenstatistiken/>
- Pacific Northwest Research Station (Hrsg.). (2022). *Fire Effects on the Environment | Pacific Northwest Research Station | PNW - US Forest Service*. <https://www.fs.usda.gov/pnw/page/fire-effects-environment>
- Papula, L. (2016). *Vektoranalysis, Wahrscheinlichkeitsrechnung, Mathematische Statistik, Fehler- und Ausgleichsrechnung: Mit 550 Abbildungen, zahlreichen Beispielen aus Naturwissenschaft und Technik sowie 295 Übungsaufgaben mit ausführlichen Lösungen (7. Aufl.)*. *Mathematik für Ingenieure und Naturwissenschaftler: Band 3*. Springer Vieweg. <https://doi.org/10.1007/978-3-658-11924-9>
- Pausas, J. G., Llovet, J., Rodrigo, A. & Vallejo, R. (2008). Are wildfires a disaster in the Mediterranean basin? - A review. *International Journal of Wildland Fire*, 17(6), 713–723. <https://doi.org/10.1071/WF07151>
- Peng, M., Guohui, L., Song, L. & Heping, Z. (2014). An Analytic Network Process Approach for Rapid Loss Assessment of High Casualty Fires in China. *Fire Technology*, 50(5), 1163–1179. <https://doi.org/10.1007/s10694-013-0329-6>
- Pflugradt, A. (2007). Schutzinteressen und Anforderungen an den Brandschutz aus Sicht der Sachversicherung. In D. Hosser (Vorsitz), *Fachtagung Brandschutz*. Symposium im Rahmen der Tagung von Institut für Baustoffe, Massivbau und Brandschutz (IBMB); Technische Universität Braunschweig, Braunschweig.
- Pracher, M. (2017). Erhaltungszustand und Wertverlust - Versicherung und Schaden. In S. Hanten-Schmidt (Hrsg.), *Der Kunst einen Wert zuweisen: Symposium 2017* (S. 81–95). Van Ham Art Publications.
- Pulm, M. (2020). *Falsche Taktik - Große Schäden (9. Aufl.)*. *Übungen und Ausbildung*. Verlag W. Kohlhammer. http://www.kohlhammer.de/wms/instances/KOB/appDE/nav_product.php?product=978-3-17-039039-3

- Ramachandran, G. & Hall, J. R. (2016). Measuring Consequences in Economic Terms. In M. Hurley (Hrsg.), *SFPE handbook of fire protection engineering* (S. 3098–3116). Springer. https://doi.org/10.1007/978-1-4939-2565-0_79
- Randoja, P. & Wagner, P. (2013). Brandrisiken in Estland und Deutschland im Vergleich. *vfdb-Zeitschrift - Forschung, Technik und Management im Brandschutz*, 62(3), 111–117.
- Rheinische Post (22. Februar 2022). Umweltministerin will alle Chemieparcs in NRW überprüfen lassen. *RP ONLINE*. https://rp-online.de/nrw/landespolitik/umweltministerin-will-alle-chemieparcs-in-nrw-ueberpruefen-lassen_aid-66504107
- Ridder, A. (2015). Methodische Herausforderungen bei der Risikobeurteilung und deren Konsequenzen am Beispiel der Feuerwehrbedarfsplanung. In S. Festag & U. Barth (Hrsg.), *Schriften der Schutzkommission: Bd. 7. Risikokompetenz Beurteilung von Risiken* (253–278). Bundesamt für Bevölkerungsschutz und Katastrophenhilfe.
- Romanus, A. & Köppke, K.-E. (1996). Analytik und Entsorgung kontaminierter Lösch- und Reinigungswässer. *vfdb-Zeitschrift - Forschung, Technik und Management im Brandschutz*, 45(4), 160-165.
- Rosenfeld, E., Bühling, L. & Grabski, R. (2001). Ein Ultraschallverfahren zur Untersuchung von Gefügeänderungen in thermisch geschädigtem Beton. *vfdb-Zeitschrift - Forschung, Technik und Management im Brandschutz*, 50(4), 173–175.
- Roßmann, G. (2010). Löschwasser-Rückhaltung: Bemessungsgrundlagen und technischer Möglichkeiten Leitlinien des GDV für den Umgang mit Löschwasser nach Bränden. *vfdb-Zeitschrift - Forschung, Technik und Management im Brandschutz*, 59(2), 105–110.
- Sankey, J. B., Germino, M. J., Sankey, T. T. & Hoover, A. N. (2012). Fire effects on the spatial patterning of soil properties in sagebrush steppe, USA: a meta-analysis. *International Journal of Wildland Fire*, 21(5), 545–556. <https://doi.org/10.1071/WF11092>
- Schaar, R. & Metzner, B. (1999). Chemisch-technische Bewertung von Brandfolgeschäden - dargestellt am Beispiel thermischer Folgeschäden. *Allianz-Report für Risiko und Sicherheit der Maschinenschaden*, 72(6), 392–408.

- Schulte, C. & Dieter, H. H. (2009). Poly- und perfluorierte Chemikalien in flüssigen Feuerlöschmitteln - ein Problem für Mensch und Umwelt. *vfdb-Zeitschrift - Forschung, Technik und Management im Brandschutz*, 58(2), 76–79.
- Schwermer, S. (2012). *Methodenkonvention 2.0 zur Schätzung von Umweltkosten: Ökonomische Bewertung von Umweltschäden*. Dessau-Roßlau. Umweltbundesamt. <https://nbn-resolving.de/urn:nbn:de:kobv:109-opus-183741>
- Sim, S.-R. & Ryu, D.-W. (2020). A Method for Instant Estimation of the Temperature Experienced by Fire-Damaged Reinforced Concrete Structures Using Titanium. *Materials (Basel, Switzerland)*, 13(8), 1–14. <https://doi.org/10.3390/ma13081993>
- Sokolov, S. & Wagner, P. (2014). Brandtote in Russland. *vfdb-Zeitschrift - Forschung, Technik und Management im Brandschutz*, 63(2), 84–93.
- Statista. (2022a). *Feuerwehreinsätze in Deutschland nach Art des Einsatzes bis 2018*. <https://de.statista.com/statistik/daten/studie/756891/umfrage/feuerwehreinsaetze-in-deutschland-nach-art-des-einsatzes/>
- Statista. (2022b). *Größte Städte Deutschlands 2020*. <https://de.statista.com/statistik/daten/studie/1353/umfrage/einwohnerzahlen-der-grossstaedte-deutschlands/>
- Statistisches Bundesamt. (2022). *Bevölkerungsstand: Amtliche Einwohnerzahl Deutschlands 2021*. https://www.destatis.de/DE/Themen/Gesellschaft-Umwelt/Bevoelkerung/Bevoelkerungsstand/_inhalt.html
- Statistisches Bundesamt (Hrsg.). (2022). *Todesursachen in Deutschland*. https://www.destatis.de/DE/Themen/Gesellschaft-Umwelt/Gesundheit/Todesursachen/_inhalt.html
- Staudé, C. & Biegel-Engler, A. (2013). Per- und polyfluorierte Chemikalien (PFC): Auswirkungen von Schaumlöschmitteln auf die Umwelt. *Schadenprisma: Zeitschrift für Schadenverhütung und Schadenforschung der öffentlichen Versicherer*(4), 4–7.
- Stokes, F., Dixon, H., Molano, W. & Nana, G. (2012). *The Economic Costs of Fire in Non-Residential Buildings* (The New Zealand Fire Service Contestable Research Fund). New Zealand Fire Service.
- Sturgeon, D., Rosser, R. & Shoenberg, P. (1991). The king's cross fire. Part 2: the psychological injuries. *Burns*, 17(1), 10–13. [https://doi.org/10.1016/0305-4179\(91\)90003-Y](https://doi.org/10.1016/0305-4179(91)90003-Y)

- Tagesschau (Hrsg.). (2021). *Nordrhein-Westfalen: Erneut Panne bei Currenta: Belastetes Abwasser in den Rhein geflossen.*
<https://www.tagesschau.de/regional/nordrheinwestfalen/wdr-story-44785.html>
- Trinh, N.-H. T., Nadler, D. L., Shie, V., Fregni, F., Gilman, S. E., Ryan, C. M. & Schneider, J. C. (2014). Psychological sequelae of the station nightclub fire: Comparing survivors with and without physical injuries using a mixed-methods analysis. *PloS one*, 9(12), e115013.
<https://doi.org/10.1371/journal.pone.0115013>
- Turner, S. W., Thompson, J. & Rosser, R. M. (1995). The kings cross fire: Psychological reactions. *Journal of Traumatic Stress*, 8(3), 419–427.
<https://doi.org/10.1002/jts.2490080305>
- U.S. Fire Administration (Hrsg.). (2012). *National Estimates Methodology for Building Fires and Losses.*
https://www.usfa.fema.gov/downloads/pdf/statistics/national_estimate_methodology.pdf
- U.S. Fire Administration. (2016). *Calculating Fire Loss.*
<https://www.usfa.fema.gov/nfirs/coding-help/nfirsgrams/nfirgram-calculating-fireloss.html>
- U.S. Fire Administration (Hrsg.). (2019). *Fire in the United States 2008-2017* (Fire in the United States). Emmitsburg.
<https://www.apps.usfa.fema.gov/publications/display?pubsearch=fire+in+the+unit+ed+states&page=1>
- U.S. Fire Administration (Hrsg.). (2021). *Data Sources and National Estimates Methodology Overview for the U.S. Fire Administration's Topical Fire Report Series (Volume 21).* Emmitsburg.
- UK Home Office (Hrsg.). Lader, D. (2020). *Detailed analysis of fires attended by fire and rescue services: England, April 2019 to March 2020* (Fire Statistics England).
<https://www.gov.uk/government/collections/fire-statistics-great-britain>
- Umweltbundesamt (Hrsg.). (1986). *Umweltforschungsplan des Bundesministers des Inneren - Umweltplanung/Ökologie - : 85-091. Zur monetären Bewertung von Umweltschäden: Methodische Untersuchung am Beispiel der Waldschäden.* Berichte 4/86. Erich Schmidt Verlag.

- UN-Spider. (2022). *Normalized Burn Ratio (NBR)*. <https://un-spider.org/advisory-support/recommended-practices/recommended-practice-burn-severity/in-detail/normalized-burn-ratio>
- Vereinigung Kantonaler Gebäudeversicherungen. (2022). *Informationen zu Ereignissen um Feuerschäden*. Bern. <https://www.vkg.ch/de/statistiken/feuer/>
- Viscusi, W. K. & Aldy, J. E. (2003). The Value of a Statistical Life: A Critical Review of Market Estimates Throughout the World. *Journal of Risk and Uncertainty*, 27(1), 5–76. <https://doi.org/10.1023/A:1025598106257>
- Wagner, P. (2002). Bundeseinheitliche Brand- und Feuerwehrstatistik. *Schadenprisma: Zeitschrift für Schadenverhütung und Schadenforschung der öffentlichen Versicherer*(4), 26–29.
- Wagner, P. (2008). Brandstatistik - was sie leistet und leisten könnte. In Vereinigung zur Förderung des Deutschen Brandschutzes e. V. (Vorsitz), *vfdb Jahresfachtagung*. Symposium im Rahmen der Tagung von Vereinigung zur Förderung des Deutschen Brandschutzes e. V. (vfdb), Bochum.
- Wagner, P. & Herweg, H. (2018). Brandopfer in Berlin - Teil 1: Faktor Zeit. *vfdb-Zeitschrift - Forschung, Technik und Management im Brandschutz*, 67(2), 75-97.
- Wagner, P. & Herweg, H. (2019). Brandopfer in Berlin - Teil 2: Faktor Raum. *vfdb-Zeitschrift - Forschung, Technik und Management im Brandschutz*, 68(1), 7-31.
- Weiss, D. S. & Marmar, C. R. (1997). The impact of event scale-revised. In J. P. Wilson, J. P. Wilson & T. M. Keane (Hrsg.), *Assessing psychological trauma and PTSD* (S. 399–411). Guilford Press.
- Wieczorek, C. J. & Dembsey, N. A. (2016). Effects of Thermal Radiation on People: Predicting 1st and 2nd Degree Skin Burns. In M. Hurley (Hrsg.), *SFPE handbook of fire protection engineering* (S. 2705–2737). Springer. https://doi.org/10.1007/978-1-4939-2565-0_68
- Williams, R. J. & Bradstock, R. A. (2008). Large fires and their ecological consequences: introduction to the special issue. *International Journal of Wildland Fire*, 17(6), 685–687. <https://doi.org/10.1071/WF07155>
- Yates, C. P., Edwards, A. C. & Russell-Smith, J. (2008). Big fires and their ecological impacts in Australian savannas: size and frequency matters. *International Journal of Wildland Fire*, 17(6), 768–781. <https://doi.org/10.1071/WF07150>
- Yue, X. & Unger, N. (2018). Fire air pollution reduces global terrestrial productivity. *Nature communications*, 9(1), 1–9. <https://doi.org/10.1038/s41467-018-07921-4>

- Zehfuß, J. (2020). *Leitfaden Ingenieurmethoden des Brandschutzes: Technischer Bericht vfdb TB 04-01*. Münster, Braunschweig. Vereinigung zur Förderung des Deutschen Brandschutzes e. V. (vfdb).
- Zhuan, J., Payyappali, V. M., Behrendt, A. & Lukasiewicz, K. (2017). *Total Cost of Fire in the United States*. Buffalo, New York. National Fire Protection Association (NFPA); Fire Protection Research Foundation; Department of Industrial and Systems Engineering University at Buffalo. <https://www.nfpa.org/News-and-Research/Data-research-and-tools/US-Fire-Problem/Total-cost-of-fire-in-the-United-States>

