

BRANDSCHUTZ- FORSCHUNG

DER BUNDESLÄNDER

BERICHTE

**Untersuchung der realen
thermischen Belastung von
persönlicher Schutzausrüstung
bei der Brandbekämpfung in
Gebäuden und anderen
geschlossenen Räumen**

191

Ständige Konferenz der Innenminister und -senatoren der Länder,
Arbeitskreis V, Ausschuss für Feuerwehrangelegenheiten,
Katastrophenschutz und zivile Verteidigung

Ständige Konferenz der Innenminister und -senatoren der Länder,
Arbeitskreis V, Ausschuss für Feuerwehrrangelegenheiten,
Katastrophenschutz und zivile Verteidigung

Forschungsbericht Nr. 191

**Untersuchung der realen thermischen Belastung von persönlicher
Schutzausrüstung bei der Brandbekämpfung in Gebäuden und
anderen geschlossenen Räumen**

von

Dr.-Ing. Michael Neske

Institut für Brand- und Katastrophenschutz Heyrothsberge
Abteilung Forschung - Institut der Feuerwehr -

Heyrothsberge
August 2019

BERICHTS-KENNBLATT

BERICHTSNUMMER: 191	TITEL DES BERICHTES: Untersuchung der realen thermischen Belastung von persönlicher Schutzausrüstung bei der Brandbekämpfung in Gebäuden und anderen geschlossenen Räumen	ISSN: 0170-0060	
AUTOREN: Dr.-Ing. Michael Neske	DURCHFÜHRENDE INSTITUTION: Institut für Brand- und Katastrophenschutz Heyrothsberge Biederitzer Straße 5 D-39175 Biederitz, OT Heyrothsberge Direktor: Ltd. BrD Frank Mehr		
NUMMER DES AUFTRAGES: 92 (3/2016) IdF	AUFTRAG GEBENDE INSTITUTION: Ständige Konferenz der Innenminister und -senatoren der Länder, Arbeitskreis V - Ausschuss für Feuerwehrangelegenheiten, Katastrophenschutz und zivile Verteidigung		
DATUM DES BERICHTES: Mai 2019			
SEITENZAHL: 39	BILDER: 23	TABELLEN: 10	LITERATURVERWEISE: 9
<p>KURZFASSUNG:</p> <p>Aufgrund der Erarbeitung der ISO 17420 und deren Einführung Teil 1 in den kommenden Jahren, verändert sich die Normungssituation, respektive auch die Parameter in Prüfnormen, für Atemschutzgeräte für die Brandbekämpfung im Innenangriff. Kern dieser Veränderungen ist die Tatsache, dass Atemschutzgeräte für die Innenbrandbekämpfung gemäß der dann gültigen Norm künftig in zwei unterschiedlichen „Temperaturstufen“ zertifiziert werden. Die mit der Beschaffung von Atemschutzgeräten beauftragten Personen werden dann auf der Basis von Gefährdungsanalysen und –beurteilungen entscheiden müssen, nach welcher „Temperaturstufe“ Pressluftatmer und Vollmasken zu beschaffen sind. Da zum Teil ungeklärt ist, wie hoch die Temperaturen im Innenangriff tatsächlich sind, waren Messungen zu den Wärmeexpositionsbedingungen durchzuführen. Um die Temperaturbedingungen bei der Brandbekämpfung im Innenangriff messtechnisch erfassen zu können, musste ein aus Einzelkomponenten bestehendes Messsystem konfiguriert und unter Berücksichtigung der Bedingungen des rauen Feuerwehrralltages getestet werden. Die Feuerwehren Berlin, Bochum, Bremen, Frankfurt am Main und Hamburg konnten von der Wichtigkeit der Untersuchungen überzeugt werden und unterstützen das Projekt aktiv. Die Messtechnikkomponenten wurden an einzelnen Pressluftatmern der beteiligten Feuerwehren angebracht und ermöglichten die Erfassung von zeitabhängigen Temperaturverläufen bei der Innenbrandbekämpfung. Trotz des enormen Aufwandes für alle Beteiligten und der Verlängerung des Projektes, um die Datenlage zu verbessern, gelang es lediglich bei 10 Innenangriffen, Messwerte zu erfassen. Die gemessene Maximaltemperatur lag kurzzeitig bei 107,2 °C. Außerdem wurden drei Temperaturverläufe in Heißübungsanlagen erzeugt. Die Maximaltemperatur lag hier bei 132,6 °C. Durch die geringe Anzahl von gewonnenen Messdaten lassen sich daher keine allgemeingültigen Schlüsse zur Höhe der Temperaturbelastung bei der Brandbekämpfung im Innenangriff ziehen.</p>			
<p>SCHLAGWÖRTER: Brandbekämpfung, Innenangriff, Feuerwehr, Temperatur, Wärmestrahlung, ISO 17420, EN 136, EN 137, Atemschutzgerät, Pressluftatmer, Vollmaske, Lungenautomat, Wärmeexpositionsbedingungen</p>			

