

BACHELORARBEIT**Bewertung des Einsatzstellenhygienekonzeptes der
Berufsfeuerwehr Neumünster im Brandfall, hinsichtlich
des erhöhten Krebsrisikos bei Feuerwehrleuten.**

vorgelegt im Juli 2019 von
Josef Merk

1. Prüfer: Prof. Dr. Stefan Oppermann
2. Prüfer: Dipl.-Ing. Sven Kasulke

in Zusammenarbeit mit der
Berufsfeuerwehr Neumünster

**HOCHSCHULE FÜR ANGEWANDTE
WISSENSCHAFTEN HAMBURG**
Department Medizintechnik
Studiengang Rettungsingenieurwesen

Zusammenfassung

Diese Bachelorarbeit zeigt durch eine experimentelle Untersuchung Verbesserungsmöglichkeiten zur Dekontamination von Einsatzkräften und deren Gerätschaften im Brandfall am Beispiel der Feuerwehr Neumünster. Neben der Analyse der Gefährdung durch den Brandrauch, wird das standardisierte Vorgehen der Berufsfeuerwehr Neumünster im Brandfall und das bestehende Einsatzstellenhygienekonzept vorgestellt. Auf Basis des bestehenden Konzeptes wird ein Versuchsaufbau erstellt, in dem verschiedene Geräte und Armaturen mit einer fluoreszierenden Testsubstanz vorbereitet werden und anschließend von Einsatzkräften dekontaminiert werden. Die Bestimmung der Wirksamkeit der Maßnahmen erfolgte mit einer UV-Lampe in Verbindung mit Fotoaufnahmen. Im Fokus des Versuches liegt insbesondere die Untersuchung und Optimierung der Effektivität des Prozesses.

Aus den gewonnenen Ergebnissen werden Handlungsempfehlungen hinsichtlich der Technik, der Organisation und des Personals entwickelt, um die Erhaltung der Gesundheit der Einsatzkräfte zu fördern.

Eidesstattliche Erklärung

Ich erkläre hiermit, dass ich die vorliegende Arbeit ohne unzulässige Hilfe Dritter und ohne Benutzung anderer als der angegebenen Hilfsmittel angefertigt habe. Die aus fremden Quellen direkt oder indirekt übernommenen Gedanken sind als solche kenntlich gemacht.

Dritte haben von mir weder unmittelbar noch mittelbar geldwerte Leistungen für Arbeiten erhalten, die im Zusammenhang mit dem Inhalt der vorgelegten Bachelorarbeit stehen.

Die Arbeit wurde bisher weder im Inland noch im Ausland in gleicher oder ähnlicher Form als Bachelorarbeit eingereicht und ist als Ganzes auch noch nicht veröffentlicht.

Hamburg, 05.07.2019

Josef Merk

Anmerkung: Im nachfolgenden Text wird für das bessere Leseverständnis die männliche Form benutzt. Selbstverständlich ist hiermit immer auch die weibliche Form gemeint.

Danksagung

Hiermit möchte ich mich bei all denjenigen bedanken, die mich während der Anfertigung dieser Bachelorarbeit unterstützt haben.

Zunächst gebührt mein Dank Herrn Oppermann und Herrn Kasulke, die meine Bachelorarbeit begutachtet und stets zuverlässig betreut haben. Des Weiteren möchte ich mich bei Herrn Römer und Herrn Tabbert für ihre exzellente fachliche Unterstützung, besonders während der Vorbereitung und Durchführung der praktischen Versuche, bedanken.

Ein großer Dank gilt ebenfalls der Feuerwehr der Stadt Neumünster und insbesondere den Beamten der 1. Wachabteilung für die zeitintensive Mitarbeit und das Einbringen ihrer Expertise in den Versuch.

Ich bedanke mich bei meinen großartigen Freunden und Kommilitonen, die während des gesamten Studiums immer für mich da waren.

Abschließend möchte ich mich bei meiner Familie und insbesondere bei meinen Eltern bedanken, die mir mein Studium durch ihre Unterstützung überhaupt erst ermöglicht haben.

Inhalt

Zusammenfassung	I
Abbildungsverzeichnis	V
Tabellenverzeichnis	VI
Abkürzungsverzeichnis	VII
1 Einführung in die Thematik	1
2 Grundlagen	2
2.1 Schutzziel und Vorschriften	2
2.2 Brandrauch und die Einwirkung auf den Menschen	4
2.3 Stand der Forschung	6
3 Feuerwehr Neumünster	9
3.1 Stadt Neumünster	9
3.2 Aufbau und Struktur der Feuerwehr	9
3.3 Einsätze	12
4 Risikoanalyse und Risikobewertung	13
5 Hygienekonzept der Feuerwehr Neumünster	18
5.1 Vorgehen im Brandfall	18
5.2 Dekontamination	19
5.2.1 Grundlagen im ABC-Einsatz	20
5.2.2 Material und Ablauf	21
5.3 Versuch	24
6 Ergebnisse	27
7 Diskussion	38
8 Handlungsempfehlungen	41
8.1 Technik	41
8.2 Organisation	42
8.3 Personal	44
9 Fazit	45
Literatur	46
Anhang	i

Abbildungsverzeichnis

Abbildung 1: Organigramm des Fachdienstes 37	10
Abbildung 2: Einsatzzahlen der Feuerwehr Neumünster 2018.....	12
Abbildung 3: Aufteilung Brandeinsätze der Feuerwehr Neumünster 2018.....	13
Abbildung 4: Risiko-Akzeptanz-Konzept.....	14
Abbildung 5: Dekon-Faltwanne	22
Abbildung 6: verpackte – nicht verschlossene Atemschutzgeräte	22
Abbildung 7: Trainingsanzüge im Mannschaftsraum	23
Abbildung 8: Hygieneboard am Löschfahrzeug	24
Abbildung 9: Präparierte Ausrüstung für den Versuch.....	25
Abbildung 10: Aufbau zum Start des Versuches	26
Abbildung 11: Durchführung der Entkleidung der PSA.....	27
Abbildung 12: Hohlstrahlrohr vor Beginn - 1	28
Abbildung 13: Hohlstrahlrohr vor Beginn - 2.....	28
Abbildung 14: Hohlstrahlrohr nach Beendigung - 1	29
Abbildung 15: Hohlstrahlrohr nach Beendigung - 2.....	29
Abbildung 16: Handleuchte vor Beginn - 1	30
Abbildung 17: Handleuchte vor Beginn - 2	30
Abbildung 18: Handleuchte nach Beendigung - 1	31
Abbildung 19: Handleuchte nach Beendigung - 2	31
Abbildung 20: Axt vor Beginn - 1	32
Abbildung 21: Axt vor Beginn - 2	32
Abbildung 22: Axt nach Beendigung - 1	33
Abbildung 23: Axt nach Beendigung - 2	33
Abbildung 24: Stiefel vor Beginn - 1	34
Abbildung 25: Stiefel vor Beginn - 2.....	34
Abbildung 26: Stiefel nach Beendigung - 1	35
Abbildung 27: Stiefel nach Beendigung - 2	35
Abbildung 28: Hände nach Beendigung - 1	36
Abbildung 29: Hände nach Beendigung - 2.....	36
Abbildung 30: Grobreinigung an der Einsatzstelle	38

Tabellenverzeichnis

Tabelle 1: Brandprodukte in Abhängigkeit von der Temperatur	4
Tabelle 2: Inzidenz- und Mortalitätsvergleich der Studie von Glass et al.	7
Tabelle 3: Mortalitäts- und Inzidenzvergleich der Meta-Analyse des IPA.....	8
Tabelle 4: Übersicht Planstellen der Feuerwehr Neumünster	11
Tabelle 5: Gestuftes Maßnahmenkonzept	15
Tabelle 6: Risikomatrix nach Nohl	16
Tabelle 7: Ermittlung des Handlungsbedarfes	17
Tabelle 8: Zusammenfassung der Ergebnisse	37

Abkürzungsverzeichnis

AB	Abrollbehälter
ABC	Atomar, biologisch, chemisch
AGBF	Arbeitsgemeinschaft der Leiter der Berufsfeuerwehren
BAuA	Bundesanstalt für Arbeitsschutz und Arbeitsmedizin
FwDV	Feuerwehr Dienstvorschrift
IPA	Institut für Prävention und Arbeitsmedizin der Deutschen Gesetzlichen Unfallversicherung
LF	Löschgruppenfahrzeug
PAK	Polyzyklische aromatische Kohlenwasserstoffe
PSA	Persönliche Schutzausrüstung
STERN	Standardeinsatzregeln Neumünster
vfdb	Vereinigung zur Förderung des Deutschen Brandschutzes e.V.
WLF	Wechselladerfahrzeug

1 Einführung in die Thematik

Feuerwehrleute sind im Brandeinsatz vielen im Brandrauch enthaltenen karzinogenen Stoffen ausgesetzt. Die Aufnahme dieser Schadstoffe in den Körper muss verhindert werden, um die Gesundheit der Feuerwehrleute nicht zu gefährden. Die Hauptaufnahme dieser Stoffe in den Körper erfolgt über die Atemwege. Während eines Brandeinsatzes werden standardmäßig umluftunabhängige Atemschutzgeräte getragen, um so die inhalative Aufnahme dieser Schadstoffe zu verhindern (1, S. 3). Nach dem Erfüllen des Einsatzauftrages, werden diese Atemschutzgeräte von den Einsatzkräften abgelegt. Dennoch befinden sich auf der Einsatzkleidung und den im Einsatz verwendeten Geräten weiterhin Rückstände des Brandrauches, welche dann wiederum über die Atemwege aufgenommen werden können. Momentan werden in Deutschland noch Untersuchungen angestellt, ob der Brandrauch auch durch die Einsatzkleidung dringt und karzinogene Stoffe über die Haut in den Körper gelangen können (2, S. 34). Derzeit wird das erhöhte Krebsrisiko von Feuerwehrleuten in Deutschland kontrovers diskutiert. Dabei wird unter anderem die Anerkennung bestimmter Krebsarten, als Berufskrankheit bei Feuerwehrleuten, gefordert (3, S. 22).

Ziel der Arbeit ist es, herauszustellen, ob und in welchem Umfang eine Dekontamination noch an der Einsatzstelle erforderlich ist. Die Feuerwehr Neumünster hat bereits ein Einsatzstellenhygienekonzept erarbeitet, durch welches die Einsatzkräfte vor den Schadstoffen geschützt werden sollen. Diese Arbeit soll zudem die aktuelle Datenlage zusammenfassen und das Konzept aus Neumünster, hinsichtlich der Wirksamkeit der Maßnahmen, bewerten und gegebenenfalls Hinweise zur Verbesserung geben. Dies soll mit Hilfe der aktuellen Literatur, Vorschriften und Empfehlungen der Unfallversicherungsträger geschehen und durch einen Versuch veranschaulicht werden.

2 Grundlagen

Nachfolgend sollen die Grundlagen hinsichtlich der Vorschriften, der Brandrauchzusammensetzung und dessen Wirkung auf den Menschen sowie des aktuellen Standes der Forschung erläutert werden.

2.1 Schutzziel und Vorschriften

Zunächst soll das allgemeine Vorgehen im Einsatzfall und das vorgegebene Schutzziel in einem Brandeinsatz erläutert werden, um die weiteren Maßnahmen und Schritte optimal nachzuvollziehen. Das nachfolgende, standardisierte Schadensereignis dient zunächst dazu, Qualitätskriterien für die Bedarfsplanung von Feuerwehren in Städten festzulegen. Im Rahmen dieser Arbeit dient es auch als standardisiertes Beispiel.

Standardisiertes Schadensereignis

Als dimensionierendes Schadensereignis gilt der Brand, der regelmäßig die größten Personenschäden fordert. Dies ist der Wohnungsbrand im Obergeschoß eines mehrgeschossigen Gebäudes. Neben Feuer und Rauch in der betroffenen Nutzungseinheit kommt es zu Raucheintrag in den Treppenraum. Es sind Personen aus der betroffenen Wohnung und aus angrenzenden Wohnungen über Leitern und über den Treppenraum zu retten. Außerdem muss die Brandausbreitung verhindert und der Brand gelöscht werden. Dieses Ereignis wird als kritischer Wohnungsbrand bezeichnet. Die für dieses Szenario aufgestellten Qualitätskriterien für die Menschenrettung und Brandbekämpfung decken auch die üblichen Szenarien im Bereich der technischen Hilfeleistung mit ab, wie zum Beispiel Verkehrsunfälle mit eingeklemmten Personen. In der weiteren Betrachtung werden daher nur die Anforderungen für das Szenario des kritischen Wohnungsbrandes bestimmt (4, S. 1).