Bilderverzeichnis

Bild 1: Aufbau der Arbeit.....	3
Bild 2: "Einordnung der verschiedenen Statistiken über Brände" gem. (Festag & Döbbling, 2020, S. 13).....	5
Bild 3: Entwicklung der Brandsterbefälle seit 2000 (GBE Bund, 2022).....	6
Bild 4: Kategorien zur Bestimmung total cost of fire gem. (Zhuan et al., 2017, S. 8).....	30
Bild 5: Zusammenfassung Systematik Schadensarten & Schadensbemessung bei Bränden.....	39
Bild 6: Prozentualer Anteil der Schadenskategorien am Brandgeschehen.....	40
Bild 7: Prozentualer Anteil der klassierten Schadenskategorien am Brandgeschehen..	40
Bild 8: Verteilung der Brandsterbefälle auf die Schadenskategorien	41
Bild 9: Verteilung Einsätze mit Rettung von Personen auf die Schadenskategorien	41
Bild 10: Verteilung der verletzten Personen auf die Schadenskategorien	41
Bild 11: Verteilung der geretteten Personen auf die Schadenskategorien.....	41
Bild 12: Kategorien ausgelöster Anlagentechnik mit signifikant erhöhten Anzahlen bei Menschenrettungsvariablen	42
Bild 13: Verteilung große Rauchausbreitung bei Eintreffen auf die Schadenskategorien	43
Bild 14: Verteilung kleine Rauchausbreitung bei Eintreffen auf die Schadenskategorien	43
Bild 15: Verteilung keine ausgelöste Anlagentechnik auf die Schadenskategorien	43
Bild 16: Verteilung ausgelöste BMA auf die Schadenskategorien	43
Bild 17: Verteilung Küche als vermutlicher Ort der Brandentstehung auf die Schadenskategorien.....	44
Bild 18: Verteilung Wohnraum als vermutlicher Ort der Brandentstehung auf die Schadenskategorien.....	44
Bild 19: Mabw (Brände, verletzte / gerettete Personen, Rate mittlerer / großer Sachschaden, Rate große Rauchausbreitung) im Wochenverlauf	46
Bild 20: Mabw (Brände, verletzte / gerettete Personen, Rate mittlerer / großer Sachschaden, Rate große Rauchausbreitung) im Tagesverlauf	46
Bild 21: Verteilung aller Brände mit Angaben zum geschätzten Sachschaden	47
Bild 22: Verteilung der Brände bei BF mit Angaben zum geschätzten Sachschaden....	47
Bild 23: Verteilung der Brände bei WF mit Angaben zum geschätzten Sachschaden...	47
Bild 24: Verteilung der Brände bei FF mit Angaben zum geschätzten Sachschaden....	47

Bild 25: Zusammenhang zw. Anzahl Brände & Brandsterbefälle für 2013-2017 in dt. Großstädten (basierend auf den Feuerwehrstatistiken und IG NRW, Extremwerte bereinigt)	51
Bild 26: Schätzungen mit Anzahl Brände & Brandsterbefälle für 2013-2017 in Deutschland (basierend auf den Feuerwehrstatistiken und IG NRW, Extremwerte bereinigt)	51
Bild 27: Zusammenhang Anzahl Brände & Gerettete Personen für 2013-2017 in dt. Großstädten (basierend auf den Feuerwehrstatistiken und IG NRW, Extremwerte bereinigt)	52
Bild 28: Schätzungen mit Anzahl Brände & Gerettete Personen für 2013-2017 in Deutschland (basierend auf den Feuerwehrstatistiken und IG NRW, Extremwerte bereinigt)	52
Bild C29: Anzahl der Brände pro Tag im Wochenverlauf (Auswertung I)	XLIV
Bild C30: Anzahl der Brände pro Stunde im Tagesverlauf (Auswertung II)	XLIV
Bild C31: KST Verteilung Geschätzter Sachschaden für Gesamt / BF (Auswertung 1)	XLV
Bild C32: KST Verteilung Geschätzter Sachschaden für BF / FF (Auswertung 1)	XLV
Bild C33: KST Verteilung Geschätzter Sachschaden für Gesamt / FF (Auswertung 1)	XLV
Bild C34: KST Verteilung Geschätzter Sachschaden für BF / WF (Auswertung 1)	XLV
Bild C35: KST Verteilung Geschätzter Sachschaden für Gesamt / WF (Auswertung 1)	XLV
Bild C36: KST Verteilung Geschätzter Sachschaden für FF / WF (Auswertung 1)	XLV
Bild C37: Verteilung Quotient Anzahl Geretteter Personen pro Einsatz mit Menschenrettung der Schadenskategorien (Auswertung 2.1)	XLVI
Bild C38: Verteilung ausgelöste NRA auf die Schadenskategorien (Auswertung 2.3)	XLVI
Bild C39: Verteilung ausgelöste MRA auf die Schadenskategorien (Auswertung 2.3)	XLVI
Bild C40: KST Verteilung Geschätzter Sachschaden für Gesamt / GK 1 (Auswertung 3.2)	XLVIII
Bild C41: KST Verteilung Geschätzter Sachschaden für Gesamt / GK 2 (Auswertung 3.2)	XLVIII

Bild C42: KST Verteilung Geschätzter Sachschaden für Gesamt / GK 3 (Auswertung 3.2) XLVIII

Bild C43: KST Verteilung Geschätzter Sachschaden für Gesamt / GK 4 (Auswertung 3.2) XLVIII

Bild C44: KST Verteilung Geschätzter Sachschaden für Gesamt / GK 5 (Auswertung 3.2) XLVIII

Bild C45: KST Verteilung Geschätzter Sachschaden für Gesamt / GK 6 (Auswertung 3.2) XLVIII

Bild C46: Verteilung der Brände bei GK 1 mit Angaben zum geschätzten Sachschaden (Auswertung 3.2) XLVIII

Bild C47: Verteilung der Brände bei GK 2 mit Angaben zum geschätzten Sachschaden (Auswertung 3.2) XLVIII

Bild C48: Verteilung der Brände bei GK 3 mit Angaben zum geschätzten Sachschaden (Auswertung 3.2) XLIX

Bild C49: Verteilung der Brände bei GK 4 mit Angaben zum geschätzten Sachschaden (Auswertung 3.2) XLIX

Bild C50: Verteilung der Brände bei GK 5 mit Angaben zum geschätzten Sachschaden (Auswertung 3.2) XLIX

Bild C51: Verteilung der Brände bei GK 6 mit Angaben zum geschätzten Sachschaden (Auswertung 3.2) XLIX

Tabellenverzeichnis

Tabelle 1: Inhalte des Erfassungsbogens im Hauptprojekt der vfdb-Brandschadenstatistik in Anlehnung an (Festag & Döbbling, 2020, S. 49)....	9
Tabelle 2: Definition der Gemeindegrößenklassen in Anlehnung an (Festag & Döbbling, 2020, S. 74).....	10
Tabelle 3: Stärke von Korrelationen in Anlehnung an (Bühl, 2019, S. 422).....	14
Tabelle 4: Beispiel Dokumentation Literaturrecherche	15
Tabelle 5: Durchgeführte Auswertungen Verteilung des Sachschadens	16
Tabelle 6: Beispiel Auswertung 3.1 Geschätzter Sachschaden x Vermutlicher Ort der Brandentstehung	17
Tabelle 7: Durchgeführte Analysen zeitlicher Verlauf der Schadensparameter.....	18
Tabelle 8: Definition Sammelkategorien bei Auswertungen	18
Tabelle 9: Prüfmethode für brandgeschädigte Bauteile auf thermische Einflüsse in Anlehnung an (Schaar & Metzner, 1999, S. 395)	27
Tabelle 10: Definition Variablen Indirekter Schaden (Zhuan et al., 2017, S. 28)	30
Tabelle 11: Methoden zur Bemessung von Umweltschäden in Anlehnung an (Bünger & Matthey, 2018, S. 54 f.)	32
Tabelle 12: Methoden zur Bestimmung des Wert eines Lebens in Anlehnung an (Ramachandran & Hall, 2016, S. 3106 f.).....	35
Tabelle 13: Psychologische Bewertungsmethoden für Überlebende & Einsatzkräfte....	37
Tabelle 14: Allgemeine Daten zu Menschenrettung und geschätzter Sachschaden der vfdb-Brandschadenstatistik	50
Tabelle 15: Mittelwerte über Schadendurchschnitte im Zeitraum 2013 – 2017 des GDV (Festag & Döbbling, 2020, S. 315 f.)	53
Tabelle A16: Legende für Kriterien aus Feuerwehrstatistiken s. Tabelle A16 & Tabelle A17	XXXII
Tabelle A17: Relevante Kriterien zum Brandgeschehen aus Jahresberichten der Feuerwehren	XXXII
Tabelle A18: Verfügbare Kriterien zu Städten in NRW aus IG NRW (Ministerium des Inneren des Landes Nordrhein-Westfalen, 2022).....	XXXIII
Tabelle A19: Übersicht Literaturrecherche	XXXIV

Tabelle B20: Daten Auswertung 1 Verteilung des geschätzten Sachschadens x Feuerwehrart	XXXV
Tabelle B21: Daten Auswertung 2.1 Menschenrettung x geschätzter Sachschaden	XXXV
Tabelle B22: Daten Auswertung 2.2 Ausgelöste Anlagentechnik x Menschenrettung	XXXVI
Tabelle B23: Daten Auswertung 2.3 Geschätzter Sachschaden x Menschenrettung x Rauchausbreitung bei Eintreffen x Ausgelöste Anlagentechnik	XXXVII
Tabelle B24: Daten Auswertung 3.1 Geschätzter Sachschaden x Vermutlicher Ort der Brandentstehung	XXXVIII
Tabelle B25: Daten Auswertung 3.2 GK x Vermutlicher Ort der Brandentstehung x Geschätzter Sachschaden	XXXIX
Tabelle B26: Daten Auswertung I Wochentag x Geschätzter Sachschaden x Menschenrettung x Evakuierung x Rauchausbreitung bei Eintreffen	XL
Tabelle B27: Daten Auswertung II Tageszeit x Geschätzter Sachschaden x Menschenrettung x Evakuierung x Rauchausbreitung bei Eintreffen	XLI
Tabelle B28: Daten zu Bränden, Brandsterbefälle, gerettete, verletzte Personen in dt. Großstädten aus Feuerwehr Jahresberichten & IG NRW kombiniert	XLII
Tabelle B29: Rohdaten Brände, Fehlalarme Brand, Brandsterbefälle, gerettete Personen aus dem IG NRW (Ministerium des Inneren des Landes Nordrhein- Westfalen, 2022)	XLIII
Tabelle C30: Spearman Korrelationen (Geschätzter Sachschaden: Menschenrettung) (Auswertung 2.1)	XLV
Tabelle C31: Spearman Korrelationen (Geschätzter Sachschaden: Menschenrettung x Rauchausbreitung bei Eintreffen x ausgelöste Anlagentechnik) (Auswertung 2.3)	XLVII
Tabelle C32: Spearman Korrelationen (Wochenverlauf: Geschätzter Sachschaden, Menschenrettung, Rauchausbreitung bei Eintreffen) (Auswertung I)	XLIX
Tabelle C33: Spearman Korrelationen bei Kategorien (Tagesverlauf: Geschätzter Sachschaden, Menschenrettung, Rauchausbreitung bei Eintreffen) (Auswertung II)	L

Anhangsverzeichnis

Anhang A	Vorgehen / Bearbeitung	XXXII
Anhang A.1	Daten aus Feuerwehrstatistiken	XXXII
Anhang A.2	Literaturrecherche	XXXIV
Anhang B	Datentabellen zu durchgeführten Auswertungen	XXXV
Anhang B.1	Daten Verteilung des Sachschadens.....	XXXV
Anhang B.2	Daten zeitlicher Verlauf von Schadenskriterien	XL
Anhang B.3	Daten Aussagekraft	XLII
Anhang C	Ergebnisse der Auswertungen	XLIV
Anhang C.1	Ergebnisse Risikoschwerpunkte.....	XLIV
Anhang C.2	Ergebnisse Cluster und Zusammenhänge von Variablen / Kriterien ...	XLV

Anhänge

Anhang A Vorgehen / Bearbeitung

Anhang A.1 Daten aus Feuerwehrstatistiken

Tabelle A16: Legende für Kriterien aus Feuerwehrstatistiken s. Tabelle A17 & Tabelle A18

Legende	
Kürzel	Erfasste Kriterien
a	Brände
b	Brandsterbefälle
c	Gerettete Personen
d	Verletzte Personen
e	(Vermutlich) Brandalarmierungen
f	(Teile der) Fehlalarmierungen bei Bränden

Tabelle A17: Relevante Kriterien zum Brandgeschehen aus Jahresberichten der Feuerwehren

Jahre	Berlin	Bielefeld	Bochum	Dortmund	Dresden	Düsseldorf
2013	ab	-	ac	ab	ab	abc
2014	ab	-	ac	ab	ab	abc
2015	ab	be	ab	ab	ab	abc
2016	ab	be	a	ab	ab	abc
2017	ab	be	a	ab	ab	abc
2018	ab	be	a	ab	ab	abc
2019	ab	-	a	ab	ab	abc
2020	ab	-	a	ab	abcd	abc
Jahre	Essen	Hamburg	Hannover	Köln	München	Stuttgart
2013	bce	abd	a	-	abcd	a
2014	ab	abd	a	abcd	abcd	abc
2015	ab	abd	a	abcd	abcd	ab
2016	ab	abd	a	abcd	abcd	ab
2017	-	abd	a	abcd	a	ab
2018	-	abd	a	abcd	a	ab
2019	-	abd	a	abc	e	abc
2020	-	be	a	abc	ce	-

(Berliner Feuerwehr, 2022; Brand- und Katastrophenschutzamt Dresden, 2022; Feuerwehr Bielefeld, 2019; Feuerwehr Bochum, 2022; Feuerwehr Dortmund, 2022; Feuerwehr Düsseldorf, 2022; Feuerwehr Essen, 2022; Feuerwehr Hamburg, 2022; Feuerwehr Hannover, 2022; Feuerwehr Köln, 2022; Feuerwehr München, 2022; Feuerwehr Stuttgart, 2022)