Inhaltverzeichnis

Tabellenverzeichnis	3
Abbildungsverzeichnis	3
Abkürzungsverzeichnis	5
Symbole	5
1 Ausgangssituation	7
2 Normung von Atemschutzgeräten auf ISO-Ebene	9
3 Experimente mit Atemschutzgeräten bei der DMT	15
3.1 Ergebnisse Versuch 1.....	16
3.2 Ergebnisse Versuch 2.....	16
3.3 Ergebnisse Versuch 3.....	17
3.4 Ergebnisse Versuch 4.....	17
3.5 Ergebnisse Versuch 5.....	18
3.6 Bewertung der Ergebnisse	18
4 Gewinnung von Feuerwehren zur Teilnahme am Projekt	19
5 Personengetragene Messtechnik	20
5.1 Datenlogger zum Aufzeichnen der Messwerte.....	22
5.2 Tasche zur Aufbewahrung des Datenloggers	22
5.3 Kabelschuttschlauch zur Fixierung von Kabeln	23
5.4 Anbringung des Thermoelementes an der Manometerleitung.....	24
5.5 Messsystem im Überblick und organisatorische Vorgehensweise bei den Feuerwehren	25
6 Messergebnisse	27
7 Zusammenfassung	29
Literaturverzeichnis	32
Anhang	33

Tabellenverzeichnis

Nr.:	Bezeichnung	Seite
2.1	Workrates nach ISO 17420	11
2.2	Atemanschlüsse nach ISO 17420	11
2.3	Atemschutzgeräte für spezielle Einsätze	12
2.4	Atemschutzgeräte für Feuerwehreinsätze	12
2.5	Klassifizierung nach ISO 17420	12
2.6	Vergleich der Prüfanforderungen nach EN 136 /137 und ISO 17420	13
3.1	Versuchsregime in Anlehnung an ISO 17420 und ISO 16900-10	15
3.2	Prüfkörper für DMT-Experimente	16
3.3	Grenzwerte für Atemwiderstände bei sinusförmiger Veratmung mit einer Veratmungsrage von 50 l/min (2 l/Hub, 25 Hübe/min) nach DIN EN 137 bei der Beflammung	17
5.1	Technische Daten des Datenloggers DK315 rugged	22

Abbildungsverzeichnis

Nr.:	Bezeichnung	Seite
2.1	Schematische Darstellung der ISO-Standardisierung von Atemschutzgeräten	9
2.2	Auswahl von Atemschutzgeräten durch Gefährdungsbeurteilungen	10
5.1	Datenlogger DK315 rugged der Firma Driesen&Kern in verschiedenen Ansichten	22
5.2	Tasche des Safety Belts der Firma Dräger in verschiedenen Ansichten	23
5.3	Textiler Kabelschutzschlauch HELAHOOK15	24
5.4	Anbringung des Thermoelementes auf der Mitteldruckleitung	24
5.5	Gesamtansicht der Anbringung der Messtechnik am Pressluftatmer	25
6.1	Zeitabhängiger Temperaturverlauf bei der Innenbrandbekämpfung (Wohnungsbrand mit Menschenrettung)	28