Das Schutzziel ist eine Empfehlung des AGBF-Bundes und enthält die wesentlichen Qualitätskriterien: Hilfsfrist, Funktionsstärke, Einsatzmittel und Erreichungsgrad (4, S. 1). Es wird in zwei Schutzstufen unterteilt. Für den Erstangriff werden mindestens

10 Einsatzkräfte nach einer Hilfsfrist von 9,5 Minuten nach Notrufeingang benötigt, um eine Menschenrettung noch rechtzeitig durchführen zu können.

Innerhalb einer Hilfsfrist von 14,5 Minuten müssen zur Unterstützung der Menschenrettung, zur Brandbekämpfung, zur Eigensicherung der Einsatzkräfte und zur Entrauchung sechs weitere Funktionen an der Einsatzstelle eintreffen. Die Hilfsfrist ist das Ergebnis der wissenschaftlichen Erkenntnis, wie viel Zeit vom Brandausbruch bis zum Wirksamwerden der Maßnahmen vergehen darf, um bei einem kritischen Wohnungsbrand eine adäquate Rettung durchführen zu können. Dabei geht man davon aus, dass es innerhalb von 18 bis 20 Minuten zu einem Flashover kommt und die Reanimationsgrenze von im Brandrauch befindlichen Personen bei 17 Minuten liegt. Abzüglich der Meldefrist und der Entwicklungszeit (Eintreffen bis Wirksamwerden der Maßnahmen) ergibt sich daraus die Hilfsfrist (4, S. 3–4).

Die Empfehlung der AGBF-Bund dient als Bemessungskriterium für die Qualität der Gefahrenabwehr anhand eines standardisierten Ereignisses. Über die einzelnen Aufgaben und Kompetenzen der im Einsatz befindlichen Akteure werden dort keine Aussagen getroffen. Dies geschieht in den jeweiligen Feuerwehr-Dienstvorschriften (FwDV), wobei für diese Arbeit im Wesentlichen folgende relevant sind.

- FwDV 3: Einheiten im Lösch- und Hilfeleistungseinsatz
- FwDV 7: Atemschutz
- FwDV 500: Einheiten im ABC-Einsatz

Eine besondere Rolle spielt in dem oben genannten Szenario eines kritischen Wohnungsbrandes der Angriffstrupp bzw. der Atemschutztrupp, da dieser sich in der Regel im direkten Gefahrenbereich aufhält (5, S. 14). Dabei kommt er mit dem Feuer an sich und vor allem mit dem entstehenden Brandrauch in Kontakt. Um eine orale und inhalative Aufnahme der teils toxischen Bestandteile des Brandrauches zu verhindern und einer Sauerstoffunterversorgung vorzubeugen, trägt der Feuerwehrdienstleistende einen Atemanschluss mit Luftversorgung (1, S. 3).

2.2 Brandrauch und die Einwirkung auf den Menschen

Der Anblick und der Geruch von Brandrauch sind jedem Menschen geläufig, doch die Zusammensetzung kennt kaum jemand. Aus physikalischer Sicht ist Brandrauch ein Gemisch aus festen, flüssigen und gasförmigen Bestandteilen. Die stoffliche Zusammensetzung ist hoch komplex und bietet einen nahezu vollständigen Querschnitt durch die anorganische und organische Chemie (6, S. 3). Dies ist von vielen unterschiedlichen Variablen abhängig, wie z.B. der Brandlast, der Verbrennungstemperatur oder der Sauerstoffzufuhr (7). Die Brandlast hat sich in den letzten Jahren stark verändert. Während früher Möbel und Einrichtungsgegenstände oft noch aus Massivholz, ohne weitere Behandlung gefertigt waren, kommen heutzutage immer mehr Kunststoffe und synthetische Materialien zum Einsatz. Kohle, Öl, Teer, Tabak, Holz und Pflanzenteile, die unter Sauerstoffmangel erhitzt werden, hinterlassen krebserzeugende Pyrolyseprodukte (8, S. 157). Die Temperaturen während eines Brandes im Gebäude können über 1000°C betragen. Dabei entstehen verschiedenste Brandprodukte (Tabelle 1).

Tabelle 1: Brandprodukte in Abhängigkeit von der Temperatur (9)

Temperatur	Produkte
100-300°C	H ₂ O, HF, HCl, HBr, HCN, H ₂ S, Monomere aus polymeren Brandgütern
300-400°C	Ethan, Formaldehyd, Essigsäure
500-600°C	Kohlenwasserstoffe mit mittlerer Kettenlänge, einkernige Aromaten, halogenierte Aromaten
400-700°C	Polyaromatische Kohlenwasserstoffe, Dioxine, Furane
über 800°C	CO, CO ₂ , Stickstoffoxide, SO ₂

Um die Wirkungsweise und die Toxizität der verschiedenen Brandprodukte auf den menschlichen Körper darzulegen, wird beispielhaft aus den Temperaturspektren jeweils ein typischer Vertreter näher beschrieben: 100-300°C (HCN), 400-700°C (polyaromatische Kohlenwasserstoffe) und >800°C (CO).

Kohlenstoffmonoxid (CO)

Die toxische Wirkung von Kohlenstoffmonoxid ist bedingt durch die Anlagerung an die roten Blutkörperchen, wodurch eine Sauerstoffaufnahme verhindert wird. Der arterielle Sauerstoffpartialdruck und die Geschwindigkeit des Blutflusses bleiben unverändert. Die Affinität des Hämoglobins für Kohlenmonoxid ist etwa 250mal größer als für Sauerstoff. Die CO-Vergiftung führt spätestens zum Tod, wenn eine vollständige Sättigung eingetreten ist. Wenn rechtzeitig eine reine Sauerstoffbeatmung durchgeführt wird, steigt der Sauerstoffpartialdruck höher als der des Kohlenstoffmonoxids und die Person kann gerettet werden. Wenn die Aufnahme von Kohlenstoffmonoxid noch nicht zum Tode oder zur Bewusstlosigkeit führt, können Beeinträchtigungen im Urteilsvermögen, Verwirrung oder Koordinationsstörungen auftreten. Des Weiteren können Langzeitschäden wie Enzephalopathie und daraus resultierend Gedächtnisverlust oder neurologische Schäden auftreten (10).

Blausäure (HCN)

Blausäure (HCN; Cyanwasserstoff) ist etwa 25mal giftiger als Kohlenstoffmonoxid. Das Cyanid-Ion bedingt dessen toxische Wirkung, welches durch Hydrolyse im Blut gebildet wird. Im Gegensatz zum Kohlenstoffmonoxid, welches sich vor allem im Blut ablagert, sind die Cyanid-Ionen im Körperwasser verteilt und dadurch im Kontakt mit Zellen, Gewebe und Organen. Das Cyanid-Ion reagiert leicht mit einem Enzym, welches eine zentrale Rolle bei der Sauerstoffaufnahme der Zellen hat. Durch diese Hemmung der Sauerstoffaufnahme, blockieren schnell die zentralen Funktionen der Zellen - bis zum Zelltod. Im Gegensatz zum Kohlenstoffmonoxid verringert das Zyanid nicht die Verfügbarkeit von Sauerstoff, sondern die Nutzbarkeit des Sauerstoffes, wofür die Zellen des Herzens und Gehirns besonders anfällig sind. Ein weiterer Unterschied zum Kohlenstoffmonoxid ist, dass eine kurze Erhöhung der Blausäurekonzentration sehr viel gefährlicher ist, als eine längere geringe Dosis (10).

Polyaromatische Kohlenwasserstoffe

Die aromatischen Kohlenwasserstoffe sind eindeutig die häufigste Strukturklasse, die im Brandrauch enthalten ist. Hier sind besonders Benzolderivate und eine große Zahl polyzyklischer aromatischer Kohlenwasserstoffe (PAK) zu nennen. Beide Stoffgruppen sind brandrauchtypisch und treten daher in nahezu jeder Brandrauchanalyse auf.

Sie entstehen durch unvollständige Verbrennung von aromatischen Kohlenwasserstoffen und Pyrolyse von Aminosäuren, Fettsäuren und Kohlenhydraten (8, S. 157–158). Die Gefährdung durch PAK besteht durch direkten Kontakt mit den meist im Brandrauch adsorbierten Stoffen, unmittelbar während des Brandes. Aber auch die spätere Aufnahme, durch unterschiedlichste Aufnahmepfade (inhalativ, oral und dermal), der in die Umwelt eingebrachten Schadstoffe, stellen eine Gefährdung dar. PAK besitzen eine starke adsorptive Bindung an Ruß und eine geringe Flüchtigkeit (11, S. 30). Eine besondere Gefahr, die von den PAK ausgeht, ist ihre seit langem bekannte kanzerogene Wirkung, wie z. B. der bei Schornsteinfegern auftretende „Rußkrebs“ (6, S. 5). Abhängig von der Dosis treten Lungentumore (bei Inhalation) und Hautkrebs (bei Hautkontakt) auf (8, S. 157). PAK wurden in Wischproben von Nacken und Gesicht bei US-Feuerwehrleuten nach einem Brandeinsatz gefunden (2, S. 34).

Im Regelfall muss man von einer unterschiedlich komplexen Mischung der Brandgase ausgehen. Eine genaue Einschätzung über die toxische Wirkung ist dadurch nahezu unmöglich (7).

Allgemein lässt sich sagen, dass mit zunehmender Einsatzzahl auch die Belastung der PSA durch Schadstoffe steigt. Die Hautdurchlässigkeit erhöht sich durch die hitzebedingten Anpassungsreaktionen, die eine Einsatzkraft im Brandfall erfährt. Die inhalative Aufnahme erhöht sich durch die erhöhte Atemfrequenz unter körperlicher Anstrengung (2, S. 34).

2.3 Stand der Forschung

Seit den 1950er Jahren werden epidemiologische Studien zu Krebsrisiken im Feuerwehrdienst durchgeführt. Eine Meta-Analyse von LeMasters et al. im Jahr 2006 fasst die bis dahin validesten 32 Studien zusammen. Dabei wurde eine Klassifikation der Wahrscheinlichkeit des Krebsrisikos eingeführt, die vom Muster des Meta-Analyse Risikos (>10% Erhöhung), vom Studientyp (Abstufung bei weniger validen Studientypen) und die Konsistenz der Ergebnisse abhängig ist. Die Klassifikation erfolgte in „wahrscheinlich“, „möglich“ und „unwahrscheinlich“. Die Prozentwerte beziehen sich auf die Erhöhung des Risikos bei Feuerwehreinsatzkräften gegenüber der Gesamtbevölkerung. Ein „wahrscheinliches“ Risiko besteht für das Multiple Myelom

(53%), das Non-Hodgkin Lymphom (51%) und Tumorerkrankungen der Prostata (28%). Ein „mögliches“ Krebsrisiko gilt für folgende Organe/Gewebe: Hoden (102%), Haut (39%), Gehirn (32%), Enddarm (29%), Lippe, Mundhöhle und Rachen (23%), Magen (22%), Kolon (21%) und Leukämie (14%) (12).

Die 2014 in Australien durchgeführte Kohortenstudie von Glass et al., mit rund 190.000 männlichen und rund 40.000 weiblichen Feuerwehrleuten untersuchte die Mortalität und die Inzidenz im Zeitraum von 1970-2011 bzw. von 1970-2010. Die Auswertung erfolgte durch den Mortalitäts- und Inzidenzvergleich mit der Allgemeinbevölkerung, auch in Abhängigkeit von der Beschäftigungsdauer. Die Kohorte bestand aus Vollzeit- und Teilzeit Beschäftigten, sowie Freiwilligen Feuerwehrleuten. Wie in Tabelle 2 zu erkennen, ist die Gesamt-Krebsinzidenz für männliche Vollzeitbeschäftigte-Feuerwehrleute um 8% gegenüber der Gesamtbevölkerung erhöht. Bei Hautkrebs ist diese um 45% und bei Prostatakrebs um 23% erhöht. Bei männlichen freiwilligen Feuerwehrleuten ist die Wahrscheinlichkeit an Prostatakrebs zu erkranken um 12% erhöht. Bei weiblichen Freiwilligen liegt die Erhöhung der Mortalität für Hautkrebs (Melanom) bei 25% (13, S. 48–53).