Tabelle A18: Verfügbare Kriterien zu Städten in NRW aus IG NRW (Ministerium des Inneren des Landes Nordrhein-Westfalen, 2022)

Jahre	Bielefeld	Bochum	Bonn	Dortmund	Duisburg	Düsseldorf
2013	-	-	-	-	-	-
2014	abc	be	abc	bcef	abc	bcef
2015	abc	be	abc	abc	abc	bcef
2016	abc	be	abc	bcef	bce	bcef
2017	abc	bce	abc	abc	bce	bcef
2018	abc	bce	abc	abc	bce	bcef
2019	abc	bce	abc	abc	bce	bcef
2020	abc	abc	abc	bcef	bce	bcef
Jahre	Essen	Münster	Wuppertal	Summe NRW	Regierungsbezirk Düsseldorf	
2013	-	-	-	-	-	
2014	bce	abc	abc	abc	abc	
2015	bce	abc	abc	abc	abc	
2016	bce	abc	abc	abc	abc	
2017	bce	abc	abc	abc	abc	
2018	abc	abc	abc	abc	abc	
2019	abc	abc	abc	abc	abc	
2020	abc	abc	abc	abc	abc	

Anhang A.2 Literaturrecherche

Tabelle A19: Übersicht Literaturrecherche

Nr.	Datum	Website / Plattform	Suchstring	Limitier	Trefferanzahl	Weiteres Vorgehen	Resultat
1	10.11.2021	vidb Website	Recherche		2		0
2	10.11.2021	BRANDSchutz Artikelsuche	Schadensbemessung		0		0
3	10.11.2021	BRANDSchutz Artikelsuche	Schaden		38	Titelscreening	0
4	10.11.2021	Katalog Plus	Schadensbemessung	Katalog	5		0
5	10.11.2021	Katalog Plus	Schadensbemessung	Artikel	109	Titelscreening	0
6	10.11.2021	Katalog Plus	assessment of damage	Katalog	35	Titelscreening	0
7	10.11.2021	Katalog Plus	assessment of damage	Artikel	324.989	Nicht beachtet	0
8	11.11.2021	Katalog Plus	semi quantitative Risikomethode		0		0
9	11.11.2021	Katalog Plus	semi quantitative Risikomethode		28	Titelscreening, bei Relevanz Abstract	0
10	11.11.2021	Web of Science	AB=(fire) AND AB=(damage) AND AB=(consequence) AND AB=(assessment) NOT TI=(Risk)		66	Titelscreening, Abstract	6
11	11.11.2021	Google Scholar	Brand Schadensbemessung Feuer		26	Titelscreening	0
12	15.11.2021	Katalog Plus	Brandschaden Bewertung		15	Titelscreening, Abstract	2
13	15.11.2021	Katalog Plus	Brand Personenschaden		0		0
14	15.11.2021	Katalog Plus	Brand Sachschaden	Books, Academic journals, reports	37	Titelscreening, Abstract	1
15	15.11.2021	Katalog Plus	Brand Umweltschaden		66	Titelscreening, Abstract	3
16	15.11.2021	VdS Website	Schadensbemessung		0		0
17	15.11.2021	VdS Website	Brandschaden		11	Titelscreening	0
18	15.11.2021	VdS Website	Brandschadensstatistik		0		0
19	16.11.2021	Gdv Website	Brandschaden		28	Titelscreening	0
20	16.11.2021	vidb Zeitschrift	Kontrolle Zeitschriften Summaries 2021-1995		14	Titelscreening, Abstract auf ersten Seiten	14
21	17.11.2021	Web of Science	TI=(damage estimation) AND TI=(fire)		7	Titelscreening	1
22	18.11.2021	Fire Safety Journal	damage assessment		363	Titelscreening, Abstract ersten 20 Titel	6
23	24.11.2021	Institut für Schadensverhütung Website	Schadensbemessung		0		0
24	24.11.2021	Schadenprisma	Brandschaden	Themenbereiche: Feuer, Gebäudeschaden, Umweltschutz) nur bearbeitet	248	Titelscreening	5
25	15.12.2021	Katalog Plus	Autor: Festag, Sebastian		5		1
26	17.12.2021	Katalog Plus	consequential loss fire		93	Titelscreening, Abstract	0
27	17.12.2021	U.S. fire administrations Website	Durchsuchen der Seite nach Informationen zu den Statistiken und Daten				4
28	17.12.2021	Katalog Plus	Brandschadenstatistik		11	Titelscreening	0
29	20.12.2021	Katalog Plus	Umweltschaden Bemessung		0		0
30	20.12.2021	Katalog Plus	Umweltschaden Bewertung	Katalog	11	Titelscreening, Bestellungen aus Archiv	3
31	20.12.2021	Katalog Plus	Umweltschaden Bewertung	Artikel & Mehr, Reports, Dissertations, Reviews, Academic Journals	28	Titelscreening, Abstract	0
32	22.12.2021	Web of Science	(TI=(psychological) OR TI=(damage, consequence)) AND TI=(fire)		46	Titelscreening, Abstract	8
33	28.12.2021	Web of Science	TI=(environment* AND damage AND (animals OR plants)) AND AB=(assessment OR consequence OR monetary)		5	Titelscreening, Abstract	0
34	28.12.2021	Web of Science	TI=(environment* AND (damage OR pollution) AND animal*) AND ALL=(assessment OR consequence OR monetary OR estimation)		3	Titelscreening, Abstract	0
35	04.01.2022	Google Scholar	Umweltschaden Schadensbemessung		4910	Titelscreening erster Treffer	1
36	11.01.2022	BRANDSchutz Artikelsuche	Sachschaden		2	Titelscreening	0
37	11.01.2022	BRANDSchutz Artikelsuche	Umweltschaden		0	Titelscreening	0
38	11.01.2022	BRANDSchutz Artikelsuche	Kultur		1	Titelscreening, Lesen	1
39	12.01.2022	Braunschweiger Brandschutz-Tage	Tagungsbänder Titelscreening: 2019, 2013-2007		1	Abstract, Fazit	1
40	12.01.2022	BBK Literatursuche	Sachschaden		23	Titelscreening, Abstract	0
41	12.01.2022	BBK Literatursuche	Schadensbemessung		0		0
42	12.01.2022	BBK Literatursuche	Brand Schaden		24		1
43	12.01.2022	BBK Literatursuche	Personenschaden		11		1
44	12.01.2022	BBK Literatursuche	Umweltschaden		46	Titelscreening, Abstract	0
45	12.01.2022	Fachdokumentation "Brandschutzwesen"	"Brand" OR "Feuer" AND "Schaden" AND ("Bewertung" OR "Bemessung" OR "Einschätzung")		5	Titelscreening, Abstract	0
46	12.01.2022	Fachdokumentation "Brandschutzwesen"	TI="Sachschaden"		20		0
47	12.01.2022	Fachdokumentation "Brandschutzwesen"	Freitextsuche=["Umweltschaden"]		149	Titelscreening, Abstract	1
48	12.01.2022	Fachdokumentation "Brandschutzwesen"	TI="Personenschaden"		6	Titelscreening	0
49	13.01.2022	vidb Jahresfachtagungen	Jahrgänge Titelscreening: 2004-2009, 2011-2014, 2016-2019, 2021		1	Abstract, Fazit	1
50	14.01.2022	pubmed	((fire Title) AND (damage Title Abstract) OR injury Title Abstract) OR burn Title Abstract)) AND (assess Title Abstract) OR predicting Title Abstract) OR evaluat Title Abstract) OR consequence Title Abstract) OR estimation Title Abstract)	last 5 years	139	Titelscreening, Abstract	3
51	14.01.2022	pubmed	((fire Title) AND (damage Title Abstract) OR injury Title Abstract) OR burn Title Abstract)) AND (assess Title Abstract) OR evaluat Title Abstract) OR consequence Title Abstract) OR estimation Title Abstract) NOT ((predict Title Abstract) OR "fire risk assessment")	last 10 years	169	Titelscreening, Abstract	1
52	14.01.2022	pubmed	((fire Title) AND (damage Title Abstract) AND (assess Title Abstract) OR evaluat Title Abstract) OR consequence Title Abstract) OR estimation Title Abstract) NOT ((predict Title Abstract) OR "fire risk assessment")		37	Titelscreening, Abstract	1
53	16.01.2022	Web of Science	TI=(fire OR burn) AND TI=(damag* OR consequence OR loss OR analysis) AND AB=(assessment OR estimation OR property OR indirect*) AND AB=(post OR after OR consequence)		274		0
54	16.01.2022	Web of Science	TI=(fire OR burn) AND TI=(damag* OR consequence OR loss OR analysis) AND AB=(assessment OR estimation OR property OR indirect*) AND AB=(post OR after OR consequence)	Zeitschriften: fire technology, fire safety journal, int. Journal of wildland fire, construction and building materials, safety science, fire ecology, forest ecology and management, journal of structural fire engineering, structural safety	45	Titelscreening, Abstract	6
55	17.01.2022	Web of Science	TI=(fire OR burn) AND TI=(damag* OR consequence OR loss OR analysis) AND AB=(assessment OR estimation OR property OR indirect*) AND AB=(post OR after OR consequence)	Review Articles	15	Titelscreening, Abstract	2
56	17.01.2022	Journal of Safety Research	fire damage assessment		46	Titelscreening, Abstract	0
57	17.01.2022	Web of Science	TI=(fire OR burn) AND TI=(damag* OR consequence OR loss OR analysis) AND AB=(assessment OR estimation OR property OR indirect*) AND AB=(post OR after) AND AB=(economic OR economy)		10	Titelscreening, Abstract	1
58	17.01.2022	Journal of Fire Sciences	economic damage assessment		26		0
59	17.01.2022	U.S. forest service	Recherche		3		3
60	18.01.2022	Web of Science	TI=(cost of fire AND in) NOT TI=(suppression OR recruits OR protection OR hiring OR wildfire OR wild)		86	Titelscreening	1
61	22.01.2022	Deutscher Feuerwehr Verband Website	Statistik Übersicht, Feuerwehr-Jahrbuch 2021 irrelevant		2		1
62	22.01.2022	Statistisches Bundesamt Website & (gbe-bund.de)	Recherche		0		0
63	22.01.2022	World Fire Statistics Centre	Recherche		2		2
64	25.01.2022	Gdv Website	Recherche Statistiken		3		3
65	24.01.2022	VdS Website	Statistik		25		0
66	24.01.2022	VdS Website	Brandschaden		11		0
67	25.01.2022	Website Vereinigung Kantonalen Gebäudeversicherungen (VKG) Schweiz	Recherche		1		1
68	25.01.2022	Website Feuerwehr Koordination Schweiz (FKS)	Recherche		1		1
69	25.01.2022	UK homeoffice Website	Recherche fire statistics		2		2
70	25.01.2022	Website österreichischen Brandverhütungsstellen	Recherche		1		1
71	31.01.2022	Web of Science	TI=(KUWAIT AND oil wells)		16		1

Anhang B Datentabellen zu durchgeführten Auswertungen

Anhang B.1 Daten Verteilung des Sachschadens

Tabelle B20: Daten Auswertung 1 Verteilung des geschätzten Sachschadens x Feuerwehrart

Geschätzter Sachschaden - alle Phasen	BF	FF	WF	Gesamt	Proz. Gesamt [%]
< 1.000 €	383	125	220	728	64,1
< 10.000 €	125	57	6	188	16,5
< 100.000 €	69	16	4	89	7,8
< 500.000 €	11	1	0	12	1,1
< 1.000.000 €	1	1	0	2	0,2
> 1.000.000 €	0	2	0	2	0,2
keine Angabe möglich	98	5	12	115	10,1
Summe	687	207	242	1.136	100,0

Tabelle B21: Daten Auswertung 2.1 Menschenrettung x geschätzter Sachschaden

Menschenrettung Geschätzter Sachschaden -	< 1.000 €	< 10.000 €	< 100.000 €	< 500.000 €	< 1.000.000 €	> 1.000.000 €	keine Angabe möglich	Summe
Einsatz mit Todesfall	0	3	1	1	1	0	0	6
Anzahl Todesfälle	0	3	2	1	1	0	0	7
Einsatz mit verletzten Personen	32	22	35	6	0	0	6	101
Anzahl verletzter Personen	42	48	69	36	0	0	9	204
Einsatz mit Rettung von Personen	26	12	26	3	0	0	4	71
Anzahl geretteter Personen	44	31	117	55	0	0	5	252
Summe	728	188	89	12	2	2	115	1136
Quotient Gerett / Einsatz Rett	1,69	2,58	4,50	18,33	-	-		
Quotient Einsatz Rett / Summe	0,04	0,06	0,29	0,25	0,00	0,00		
Anzahl gerettet Personen/Summe	0,06	0,16	1,31	4,58	0,00	0,00		
Verletzte/ Summe	0,06	0,26	0,78	3,00	0,00	0,00		