6.2	Zeitabhängiger Temperaturverlauf bei der Innenbrandbekämpfung (Brand in einer Pflegeeinrichtung)	28
A.1	Zeitabhängiger Temperaturverlauf bei der Innenbrandbekämpfung (Entstehungsbrand)	33
A.2	Zeitabhängiger Temperaturverlauf bei der Innenbrandbekämpfung (Entstehungsbrand)	33
A.3	Zeitabhängiger Temperaturverlauf bei der Innenbrandbekämpfung (Wohnungsbrand 3. OG)	34
A.4	Zeitabhängiger Temperaturverlauf bei der Innenbrandbekämpfung (Wohnungsbrand 3. OG)	34
A.5	Zeitabhängiger Temperaturverlauf bei der Innenbrandbekämpfung (Wohnungsbrand)	35
A.6	Zeitabhängiger Temperaturverlauf bei der Innenbrandbekämpfung (Feuer in Haftzelle)	35
A.7	Zeitabhängiger Temperaturverlauf bei der Innenbrandbekämpfung (Entstehungsbrand)	36
A.8	Zeitabhängiger Temperaturverlauf bei der Innenbrandbekämpfung (Wohnungsbrand)	36
A.9	Zeitabhängiger Temperaturverlauf bei der PKW-Brandbekämpfung	37
A.10	Zeitabhängiger Temperaturverlauf bei der PKW-Brandbekämpfung	37
A.11	Zeitabhängiger Temperaturverlauf beim Austritt von Heißdampf aus einer Fernwärmanlage	38
A.12	Zeitabhängiger Temperaturverlauf bei einem Durchgang in einer Heißübungsanlage	38
A.13	Zeitabhängiger Temperaturverlauf bei einem Durchgang in einer Heißübungsanlage	39
A.14	Zeitabhängiger Temperaturverlauf bei einem Durchgang in einer Heißübungsanlage	39

Abkürzungsverzeichnis

AFKzV	„Ausschuss Feuerwehrangelegenheiten, Katastrophenschutz und zivile Verteidigung“ des Arbeitskreises V der Ständigen Konferenz der Innenminister und –senatoren der Länder
AGBF	Arbeitsgemeinschaft der Leiter der Berufsfeuerwehren
BBK	Bundesamt für Bevölkerungsschutz und Katastrophenhilfe
DFV	Deutscher Feuerwehrverband
DIN EN	von Deutschland übernommene europäische Norm
IBK	Institut für Brand- und Katastrophenschutz
IMK	Innenministerkonferenz
ISO	International Organization for Standardization
PSA	Persönliche Schutzausrüstung
THW	Bundesanstalt Technisches Hilfswerk
vfdb	Vereinigung zur Förderung des Deutschen Brandschutzes e.V.

Symbole

t_{Einsatz}	Zeit für Einsatzhandlungen in wärmeexponierten Bereichen in Minuten
T_{Umgebung}	Umgebungstemperatur in °C
T_{max1}	Maximaltemperatur im Temperaturverlauf 1 in °C
T_{max2}	Maximaltemperatur im Temperaturverlauf 2 in °C
\dot{q}	Strahlungswärmestromdichte in kW/m ²