Tabelle 2: Inzidenz- und Mortalitätsvergleich der Studie von Glass et al. (13)

Krebsentität	Männer		Frauen
	Vollzeit	Freiwillig	Freiwillig
	SIR (95% KI)	SIR (95% KI)	SMR (95% KI)
Krebs gesamt	1,08 (1,02-1,14)	0,86 (0,84-0,88)	0,97 (0,91-1,03)
Magen	0,98 (0,63-1,46)	0,69 (0,57-0,83)	0,34 (0,09-0,88)
Enddarm	1,18 (0,89-1,54)	0,90 (0,80-1,01)	1,35 (0,95-1,85)
Kolon	1,13 (0,91-1,38)	0,87 (0,80-0,95)	1,09 (0,87-1,36)
Haut (Melanom)	1,45 (1,26-1,66)	1,00 (0,93-1,06)	1,25 (1,05-1,46)
Prostata	1,23 (1,10-1,37)	1,12 (1,08-1,16)	-
Hoden	1,44 (0,98-2,05)	0,92 (0,75-1,13)	-
Gehirn	0,76 (0,44-1,24)	0,88 (0,73-1,06)	0,92 (0,49-1,57)
Non-Hodgkin	0,98 (0,72-1,30)	0,83 (0,73-0,94)	1,00 (0,71-1,38)
Multiples Myelom	1,14 (0,64-1,89)	0,75 (0,59-0,94)	1,27 (0,68-2,17)

Eine weitere, im Jahr 2018 durch das IPA durchgeführte, Meta-Analyse zeigt auf, dass das Gesamtrisiko an Krebs zu erkranken um 4% erhöht ist (Tabelle 3). Für folgende Krebsarten ist die Inzidenz gegenüber der Gesamtbevölkerung ebenfalls erhöht: Kolon (11%), Haut (Melanom) (35%), Prostata (9%) und Hoden (25%).

Tabelle 3: Mortalitäts- und Inzidenzvergleich der Meta-Analyse des IPA (2, S. 20–21)

Krebsentität	SMR (95% KI)	SIR (95% KI)
Krebs gesamt	1,01 (0,99-1,04)	1,04 (1,02-1,06)
Magen	0,95 (0,83-1,07)	1,02 (0,92-1,13)
Enddarm	1,33 (1,00-1,74)	1,08 (0,96-1,21)
Kolon	1,05 (0,90-1,20)	1,11 (1,01-1,23)
Haut (Melanom)	0,68 (0,18-1,75)	1,35 (1,21-1,50)
Prostata	1,03 (0,93-1,13)	1,09 (1,05-1,13)
Hoden	1,08 (0,39-2,36)	1,25 (1,02-1,51)
Gehirn	1,00 (0,70-1,39)	0,71 (0,50-0,99)
Non-Hodgkin	1,31 (0,90-1,84)	1,11 (0,89-1,36)
Multiples Myelom	0,92 (0,66-1,25)	1,13 (0,86-1,47)

Diese Meta-Analyse umfasst, die seit 2007 durchgeführten Studien und schließt mehr als 300.000 Feuerwehrleute ein. Die erhöhten Krebsrisiken, gegenüber der Allgemeinbevölkerung, werden über alle Studien hinweg beobachtet, jedoch nicht konsistent. Gründe dafür können die unterschiedlichen Einsatzsituationen, komplexe Expositionssituationen, länderspezifische Unterschiede oder die Verwendung unterschiedlicher Expositionsmetriken sein.

Derzeit wird in Deutschland eine Biomonitoring-Studie von Einsatzkräften bei Realbränden durchgeführt, bei der geklärt werden soll, ob und wenn ja, wie viel der schädlichen Substanzen im Einsatz über die Haut aufgenommen werden. Durchgeführt wird die Studie vom IPA in Zusammenarbeit mit der Feuerwehr Berlin und der Feuerwehr Hamburg. Dabei werden 250 Einsatzkräfte der beiden Feuerwehren überwacht und die akute Exposition gegenüber einem Stoffwechselprodukt (1-

Hydroxypyren) des PAK Pyren im Urin bestimmt. Teilweise wird die Kontamination der Haut, durch das Tragen von Baumwollunterwäsche unter der Einsatzkleidung erfasst (2, S. 33–38). Die Veröffentlichung der Ergebnisse dieser Studie steht derzeit noch aus.

3 Feuerwehr Neumünster

Im nachfolgenden Kapitel sollen die Stadt Neumünster, der Aufbau und die Struktur der Feuerwehr in Neumünster sowie die aktuellen Einsatzzahlen beschrieben werden.

3.1 Stadt Neumünster

Neumünster ist die viertgrößte kreisfreie Stadt des Landes Schleswig-Holstein mit rund 82.000 Einwohnern. Zentral in Schleswig-Holstein gelegen ist die Stadt ein wichtiges Drehkreuz an Straße und Schiene. Neumünster ist Mitglied der Metropolregion Hamburg.

Neumünster ist ein zentraler Logistikstandort und Dienstleistungszentrum. Aufgrund der geographischen Lage ist die Stadt Verkehrsknotenpunkt in Schleswig-Holstein mit der Autobahn BAB 7 von Nord nach Süd sowie bedeutenden Bundesstraßen in Richtung Ost und West. Zudem ist die Stadt Neumünster Knoten mehrerer Eisenbahnlinien. Es befindet sich in der norddeutschen Tiefebene. Im Norden Neumünsters befinden sich der Einfeldsee sowie das Dosenmoor (14, S. 32–33).

3.2 Aufbau und Struktur der Feuerwehr

Nach der Gründung der Berufsfeuerwehr Neumünster im Jahr 1914, haben sich die Aufgaben und das Einsatzspektrum stark gewandelt. Wo früher noch allein die Brandbekämpfung im Vordergrund stand, gilt es heute ein breites Spektrum an verschiedenen Einsatzszenarien zu bewältigen. Dazu zählen die technische Hilfeleistung (Verkehrsunfälle, Türöffnungen usw.), Brandbekämpfung und auch Hilfe bei Unfällen mit gefährlichen Gütern. Neben den Tätigkeiten im Brandschutz, sind auch der Rettungsdienst und der Katastrophenschutz Hauptaufgaben der Berufsfeuerwehr

Neumünster. Oberstes Ziel der Berufsfeuerwehr ist die schnelle, kompetente und zuverlässige Hilfe für die Bürger im Einsatzgebiet. Die Freiwilligen Feuerwehren des Stadtfeuerwehrverbandes unterstützen die Berufsfeuerwehr dabei zusätzlich mit fast 260 Feuerwehrmännern und -frauen (Stand: 24.06.2019).

Die Berufsfeuerwehr Neumünster ist organisatorisch der Fachdienst 37 (Abbildung 1) im Sachgebiet II "Finanzen, Feuerwehr, Rettungsdienst, Katastrophenschutz und Technisches Betriebszentrum" der Stadtverwaltung Neumünster. Die Feuer- und Rettungswache in der Innenstadt, an der Färberstraße mit Alarmausfahrt zum Stadtring gelegen, ist seit 2015 Unterkunft der Berufsfeuerwehr.

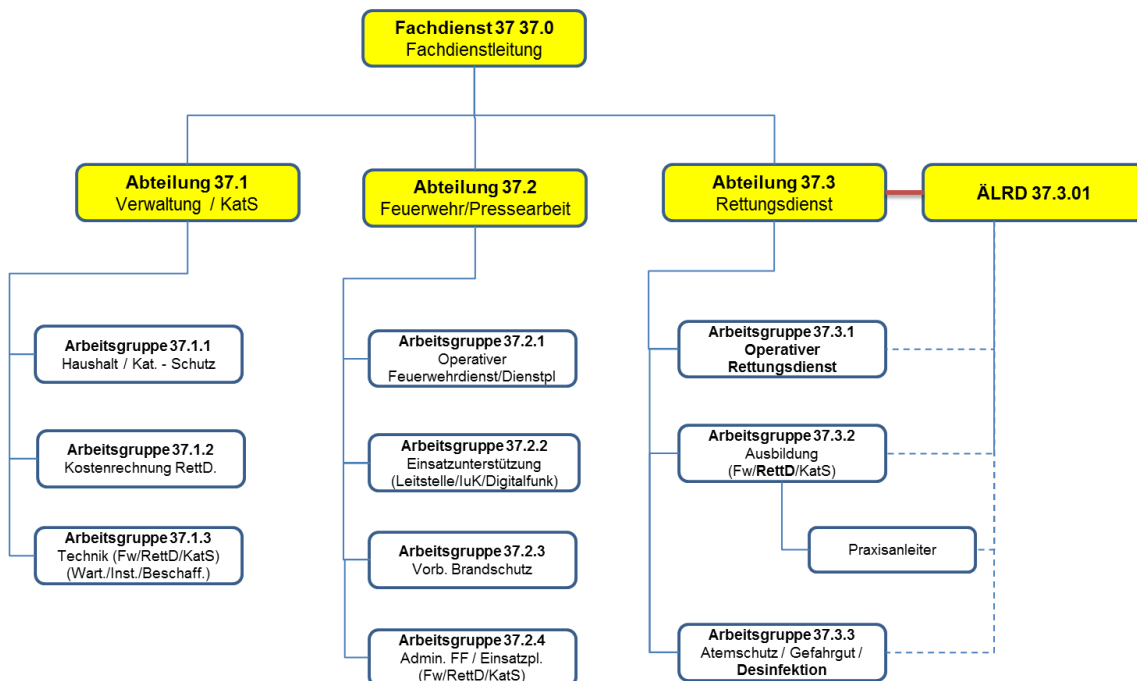


Abbildung 1: Organigramm des Fachdienstes 37(15)

Oberster Dienstherr der haupt- und ehrenamtlichen Einsatzkräfte der Feuerwehr Neumünster ist der Oberbürgermeister. Die oberste Dienstaufsicht liegt jedoch beim Innenministerium des Landes Schleswig-Holstein.

Feuerwehr und Rettungsdienst sind öffentliche Dienstleistungen und gehören zu den Pflichtaufgaben der Stadt Neumünster. Fachdienstleiter und Leiter der Feuerwehr Neumünster ist Branddirektor Dipl.-Ing. Sven Kasulke.

Zur Aufgabenerfüllung stehen der Stadt Neumünster heute eine Berufsfeuerwehr mit rund 100 Feuerwehrbeamten und zirka 30 Beschäftigten im Rettungsdienst in der Feuer- und Rettungswache, sowie ein Stützpunkt für das Notarztsatzfahrzeug der Berufsfeuerwehr im Friedrich-Ebert-Krankenhaus zur Verfügung. Zudem sind in der Verwaltungsabteilung des Fachdienstes 10 Verwaltungsfachkräfte und 2 Beschäftigte Arbeitnehmer tätig (Tabelle 4).

Tabelle 4: Übersicht Planstellen der Feuerwehr Neumünster(15)

LG 2.2 FEU	LG 2.1 FEU	LG 2.1 VERW	LG 1.2 FEU	LG 1.2 VER	Beschäftigte	Summen
Fachdienstleitung						
1	0	0	0	0	0	1
Abteilung Verwaltung/Katastrophenschutz						
0	1	3	1	1	7	13
Abteilung Feuerwehr						
0	7	0	59	0	2	68
Abteilung Rettungsdienst						
0	4	0	25	0	35	64
1	12	3	85	1	44	146

Gesamtsumme: 146 Planstellen

LG: Laufbahngruppe

FEU: Feuerwehr

VERW: Verwaltung

3.3 Einsätze

Jährlich gilt es rund 25.000 Einsätze abzuarbeiten. Dabei fällt der größte Teil auf den Rettungsdienstbereich zurück (Abbildung 2). Die Brandeinsätze bilden hier den kleinsten Teil mit knapp 500 Einsätzen jährlich.