Tabelle B22: Daten Auswertung 2.2 Ausgelöste Anlagentechnik x Menschenrettung

Ausgelöste Anlagentechnik Menschenrettung - alle Phasen	keine Anlagentechnik vorhanden	Rauchwammlader (Wohnungsbereich)	BMA	Dynamische Flucht- und Rettungswegsteuerung	Brandfall-Aufzugssteuerung	Elektroakustische Alarmierungsanlagen (Sirene, etc.)	Sprachalarmanlagen	Löschanlage	NRA	MRA	Überdruckanlage (Sicherheitsraum)	Mwert	Mwert +/- Konfidenz	Stabw	Summe Kategorie
Einsatz mit Todesfall	3	4	1	0	0	0	1	0	0	0	0	0,82	1,09	1,40	9
Mabw	2,18	3,18	0,18	-0,82	-0,82	-0,82	0,18	-0,82	-0,82	-0,82	-0,82	0,82			
Quote pro Menschenrettungs Kat (Zelle)	33,33%	44,44%	11,11%	0,00%	0,00%	0,00%	11,11%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	1,01%	1,73%	0,02	
Quote pro Anlagentechnik Kat (Spalte)	0,41%	3,03%	0,54%	0,00%	0,00%	0,00%	7,14%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	1,01%	1,73%	0,02	
Mabw Quote Spalte	-0,60%	2,02%	-0,47%	-1,01%	-1,01%	-1,01%	6,13%	-1,01%	-1,01%	-1,01%	-1,01%	0,91	1,23	1,58	10
Anzahl Todesfälle	4	4	1	0	0	0	1	0	0	0	0	0,91	1,23	1,58	10
Mabw	3,09	3,09	0,09	-0,91	-0,91	-0,91	0,09	-0,91	-0,91	-0,91	-0,91	0,91	1,23	1,58	10
Quote pro Menschenrettungs Kat (Zelle)	40,00%	40,00%	10,00%	0,00%	0,00%	0,00%	10,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	1,02%	1,73%	0,02	
Quote pro Anlagentechnik Kat (Spalte)	0,01	0,03	0,01	0,00	0,00	0,00	0,07	0,00	0,00	0,00	0,00	1,02%	1,73%	0,02	
Mabw Quote Spalte	0,00	0,02	0,00	-0,01	-0,01	-0,01	0,06	-0,01	-0,01	-0,01	-0,01	0,945	16,38	21,05	104
Einsatz mit verletzten Personen	70	21	3	0	1	0	0	1	8	0	0	9,45	16,38	21,05	104
Mabw	60,55	11,55	-6,45	-9,45	-8,45	-9,45	-9,45	-8,45	-1,45	-9,45	-9,45	9,45	16,38	21,05	104
Quote pro Menschenrettungs Kat (Zelle)	67,31%	20,19%	2,88%	0,00%	0,96%	0,00%	0,00%	0,96%	7,69%	0,00%	0,00%	6,44%	7,80%	0,10	
Quote pro Anlagentechnik Kat (Spalte)	9,58%	15,91%	1,62%	0,00%	2,70%	0,00%	0,00%	9,09%	82,00%	0,00%	0,00%	6,44%	7,80%	0,10	
Mabw Quote Spalte	-3,12%	9,46%	-4,82%	-6,44%	-3,74%	-6,44%	-6,44%	2,65%	25,56%	-6,44%	-6,44%	18,73	34,35	44,15	206
Anzahl verletzter Personen	148	35	10	0	1	0	0	1	11	0	0	18,73	34,35	44,15	206
Mabw	129,27	16,27	-8,73	-18,73	-17,73	-18,73	-18,73	-17,73	-7,73	-18,73	-18,73	18,73	34,35	44,15	206
Quote pro Menschenrettungs Kat (Zelle)	71,84%	16,98%	4,85%	0,00%	0,49%	0,00%	0,00%	0,49%	5,34%	0,00%	0,00%	1,75	0,93	0,88	
Quote Verletzte / Einsatz mit Verletzten	2,11	1,67	3,33	#DIV/0!	1,00	#DIV/0!	#DIV/0!	1,00	1,38	#DIV/0!	#DIV/0!	1,75	0,93	0,88	
Mabw Quote Verletzte / Einsatz m Verletzten	0,37	-0,08	1,59	-0,75	-0,75	-0,75	-0,10	-0,01	0,34	-0,10	-0,10	9,81%	11,29%	0,15	
Quote pro Anlagentechnik Kat (Spalte)	0,20	0,27	0,05	0,00	0,03	0,00	0,00	0,09	0,44	0,00	0,00	9,81%	11,29%	0,15	
Mabw Quote Spalte	0,10	0,17	-0,04	-0,10	-0,07	-0,10	-0,10	-0,01	0,34	-0,10	-0,10	6,64	11,43	14,69	73
Einsatz mit Rettung von Personen	48	17	1	0	0	0	0	0	7	0	0	6,64	11,43	14,69	73
Mabw	41,36	10,36	-5,64	-6,64	-6,64	-6,64	-6,64	-6,64	0,36	-6,64	-6,64	6,64	11,43	14,69	73
Quote pro Menschenrettungs Kat (Zelle)	65,75%	23,29%	1,37%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	9,59%	0,00%	0,00%	4,36%	6,89%	0,09	
Quote pro Anlagentechnik Kat (Spalte)	6,56%	12,88%	0,54%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	28,00%	0,00%	0,00%	4,36%	6,89%	0,09	
Mabw Quote Spalte	2,20%	8,52%	-3,82%	-4,36%	-4,36%	-4,36%	-4,36%	-4,36%	23,64%	-4,36%	-4,36%	24,45	46,71	60,05	269
Anzahl geretteter Personen	202	33	8	0	0	0	0	0	26	0	0	24,45	46,71	60,05	269
Mabw	177,55	8,55	-16,45	-24,45	-24,45	-24,45	-24,45	-24,45	1,55	-24,45	-24,45	24,45	46,71	60,05	269
Quote pro Menschenrettungs Kat (Zelle)	75,09%	12,27%	2,97%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	9,67%	0,00%	0,00%	4,47	3,29	2,55	
Quote Gerettet / Einsatz mit Rettung	4,21	1,94	3,00	#DIV/0!	#DIV/0!	#DIV/0!	#DIV/0!	#DIV/0!	3,71	#DIV/0!	#DIV/0!	4,47	3,29	2,55	
Mabw Quote Geret / Einsatz m Rettung	-0,26	-2,52	3,53	-0,75	-0,75	-0,75	-0,75	-0,75	0,75	-0,75	-0,75	14,63%	24,44%	0,31	
Quote pro Anlagentechnik Kat (Spalte)	0,26	0,25	0,04	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	1,04	0,00	0,00	14,63%	24,44%	0,31	
Mabw Quote Spalte	0,13	0,10	-0,10	-0,15	-0,15	-0,15	-0,15	-0,15	0,89	-0,15	-0,15	14,63%	24,44%	0,31	
Anzahl der Brände pro Kategorie	732	132	185	8	37	14	14	11	25	13	5	46,60	47,67	61,28	1198
Mabw (nur mit ausgelöster Anlagentechnik)	668,40	85,40	-138,40	-38,60	-9,60	-10,60	-32,60	-35,60	-21,60	-33,60	-41,60	46,60	47,67	61,28	1198
Anteil der Brände am Gesamtgeschehen	61,10%	11,02%	15,44%	0,67%	3,09%	3,01%	1,17%	0,92%	2,09%	1,09%	0,42%	100,00%	100,00%	100,00%	100,00%

Legende

Signifikante Mwert Überschreitung

Signifikante Mwert Unterschreitung

Niedrigster Prozentualer Anteil

Höherer Prozentualer Anteil

Konfidenzintervall mit Vertrauensniveau = 99 %

Tabelle B23: Daten Auswertung 2.3 Geschätzter Sachschaden x Menschenrettung x Rauchausbreitung bei Eintreffen x Ausgelöste Anlagentechnik

	Geschätzter Sachschaden [€]								Mwert	Mwert +- Konfidenz	Stdabw	Summe
		< 1.000	< 10.000	< 100.000	< 500.000	< 1.000.000	> 1.000.000	keine Angabe möglich				
Anzahl Brände	Anzahl Brände	728	188	89	12	2	2	115	162,29	252,50	258,93	1136
	Mabw	568,71	25,71	-73,28	-150,29	-160,29	-160,29	-47,29				
	Quote Brände pro Schadenskat. (Spalte)	64,08%	16,55%	7,83%	1,06%	0,18%	0,18%	10,12%				
	Anzahl Todesfälle	0	3	2	1	1	0	0	1,00	1,13	1,15	7
	Mabw	-1,00	0,00	1,00	0,00	0,00	-1,00	-1,00				
	Quote Brände pro Kat. (Zeile)	0,00%	42,86%	28,57%	14,29%	14,29%	0,00%	0,00%				
	Quote Brände pro Schadenskat. (Spalte)	0,00	0,02	0,02	0,08	0,50	0,00	0,00	0,09	0,18	0,18	0,62
	Mabw Quote Spalte	-0,09	-0,07	-0,07	-0,01	0,41	-0,09	-0,09				
	Einsatz mit verletzten Personen	32	22	35	6	0	0	6	14,43	14,61	14,99	101
	Mabw	17,57	7,57	20,57	-8,43	-14,43	-14,43	-8,43				
Menschenrettung	Quote Brände pro Kat. (Zeile)	81,68%	21,76%	34,69%	5,94%	0,00%	0,00%	5,94%				
	Quote Brände pro Schadenskat. (Spalte)	4,40%	11,70%	39,33%	30,00%	0,00%	0,00%	5,22%	0,16	0,20	0,20	1,11
	Mabw Quote Spalte	-11,41%	-4,10%	23,52%	34,19%	-15,81%	-15,81%	-10,59%				
	Anzahl verletzter Personen	42	48	69	36	0	0	9	29,14	25,99	26,65	204
	Mabw	12,86	18,86	39,86	6,86	-29,14	-29,14	-20,14				
	Quote Brände pro Kat. (Zeile)	20,59%	23,53%	33,82%	17,65%	0,00%	0,00%	4,41%				
	Quote Brände pro Schadenskat. (Spalte)	0,06	0,26	0,78	3,00	0,00	0,00	0,08	0,60	1,07	1,10	4,17
	Mabw Quote Spalte	-0,54	-0,34	0,18	2,40	-0,60	-0,60	-0,52				
	Einsatz mit Rettung von Personen	26	12	26	3	0	0	4	10,14	11,27	11,55	71
	Mabw	16,88	1,88	16,38	7,14	-10,14	-10,14	-6,14				
Rauchausbreitung bei Eintreffen	Quote Brände pro Kat. (Zeile)	98,62%	16,90%	39,52%	4,23%	0,00%	0,00%	5,63%				
	Quote Brände pro Schadenskat. (Spalte)	3,57%	6,38%	29,21%	25,00%	0,00%	0,00%	3,48%	0,10	0,12	0,12	0,68
	Mabw Quote Spalte	-6,09%	-3,28%	19,55%	15,34%	-9,66%	-9,66%	-6,19%				
	Anzahl geretteter Personen	44	31	117	55	0	0	5	36,00	40,92	41,96	252
	Mabw	8,00	-5,00	81,00	19,00	-36,00	-36,00	-31,00				
	Quote Brände pro Kat. (Zeile)	17,46%	12,30%	48,43%	21,83%	0,00%	0,00%	1,98%				
	Quote Brände pro Schadenskat. (Spalte)	0,06	0,16	1,31	4,58	0,00	0,00	0,04	0,88	1,66	1,70	6,17
	Mabw Quote Spalte	-0,52	-0,72	0,43	8,70	-0,88	-0,88	-0,84				
	Keine, nicht nennenswert	419	23	6	1	0	0	49	71,14	150,60	154,43	498
	Mabw	347,88	-48,14	-65,14	-70,14	-71,14	-71,14	-22,14				
Ausgelöste Anlagentechnik	Quote Brände pro Kat. (Zeile)	64,14%	4,62%	1,20%	0,20%	0,00%	0,00%	9,84%				
	Quote Brände pro Schadenskat. (Spalte)	57,55%	12,23%	6,74%	8,33%	0,00%	0,00%	42,61%	0,18	0,22	0,23	1,27
	Mabw Quote Spalte	39,34%	-5,98%	-11,47%	-9,88%	-18,21%	-18,21%	24,05%				
	Geringe Rauchausbreitung	227	100	31	1	0	0	32	56,00	81,16	83,23	392
	Mabw	171,00	44,00	-25,00	-55,00	-55,00	-56,00	-24,00				
	Quote Brände pro Kat. (Zeile)	87,09%	25,51%	7,91%	0,26%	0,26%	0,00%	8,16%				
	Quote Brände pro Schadenskat. (Spalte)	31,18%	34,18%	34,83%	6,33%	50,00%	0,00%	27,83%	0,29	0,19	0,20	2,05
	Mabw Quote Spalte	1,84%	23,65%	5,49%	21,00%	20,66%	-29,34%	-1,61%				
	Große Rauchausbreitung	54	46	10	1	2	28	28,14	23,60	24,20	197	
	Mabw	25,86	27,86	17,86	-18,14	-27,14	-26,14	-0,14				
keine Anlagentechnik vorhanden	Quote Brände pro Kat. (Zeile)	27,41%	28,43%	23,35%	5,08%	0,51%	1,02%	14,21%				
	Quote Brände pro Schadenskat. (Spalte)	7,42%	29,79%	51,69%	83,33%	50,00%	100,00%	24,35%	0,50	0,32	0,33	3,47
	Mabw Quote Spalte	-42,09%	-19,72%	2,18%	93,82%	0,49%	50,49%	-25,16%				
	keine Anlagentechnik vorhanden	452	133	59	10	1	1	76	104,57	156,63	160,63	732
	Mabw	347,43	28,43	-45,57	94,57	-103,57	-103,57	-28,57				
	Quote Brände pro Kat. (Zeile)	83,75%	18,17%	8,06%	1,37%	0,14%	0,14%	10,38%				
	Quote Brände pro Schadenskat. (Spalte)	62,09%	70,74%	66,29%	83,33%	50,00%	50,00%	86,09%	0,64	0,11	0,12	4,49
	Mabw Quote Spalte	-1,99%	6,67%	2,21%	19,26%	-14,08%	-14,08%	2,01%				
	Rauchwarnmelder (Wohnungsbereich)	94	17	11	2	1	0	7	18,86	32,85	33,69	132
	Mabw	75,14	-1,86	-7,86	-16,86	-17,86	-18,86	-11,86				
Dynamische Flucht- und Rettungswegsteuerung	Quote Brände pro Kat. (Zeile)	71,21%	12,88%	8,33%	1,52%	0,76%	0,00%	5,30%				
	Quote Brände pro Schadenskat. (Spalte)	12,91%	9,04%	12,36%	16,67%	50,00%	0,00%	6,08%	0,15	0,16	0,16	1,07
	Mabw Quote Spalte	2,38%	-6,25%	-2,94%	1,37%	84,70%	-15,30%	9,21%				
	BMA	133	22	7	0	0	0	23	26,43	46,87	48,07	185
	Mabw	108,57	-4,43	-19,43	-26,43	-26,43	-26,43	-3,43				
	Quote Brände pro Kat. (Zeile)	71,89%	11,89%	3,78%	0,00%	0,00%	0,00%	12,43%				
	Quote Brände pro Schadenskat. (Spalte)	18,27%	11,70%	7,87%	0,00%	0,00%	0,00%	20,00%	0,08	0,08	0,09	0,58
	Mabw Quote Spalte	10,01%	3,44%	-0,40%	-8,26%	-8,26%	-8,26%	11,74%				
	Dynamische Flucht- und Rettungswegsteuerung	4	0	0	0	0	0	4	1,14	1,90	1,95	8
	Mabw	2,86	-1,14	-1,14	-1,14	-1,14	-1,14	2,86				
Sprachalarmanlage	Quote Brände pro Kat. (Zeile)	90,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	90,00%				
	Quote Brände pro Schadenskat. (Spalte)	0,65%	9,00%	9,00%	0,00%	0,00%	0,00%	3,46%	0,01	0,01	0,01	0,04
	Mabw Quote Spalte	-0,03%	-0,58%	-0,58%	-0,58%	-0,58%	-0,58%	2,90%				
	Brandfall-Aufzugssteuerung	27	5	2	0	0	0	3	5,29	9,52	9,76	37
	Mabw	21,71	-0,29	-3,29	-5,29	-5,29	-5,29	-2,29				
	Quote Brände pro Kat. (Zeile)	72,97%	13,51%	5,41%	0,00%	0,00%	0,00%	8,11%				
	Quote Brände pro Schadenskat. (Spalte)	3,71%	2,66%	2,25%	0,00%	0,00%	0,00%	2,61%	0,02	0,02	0,02	0,11
	Mabw Quote Spalte	2,11%	1,06%	0,64%	-1,60%	-1,60%	-1,60%	1,01%				
	Elektroakustische Alarmanlage (Sirene)	27	5	1	0	0	0	3	5,14	9,58	9,82	36
	Mabw	21,88	-0,14	-4,14	-5,14	-5,14	-5,14	-2,14				
Überdruckanlage (Sicherheitsstiegenraum)	Quote Brände pro Kat. (Zeile)	75,00%	13,89%	2,78%	0,00%	0,00%	0,00%	8,33%				
	Quote Brände pro Schadenskat. (Spalte)	3,15%	2,66%	1,12%	0,00%	0,00%	0,00%	2,61%	0,01	0,02	0,02	0,10
	Mabw Quote Spalte	2,27%	1,22%	-0,32%	-1,44%	-1,44%	-1,44%	1,17%				
	Sprachalarmanlage	9	3	1	0	0	0	1	2,00	3,18	3,27	14
	Mabw	7,00	1,00	-1,00	-2,00	-2,00	-2,00	-1,00				
	Quote Brände pro Kat. (Zeile)	84,29%	21,43%	7,14%	0,00%	0,00%	0,00%	7,14%				
	Quote Brände pro Schadenskat. (Spalte)	1,24%	1,60%	1,12%	0,00%	0,00%	0,00%	0,87%	0,01	0,01	0,01	0,05
	Mabw Quote Spalte	0,55%	0,91%	0,43%	0,69%	-0,69%	-0,69%	0,18%				
	Löschanlagen	3	2	3	0	0	0	3	1,57	1,47	1,51	11
	Mabw	1,43	0,43	1,43	-1,57	-1,57	-1,57	1,43				
NRA	Quote Brände pro Kat. (Zeile)	27,27%	18,18%	27,27%	0,00%	0,00%	0,00%	27,27%				
	Quote Brände pro Schadenskat. (Spalte)	0,41%	1,06%	3,37%	0,00%	0,00%	0,00%	2,61%	0,01	0,01	0,01	0,07
	Mabw Quote Spalte	-0,65%	0,00%	2,31%	-1,07%	-1,07%	-1,07%	1,54%				
	NRA	9	7	7	0	0	0	0	3,57	4,39	4,50	25
	Mabw	5,43	5,43	3,43	-3,57	-3,57	-3,57	-3,57				
	Quote Brände pro Kat. (Zeile)	96,00%	96,00%	28,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%				
	Quote Brände pro Schadenskat. (Spalte)	1,24%	4,29%	7,87%	0,00%	0,00%	0,00%	0,80%	0,02	0,03	0,03	0,14
	Mabw Quote Spalte	-0,75%	2,80%	6,66%	-1,98%	-1,98%	-1,98%	-1,98%				
	MRA	9	1	1	0	0	0	2	1,86	3,16	3,24	13
	Mabw	7,14	-0,86	-0,86	-1,86	-1,86	-1,86	0,14				
Überdruckanlage (Sicherheitsstiegenraum)	Quote Brände pro Kat. (Zeile)	69,23%	7,69%	7,69%	0,00%	0,00%	0,00%	15,38%				
	Quote Brände pro Schadenskat. (Spalte)	1,24%	0,53%	1,12%	0,00%	0,00%	0,00%	1,74%	0,01	0,01	0,01	0,05
	Mabw Quote Spalte	0,57%	-0,13%	0,46%	-0,66%	-0,66%	-0,66%	0,88%				
	Überdruckanlage (Sicherheitsstiegenraum)	4	0	0	0	0	0	1	0,71	1,46	1,50	5
	Mabw	3,29	-0,71	-0,71	-0,71	-0,71	-0,71	0,29				
	Quote Brände pro Kat. (Zeile)	80,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	20,00%				
	Quote Brände pro Schadenskat. (Spalte)	0,55%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,87%	0,00	0,00	0,00	0,01
	Mabw Quote Spalte	0,35%	-0,20%	-0,20%	-0,20%	-0,20%	-0,20%	0,67%				