1 Ausgangssituation

Ausgelöst durch den folgenschweren Unfall an der Universität Göttingen, in dessen Folge ein Atemschutzgeräteträger tragisch zu Tode kam, wurde in Feuerwehrcreisen die Frage der thermischen Belastbarkeit der Komponenten der Atemschutzausrüstung kontrovers und emotional diskutiert. Um die daraus resultierenden Fragestellungen zu beantworten, wurde durch den AFKzV ein Forschungsprojekt mit insgesamt drei Teilschritten initiiert (siehe hierzu die IMK-Berichte 161, 168 und 179) [Grabski et al. 2010] [Starke und Neske 2013] [Starke und Neske 2014]. Ein Ziel der Untersuchungen war es, ein maßgebliches thermisches Belastungsprofil für den Innenangriff zu entwickeln. Durch die Tatsache, dass durch arbeitsschutzrechtliche Vorgaben keine Messungen bei Feuerwehreinsätzen durchgeführt werden konnten, wurden bei der Erstellung des Temperaturprofils sehr konservative Annahmen hinsichtlich Temperatur und Wärmestrahlung getroffen. Es zeigte sich, dass im Innenangriff mit Temperaturen von 120 °C bis 160 °C über einen Zeitraum von 10 Minuten zu rechnen ist [Neske 2015]. Auf der Basis des Belastungsprofils wurden dann Experimente mit den üblicherweise bei Feuerwehren eingesetzten Pressluftatmern, Vollmasken und Lungenautomaten durchgeführt.

Nach Beendigung aller Arbeiten wurde im Projektbegleitenden Ausschuss eine umfangreiche Abschlussbewertung formuliert. Daraus ging unter anderem hervor:

1. „[...] Im Ergebnis kann daher festgestellt werden, dass unter den üblicherweise auf Atemschutzgeräteträger und Pressluftatmer im Einsatz einwirkenden thermischen Belastungen bei den untersuchten Geräteensembles und bei taktisch richtigem Vorgehen keine Bedenken für deren Verwendung im Feuerwehreinsatz bestehen. [...]“
2. „[...] Das Referat 8 der vfdb wird um Prüfung gebeten, ob die Forschungsergebnisse des Forschungsauftrages 168 Auswirkungen auf die DIN EN 137 haben können. [...]“

Der Autor des hier vorliegenden Zwischenberichtes fasste dann alle vorliegenden Untersuchungsergebnisse in Form einer Tischvorlage für die Mitglieder verschiedener Normungsgremien zusammen. Ziel dieser Maßnahme war es, mit Hilfe der gewonnenen Erkenntnisse dafür Sorge zu tragen, dass die z.B. in der DIN EN 137 formulierten thermischen Prüfbedingungen (insbesondere Temperatur und Prüfzeit) angehoben werden. Die Ergebnisse wurden dort zur Kenntnis genommen und sollen bei der Revision der Norm berücksichtigt werden.

Parallel zur europäischen Normung wurden zwischenzeitlich auch internationale Normungsbestrebungen in Gang gesetzt. Diese verfolgen das Ziel, die Normen für Pressluftatmer, Vollmasken und Lungenautomaten auf internationaler Ebene in Form der ISO 17420 Teil 1 zu vereinheitlichen. Auch von dem mit der Erarbeitung der ISO 17420 Teil 1 beauftragten Gremium wurden die Ergebnisse der IMK-Forschung zur Kenntnis genommen. Es wurde jedoch weiterer Forschungsbedarf reklamiert. „Hauptkritikpunkt“ war, dass im Rahmen aller durchgeführten Untersuchungen ausschließlich Messwerte aus Heißübungen (Brandübungscontainer und Feuerwehrübungshäuser) und der internationalen Fachliteratur berücksichtigt wurden. Dennoch wurde auf Initiative der deutschen Vertreter bewirkt, dass es nach ISO 17420 Teil 1 möglich sein wird, Pressluftatmer in zwei Temperaturklassen zu normen (180 °C und 260 °C, siehe auch Kapitel 2).