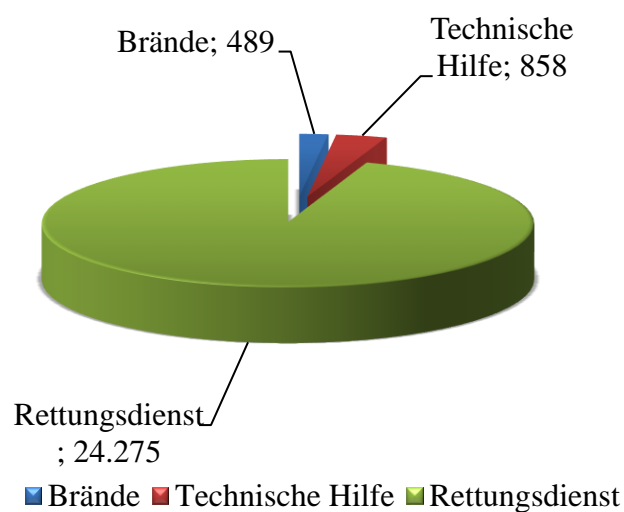


Abbildung 2: Einsatzzahlen der Feuerwehr Neumünster 2018(15)

Die Brandeinsätze teilen sich in mehrere Kategorien auf (Abbildung 3). Hinsichtlich der Kontamination mit Schadstoffen haben die Mittelbrände und die Großbrände die größte Relevanz. Doch auch bei Kleinbränden und Nachkontrollen, kann es zu erheblichem Kontakt mit Brandrauch und Brandrückständen kommen. Summiert man die Anzahl der Einsätze, bei denen die Feuerwehrdienstleistenden potenziell mit Brandrauch kontaminiert werden, kommt man auf ca. 250 Einsätze pro Jahr.

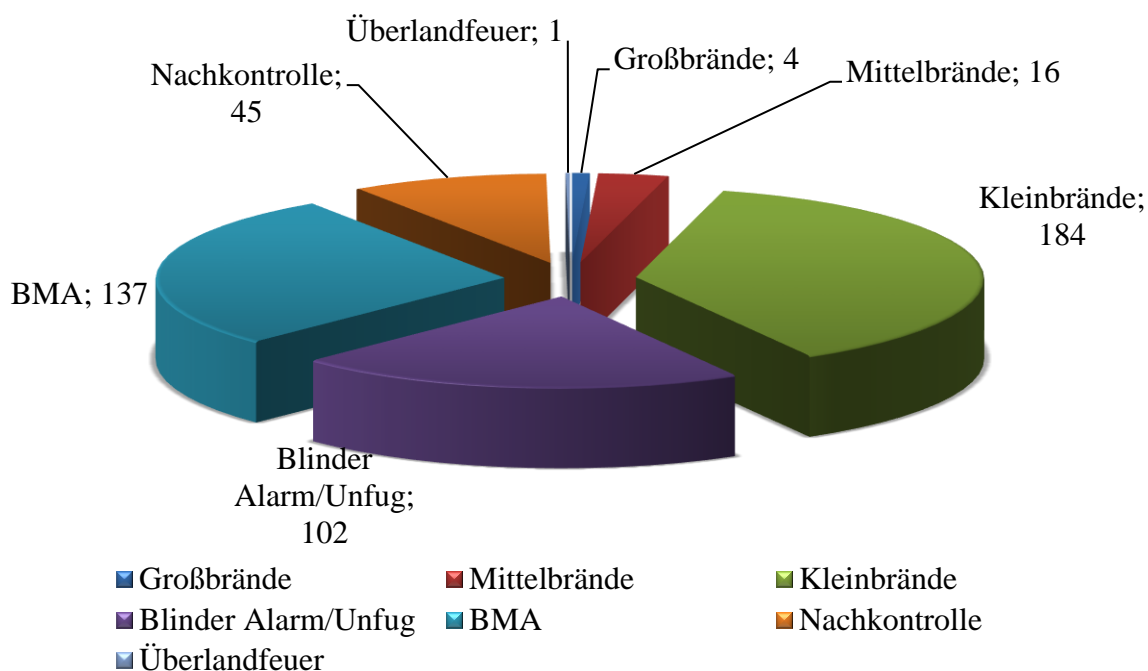


Abbildung 3: Aufteilung Brandeinsätze der Feuerwehr Neumünster 2018(15)

4 Risikoanalyse und Risikobewertung

Durch die Risikoanalyse mit anschließender Bewertung werden die Gefährdung und die Notwendigkeit des daraus resultierenden Handlungsbedarfes ermittelt.

Risikokzept für krebserzeugende Stoffe

Das Risikokzept für krebserzeugende Stoffe der Bundesanstalt für Arbeitsschutz und Arbeitsmedizin (Akz.: BAuA) definiert zunächst drei Bereiche – hohes, mittleres und geringes Risiko – und folgt dabei dem Ampelprinzip (rot/gelb/grün) (Abbildung 4). Das Toleranzrisiko bildet die Grenze zwischen hohem Risiko (roter Bereich) und dem mittleren Risiko (gelber Bereich). Das Toleranzrisiko entspricht einem statistisch zusätzlichen Krebsrisiko von 4:1000 (0,4%). Das bedeutet, dass statistisch von 1000 während des gesamten Arbeitslebens exponierten Personen vier an Krebs erkranken.

Die Grenze zwischen mittlerem Risiko (gelb) und niedrigem Risiko (grün) wird als Akzeptanzrisiko bezeichnet. Das Akzeptanzrisiko entspricht einem statistischen zusätzlichen Krebsrisiko von 4:100000 (0,004%). Damit entspricht es der Krebswahrscheinlichkeit außerhalb des Arbeitsplatzes („allgemein verbleibendes Umweltrisiko“) (16, S. 9–14).

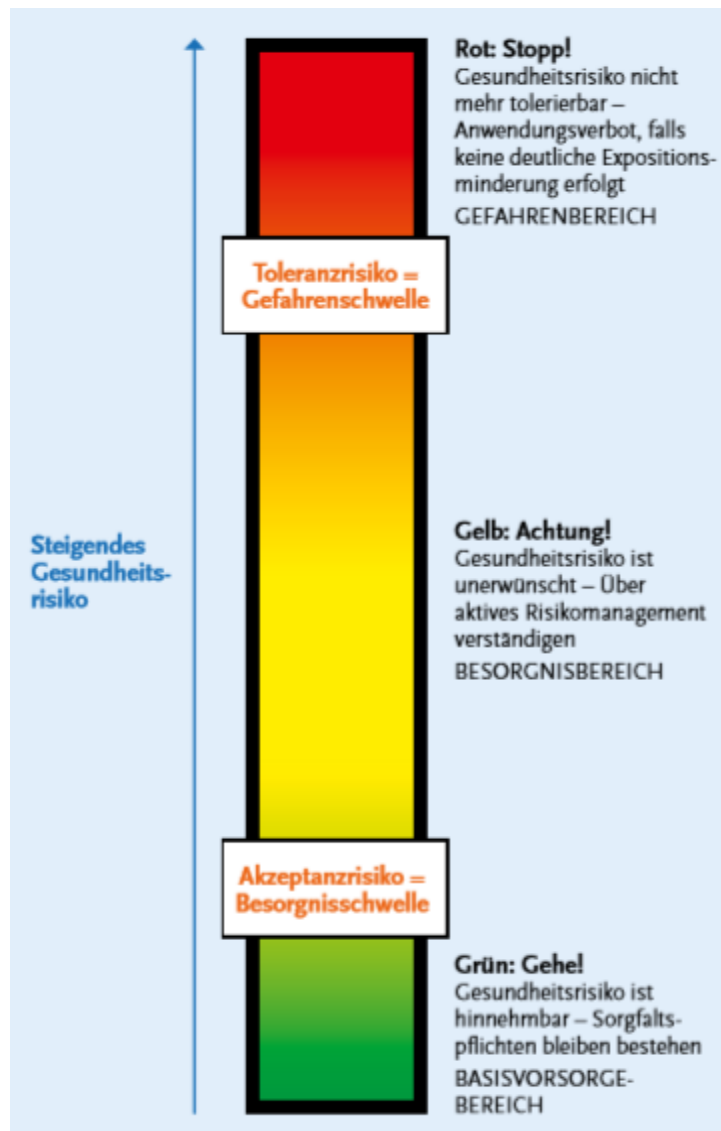


Abbildung 4: Risiko-Akzeptanz-Konzept (16)

Anhand der Einstufung in die farblichen Kategorien können im gestuften Maßnahmenkonzept (Tabelle 5) Handlungen abgeleitet werden.

Tabelle 5: Gestuftes Maßnahmenkonzept (16)

Maßnahme	Niedriges Risiko	Mittleres Risiko	Hohes Risiko
Technische Maßnahmen	Räumliche Abtrennung (Expositions-Minimierung)	Technische Maßnahmen Räumliche Abtrennung Expositionsminimierung	Technische Maßnahmen Räumliche Abtrennung Expositionsminimierung
Organisatorische Maßnahmen	Hygienemaßnahmen Betriebsanweisungen, Unterweisung, Schulung Risikokommunikation		
	Optimierung bzw.	Minimierung der Expositionszeit und Anzahl der Exponierten	
Substitution	Wenn verhältnismäßig	Im Rahmen der Verhältnismäßigkeit verpflichtend	Zwingend, wenn möglich

In Kapitel 2.3 wurde bereits erläutert, dass die Studie von Glass et al. zeigt, dass bei männlichen Vollzeitbeschäftigten-Feuerwehrlern ein erhöhtes Krebsrisiko von 8% gegenüber der Gesamtbevölkerung besteht. Auch die Meta-Analyse des IPA wies eine erhöhte Krebsinzidenz bei Feuerwehrlern von 4% auf. Bezieht man diese beiden Werte auf das oben beschriebene Toleranzrisiko von 0,4%, so liegen beide deutlich über der Gefahrenschwelle und somit im roten Bereich.

Folgend können Handlungen und Maßnahmen aus Tabelle 5 abgeleitet werden. Diese wären u.a. die Expositionsminimierung, Hygienemaßnahmen, Schulungen und die Substitution der Gefährdung.

Risikomatrix nach Nohl

Mit Hilfe der Risikomatrix nach Nohl (Tabelle 6) können Gefährdungen systematisch klassifiziert werden und der dadurch notwendige Handlungsbedarf abgeleitet werden (17). Das Schadensausmaß, welches in der Risikomatrix nach Nohl den Umfang und die

Intensität der Verletzung bzw. Erkrankung widerspiegelt, ist hierbei in die Kategorien 1 bis 5 eingeteilt. Dabei gilt: Je höher die Kategorie, desto schwerwiegender das Schadensausmaß. Die Eintrittswahrscheinlichkeit gibt Auskunft über die Wahrscheinlichkeit, mit der es zu einer Verletzung oder Erkrankung kommt. Diese ist in die Kategorien A bis E unterteilt. Beginnend mit „A“, der geringsten Wahrscheinlichkeit und endend mit „E“, der höchsten Eintrittswahrscheinlichkeit einer Gefährdung (18).

Tabelle 6: Risikomatrix nach Nohl (19)

Schadens- ausmaß		Keine gesund- heitlichen Folgen 1		Bagatell- folgen (die Arbeit kann fortgesetzt werden) 2		Mäßig schwere Folgen (Arbeits- ausfall, ohne Dauer- schäden) 3		Schwere Folgen (irreparable Dauer- schäden möglich) 4		Tödliche Folgen 5		
		1		2		3		4		5		
praktisch unmöglich	A	extrem gering	1	extrem gering	1	sehr gering	2	eher gering	3	mittel		4
vorstellbar	B	extrem gering	1	sehr gering	2	eher gering	3	mittel	4	hoch		5
durchaus möglich	C	sehr gering	2	eher gering	3	mittel	4	hoch	5	sehr hoch		6
zu erwarten	D	sehr gering	2	mittel	4	hoch	5	sehr hoch	6	extrem hoch		7
fast gewiss	E	sehr gering	2	mittel	4	sehr hoch	6	extrem hoch	7	extrem hoch		7

Nach der Gefährdungsanalyse erfolgt die Beurteilung. Aus der Kombination von „Eintrittswahrscheinlichkeit“ und „Schadensausmaß“ der Risikomatrix werden die entsprechenden Maßzahlen ermittelt, welche ein Maß für den Handlungsbedarf darstellen. Die Unterteilung erfolgt in Kategorien von 1 bis 7, wobei die Kategorie 1 den geringsten und Kategorie 7 den höchsten Handlungsbedarf darstellt (Tabelle 7) (20).