Legende: Signifikante Mwert Überschreitung Signifikante Mwert Unterschreitung Niedriger Prozentualer Anteil Hoher Prozentualer Anteil Konfidenzintervall mit Vertrauensniveau = 99 %

Tabelle B25: Daten Auswertung 3.2 GK x Vermutlicher Ort der Brandentstehung x Geschätzter Sachschaden

Anzahl Brände	Datumumfang - alle Phasen tatsächliche Brände	Werk-/Betriebsfeuerwehr	bis 20.000 EW		bis 50.000 EW		bis 90.000 EW		bis 250.000 EW		bis 500.000 EW		Mwert	Mwert + Konfidenz	Stabw	Summe
			9	136	56	166	128	478	174,29	150,29	154,12	1220				
	Mwbr	20,25%	72,71	11,15%	-38,27	11,15%	-8,29	13,81%	-8,29	10,49%	-46,28	33,18%	303,71			
	Wohnraum	0	1	8	3	26	5	42	12,14	15,45	15,85	85				
	Mwbr	-12,14	-11,14	-4,14	-9,14	13,86	7,14	29,88								
	Quote Brände pro Kat (Zelle)	0,00%	0,00%	1,00%	9,14%	3,53%	30,59%	5,80%	16,41%							
	Quote Brände pro GK (Spalte)	0,00%	11,11%	5,83%	5,38%	15,60%	3,91%	8,75%	0,07	0,05	0,05	0,51				
	Mwbr Quote Spalte	7,24%	3,87%	-1,36%	-1,89%	8,42%	-3,34%	1,54%								
	Schlafraum	0	0	1	0	7	8	11	3,86	4,55	4,67	27				
	Mwbr	-3,86	-3,86	-2,86	-3,86	3,14	4,14	11,14								
	Quote Brände pro Kat (Zelle)	0,00%	0,00%	3,70%	3,00%	29,93%	29,63%	49,74%								
	Quote Brände pro GK (Spalte)	0,00%	0,00%	0,74%	0,00%	4,22%	6,25%	2,30%	0,02	0,02	0,02	0,14				
	Mwbr Quote Spalte	-1,93%	-1,93%	-1,19%	-1,93%	2,29%	1,32%	0,37%								
	Küche	4	5	23	14	54	39	163	43,43	55,20	56,61	304				
	Mwbr	-39,43	-38,43	-29,43	-29,43	10,57	14,43	169,57								
	Quote Brände pro Kat (Zelle)	0,32%	1,64%	7,57%	4,61%	17,76%	12,83%	24,23%								
	Quote Brände pro GK (Spalte)	1,62%	55,59%	16,91%	25,00%	32,53%	30,47%	34,52%	0,28	0,18	0,17	1,97				
	Mwbr Quote Spalte	29,47%	20,69%	-11,17%	-3,00%	4,44%	2,38%	8,43%								
	Badezimmer	0	0	0	4	2	9	3	2,14	3,30	3,39	15				
	Mwbr	-2,14	-2,14	-2,14	-2,14	1,86	-0,14	8,88								
	Quote Brände pro Kat (Zelle)	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	26,67%	13,33%	80,00%								
	Quote Brände pro GK (Spalte)	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	4,11%	1,68%	11,88%	0,01	0,01	0,01	0,06				
	Mwbr Quote Spalte	-0,84%	-0,84%	-0,84%	-0,84%	0,57%	0,73%	1,95%								
	Lager	1	0	2	5	7	5	16	4,43	3,37	3,46	31				
	Mwbr	3,43	-4,43	2,57	-2,43	5,7	2,57	16,7								
	Quote Brände pro Kat (Zelle)	0,23%	0,00%	22,58%	6,25%	18,13%	22,59%	24,03%								
	Quote Brände pro GK (Spalte)	0,40%	0,00%	5,15%	3,57%	3,01%	3,47%	1,88%	0,03	0,02	0,02	0,19				
	Mwbr Quote Spalte	-2,38%	-2,78%	2,90%	0,79%	0,23%	2,88%	-0,90%								
	Abstellraum	0	0	0	0	0	3	0	4,57	6,87	7,04	32				
	Mwbr	-4,57	-4,57	-4,57	-3,57	0,23	1,57	18,43								
	Quote Brände pro Kat (Zelle)	0,00%	0,00%	9,38%	3,13%	15,63%	9,38%	62,50%								
	Quote Brände pro GK (Spalte)	0,00%	0,00%	2,21%	1,79%	3,01%	2,34%	4,85%	0,02	0,01	0,02	0,14				
	Mwbr Quote Spalte	-1,99%	-1,99%	0,27%	-0,15%	1,08%	0,41%	0,85%								
	Büro + Geschäftsraum	4	0	1	2	1	1	1	4,29	3,93	4,03	30				
	Mwbr	-0,29	-3,29	-2,29	-2,29	0,71	1,71	7,71								
	Quote Brände pro Kat (Zelle)	13,33%	0,00%	3,33%	6,67%	16,67%	20,00%	20,00%								
	Quote Brände pro GK (Spalte)	0,00%	0,00%	3,50%	3,50%	3,01%	4,69%	2,54%	0,02	0,02	0,02	0,16				
	Mwbr Quote Spalte	-0,69%	-0,31%	-1,57%	-1,27%	0,71%	0,68%	0,21%								
	Schornstein	0	0	5	1	3	2	3	2,00	1,78	1,83	14				
	Mwbr	-2,00	-2,00	3,00	-1,00	1,00	0,00	1,00								
	Quote Brände pro Kat (Zelle)	0,00%	0,00%	7,69%	2,60%	21,43%	14,29%	21,43%								
	Quote Brände pro GK (Spalte)	0,00%	0,00%	33,68%	1,75%	1,81%	1,56%	6,63%	0,01	0,01	0,01	0,09				
	Mwbr Quote Spalte	-1,35%	-1,35%	2,33%	0,43%	0,46%	0,21%	-0,72%								
	Flur + Treppenaum	8	0	5	4	5	9	20	8,00	7,84	8,04	56				
	Mwbr	-8,00	-8,00	-3,00	-4,00	3,00	10,00	18,00								
	Quote Brände pro Kat (Zelle)	0,00%	0,00%	8,33%	7,14%	8,57%	10,07%	44,04%								
	Quote Brände pro GK (Spalte)	3,24%	0,00%	3,68%	7,14%	3,01%	7,03%	5,23%	0,04	0,02	0,03	0,29				
	Mwbr Quote Spalte	-0,95%	-4,19%	-0,51%	0,95%	-1,18%	2,84%	1,04%								
	Garage + Parkhaus	0	0	1	0	2	0	0	4,00	3,23	3,32	28				
	Mwbr	0,00	4,00	2,00	-3,00	2,00	1,00	0,00								
	Quote Brände pro Kat (Zelle)	26,57%	0,00%	21,43%	3,57%	7,14%	10,71%	39,57%								
	Quote Brände pro GK (Spalte)	3,24%	0,00%	4,41%	1,79%	1,20%	2,34%	1,67%	0,02	0,01	0,01	0,15				
	Mwbr Quote Spalte	1,14%	2,06%	0,25%	0,31%	0,09%	0,25%	-0,42%								
	Maschinenraum	1	0	0	0	0	0	4	3,57	2,86	2,94	25				
	Mwbr	-0,57	-2,57	1,43	-3,57	0,43	0,43	-0,57								
	Quote Brände pro Kat (Zelle)	12,00%	4,00%	20,00%	0,00%	36,00%	16,00%	12,00%								
	Quote Brände pro GK (Spalte)	0,23%	0,23%	3,68%	0,42%	0,42%	3,13%	1,67%	0,04	0,04	0,04	0,25				
	Mwbr Quote Spalte	-2,38%	0,51%	0,08%	-3,60%	1,83%	-0,47%	-2,97%								
	Transport/ Verkehrsweeg	99	0	1	7	0	2	15	17,71	35,35	36,25	124				
	Mwbr	89,29	-17,71	-16,71	-10,71	-17,71	-15,71	-2,71								
	Quote Brände pro Kat (Zelle)	20,84%	0,00%	0,81%	0,00%	1,00%	1,81%	12,10%								
	Quote Brände pro GK (Spalte)	40,08%	0,00%	0,74%	12,50%	0,00%	1,56%	3,14%	0,08	0,14	0,15	0,58				
	Mwbr Quote Spalte	31,79%	-3,29%	-7,55%	4,21%	-8,29%	-6,73%	-5,15%								
	Werkstatt	0	0	0	0	5	2	0	1,14	1,82	1,86	8				
	Mwbr	-1,14	-1,14	-1,14	-1,14	0,86	0,86	-1,14								
	Quote Brände pro Kat (Zelle)	12,50%	0,00%	0,00%	0,00%	22,50%	25,00%	0,00%								
	Quote Brände pro GK (Spalte)	0,40%	0,00%	0,00%	0,00%	0,01%	1,56%	3,00%	0,01	0,01	0,01	0,05				
	Mwbr Quote Spalte	-0,31%	-0,71%	-0,71%	-0,71%	0,30%	0,85%	-0,71%								
	Heizraum	1	0	0	0	0	1	1	1,14	1,04	1,07	8				
	Mwbr	-0,14	-1,14	-1,14	0,86	-0,14	0,86	-0,14								
	Quote Brände pro Kat (Zelle)	12,50%	0,00%	0,00%	25,00%	12,50%	37,50%	12,50%								
	Quote Brände pro GK (Spalte)	0,40%	0,00%	0,00%	0,57%	0,60%	2,34%	0,21%	0,01	0,01	0,01	0,07				
	Mwbr Quote Spalte	-1,61%	-1,02%	-1,02%	0,66%	-0,42%	1,32%	-0,81%								
	Versammlungsraum	5	0	2	0	0	0	2	1,57	1,68	1,72	11				
	Mwbr	3,43	-1,57	0,43	-1,57	-0,57	-0,57	0,43								
	Quote Brände pro Kat (Zelle)	45,45%	0,00%	18,18%	0,00%	9,09%	9,09%	18,18%								
	Quote Brände pro GK (Spalte)	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,01	0,01	0,01	0,05				
	Mwbr Quote Spalte	0,27%	-0,76%	0,71%	-0,15%	0,02%	-0,34%	-0,34%								
	Fassadenelement	0	0	0	0	0	0	0	1,71	2,85	2,93	12				
	Mwbr	-1,71	-1,71	-1,71	-1,71	0,29	0,29	0,29								
	Quote Brände pro Kat (Zelle)	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	16,67%	16,67%	16,67%								
	Quote Brände pro GK (Spalte)	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	1,20%	1,56%	1,57%	0,01	0,01	0,01	0,04				
	Mwbr Quote Spalte	-0,63%	-0,63%	-0,63%	-0,63%	0,57%	0,93%	1,04%								
	Sonstiger Raum	99	2	24	3	16	14	35	32,29	35,98	36,90	226				
	Mwbr	86,71	-18,29	-18,29	-18,29	-18,29	-18,29	-35,71								
	Quote Brände pro Kat (Zelle)	33,81%	0,82%	10,82%	1,53%	7,08%	6,19%	30,09%								
	Quote Brände pro GK (Spalte)	40,09%	22,22%	17,65%	3,38%	9,64%	10,94%	14,23%	0,17	0,11	0,12	1,20				
	Mwbr Quote Spalte	2,92%	5,06%	3,49%	31,80%	7,52%	-4,22%	-2,93%								
	Dachgeschoss	0	0	1	0	1	0	0	2,14	1,73	1,77	15				
	Mwbr	-2,14	-2,14	0,86	-1,14	1,86	1,86	0,86								
	Quote Brände pro Kat (Zelle)	0,00%	0,00%	6,67%	6,67%	26,67%	26,67%	20,00%								
	Quote Brände pro GK (Spalte)	0,00%	0,00%													