Ziel des hier vorgestellten Projektes war es daher, die Wärmeexpositionsbedingungen bei Feuerwehreinsätzen mit Innenangriff (zeitabhängige Temperaturverläufe) zu messen und die Erkenntnislücke zur Wärmebelastung bei Einsätzen zu schließen. Dafür sollten Messtechnikkomponenten ausgewählt und erprobt werden, die an der PSA von Feuerwehreinsatzkräften angebracht werden können und das Aufzeichnen entsprechender Messwerte ermöglichen.

Aus den Forschungsergebnissen der IMK-Projekte mit den Berichtsnummern 161, 168 und 179 geht hervor, dass sowohl die untersuchten fabrikneuen als auch die gebrauchten, kurz vor der Ausmusterung stehenden Pressluftatmer, Vollmasken und Lungenautomaten bei Prüftemperaturen von 180 °C über einen Zeitraum von 10 min störungsfrei funktionierten, obwohl dies gemäß Norm nur im Temperaturbereich von -30 °C bis 60 °C der Fall sein müsste. Gleichzeitig wurde in der Abschlussbewertung des Projektbegleitenden Ausschusses die Eignung der Geräte für den Innenangriff festgestellt. Dies bestätigte auch die durchgeführten Erhebungen bei gut 1200 deutschen Feuerwehren. Die Ergebnisse des laufenden Projektes sollen die auf der Basis von Recherchen und Messungen in Brandübungsanlagen erzielten Resultate der Vorgängerprojekte bestätigen und im Hinblick auf die zukünftigen Normen die Beschaffer von PSA in die Lage versetzen, anhand von objektiven Messwerten, entsprechend geeignete Produkte einer bestimmten Temperaturklasse zu beschaffen.

2 Normung von Atemschutzgeräten auf ISO-Ebene

Auf ISO-Ebene wird künftig der Ansatz verfolgt: weg von der produktbeschreibenden Normung, hin zur leistungsorientierten Normung (zur Festschreibung der Eigenschaften von Geräten). Typische Leistungsmerkmale sind hierbei:

- Atemluftvorrat,
- Atemwiderstand und
- Atemluftverbrauchsraten.

Nach der Festlegung der Eigenschaften eines Atemschutzgerätes ist es anschließend erforderlich, die ausgewählten Leistungsmerkmale anhand von Prüfnormen adäquat zu testen. Beispielhaft sei hier die ISO 16900-10 (Atemschutzgeräte - Prüfverfahren und Prüfausrüstung: Widerstand gegen Entzündung, Beflammung, Wärmestrahlung und Wärme) genannt.

Weltweit sind derzeit mehr als 60 Produktstandards für Atemschutzgeräte im Verkehr. Künftig soll es jedoch nur noch zwei anwendungsorientierte Eigenschaftsstandards für Atemschutzgeräte geben. Dies sind neben der ISO 17420 Teil 1 über „Allgemeine Anforderungen an Atemschutzgeräte“:

- ISO 17420 Teil 2 - gasliefernde Atemschutzgeräte,
- ISO 17420 Teil 4 - filtrierende Atemschutzgeräte [Drews 2019].

Im Fokus steht dabei, dass im Kontext der ISO-Standardisierung von Atemschutzgeräten der Anwender im Mittelpunkt steht und dass er gezielt gegen die Gefahren seines Arbeitsumfeldes geschützt werden soll (siehe Bild 2.1) [Drews 2015].

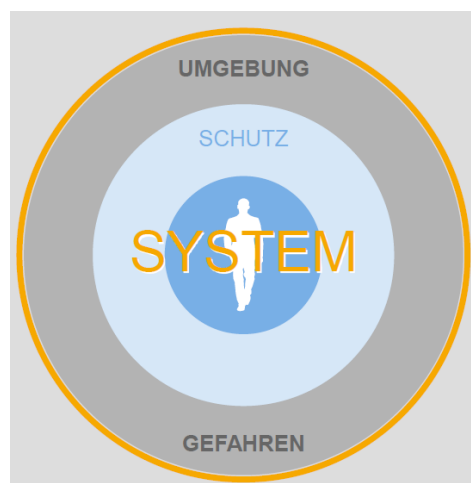


Bild 2.1: Schematische Darstellung der ISO-Standardisierung von Atemschutzgeräten [Drews 2015]

Das bedeutet, dass für den Anwender und sein Arbeitsumfeld im nächsten Schritt ein entsprechendes Atemschutzgerät ausgewählt und beschafft werden muss (siehe Bild 2.2) [Drews 2015].