Tabelle 7: Ermittlung des Handlungsbedarfes (20)

Maßzahl	Risiko	Beschreibung
1 bis 2	gering	Die Wahrscheinlichkeit des Eintritts einer Verletzung oder Erkrankung ist gering. Handlungsbedarf zur Risikoreduzierung ist nicht notwendig.
3 bis 4	signifikant	Eintritt einer Verletzung oder Erkrankung ist wahrscheinlich. Handlungsbedarf zur Risikoreduzierung ist empfohlen.
5 bis 7	hoch	Eintritt einer Verletzung oder Erkrankung ist sehr wahrscheinlich. Handlungsbedarf zur Risikoreduzierung ist dringend erforderlich.

Bei der Risikoanalyse nach Nohl handelt es sich lediglich um eine Risikoeinschätzung, also ein relativ subjektives Werkzeug, da die Parameter, die das Risiko festlegen nur vom Anwender abgeschätzt werden (17).

Nun erfolgt die Analyse und die Beurteilung hinsichtlich der Gefährdung durch den Brandrauch bzw. der Brandrauchrückstände. Durch das in Kapitel 3.2 beschriebene, teilweise erhöhte Krebsrisiko bei Feuerwehrleuten und die Schwere der Krankheit, erfolgt die Eingruppierung in die Risikomatrix unter Kategorie 4 bzw. 5 (Schwere Folgen bzw. Tödliche Folgen) des Schadensausmaßes. In Kapitel 3.3 wurde beschrieben, dass bei der Feuerwehr Neumünster jährlich ca. 250 relevante Einsätze hinsichtlich des Kontaktes mit Brandrauch abzarbeiten sind. Dabei kommt nicht jeder Angehörige der Feuerwehr 250-mal im Jahr in Kontakt mit den Schadstoffen, da durch den Schichtbetrieb und den Funktionswechsel innerhalb der Wachabteilungen, ein ständiger Wechsel stattfindet. Die „Eintrittswahrscheinlichkeit“ nach Nohl wird hier mit der Wahrscheinlichkeit des regelmäßigen Kontaktes mit Brandrauch gleichgesetzt. Aufgrund der oben genannten Einsatzzahlen wird hier die Wahrscheinlichkeit in D (zu erwarten) eingruppiert.

Daraus ergibt sich ein sehr hohes bzw. extrem hohes Risiko mit der Maßzahl 6 bzw. 7. Dies hat zur Folge, dass ein dringend erforderlicher Handlungsbedarf besteht.

Vergleicht man beide Verfahren zur Risikoanalyse (Risikokzept und Risikomatrix), so erhält man bei beiden ein sehr ähnliches Ergebnis. Beide zeigen an, dass dringender Handlungsbedarf besteht.

5 Hygienekonzept der Feuerwehr Neumünster

Auch ohne eine explizite Risikoanalyse hat die Feuerwehr Neumünster bereits Maßnahmen ergriffen die Exposition durch den Brandrauch so gering wie möglich zu halten. Folgend werden diese vorgestellt und durch einen Versuch auf ihre Wirksamkeit überprüft.

5.1 Vorgehen im Brandfall

Um das Vorgehen nach einem Brandereignis, näher zu erläutern, wird zunächst der Ablauf während eines Einsatzes beschrieben. Als Beispieleinsatz dient hier der kritische Wohnungsbrand. Hierbei werden in erster Linie die Handlungsschritte des D 1.1 (Fahrzeugführer des 1. Löschfahrzeuges) und des Angriffstrupps beschrieben, da diese sich im Gefahrenbereich bzw. im potenziellen Gefahrenbereich aufhalten. Das Vorgehen bei diesem Einsatz wurde in Neumünster standardisiert (Standardeinsatzregeln Neumünster; Abk. STERN). Diese Einsatzregeln sollen das Vorgehen und die Aufgabenverteilung von vornherein festlegen, um so besonders schnell und effizient einen Einsatz abzuarbeiten. Dem Einsatzleiter bleibt es aber unbenommen, jederzeit von diesen Regeln abzuweichen, wenn er es für nötig hält.

Grundtätigkeiten

Der D 1.1 ist der Vertreter des C 1 (Einsatzleiter). Er setzt den Verteiler, führt den Rammbock, sowie den mobilen Rauchverschluss mit und wird Innenraumführer.

Der Angriffstrupp rüstet sich mit zusätzlicher persönlicher Schutzausrüstung, sowie entsprechenden Einsatzmitteln aus. Er schließt das erste Rohr am Verteiler an und geht nach Weisung des Innenraumführers (D 1.1) zum Einsatz vor.

Ablauf

Der Verteiler wird, in Abhängigkeit von erkennbaren Gefahren, wie z.B. herabfallende Dachteile, in der Regel einige Meter vor dem Hauseingang abgelegt. Der Einsatz von tragbaren Leitern darf durch die Lage des Verteilers nicht behindert werden. Der D 1.1 erkundet den Treppenraum und geht maximal bis zur Rauchgrenze vor. Sofern die Rauchgrenze es zulässt, wird der mobile Rauchverschluss durch den D 1.1 in Stellung gebracht. Des Weiteren befestigt er gegebenenfalls die Bandschlinge an einer zu öffnenden Tür und übergibt den Rammbock dem Angriffstrupp. Vor dem gewaltsamen Öffnen einer Tür begibt sich der D 1.1 in den sicheren Bereich.

Nach dem Anlegen von Flammenschutzhauben und Pressluftatmern führt der A-Trupp die Maskendichtprobe durch. Truppführer und Truppmann rüsten sich zusätzlich mit Helm- oder Handlampe, Handsprechfunkgerät und Feuerwehrleinen aus. Der Truppführer hat Wärmebildkamera und Fluchthauben, der Truppmann einen C-Schlauch-Tragekorb und ein Schlauchpaket mit Hohlstrahlrohr mitzuführen. Ab dem 2. OG kommt ein weiterer C-Schlauch-Tragekorb hinzu. Der Trupp schließt eigenständig das erste Rohr am Verteiler an und verlegt die Schlauchleitung während des Vorgehens gegebenenfalls über vorhandene Treppen.

Auf entsprechende Schlauchreserve ist zu achten. Lungenautomaten werden grundsätzlich an der Rauchgrenze des Einsatzortes gegenseitig angeschlossen. Im Anschluss erfolgt die Meldung an die Atemschutzüberwachung. Wird der Rammbock zur Türöffnung eingesetzt, ist vorher eine Bandschlinge am Türgriff zu befestigen und auf Zug zu halten. Des Weiteren muss Wasser am Rohr sein.

Danach begibt sich der Angriffstrupp in den unmittelbaren Gefahrenbereich, um dort seinen Einsatzauftrag zu erfüllen.

5.2 Dekontamination

Folgend wird der Sammelbegriff „ABC“ für **a**tomar (= radiologisch und nuklear), **b**iologisch und **c**hemisch verwendet. Er wird bedeutungsgleich zum Begriff „CBRN“ für **c**hemisch, **b**iologisch, **r**adiologisch und **n**uklear verwendet (21, S. 6).

Hat der Trupp seinen Einsatzauftrag erfüllt, legt dieser seine Ausrüstung ab. Dies geschieht nach den Regeln der FwDV 500 – Einheiten im ABC-Einsatz, obwohl es sich

bei einem Wohnungsbrand, nicht um einen klassischen ABC-Einsatz handelt. Dennoch sind die Geräte und die Ausrüstung mit Schadstoffen beaufschlagt, die es nötig machen eine Dekontamination durchzuführen.

5.2.1 Grundlagen im ABC-Einsatz

Die Grundsätze eines ABC-Einsatzes sollen auch für einen Brandeinsatz gelten. Dies bezieht sich vor allem auf die Inkorporation, die Kontamination und die Dekontamination.

Eine Inkorporation, also eine Aufnahme von gefährlichen Stoffen in den Körper, ist auszuschließen. Die Kontamination ist die Verunreinigung der Oberflächen von Lebewesen und Gegenständen. Diese ist zu vermeiden oder zumindest so gering wie möglich zu halten. Eine Kontaminationsverschleppung ist zu verhindern (21, S. 7–9). Im Allgemeinen versteht man unter der Dekontamination die Reduzierung der Kontamination. Die Dekontamination durch die Feuerwehr ist die Grobreinigung von Einsatzkräften einschließlich ihrer Schutzkleidung, von anderen Personen, sowie von Geräten.

Für die Personendekontamination nach FwDV 500 gilt folgendes Stufenkonzept.

Dekon-Stufe I: Not-Dekontamination von Personen (Not-Dekon)

Diese ist sofort ab dem Einsatz des ersten Trupps im Gefahrenbereich sicherzustellen. Notwendig z.B. bei Beschädigung der Schutzausrüstung, bei Kontamination der Haut, bei Atemluftmangel oder bei Verletzungen, die sofort behandelt werden müssen.

Dekon-Stufe II: Standard-Dekontamination

Diese ist bei jedem ABC-Einsatz unter persönlicher Sonderausrüstung (z.B. CSA, Kontaminationsschutzanzug) sicherzustellen.

Dekon-Stufe III: Erweiterte Dekontamination im ABC-Einsatz

Bei Dekon-Maßnahmen für eine größere Anzahl von Personen und/oder starker oder schwer löslicher Verschmutzungen, ist diese anzuwenden.

Neben der Personendekontamination gelten auch Grundsätze für die Dekontamination von Geräten. Dabei sollen, soweit es möglich ist, kontaminierte Einsatzgeräte an der Einsatzstelle „grobgereinigt“ werden. Hierbei soll primär die Transportfähigkeit hergestellt werden. Außerdem wird durch eine frühzeitige Dekontamination eine mögliche weitere Reaktion des Materials mit dem Gefahrstoff verhindert. Kontaminiertes Gerät muss vor Ort in geeigneter Weise verpackt (z.B. Foliensack) und gekennzeichnet werden (z.B. Anhänger/Aufkleber mit Einsatzort, -datum, Inhalt, Art der Kontamination, siehe Anhang) (21, S. 29–31).

5.2.2 Material und Ablauf

Bezieht man nun das nachfolgende Vorgehen der Feuerwehr Neumünster auf die Dekon-Stufen der FwDV 500, so kann man dies als Dekontamination der Stufe II ansehen. Zunächst soll das bisherige Vorgehen bei der Dekontamination im Brandfall mit den dazugehörigen Materialien erläutert werden. Die Entnahme der folgenden Geräte erfolgt in der Regel aus dem ersten Löschfahrzeug. Sollte das Material dort nicht ausreichen, kann auf das zweite Löschfahrzeug zurückgegriffen werden. Handelt es sich um einen Einsatz, bei dem mehr Kräfte als der Löschzug der Berufsfeuerwehr gefordert sind, so werden auch die Freiwilligen Feuerwehren der Stadt Neumünster eingebunden. Diese können ebenfalls auf das Material und die Trainingsanzüge auf den Löschfahrzeugen der Berufsfeuerwehr zugreifen. Sollten diese nicht mehr ausreichen sind auf dem AB-AStra (Atenschutz – Strahlenschutz) weitere Trainingsanzüge in verschiedenen Größen verlastet.

Während der Angriffstrupp nach STERN, wie in Kapitel 5.1 beschrieben, vorgeht und den Einsatzauftrag ausführt, wird parallel dazu bereits eine faltbare Auffangwanne (Abbildung 5) aufgebaut und gegebenenfalls der Schnellangriffsschlauch bereitgelegt.



Abbildung 5: Dekon-Faltwanne

Hat der Angriffstrupp seinen Einsatzauftrag erfüllt oder sind die Grenzen der Einsatzzeit erreicht, begibt sich dieser zum eingerichteten Dekon-Platz. Dort legt er die Atemschutzgeräte inklusive der Atemschutzmasken ab. Die benutzten und kontaminierten Geräte werden in Foliensäcke (Abbildung 6) verpackt und verschlossen. Anschließend werden die Feuerwehreinsatzstiefel in der bereits erwähnten Falwanne, mit Hilfe des Schnellangriffsschlauches, grob gereinigt.



Abbildung 6: verpackte – nicht verschlossene Atemschutzgeräte

Die verschmutzte PSA (Einsatzjacke und Einsatzhose) wird ausgezogen und die bereitgelegten Trainingsanzüge angezogen. Auf jedem der Löschfahrzeuge in Neumünster befinden sich jeweils vier Trainingsanzüge in verschiedenen Größen (Abbildung 7). Dies erfolgt in der Regel unter freiem Himmel auf der Straße. Die kontaminierte PSA wird ebenfalls in Foliensäcke verpackt und verschlossen. An den Löschfahrzeugen befinden sich sogenannte Hygieneboards. Dort stehen den Einsatzkräften fließendes Wasser, Handreinigungsmittel, Desinfektionsmittel, Papierhandtücher und Druckluft zur Verfügung (Abbildung 8). Die verpackten Geräte und Ausrüstungen werden, je nach Platzangebot, in den Gerätefächern oder den Mannschaftsraum verstaut. Gegebenenfalls wird zum Abtransport ein Gerätewagen-Logistik eingesetzt. Danach werden die restlichen benutzten Geräte und Armaturen in den Gerätefächern und den Mannschaftsraum verstaut und die Abrückebereitschaft hergestellt. Mit dem Abrücken zur Wache endet die Betrachtung auf die Einsatzstellenhygiene.