Anhang B.2 Daten zeitlicher Verlauf von Schadenskriterien

Tabelle B26: Daten Auswertung | Wochentag x Geschätzter Sachschaden x Menschenrettung x Evakuierung x Rauchausbreitung bei Eintreffen

	Zeitliche Verteilung - alle Phasen	Mo	Di	Mi	Do	Fr	Sa	So	Mwert	Mwert +- Konfidenz	Stdabw	Summe
Anzahl Brände	Anzahl Brände	173	150	158	187	150	181	153	164,57	15,14	15,52	1152
	Mabw Brände pro Tag [Anzahl]	8,43	-14,57	-6,57	22,43	-14,57	16,43	-11,57				
	Rate Brände pro Tag	15,02%	13,02%	13,72%	16,23%	13,02%	15,71%	13,28%				100%
Geschätzter Sachschaden	< 1.000 €	102	91	99	121	96	116	103	104,00	10,50	10,77	728
	Mabw	-2,00	-13,00	-5,00	17,00	-8,00	12,00	-1,00				
	Rate pro Brände am Tag	59%	61%	63%	65%	64%	64%	67%	0,63	3%	0,03	
	Mabw Rate	-4%	-3%	-1%	2%	1%	1%	4%				
	1.000-100.000	46	45	37	42	35	41	31	39,57	5,34	5,47	277
	Mabw	6,43	5,43	-2,57	2,43	-4,57	1,43	-8,57				
	Rate pro Brände am Tag	27%	30%	23%	22%	23%	23%	20%	0,24	0,03	0,03	
	Mabw Rate	2%	6%	-1%	-2%	-1%	-1%	-4%				
	Mabw Rate mittl. Sachschaden pro Tag [%]	2,49	5,90	-0,68	-1,64	-0,77	-1,45	-3,84				
	> 100.000	1	3	4	3	1	1	3	2,29	1,22	1,25	16
	Mabw	-1,29	0,71	1,71	0,71	-1,29	-1,29	0,71				
	Rate pro Brände am Tag	1%	2%	3%	2%	1%	1%	2%	0,01	0,01	0,01	
	Mabw Rate	-1%	1%	1%	0%	-1%	-1%	1%				
	Mabw Rate gr. Sachschaden pro Tag [%]	-0,84	0,59	1,12	0,19	-0,75	-0,86	0,55				
	keine Angabe möglich	21	10	17	21	14	23	9	16,43	5,45	5,59	115
Mabw	4,57	-6,43	0,57	4,57	-2,43	6,57	-7,43					
Rate pro Brände am Tag	12%	7%	11%	11%	9%	13%	6%	0,10	0,03	0,03		
Mabw Rate	2%	-3%	1%	1%	0%	3%	-4%					
Evakuierung	Räumung/Evakuierung automatisch eingeleitet	14	7	11	16	11	7	8	10,57	3,42	3,51	74
	Mabw	3,43	-3,57	0,43	5,43	0,43	-3,57	-2,57				
	Rate pro Brände am Tag	8%	5%	7%	9%	7%	4%	5%	0,06	0,02	0,02	
	Mabw Rate	2%	-2%	1%	2%	1%	-3%	-1%				
	Räumung/Evakuierung manuell eingeleitet	20	18	23	23	20	24	21	21,29	2,08	2,14	149
	Mabw	-1,29	-3,29	1,71	1,71	-1,29	2,71	-0,29				
Rate pro Brände am Tag	12%	12%	15%	12%	13%	13%	14%	0,13	0,01	0,01		
Mabw Rate	-1%	-1%	2%	-1%	0%	0%	1%					
Menschenrettung	Anzahl Todesfälle	0	1	0	2	1	1	3	1,14	1,04	1,07	8
	Mabw	-1,14	-0,14	-1,14	0,86	-0,14	-0,14	1,86				
	Rate pro Brände am Tag	0,00	0,01	0,00	0,01	0,01	0,01	0,02	0,01	0,01	0,01	
	Mabw Rate	-0,01	0,00	-0,01	0,00	0,00	0,00	0,01				
	Einsatz mit verletzten Personen	17	12	13	19	18	12	16	15,29	2,85	2,93	107
	Mabw	1,71	-3,29	-2,29	3,71	2,71	-3,29	0,71				
	Rate pro Brände am Tag	10%	8%	8%	10%	12%	7%	10%	0,09	0,02	0,02	
	Mabw Rate	0%	-1%	-1%	1%	3%	-3%	1%				
	Anzahl verletzter Personen	30	26	18	33	61	17	30	30,71	14,33	14,69	215
	Mabw verletzte Personen pro Tag [Anzahl]	-0,71	-4,71	-12,71	2,29	30,29	-13,71	-0,71				
	Rate pro Brände am Tag	0,17	0,17	0,11	0,18	0,41	0,09	0,20	0,19	0,10	0,10	
	Mabw Rate	-0,02	-0,02	-0,08	-0,01	0,22	-0,10	0,01				
	Rate Verletzte / Gesamt Verletzte	13,95%	12,09%	8,37%	15,35%	28,37%	7,91%	13,95%				
	Einsatz mit Rettung von Personen	14	9	8	8	13	9	13	10,57	2,57	2,64	74
	Mabw	3,43	-1,57	-2,57	-2,57	2,43	-1,57	2,43				
Rate pro Brände am Tag	8%	6%	5%	4%	9%	5%	8%	0,07	0,018	0,02		
Mabw Rate	1,6%	-0,5%	-1,4%	-2,2%	2,2%	-1,5%	2,0%					
Anzahl geretteter Personen	44	61	22	20	65	14	33	37,00	19,78	20,28	259	
Mabw gerettete Personen pro Tag [Anzahl]	7,00	24,00	-15,00	-17,00	28,00	-23,00	-4,00					
Rate pro Brände am Tag	0,25	0,41	0,14	0,11	0,43	0,08	0,22	0,23	0,14	0,14		
Mabw Rate	0,02	0,17	-0,09	-0,13	0,20	-0,16	-0,02					
Rate Gerettet / Gesamt Gerettete	16,99%	23,55%	8,49%	7,72%	25,10%	5,41%	12,74%					
Rauchausbreitung bei Eintreffen	Keine, nicht nennenswert	76	73	73	86	76	78	74	76,57	4,43	4,54	536
	Mabw	-0,57	-3,57	-3,57	9,43	-0,57	1,43	-2,57				
	Rate pro Brände am Tag	44%	49%	46%	46%	51%	43%	48%	0,47	0,03	0,03	
	Mabw Rate	-3%	2%	0%	-1%	4%	-4%	2%				
	Geringe Rauchausbreitung	60	52	56	66	49	70	58	58,71	7,23	7,41	411
	Mabw	1,29	-6,71	-2,71	7,29	-9,71	11,29	-0,71				
	Rate pro Brände am Tag	35%	35%	35%	35%	33%	39%	38%	0,36	0,02	0,02	
	Mabw Rate	-1%	-1%	0%	0%	-3%	3%	2%				
	Große Rauchausbreitung	37	25	29	33	25	33	21	29,00	5,52	5,66	203
	Mabw	8,00	-4,00	0,00	4,00	-4,00	4,00	-8,00				
Rate pro Brände am Tag	21%	17%	18%	18%	17%	18%	14%	0,18	0,02	0,02		
Mabw Rate	4%	-1%	1%	0%	-1%	1%	-4%					
Mabw Rate gr. Rauchausbreitung pro Tag [%]	3,86	-0,86	0,83	0,12	-0,86	0,71	-3,80					

Legende Signifikante Mwert Überschreitung Signifikante Mwert Unterschreitung Niedriger Prozentualer Anteil Hoher Prozentualer Anteil Konfidenzintervall mit Vertrauensniveau = 99 %

Tabelle B29: Rohdaten Brände, Fehlalarme Brand, Brandsterbefälle, gerettete Personen aus dem IG NRW (Ministerium des Inneren des Landes Nordrhein-Westfalen, 2022)

Jahre	Kategorien	Stadt 1	Stadt 2	Stadt 3	Stadt 4	Stadt 5	Stadt 6	Stadt 7	Stadt 8	Stadt 9	Stadt 10	Summe NRW	NRW ohne Stadt 1
2014	Brände	2340	1788	1890	-	546	504	1761	315	378	-	37984	35644
	(Vermutlich) Brandalarmierungen	3221	2319	-	1558	-	-	-	-	-	-	-	-
	Fehlalarme Brand	881	531	-	-	135	-	-	-	-	-	-	-
	Brandtote	5	5	4	1	19	3	0	5	1	1	161	156
	Gerettete Personen	572	57	141	0	273	161	62	119	24	52	4003	3431
2015	Brände	1938	1130	1845	-	880	761	1891	299	636	-	36753	34815
	(Vermutlich) Brandalarmierungen	3188	-	-	1513	-	-	-	-	-	-	-	-
	Fehlalarme Brand	1250	-	-	-	107	-	-	-	156	-	-	-
	Brandtote	2	4	1	1	24	1	2	1	1	1	133	131
	Gerettete Personen	554	70	46	0	327	66	41	113	11	152	3987	3433
2016	Brände	2171	2060	2072	-	1210	832	1938	271	700	-	39537	37366
	(Vermutlich) Brandalarmierungen	3418	2554	-	1534	-	-	-	-	-	-	-	-
	Fehlalarme Brand	1247	494	-	-	600	-	-	-	426	-	-	-
	Brandtote	3	1	6	2	8	1	7	1	0	1	132	129
	Gerettete Personen	622	117	76	0	166	74	56	117	52	123	3864	3242
2017	Brände	2457	1100	1768	-	1415	499	567	314	680	-	40482	38025
	(Vermutlich) Brandalarmierungen	4127	-	-	1669	-	-	-	-	-	-	-	-
	Fehlalarme Brand	1670	-	-	-	827	-	-	-	526	-	-	-
	Brandtote	1	0	0	0	4	1	1	4	1	1	115	114
	Gerettete Personen	610	164	47	98	167	62	98	151	24	74	5022	4412
2018	Brände	2508	1415	1240*	-	1352	491	611	344	735	-	45990	43482
	(Vermutlich) Brandalarmierungen	4450	-	-	1798	-	-	-	-	-	-	-	-
	Fehlalarme Brand	1942	-	-	-	596	-	-	-	478	-	-	-
	Brandtote	2	0	2	0	6	1	5	3	1	4	170	168
	Gerettete Personen	622	181	33	63	125	89	34	119	17	115	5189	4567
2019	Brände	1901	1315	1227	-	1517	526	591	418	692	-	44919	43018
	(Vermutlich) Brandalarmierungen	4628	-	-	1791	-	-	-	-	-	-	-	-
	Fehlalarme Brand	2727	-	-	-	711	-	-	-	345	-	-	-
	Brandtote	4	3	2	0	6	1	4	1	2	2	156	152
	Gerettete Personen	698	145	28	74	303	117	28	119	25	155	4841	4143
2020	Brände	1810	2389	1118	645	1463	542	697	2043	471	-	44599	42789
	(Vermutlich) Brandalarmierungen	4228	2942	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	Fehlalarme Brand	2418	553	-	-	838	-	-	-	438	-	-	-
	Brandtote	0	2	3	3	17	1	2	7	0	1	166	166
	Gerettete Personen	612	154	12	101	304	63	35	125	26	52	4487	3875
	Legende	Schätzungen der Brände ungenau		Auffälligkeiten		Auffällige Veränderungen der Brandzahlen							