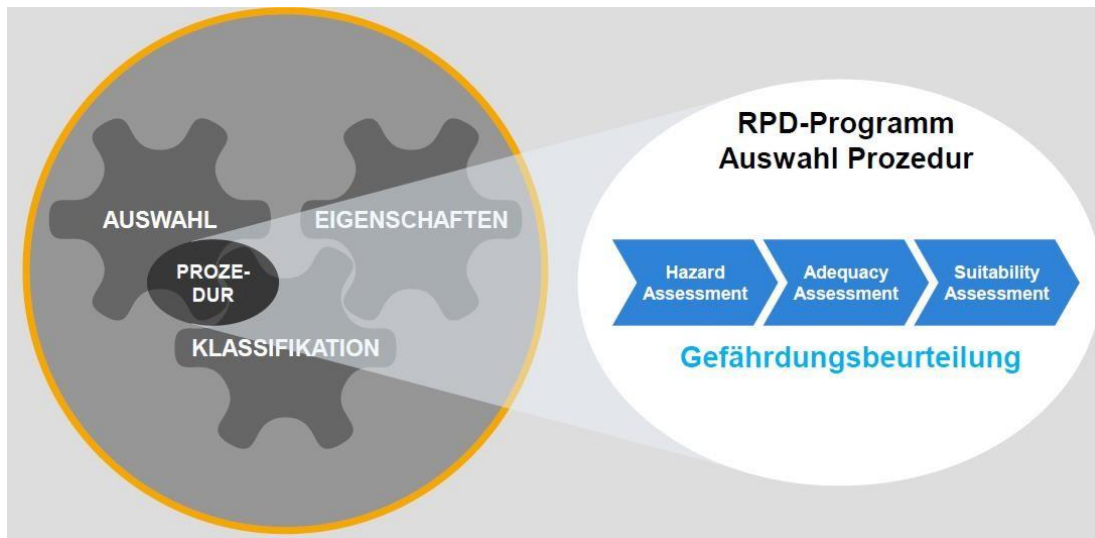


Bild 2.2: Auswahl von Atemschutzgeräten durch Gefährdungsbeurteilungen [Drews 2015]

Der Anwendungsbereich umfasst erstmals alle möglichen Träger von Atemschutzgeräten im arbeitsfähigen Alter, die hinsichtlich ihrer Abmessungen im Bereich vom 5 % bis 95 % Perzentil liegen (Gauss'sche Normalverteilung). Dementsprechend werden in entsprechenden Prüfnormen beispielsweise für Atemschutzmasken fünf unterschiedliche Prüfkopfformen angeboten.

Im Bereich des Atemschutzes sind dies komplexe Atemschutzsysteme und nicht nur Einzelkomponenten. Das bedeutet, dass mithilfe eines einheitlichen Klassifizierungsmodells Atemschutzgeräte für verschiedene Einsatz Tätigkeiten der Feuerwehren eingestuft werden. Atemschutzgeräte müssen künftig in eine der Schutzklassen (Protection class – PC) PC1 bis PC6 eingeteilt werden. Hierbei stellt die Schutzklasse PC6 hinsichtlich der Leistungsanforderungen die höchsten Anforderungen.

Eine weitere Basiseigenschaft bei der Kennzeichnung ist die Veratmungsrate (Workrate – W). Dabei wird in Abhängigkeit von der Atemluftverbrauchsrate zwischen den Klassen 1 bis 4 unterschieden. Die Leistungsanforderungen sind in Tabelle 2.1 aufgeschlüsselt.