Abbildung 7: Trainingsanzüge im Mannschaftsraum



Abbildung 8: Hygieneboard am Löschfahrzeug

5.3 Versuch

Der Versuch hat das Ziel, das Wirksamwerden der bereits getroffenen Maßnahmen zur Dekontamination an der Einsatzstelle im Brandfall darzustellen und etwaige Fehlerquellen in diesem Vorgang zu identifizieren. Dies soll dazu dienen in Zukunft sowohl die Expositionszeiten von mit unter Umständen schadstoffbeaufschlagten Geräten und Armaturen, die im Einsatz waren als auch eine Kontaminationsverschleppung in das Löschfahrzeug und die Feuerwehrwache zu minimieren.

Da es sich hierbei nicht um eine Vollübung handelt, sondern einzelne Prozessabläufe untersucht werden sollten, beschränkte sich der Einsatz des Übungspersonals auf einen Atemschutztrupp und einen unterstützenden Feuerwehrdienstleistenden.

Methode und Durchführung

Vor Versuchsbeginn werden bestimmte Teile der Ausrüstung - Hohlstrahlrohr, Handleuchte, Axt und Feuerwehrinsatzstiefel (Abbildung 9) - mit einem fluoreszierenden Spray behandelt. Diese Anhaftung kann mit Hilfe einer UV-Lampe sichtbar gemacht werden und mit Fotos dokumentiert werden. Da die Anhaftungen an den Geräten bei Berührung auch auf die Haut übertragen werden können, kann so eine eventuelle Kontaminationsverschleppung in den Innenraum des Löschfahrzeuges oder die Geräteräume nachgewiesen werden. Die Anhaftungen des Sprays sind wasserlöslich und können mit geringer mechanischer Einwirkung von den Geräten entfernt werden. Nach dem Ende des Versuchsablaufes werden die behandelten Geräte wiederum mit Hilfe des UV-Lichtes untersucht, um das Wirksamwerden der getroffenen Maßnahmen nachzuweisen. Zusätzlich werden auch die nicht behandelten Geräte und der Innenraum des Löschfahrzeuges untersucht und mit Fotos dokumentiert.

Die Durchführung erfolgt nach dem in Kapitel 5.2.2 beschriebenen Ablauf.

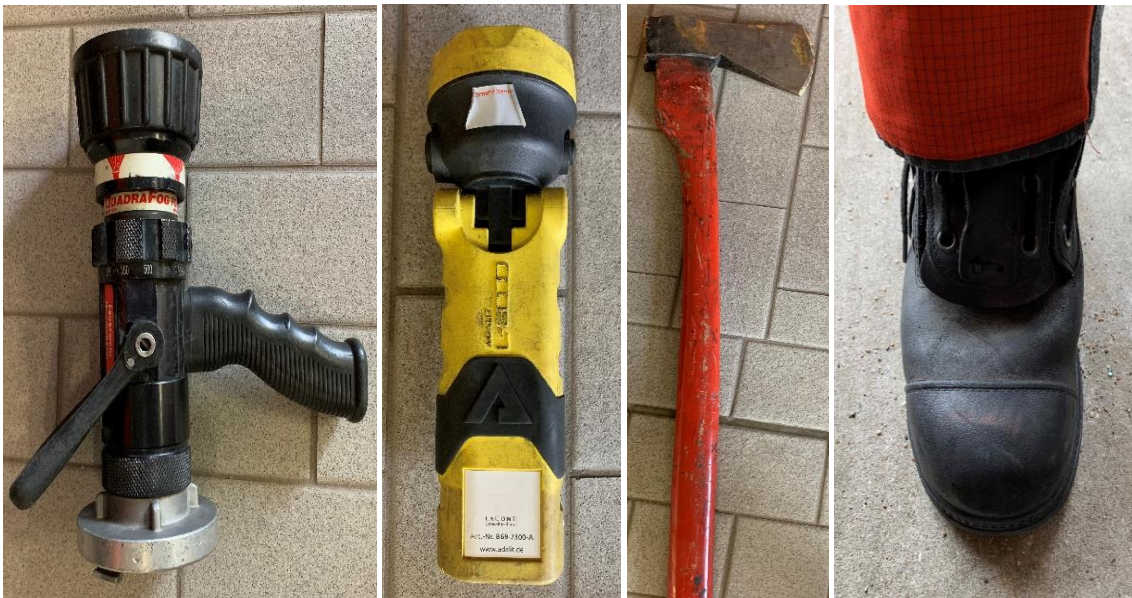


Abbildung 9: Präparierte Ausrüstung für den Versuch

Ausgangslage

Es wird simuliert, dass der im Innenangriff eingesetzte Trupp nach einem Standard-Wohnungsbrand (entwickelter Brand) zurück zum Löschfahrzeug kommt und dort seine Ausrüstung ablegt. Dort ist bereits eine Dekon-Faltwanne aufgebaut und der Schnellangriffsschlauch bereitgelegt (Abbildung 10).



Abbildung 10: Aufbau zum Start des Versuches

Durchführung

Der Trupp bekommt den Auftrag die eingesetzte Ausrüstung nach bisherigem Vorgehen (Atmungsgeräte und PSA in Müllsäcke, Stiefel reinigen, Trainingsanzüge anziehen etc.), jedoch ohne weitere Hinweise, abzulegen und im Löschfahrzeug zu verstauen. Dabei wird der Trupp von einem weiteren Feuerwehrdienstleistenden unterstützt (Abbildung 11).



Abbildung 11: Durchführung der Entkleidung der PSA

Ende

Der Versuch endet für die Probanden nach dem Verlasten der eingesetzten Geräte und dem Aufsitzen im Löschfahrzeug (Rückfahrt zur Wache).

6 Ergebnisse

Die Ergebnisse des Versuches werden nun mit Hilfe von Fotos der behandelten Ausrüstung vor dem Beginn der Hygienemaßnahmen und nach Beendigung der Maßnahmen dargestellt (Abbildung 12 - Abbildung 29). Zudem wurden weitere relevante Merkmale hinsichtlich einer Kontaminationsverschleppung erfasst und dokumentiert. Alle nachfolgenden Fotos wurden unter Einstrahlung der UV-Lampe erstellt, um die Rückstände des fluoreszierenden Sprays (deutlich blauer als Umgebung) sichtbar zu machen.

Hohlstrahlrohr vor Versuchsbeginn



Abbildung 12: Hohlstrahlrohr vor Beginn - 1



Abbildung 13: Hohlstrahlrohr vor Beginn - 2

Hohlstrahlrohr nach Beendigung



Abbildung 14: Hohlstrahlrohr nach Beendigung - 1

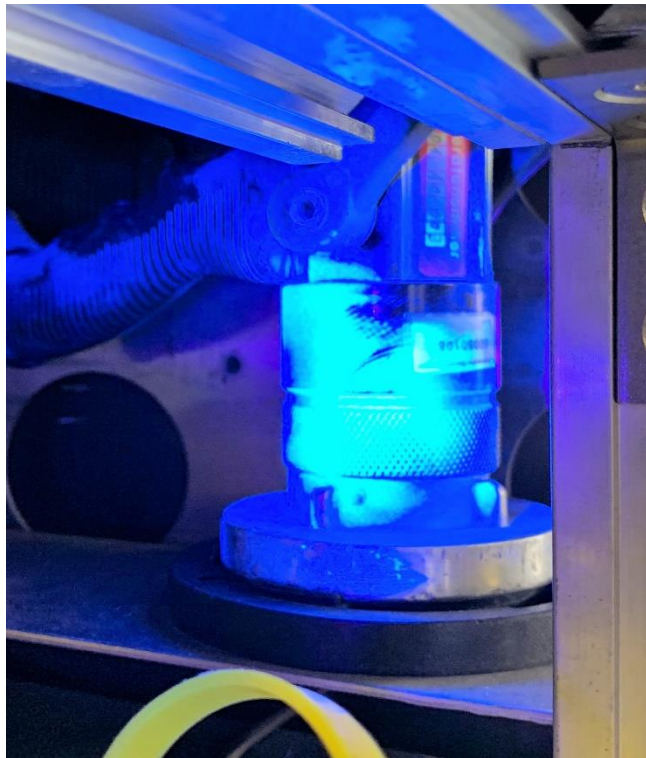


Abbildung 15: Hohlstrahlrohr nach Beendigung - 2

Handleuchte vor Versuchsbeginn



Abbildung 16: Handleuchte vor Beginn - 1



Abbildung 17: Handleuchte vor Beginn - 2

Handleuchte nach Beendigung



Abbildung 18: Handleuchte nach Beendigung - 1



Abbildung 19: Handleuchte nach Beendigung - 2

Axt vor Versuchsbeginn



Abbildung 20: Axt vor Beginn - 1



Abbildung 21: Axt vor Beginn - 2

Axt nach Beendigung



Abbildung 22: Axt nach Beendigung - 1



Abbildung 23: Axt nach Beendigung - 2

Feuerweerstiefel vor Versuchsbeginn



Abbildung 24: Stiefel vor Beginn - 1



Abbildung 25: Stiefel vor Beginn - 2

Feuerwehrstiefel nach Beendigung



Abbildung 26: Stiefel nach Beendigung - 1



Abbildung 27: Stiefel nach Beendigung - 2

Hände nach Beendigung



Abbildung 28: Hände nach Beendigung - 1



Abbildung 29: Hände nach Beendigung - 2

In nachfolgender Tabelle werden die Ergebnisse des Versuches nochmals zusammengefasst. Es wird dargelegt, ob die oben aufgeführten Versuchsobjekte einer Grobreinigung unterlagen und ob ein Unterschied, bezüglich der Intensität des fluoreszierenden Sprays zwischen dem Zustand vor Versuchsbeginn und nach Beendigung des Versuches, erkennbar ist.

Tabelle 8: Zusammenfassung der Ergebnisse

Versuchsobjekt	Grobreinigung erfolgt	Unterschied Vorher/Nachher erkennbar
Hohlstrahlrohr	Nein	Nein
Handleuchte	Nein	Nein
Axt	Nein	Nein
Feuerwehrtiefel	Ja	Geringfügig
Hände der Probanden	Nein	Nein

Wie in Tabelle 8 zu entnehmen, wurden beim Hohlstrahlrohr, der Handleuchte und der Axt keine Maßnahmen zur Dekontamination getroffen. Dementsprechend konnten auch keine nennenswerten Veränderungen hinsichtlich der Anhaftungen an den Geräten festgestellt werden. Die betroffenen Objekte wurden ohne Grobreinigung wieder auf das Fahrzeug verlastet (z.B. Abbildung 19). Die Feuerwehrtiefel hingegen wurden mittels Wasser aus dem Schnellangriffsschlauch abgewaschen und grobgereinigt. Dies wird so auch bereits in der Praxis an der Einsatzstelle durchgeführt (Abbildung 30). Hierbei konnte eine geringfügige Verringerung der Anhaftungen beobachtet werden. Am Ende des Versuchsablaufes wurden jeweils die Hände der beiden Probanden, mit Hilfe der UV-Lampe auf eventuelle Rückstände des fluoreszierenden Sprays untersucht. Dieser Nachweis fiel negativ aus, was darauf hindeutet, dass keine Kontaminationsverschleppung über die Haut stattfand.



Abbildung 30: Grobreinigung an der Einsatzstelle

7 Diskussion

Im folgenden Kapitel sollen die in der Einleitung gestellten Fragen diskutiert werden. Anschließend werden die aus dem Versuch gewonnenen Ergebnisse, aus denen die Handlungsempfehlungen abgeleitet wurden, diskutiert und mögliche Fehlerquellen aufgezeigt.