Anhang C Ergebnisse der Auswertungen

Anhang C.1 Ergebnisse Risikoschwerpunkte

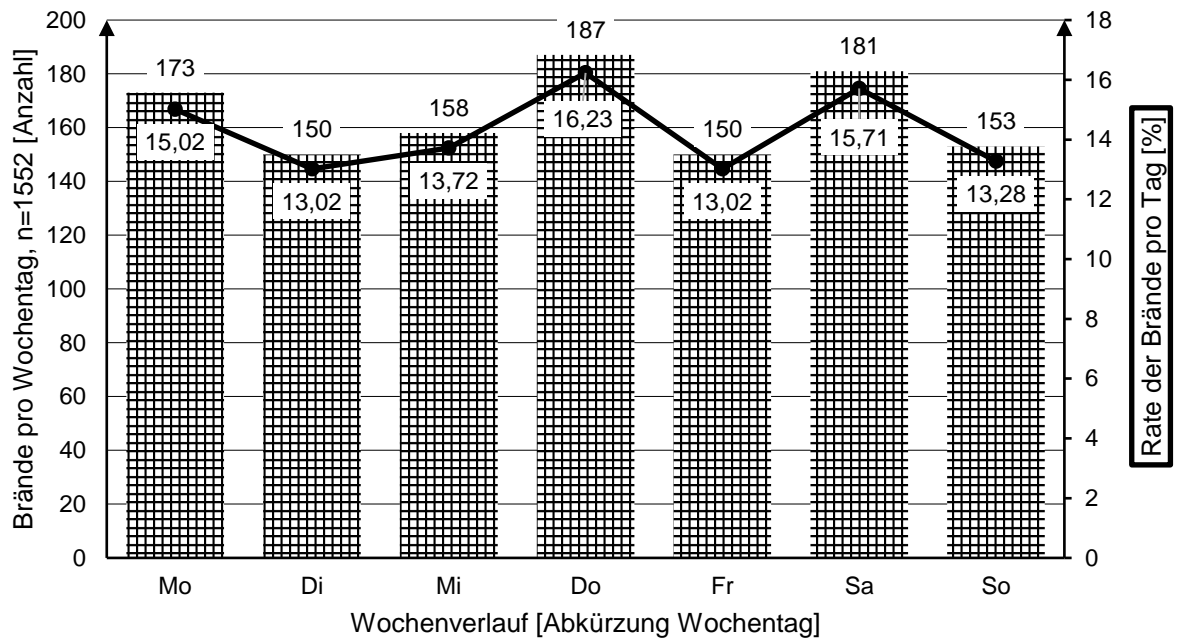


Bild C29: Anzahl der Brände pro Tag im Wochenverlauf (Auswertung I)

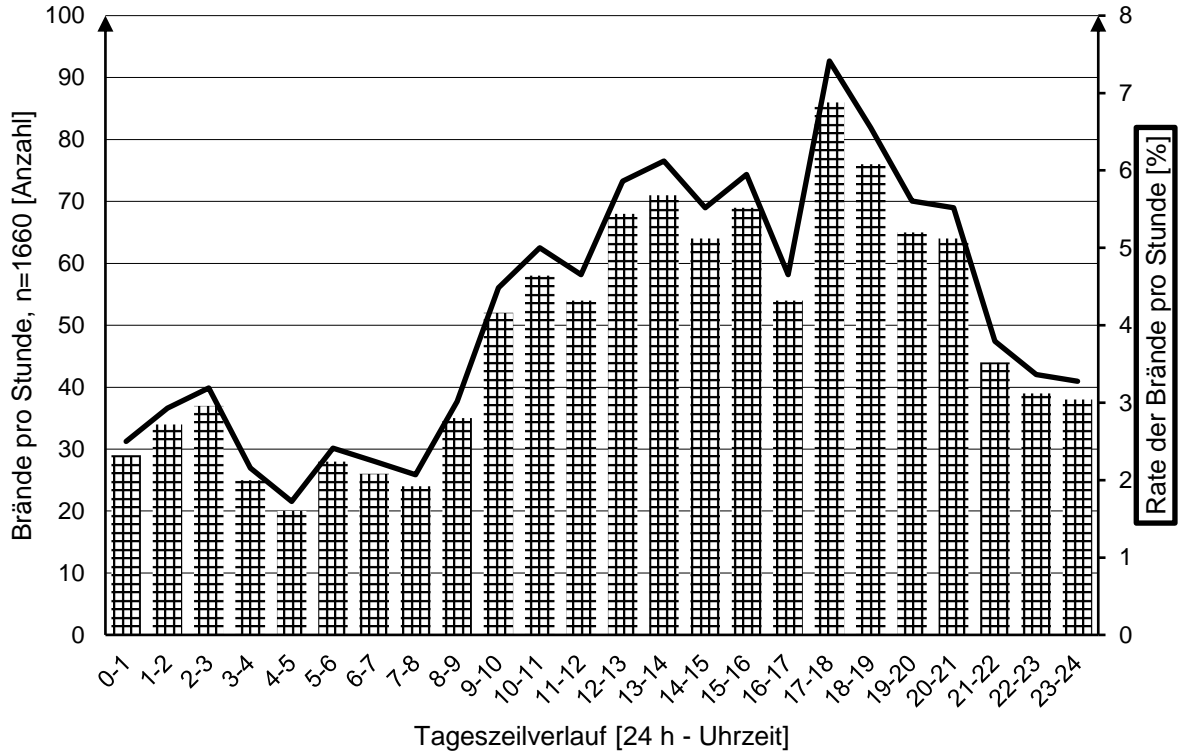


Bild C30: Anzahl der Brände pro Stunde im Tagesverlauf (Auswertung II)

Anhang C.2 Ergebnisse Cluster und Zusammenhänge von Variablen / Kriterien

		Geschätzter Sachschaden
Extremste Differenzen	Absolut	,063
	Positiv	,063
	Negativ	-,002
Kolmogorov-Smirnov-Z		1,213
Asymp. Sig. (2-seitig)		,105

Bild C31: KST Verteilung Geschätzter Sachschaden für Gesamt / BF (Auswertung 1)

		Geschätzter Sachschaden
Extremste Differenzen	Absolut	,039
	Positiv	,031
	Negativ	-,039
Kolmogorov-Smirnov-Z		,472
Asymp. Sig. (2-seitig)		,979

Bild C32: KST Verteilung Geschätzter Sachschaden für BF / FF (Auswertung 1)

		Geschätzter Sachschaden
Extremste Differenzen	Absolut	,094
	Positiv	,094
	Negativ	-,004
Kolmogorov-Smirnov-Z		1,223
Asymp. Sig. (2-seitig)		,100

Bild C33: KST Verteilung Geschätzter Sachschaden für Gesamt / FF (Auswertung 1)

		Geschätzter Sachschaden
Extremste Differenzen	Absolut	,306
	Positiv	,000
	Negativ	-,306
Kolmogorov-Smirnov-Z		3,939
Asymp. Sig. (2-seitig)		,000

Bild C34: KST Verteilung Geschätzter Sachschaden für BF / WF (Auswertung 1)

		Geschätzter Sachschaden
Extremste Differenzen	Absolut	,243
	Positiv	,000
	Negativ	-,243
Kolmogorov-Smirnov-Z		3,336
Asymp. Sig. (2-seitig)		,000

Bild C35: KST Verteilung Geschätzter Sachschaden für Gesamt / WF (Auswertung 1)

		Geschätzter Sachschaden
Extremste Differenzen	Absolut	,338
	Positiv	,338
	Negativ	,000
Kolmogorov-Smirnov-Z		3,502
Asymp. Sig. (2-seitig)		,000

Bild C36: KST Verteilung Geschätzter Sachschaden für FF / WF (Auswertung 1)

Tabelle C30: Spearman Korrelationen (Geschätzter Sachschaden: Menschenrettung) (Auswertung 2.1)

			Anzahl der Sachschäden	Anzahl Todesfälle	Anzahl Einsätze mit verletzten Personen	Anzahl verletzter Personen	Einsatz mit Rettung von Personen	Anzahl geretteter Personen
Spearman-Rho	Anzahl der Sachschäden	Korrelationskoeffizient	1,000	,047	,752	,673	,844*	,455
		Sig. (2-seitig)	.	,920	,051	,098	,017	,306
	N		7	7	7	7	7	7
	Anzahl Todesfälle	Korrelationskoeffizient	,047	1,000	,362	,595	,238	,406
		Sig. (2-seitig)	,920	.	,425	,159	,607	,366
	N		7	7	7	7	7	
	Anzahl Einsätze mit verletzten Personen	Korrelationskoeffizient	,752	,362	1,000	,954**	,981**	,844*
		Sig. (2-seitig)	,051	,425	.	<,001	<,001	,017
	N		7	7	7	7	7	
	Anzahl verletzter Personen	Korrelationskoeffizient	,673	,595	,954**	1,000	,899**	,855*
		Sig. (2-seitig)	,098	,159	<,001	.	,006	,014
	N		7	7	7	7	7	
	Einsatz mit Rettung von Personen	Korrelationskoeffizient	,844*	,238	,981**	,899**	1,000	,752
		Sig. (2-seitig)	,017	,607	<,001	,006	.	,051
	N		7	7	7	7	7	
	Anzahl geretteter Personen	Korrelationskoeffizient	,455	,406	,844*	,855*	,752	1,000
		Sig. (2-seitig)	,306	,366	,017	,014	,051	.
	N		7	7	7	7	7	

* Die Korrelation ist auf dem 0,05 Niveau signifikant (zweiseitig).

** Die Korrelation ist auf dem 0,01 Niveau signifikant (zweiseitig).

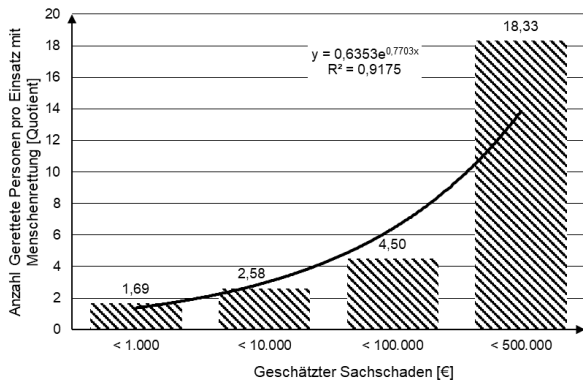


Bild C37: Verteilung Quotient Anzahl Geretteter Personen pro Einsatz mit Menschenrettung der Schadenskategorien (Auswertung 2.1)

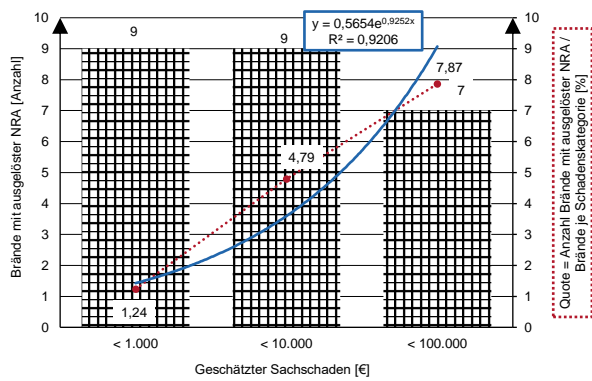


Bild C38: Verteilung ausgelöste NRA auf die Schadenskategorien (Auswertung 2.3)

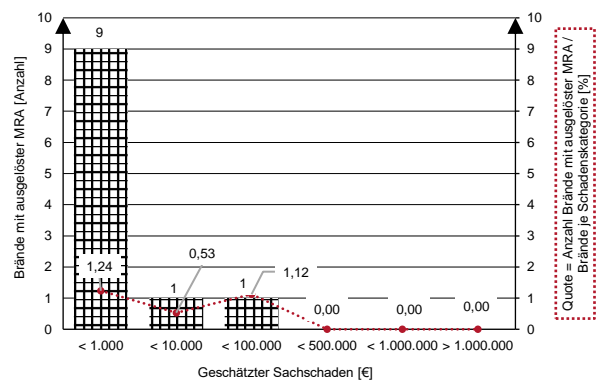


Bild C39: Verteilung ausgelöste MRA auf die Schadenskategorien (Auswertung 2.3)

		Geschätzter Sachschaden
Extremste Differenzen	Absolut	,065
	Positiv	,008
	Negativ	-,065
Kolmogorov-Smirnov-Z		,193
Asymp. Sig. (2-seitig)		1,000