Tabelle 2.1: Workrates nach ISO 17420 [Drews 2015]

Workrate	Arbeitsschwere	Atemluftverbrauchsrate
W4	Maximal	maximal 135 l/min *
W3	Extrem schwer	105 l/min
W2	Sehr schwer	65 l/min
W1	Mäßig	35 l/min

* nur für 5 Minuten

Für Atemanschlüsse (Respiratory interface) wird künftig die in Tabelle 2.2 dargestellte Einteilung vorgenommen.

Tabelle 2.2: Atemanschlüsse nach ISO 17420 [Drews 2015]

Class	Respiratory Interface (RI)	Befestigung
a	Mund - Mundstück	T – tight/dicht anliegend
		L – loose/leicht anliegend
b	Mund und Nase - Halbmaske	T – tight/dicht anliegend
		L – loose/leicht anliegend
c	Gesicht – Vollmaske*	T – tight/dicht anliegend
		L – loose/leicht anliegend
d	Kopf - Haube	T – tight/dicht anliegend
		L – loose/leicht anliegend
e	Körper - Schutzanzug	T – tight/dicht anliegend
		L – loose/leicht anliegend

* Es werden in ferner Zukunft ausschließlich Masken in Überdruckausführung genormt.

Für spezielle Einsätze können die Anwender Atemschutzgeräte mit besonderen Eigenschaften auswählen (siehe Tabelle 2.3).

Tabelle 2.3: Atemschutzgeräte für spezielle Einsätze [Drews 2015]

Fire Fighting	CBRN	Mining	Marine	Abrasive Blasting	Welding	Escape
FF	CBRN	MN	MA	AB	WE	Es

Auf Feuerwehreinsätze bezogen ist die Kategorie FF (Fire Fighter) zusätzlich unterteilt (siehe Tabelle 2.4) und bietet dem Anwender damit zusätzliche Auswahlmöglichkeiten für die Beschaffungsvorgänge.

Tabelle 2.4: Atemschutzgeräte für Feuerwehreinsätze [Drews 2015]

FF5	Innenangriff R2
FF4	Innenangriff R1
FF3	Gefahrstoff
FF2	Rettung
FF1	Waldbrand

Fasst man die in diesem Kapitel vorgestellten Einzelanforderungen zusammen, kann sich der Anwender analog eines „Baukastensystems“ Atemschutzausrüstungen für seinen Einsatzzweck konfigurieren (siehe Tabelle 2.5).

Tabelle 2.5: Klassifizierung nach ISO 17420 [Drews 2015]

PC	+	W	+	RI	+	Filtergerät	+	FF, CBRN, MN, MA, AB, WE, ES
						Behältergeräte (Source)		

FF=Fire fighting; CBRN=ABC-Einsatz, MN=Mining, MA=Marina, AB=Abrasive blasting, WE=Welding, ES=Escape

Denkbare Konfigurationen für Atemschutzgeräte, die bei der Brandbekämpfung im Innenangriff verwendet werden können, würden dann analog Tabelle 2.5 beispielsweise folgende Codes aufweisen:

- **PC5 W3 cT S1600 FF4** (Pressluftatmer der Schutzklasse 5, Atemluftverbrauchsrate von bis zu 105 l/min, dicht anliegende Vollmaske, Pressluftflasche mit 1600 l Luftvorrat (entspricht einer 6 l Pressluftflasche mit einem Druck von 300 bar), FF4 symbolisiert die Eignung für die Innenbrandbekämpfung)

- **PC5 W4 cT S1600 FF5** (Pressluftatmer der Schutzklasse 5, Atemluftverbrauchsrate von bis zu 135 l/min, dicht anliegende Vollmaske, Pressluftflasche mit 1600 l Luftvorrat (entspricht einer 6 l Pressluftflasche mit einem Druck von 300 bar), FF5 symbolisiert die Eignung für die Innenbrandbekämpfung).