Die einleitende Frage war, ob und in welchem Umfang eine Dekontamination nach einem Brandeinsatz noch an der Einsatzstelle sinnvoll ist. Bezieht man sich hier auf die in Kapitel 2.3 vorgestellten Studien und die Risikoanalyse und -bewertung aus Kapitel 4, so wird deutlich, dass Handlungsbedarf hinsichtlich des erhöhten Krebsrisikos bei Feuerwehrleuten besteht. Diese Studien geben aber keinen konkreten Hinweis darauf, dass dies hauptsächlich an mangelnder Einsatzhygiene liegt. Dennoch muss man hier festhalten, dass grundsätzlich gilt, je weniger Kontakt mit den schädlichen Substanzen aus dem Brandrauch besteht, desto gesundheitsförderlicher ist das für den menschlichen Körper. Zusätzlich muss zu den Studien gesagt werden, dass diese aus dem Ausland stammen (vorwiegend aus dem angloamerikanischen Raum) und es dort auch

Unterschiede bei den Einsatztaktiken und eventuell auch in Art und Zusammensetzung der Brandlasten gibt und somit unter Umständen die Exposition der Feuerwehrleute eine andere ist, als hierzulande. In den beiden eingesetzten Verfahren zur Risikobeurteilung wurde beide Male ein hohes Risiko festgestellt, was zur Folge hat, dass dort dringender Handlungsbedarf besteht. Im gestuften Maßnahmenkonzept werden bereits Handlungsschritte aufgezeigt, die eingeleitet werden sollten/müssen. Darunter stehen unter anderem die räumliche Abtrennung zum Gefahrstoff und die Substitution des Gefahrstoffes. Diese beiden Schritte zur Verminderung der Gefahr werden im Feuerwehreinsatz nur sehr schwer beziehungsweise gar nicht einzuhalten sein. Alleine aufgrund der Tatsache, dass die Feuerwehr keinen Einfluss auf die Art der Gefahrstoffe im Brandrauch hat und damit auch keine Substitution des Stoffes vornehmen kann. Auch die räumliche Abtrennung zum Schadstoff ist schwer, da das primäre Ziel eines jeden Einsatzes die Menschenrettung ist. Menschen, die gerettet werden müssen, befinden sich im Gefahrenbereich und unter Umständen auch im Brandrauch. Um diesen Menschen zu helfen, ist eine räumliche Abtrennung zwischen Einsatzkraft und Schadstoffen nicht möglich. Die Bekämpfung des Feuers und damit der Ursache der Schadstoffe im Brandrauch, ist am effektivsten, wenn man sich in unmittelbarer Nähe der Brandstelle aufhält und von dort gezielte Löschmaßnahmen einleiten kann. Hierbei ist eine räumliche Abgrenzung zu den Gefahrstoffen ebenfalls nicht möglich.

Die Ergebnisse des Versuches bei der Feuerwehr Neumünster haben gezeigt, dass das bestehende Hygienekonzept bereits umgesetzt wird und zu großen Teilen auch wirksam ist. Die verunreinigten Atemschutzgeräte und die Einsatzkleidung werden abgelegt und direkt an der Einsatzstelle verpackt, um eine Kontaminationsverschleppung möglichst zu verhindern. Dies entspricht auch der Empfehlung der vfdb zur Einsatzhygiene bei Bränden (22, S. 2). Zudem wurden auch die Feuerwehreinsatzstiefel vor Ort mittels Wasser gereinigt. Dabei wurde während des Versuches deutlich, dass dort eine Verringerung der Kontamination festzustellen war, jedoch noch erhebliche Rückstände der Testsubstanz nachgewiesen wurden. Des Weiteren wurden auch Lücken im Verlauf der Dekontamination festgestellt. Dabei wurden die einzelnen Geräte und Armaturen ohne eine Grobreinigung direkt in das Fahrzeug verladen. Dies hat zur Folge, dass sich Brandrauchrückstände an die Halterungen der Geräte haften und dort weiter ausgasen. Erfolgt im weiteren Verlauf nach dem Einsatz auf der Wache keine weitere Reinigung

der eingesetzten Geräte, so verbleiben die Rußrückstände, an denen auch die PAK haften, auf diesen. Die schwerflüchtigen PAK verbleiben am Ruß auch über einen längeren Zeitraum (11, S. 30), was zur Folge hat, dass eine weitere Kontaminationsverschleppung, beim nächsten Gebrauch der Geräte, stattfinden kann.

Bei der Untersuchung der Hände der Probanden wurden weder vor Versuchsbeginn noch nach Beendigung des Versuches Rückstände der Nachweissubstanz vorgefunden. Dies ist ein Hinweis darauf, dass das bestehende Vorgehen bei der Dekontamination in dieser Hinsicht wirkungsvoll ist, obwohl das genutzte LF für diesen Versuch kein Hygieneboard zur Verfügung hat.

Nun soll eine Fehlerbetrachtung hinsichtlich des Versuches erfolgen, um die erlangten Ergebnisse adäquat einordnen zu können. Der Versuch wurde während des alltäglichen Wachbetriebes mit den Feuerwehrbeamten durchgeführt und es handelte sich um einen Teilversuch, um die Prozesse an der Einsatzstelle bewerten zu können. Um einen genauen Verlauf bis zur Reinigung der Atemschutzgeräte und der PSA skizzieren zu können, wäre eine weitere umfängliche Übung mit geeigneter Testsubstanz nötig. Die Löschfahrzeuge des ersten Löschzuges, welche standardmäßig genutzt werden, waren im Wachbetrieb eingesetzt. Das für den Versuch eingesetzte LF entsprach nicht mehr dem Stand der Technik (kein Hygieneboard etc.), was für die Ergebnisse des Versuches jedoch eine untergeordnete Rolle spielt.

Da das eingesetzte Spray (Testsubstanz) nicht komplett mit den Rückständen des Brandrauches zu vergleichen ist, konnte keine quantitative Auswertung zwischen den Mengen des eingesetzten Sprays und der Menge der Rückstände an den Geräten nach der Dekontamination stattfinden. Zudem sind Brandrauchrückstände meist optisch besser zu erkennen, als die eingesetzte Testsubstanz und daher leichter zu identifizieren und zu entfernen. Der Nachweis und die Dokumentation mittels Fotoaufnahmen gestalteten sich teilweise schwierig, da die Lichtverhältnisse sich änderten und daher die Reflektion des UV-Lichtes unterschiedlich war. Dennoch konnte eine qualitative Aussage über die Lücken im Vorgang und die Kontaminationsverschleppung getroffen werden.

Eine der Hauptfragen dieser Arbeit war, ob das bisher bestehende Vorgehen der Feuerwehr Neumünster bei der Dekontamination im Brandfall ausreichend ist und wo noch Verbesserungspotenzial besteht. Dazu lässt sich nun sagen, dass die bereits getroffenen Maßnahmen durchaus die gewünschte Wirkung erzielen und auch teilweise den Empfehlungen der genannten Stellen entsprechen. Dennoch konnte durch den Versuch gezeigt werden, dass Verbesserungspotenzial vorliegt und noch Lücken im Ablauf der Dekontamination bestehen, die durch technische, organisatorische oder personelle Maßnahmen geschlossen werden müssen. Wie diese Maßnahmen aussehen könnten wird im nachfolgenden Kapitel näher betrachtet.

8 Handlungsempfehlungen

Nachfolgend werden Maßnahmen empfohlen, die die Lücken bei der Dekontamination, die während des Versuches identifiziert wurden, schließen sollen. Diese werden in technische, organisatorische und personelle Maßnahmen untergliedert. Die empfohlenen Handlungen sind hier speziell an die Feuerwehr Neumünster angepasst, da der Versuch und die daraus resultierenden Ergebnisse, auf deren bereits getroffenen Maßnahmen basieren. Die nachfolgenden Empfehlungen sollen das bereits bestehende Konzept erweitern und verbessern. Deshalb wird hier kein vollständig neues Konzept, welches größere Investitionen beinhalten würde, wie z.B. eigene Fahrzeuge für die Einsatzstellenhygiene, herausgearbeitet.

8.1 Technik

Die technischen Maßnahmen halten sich angesichts der bereits getroffenen Maßnahmen eher gering. Die räumliche Abtrennung der Exposition gegenüber den Einsatzkräften ist wie in Kapitel 7 beschrieben kaum zu realisieren. Also muss man davon ausgehen, dass mindestens der eingesetzte Atemschutztrupp der Exposition ausgesetzt wird. Dieser muss dann möglichst ohne Verschleppung dekontaminiert werden. Muss der Atemschutztrupp seinen Atemanschluss inklusive Atemschutzgerät ablegen, ist sicherzustellen, dass auch dann keine orale Inkorporation stattfindet. Dies könnte mit Hilfe der bereits für technische Hilfeleistungen verwendeten Staubmasken, einfach und relativ kostengünstig, realisiert werden. Zusätzlich werden dazu Nitril-

Einwegschutzhandschuhe, die bereits auf jedem Löschfahrzeug verlastet sind, getragen, um eine Verunreinigung der Hände von vornherein vorzubeugen. Diese beiden Maßnahmen gelten nicht nur für den zu reinigenden Trupp, sondern auch für die Einsatzkräfte, die bei der Dekontamination unterstützen. Es findet bereits eine Grobreinigung der Einsatzstiefel mittels eines Wasserstrahles aus dem Schnellangriffsschlauch an der Einsatzstelle statt, dennoch waren, wie der Versuch gezeigt hat, nach der Reinigung erhebliche Rückstände festzustellen. Dies könnte mit Hilfe einer einfachen Reinigungsbürste und der damit einhergehenden mechanischen Reinigung verbessert werden. Um die Grobreinigung der eingesetzten Geräte, die empfindlich gegenüber direktem Wasserkontakt sind (z.B. Funkgeräte, Wärmebildkamera oder Handleuchten), an der Einsatzstelle sicherzustellen, könnten auf jedem LF zusätzliche hygienische Feuchttücher verlastet werden. Es muss sichergestellt werden, dass für alle im Einsatz befindlichen Atemschutzgeräteträger genug Trainingsanzüge an der Einsatzstelle vorhanden sind. Falls die Wechselkleidung auf den Löschfahrzeugen der Berufsfeuerwehr nicht ausreicht, sollte ein WLF mit dem AB-Astra mit zusätzlichen Trainingsanzügen an die Einsatzstelle beordert werden. Darüber hinaus muss sichergestellt werden, dass genug Ersatz-PSA auf der Feuerwehrrache vorgehalten wird, um die Einsatzkräfte nach Beendigung des Einsatzes mit ausreichend PSA versorgen zu können, um die Einsatzbereitschaft wiederherzustellen. Dies gilt sowohl für die Kräfte der Freiwilligen Feuerwehren, als auch für die der Berufsfeuerwehr.

8.2 Organisation

Nachfolgend werden die organisatorischen Handlungsempfehlungen näher beschrieben und erläutert werden. Diese untergliedern sich in die Hygienemaßnahmen vor Ort und die Vorbeugung.

Hygienemaßnahmen

Wie bereits in Kapitel 8.1 beschrieben, sollen kontaminierte Geräte (alle die im Gefahrenbereich eingesetzt wurden) noch an der Einsatzstelle grobgereinigt werden. Geräte, die unempfindlich gegenüber direktem Wasserkontakt sind (Strahlrohr, mobiler Rauchverschluss, Halligan-Tool etc.), sollen mittels Wasserstrahl aus dem

Schnellangriffsschlauch und leichter mechanischer Einwirkung (Bürste) gereinigt werden. Empfindliche Geräte, wie Funkgeräte, Handlampen und Wärmebildkamera sollen mit Hilfe von hygienischen Feuchttüchern von Ruß und anderen Brandrauchrückständen befreit werden. Auf diese Weise sollen auch die kontaminierten Feuerwehrhelme gereinigt werden. Benutzte Schläuche, die teilweise auch mit Brandrauchrückständen beaufschlagt sind, sollen nicht im Mannschaftsraum des LF transportiert werden.