Bild C40: KST Verteilung Geschätzter Sachschaden für Gesamt / GK 1 (Auswertung 3.2)

		Geschätzter Sachschaden
Extremste Differenzen	Absolut	,036
	Positiv	,015
	Negativ	-,036
Kolmogorov-Smirnov-Z		,375
Asymp. Sig. (2-seitig)		,999

Bild C41: KST Verteilung Geschätzter Sachschaden für Gesamt / GK 2 (Auswertung 3.2)

		Geschätzter Sachschaden
Extremste Differenzen	Absolut	,313
	Positiv	,313
	Negativ	-,002
Kolmogorov-Smirnov-Z		1,690
Asymp. Sig. (2-seitig)		,007

Bild C42: KST Verteilung Geschätzter Sachschaden für Gesamt / GK 3 (Auswertung 3.2)

		Geschätzter Sachschaden
Extremste Differenzen	Absolut	,209
	Positiv	,209
	Negativ	-,004
Kolmogorov-Smirnov-Z		2,206
Asymp. Sig. (2-seitig)		<,001

Bild C43: KST Verteilung Geschätzter Sachschaden für Gesamt / GK 4 (Auswertung 3.2)

		Geschätzter Sachschaden
Extremste Differenzen	Absolut	,080
	Positiv	,080
	Negativ	-,005
Kolmogorov-Smirnov-Z		,760
Asymp. Sig. (2-seitig)		,610

Bild C44: KST Verteilung Geschätzter Sachschaden für Gesamt / GK 5 (Auswertung 3.2)

		Geschätzter Sachschaden
Extremste Differenzen	Absolut	,031
	Positiv	,031
	Negativ	-,002
Kolmogorov-Smirnov-Z		,528
Asymp. Sig. (2-seitig)		,944

Bild C45: KST Verteilung Geschätzter Sachschaden für Gesamt / GK 6 (Auswertung 3.2)

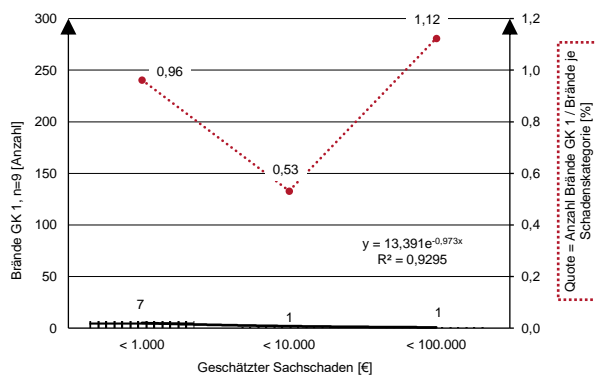


Bild C46: Verteilung der Brände bei GK 1 mit Angaben zum geschätzten Sachschaden (Auswertung 3.2)

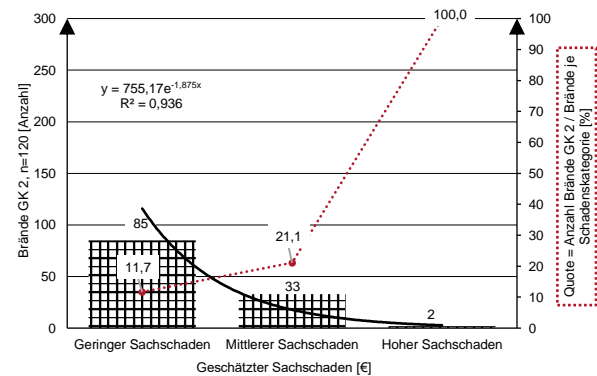


Bild C47: Verteilung der Brände bei GK 2 mit Angaben zum geschätzten Sachschaden (Auswertung 3.2)

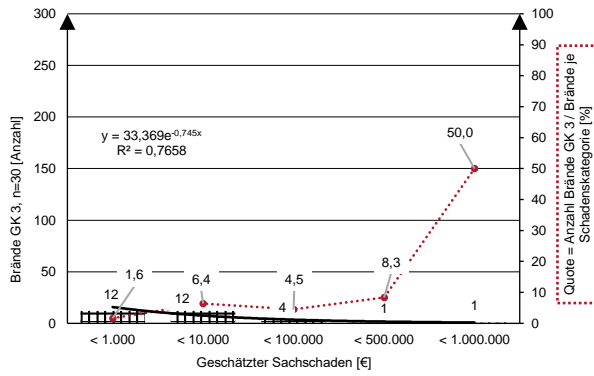


Bild C48: Verteilung der Brände bei GK 3 mit Angaben zum geschätzten Sachschaden (Auswertung 3.2)

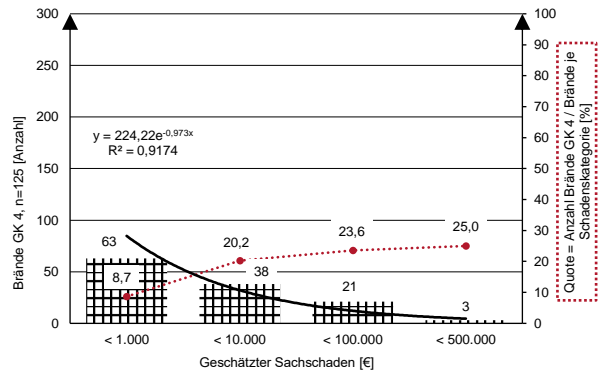


Bild C49: Verteilung der Brände bei GK 4 mit Angaben zum geschätzten Sachschaden (Auswertung 3.2)

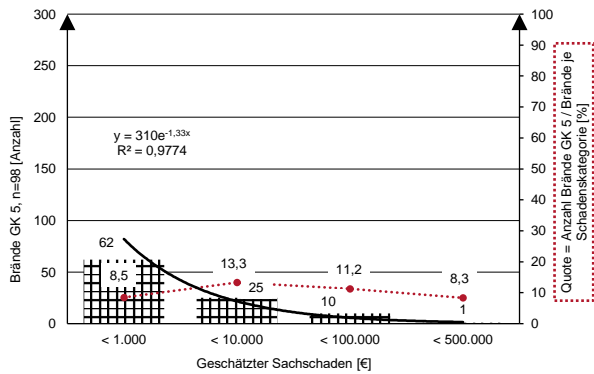


Bild C50: Verteilung der Brände bei GK 5 mit Angaben zum geschätzten Sachschaden (Auswertung 3.2)

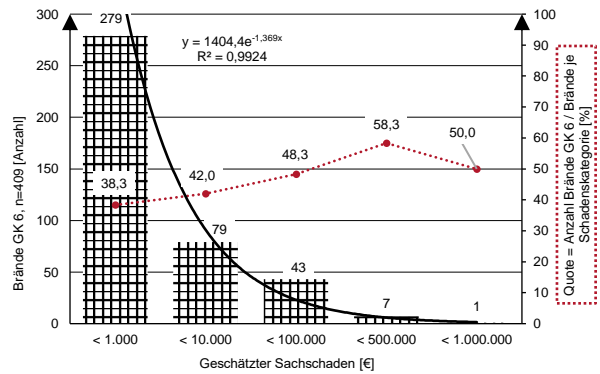


Bild C51: Verteilung der Brände bei GK 6 mit Angaben zum geschätzten Sachschaden (Auswertung 3.2)

Tabelle C32: Spearman Korrelationen (Wochenverlauf: Geschätzter Sachschaden, Menschenrettung, Rauchausbreitung bei Eintreffen) (Auswertung I)

		Anzahl Brände pro Tag	Anzahl verletzte Personen	Anzahl geretteter Personen	Rauchausbreitung nicht nennenswert	Rauchausbreitung Raum, Schacht	Rauchausbreitung Raumgruppe, Wohnung	Rauchausbreitung gering	Rauchausbreitung groß	< 1.000 €	1.000 € - 100.000 €	> 100.000 €
Spearman-Rho	Anzahl Brände pro Tag	Korrelationskoeffizient	--									
		Sig. (2-seitig)										
Anzahl verletzte Personen		Korrelationskoeffizient	-.134**									
		Sig. (2-seitig)	<.001									
Anzahl geretteter Personen		Korrelationskoeffizient	-.838**	.504**								
		Sig. (2-seitig)	<.001	<.001								
Rauchausbreitung nicht nennenswert		Korrelationskoeffizient	.766**	.304**	-.512**							
		Sig. (2-seitig)	<.001	<.001	<.001							
Rauchausbreitung Raum, Schacht		Korrelationskoeffizient	.415**	-.442**	-.578**	.204**						
		Sig. (2-seitig)	<.001	<.001	<.001	<.001						
Rauchausbreitung Raumgruppe, Wohnung		Korrelationskoeffizient	.690**	-.101**	-.518**	.670**	-.178**					
		Sig. (2-seitig)	<.001	<.001	<.001	<.001	<.001					
Rauchausbreitung gering		Korrelationskoeffizient	.913**	-.340**	-.865**	.713**	.642**	.627**				
		Sig. (2-seitig)	<.001	<.001	<.001	<.001	<.001	<.001				
Rauchausbreitung groß		Korrelationskoeffizient	.760**	-.138**	-.422**	.569**	.211**	.616**	.665**			
		Sig. (2-seitig)	<.001	<.001	<.001	<.001	<.001	<.001	<.001			
< 1.000 €		Korrelationskoeffizient	.894**	.04	-.823**	.798**	.562**	.503**	.888**	.451**		
		Sig. (2-seitig)	.000	.887	<.001	<.001	<.001	<.001	<.001	<.001		
1.000 € - 100.000 €		Korrelationskoeffizient	.333**	-.095**	.018	.174*	-.254**	.627**	.282**	.714**	.000	
		Sig. (2-seitig)	<.001	.001	.540	<.001	<.001	<.001	<.001	<.001	.987	
> 100.000 €		Korrelationskoeffizient	-.068*	-.143**	-.144**	-.493**	-.215**	-.158**	-.233**	-.386**	-.070*	-.207**
		Sig. (2-seitig)	.021	<.001	<.001	<.001	<.001	<.001	<.001	<.001	.018	<.001
		N	1152	1152	1152	1152	1152	1152	1152	1152	1152	1152

** Die Korrelation ist auf dem 0,01 Niveau signifikant (zweiseitig).

* Die Korrelation ist auf dem 0,05 Niveau signifikant (zweiseitig).

Tabelle C33: Spearman Korrelationen bei Kategorien (Tagesverlauf: Geschätzter Sachschaden, Menschenrettung, Rauchausbreitung bei Eintreffen) (Auswertung II)

			Anzahl Brände pro Stunde	Anzahl verletzte Personen	Anzahl geretteter Personen	Rauchausbreitung nicht nennenswert	Rauchausbreitung Raum, Schacht	Rauchausbreitung Raumgruppe, Wohnung	Rauchausbreitung gering	Rauchausbreitung groß	< 1.000 €	1.000 € - 100.000 €	> 100.000 €
Spearman-Rho	Anzahl Brände pro Stunde	Korrelationskoeffizient	--										
		Sig. (2-seitig)											
		N	1134										
	Anzahl verletzte Personen	Korrelationskoeffizient	,166**	--									
		Sig. (2-seitig)	<,001										
		N	1134	1134									
	Anzahl geretteter Personen	Korrelationskoeffizient	,180**	,574**	--								
		Sig. (2-seitig)	<,001	<,001									
		N	1134	1134	1134								
	Rauchausbreitung nicht nennenswert	Korrelationskoeffizient	,791**	-,094**	-,169**	--							
		Sig. (2-seitig)	<,001	,002	<,001								
		N	1134	1134	1134	1134							
	Rauchausbreitung Raum, Schacht	Korrelationskoeffizient	,840**	,154**	,197**	,500**	--						
		Sig. (2-seitig)	<,001	<,001	<,001	<,001							
	N	1134	1134	1134	1134	1134							
Rauchausbreitung Raumgruppe, Wohnung	Korrelationskoeffizient	,806**	,176**	,165**	,503**	,630**	--						
	Sig. (2-seitig)	<,001	<,001	<,001	<,001	<,001							
	N	1134	1134	1134	1134	1134	1134						
Rauchausbreitung gering	Korrelationskoeffizient	,824**	,165**	,216**	,592**	,906**	,883**	--					
	Sig. (2-seitig)	,000	<,001	<,001	<,001	,000	,000						
	N	1134	1134	1134	1134	1134	1134	1134					
Rauchausbreitung groß	Korrelationskoeffizient	,584**	,415**	,665**	,288**	,567**	,300**	,496**	--				
	Sig. (2-seitig)	<,001	<,001	<,001	<,001	<,001	<,001	<,001					
	N	1134	1134	1134	1134	1134	1134	1134	1134				
< 1.000 €	Korrelationskoeffizient	,893**	,126**	,058	,796**	,707**	,763**	,804**	,472**	--			
	Sig. (2-seitig)	,000	<,001	,052	<,001	<,001	<,001	<,001	<,001				
	N	1134	1134	1134	1134	1134	1134	1134	1134	1134			
1.000 € - 100.000 €	Korrelationskoeffizient	,645**	,348**	,427**	,318**	,671**	,359**	,594**	,749**	,329**	--		
	Sig. (2-seitig)	<,001	<,001	<,001	<,001	<,001	<,001	<,001	<,001	<,001			
	N	1134	1134	1134	1134	1134	1134	1134	1134	1134	1134		
> 100.000 €	Korrelationskoeffizient	-,021	,254**	,131**	,028	,015	-,019	,012	,045	,109**	-,183**	--	
	Sig. (2-seitig)	,472	<,001	<,001	,344	,625	,533	,679	,132	<,001	<,001		
	N	1134	1134	1134	1134	1134	1134	1134	1134	1134	1134	1134	

** Die Korrelation ist auf dem 0,01 Niveau signifikant (zweiseitig).