Vorbeugung

Die Vorbeugung soll das Ziel haben eine Kontamination zu verhindern bzw. zu minimieren. Dies kann durch einsatztaktische Maßnahmen und Erstellung eines überarbeiteten Hygienekonzeptes, sowie eines Schulungskonzeptes erreicht werden. Zu den einsatztaktischen Maßnahmen gehört u.a. die Auswahl der geeigneten Fahrzeugaufstellung. Dabei kann auch hier die FwDV 500 Hilfestellung bieten. In der Praxis könnte das bedeuten, dass sich die Einsatzfahrzeuge „mit dem Wind“ positionieren, sofern es die Lage und bauliche Gegebenheiten zulassen, um zu verhindern, dass der Brandrauch direkt in den Arbeitsbereich der Einsatzkräfte zieht. Auch die Auswahl einer geeigneten Zugangsöffnung zum Brandobjekt und der richtige Einsatz einer taktischen Ventilation kann die Exposition der Kräfte im Gefahrenbereich verringern. Der Personaleinsatz im Gefahrenbereich ist eine weitere einsatztaktische Entscheidung, die die Anzahl der Exponierten maßgeblich beeinflusst. Auch die Entscheidung, dass das Hygienekonzept bereits bei kleineren bzw. Kleinbränden (z.B. PKW-Brand) umgesetzt wird, hilft die Exposition der Einsatzkräfte zu verringern. Genaue Verfahrensanweisungen sollen den Einsatzkräften vor Ort helfen, eine optimale Umsetzung des Hygienekonzeptes sicherzustellen. Durch regelmäßige Schulungen und Übungsdienste soll das überarbeitete Konzept nähergebracht und auf das Thema aufmerksam gemacht werden. Um die Erkenntnisse und Verfahrensweisen auch bei den Freiwilligen Feuerwehren publik zu machen, sollen zum einen Multiplikatoren für die Schulungen an den jeweiligen Standorten der Freiwilligen Feuerwehren ausgebildet werden und zum anderen gemeinsame Übungsdienste der Berufsfeuerwehr und der Freiwilligen Feuerwehr durchgeführt werden.

8.3 Personal

Die eingesetzten Einsatzkräfte sollen durch Schulungen auf die Thematik hingewiesen und sensibilisiert werden. Dies gilt für Einsatzkräfte der Berufsfeuerwehr, der Freiwilligen Feuerwehr und für alle Führungskräfte. Hierbei sind besonders die Führungskräfte herauszustellen, da diese mit ihren einsatztaktischen Entscheidungen maßgeblich für die Gesundheit aller Einsatzkräfte verantwortlich sind. Zudem kommt den Führungskräften eine Vorbildfunktion zu und sie haben durch ihr Führungsverhalten Einfluss auf das Betriebsklima. Grundsätzlich gilt, dass das Essen und Trinken erst nach der Durchführung der Dekon-Maßnahmen, inkl. Waschen der Hände und des Gesichtes, gestattet wird. Durch Verfahrensanweisungen soll sichergestellt werden, dass die Hygienemaßnahmen optimal umgesetzt werden. Dennoch ist für die genaue Umsetzung der Maßnahmen und damit dem Schutz der eigenen Gesundheit jede Einsatzkraft selbst verantwortlich. Die Erfahrungen haben gezeigt, dass die bisherigen Maßnahmen bei entsprechender Risikokommunikation auch Einzug in die Praxis halten.

9 Fazit

Die Gefährdungsanalyse zeigt, dass eine Krebserkrankung durch die im Brandrauch enthaltenen karzinogenen Stoffe durchaus realistisch ist. Aus diesem Grund müssen Maßnahmen für die Dekontamination der Einsatzkräfte noch an der Einsatzstelle festgelegt werden, die die Exposition der Einsatzkräfte gering halten und eine Kontaminationsverschleppung verhindern.

Der erfolgreich durchgeführte Versuch zeigt, dass es im bestehenden Einsatzstellhygienekonzept der Feuerwehr Neumünster noch einige Optimierungsmöglichkeiten im Bereich der Dekontamination von Einsatzkräften und deren genutzten Geräten gibt. Daher sollten die gewonnenen Erkenntnisse durch weitere Versuche und Studien validiert und für die praktische Anwendung genutzt werden. Die Methodik der Versuchsdurchführung und die Verwendung der UV-fluoreszierenden Testsubstanz sind nach der Fehlerbetrachtung als geeignet zu betrachten. Lediglich die Dokumentation mittels Fotoaufnahmen stellte sich als bedingt geeignet heraus. Durch den realitätsnah durchgeführten Versuch konnten die Lücken im bestehenden Prozess identifiziert werden. Daher werden die gewonnenen Ergebnisse aus der Bachelorarbeit in die Aus- und Fortbildung und in ein überarbeitetes Hygienekonzept der Feuerwehr Neumünster fließen, um so die Erhaltung der Gesundheit der Einsatzkräfte zu fördern.

Die Überarbeitung des Hygienekonzeptes der Feuerwehr Neumünster kann mit Hilfe der Handlungsempfehlungen erfolgen. Die grundsätzlichen Maßnahmen zur Einsatzstellenhygiene gelten für jede Feuerwehr. Dennoch müssen diese an die örtlichen Gegebenheiten und bestehenden Konzepte, individuell angepasst werden.

Literatur

1. *Atemschutz*. 4. Auflage. Stuttgart: Kohlhammer, 2018. Feuerwehr-Dienstvorschrift. 7. ISBN 3555020595.
2. TAEGER, D. *Krebsrisiko im Feuerwehrdienst*. Gladbeck, 19. September 2018. Sicherheits-Forum Feuerwehr.
3. BÄTGE, M. "Der Krebs und die Feuerwehr...". *Erhöhtes Krebsrisiko bei Feuerwehreinsatzkräften*. Nardt, 11. Oktober 2018. 21. Atemschutzfachtagung Landesfeuerwehr- und Katastrophenschutzschule Sachsen.
4. ARBEITSGEMEINSCHAFT DER LEITER DER BERUFSFEUERWEHREN. *Qualitätskriterien für die Bedarfsplanung von Feuerwehren in Städten*, 19. November 2015.
5. *Einheiten im Lösch- und Hilfeleistungseinsatz*. Stand: Februar 2008. Stuttgart: Dt. Gemeindeverl.; Kohlhammer, 2008. Feuerwehr-Dienstvorschrift. 3. ISBN 978-3-555-01435-7.
6. BRÄUTIGAM, A. *Einflüsse der Brandgutzusammensetzung und der Verbrennungsbedingungen auf die Entstehung mittel- und schwerflüchtiger organischer Brandrauchinhalstoffe*. Dissertation. Bochum, 2000.
7. KLUMPE, G. Brandgase sind komplex und oft unberechenbar. *BRANDAKTUELL*, 2016, S. 2.
8. KURZWEIL, P. *Toxikologie und Gefahrstoffe. Gifte - Wirkungen - Arbeitssicherheit*. Haan: Europa-Lehrmittel, 2013. Europa-Fachbuchreihe für naturwissenschaftliche und technische Berufe. ISBN 978-3-8085-7024-1.
9. DORN, U., J.J. DUVIGNEAU und S. STIEF. Chemische Brandfolgeschäden. Teil 1: Untersuchung und Bewertung. *Schadenprisma*, 1997, 8-23.
10. ISO 13571, *Lebensbedrohende Bestandteile von Feuer - Leitlinien zur Abschätzung der für die Flucht zur Verfügung stehenden Zeit unter Berücksichtigung von brandschutzrelevanten Messwerten*. Berlin: Beuth Verlag.
11. GESAMTVERBAND DER DEUTSCHEN VERSICHERUNGSWIRTSCHAFT E.V. *VdS 2357 - Richtlinien zur Brandschadensanierung* [online]. *Publikation zur Sach-Schadensanierung*, 06.2014 [Zugriff am: 19. Juni 2019]. Verfügbar unter: https://vds.de/fileadmin/vds_publicationen/vds_2357_web.pdf
12. LEMASTERS, G.K., A.M. GENAIDY, P. SUCCOP, J. DEDDENS, T. SOBEIH, H. BARRIERA-VIRUET, K. DUNNING und J. LOCKEY. Cancer risk among

-
- firefighters: a review and meta-analysis of 32 studies [online]. *Journal of occupational and environmental medicine*, 2006, **48**(11), 1189-1202. ISSN 1076-2752. Verfügbar unter: doi:10.1097/01.jom.0000246229.68697.90
13. GLASS, D., M. SIM, S. PIRCHER, A. DEL MONACO, C. DIMITRIADIS, J. MIOSGE, S. VANDER HOORN und I. GORDON. *Final Report Australian Firefighters' Health Study*. Melbourne, 10. Dezember 2014.
 14. STADT NEUMÜNSTER - FACHDIENST FEUERWEHR, RETTUNGSDIENST UND KATASTROPHENSCHUTZ. *Bedarfsplan für die nichtpolizeiliche Gefahrenabwehr der Stadt Neumünster 2017* [online], 2017 [Zugriff am: 19. Juni 2019]. Verfügbar unter:
https://www.neumuenster.de/fileadmin/neumuenster.de/media/buergerservice/Berufsfeuerwehr/brandschutz/bedarfsplan_nichtpolizeiliche_gefahrenabwehr_nms.pdf
 15. KASULKE, S. *Jahresbericht 2018 des Fachdienstes 37*. Neumünster, 2019.
 16. *Das Risikokzept für krebserzeugende Stoffe des Ausschusses für Gefahrstoffe. Von der Grenzwertorientierung zur Maßnahmenorientierung*. Dortmund, 2012. ISBN 978-3-88261-718-4.
 17. UNIVERSITÄT KONSTANZ. *Risikobewertung | Grundlagen | Gefährdungsbeurteilung | Arbeitssicherheit | Arbeitssicherheit, Gesundheitsschutz und Umweltschutz | Universität Konstanz* [online] [Zugriff am: 14. Juni 2019]. Verfügbar unter: <https://www.uni-konstanz.de/agu/arbeitssicherheit/gefaehrdungsbeurteilung/grundlagen/risikobewertung/>
 18. BUNDESANSTALT FÜR ARBEITSSCHUTZ UND ARBEITSMEDIZIN. *BAuA - Was ist eine Gefährdungsbeurteilung? - Bundesanstalt für Arbeitsschutz und Arbeitsmedizin* [online] [Zugriff am: 4. Juni 2019]. Verfügbar unter:
https://www.baua.de/DE/Themen/Arbeitsgestaltung-im-Betrieb/Gefaeherdungsbeurteilung/Grundlagenwissen/Was-ist-eine-Gefaeherdungsbeurteilung/Was-ist-eine-Gefaeherdungsbeurteilung_node.html
 19. LARS ADOLPH UND ANDERE. *Ratgeber zur Gefährdungsbeurteilung - Handbuch für Arbeitsschutzfachleute: Bundesanstalt für Arbeitsschutz und Arbeitsmedizin (BAuA)*.
 20. *Risikomatrix nach Nohl* [online] [Zugriff am: 14. Juni 2019]. Verfügbar unter:
<http://www.maschinen-sicherheit.net/07-seiten/0590-risikomatrix-nohl.php>

21. *Einheiten im ABC-Einsatz*. Stand: Jan. 2012. Stuttgart: Kohlhammer Dt. Gemeindeverl., 2012. FwDV. Feuerwehr-Dienstvorschrift ; 500. ISBN 9783555015835.
22. VFDB. *Merkblatt Empfehlung für den Feuerwehreinsatz zur Einsatzhygiene bei Bränden* [online], 2014 [Zugriff am: 19. Juni 2019]. Verfügbar unter: https://www.vfdb.de/fileadmin/download/merkblatt/MB_Einsatzhygiene_2014-03.pdf

Anhang

Freiwillige Feuerwehr Dachau – AT-Werstatt -



Anlieferungsschein PA – Geräte

Feuerwehr	<input type="checkbox"/> Einsatz am <input type="checkbox"/> Übung am
Einsatzart	<input type="checkbox"/> Brand <input type="checkbox"/> Technische Hilfeleistung <input type="checkbox"/> Gefahrguteinsatz <input type="checkbox"/> Strahlenschutz Einsatz
Gefährliche Stoffe, außer Brandrauch in der Umluft?	<input type="checkbox"/> nein <input type="checkbox"/> ja (betroffene Geräte angeben)
Stoffname <small>(mit Stoff-/UN-Nr. falls bekannt)</small>	

Geräte-Nr.	Masken-Nr.	Name des Träger	Festgestellte Mängel	Kontamination
				<input type="checkbox"/> ja
				<input type="checkbox"/> ja
				<input type="checkbox"/> ja
				<input type="checkbox"/> ja
				<input type="checkbox"/> ja
				<input type="checkbox"/> ja
				<input type="checkbox"/> ja
				<input type="checkbox"/> ja
				<input type="checkbox"/> ja
				<input type="checkbox"/> ja

(Datum)

(Name/Funktion)

(Unterschrift)