Die beiden genannten Ensembles von Atemschutzgeräten unterscheiden sich wiederum z.B. in den Parametern FF4 und FF5. Die hinterlegten Unterschiede zeigen sich erst bei genauer Betrachtung der in Tabelle 2.6 aufgeführten Prüfparameter.

Tabelle 2.6: Vergleich der Prüfanforderungen nach EN 136/137 und ISO 17420 [Drews 2015]

Parameter	<u>EN 137 / EN 136</u>	<u>FF4 nach ISO 17420-1</u>	<u>FF5 nach ISO 17420-1</u>
Atemluftverbrauch	50 l/min	105 l/min	bis zu 135 l/min
Temperature of operation	<u>Konditionieren*</u> -30 °C bis +70 °C	<u>Temp.-Level 0**</u> -32 °C bis +71 °C	<u>Temp.-Level 0**</u> -32 °C bis +71 °C
	-	<u>Temp.-Level 1**</u> 100 °C über 30 min	<u>Temp.-Level 1**</u> 100 °C über 30 min
	<u>Beflammung*</u> 90 °C über 15 min und Flame engulfment (950 ± 50) °C)	<u>Temp.-Level 2**</u> 180 °C über 5 min und Flame engulfment (950 ± 50) °C)	<u>Temp.-Level 2**</u> 90 °C über 15 min und Flame engulfment (950 ± 50) °C)
	-	-	<u>Level 3**</u> 260 °C über 5 min und Flame engulfment (950 ± 50) °C)
Wärmestrahlungs- exposition	-	<u>Radiant Heat Level 1**</u> 1,25 kW/m ² über 30 min****	<u>Radiant Heat Level 1**</u> 1,25 kW/m ² über 30 min****
	<u>Beständigkeit gegen Wärmestrahlung* ***</u> 8 kW/m ² über 20 min	<u>Radiant Heat Level 2**</u> 8 kW/m ² über 5 min ****	<u>Radiant Heat Level 2**</u> 8 kW/m ² über 5 min****
Thermoman-Test	-	-	obligatorisch

* Bezeichnung nach EN 136 und EN 137

** Bezeichnung nach ISO 17420

*** Es werden ausschließlich der Atemschlauch (die Atemschläuche), der (die) zur Vollmaske führt (führen), die Mitteldruckleitung(en) und der Lungenautomat geprüft

**** Geprüft wird das gesamte auf einem Drehteller befindliche Ensemble (inkl. Druckbehälter)

Gegenübergestellt sind in Tabelle 2.6 die in den bislang für Pressluftatmer und Vollmasken gültigen Normen EN 137 und EN 136 vorgesehenen Prüfparameter. Sie stel-

len den Stand der derzeitigen Normungssituation dar. Die Tabelle zeigt, dass die Prüfungen nach ISO 17420 hinsichtlich der Wärmeexpositionsbedingungen zum Teil erheblich oberhalb der Bedingungen nach EN liegen. Pressluftatmer nach EN 137 müssen nachzeitigem Stand (ohne die Anpassungen der aktuell stattfindenden Revision) lediglich im Temperaturbereich von -30 °C bis +60 °C störungsfrei funktionieren. Die Konditionierung im Vorfeld des Flame engulfment Tests findet nach EN bei einer Wärmeschranktemperatur von 90 °C statt. Bei Atemschutzgeräten der Klassen FF4 und FF5 nach ISO 17420 liegen die Wärmeschranktemperaturen hingegen bei Temperaturen von 180 °C bzw. 260 °C.

Wie bereits im Kapitel 1 beschrieben, wurde im Rahmen der Experimente der IMK-Projekte mit den Berichtsnummern 161, 168 und 179 nachgewiesen, dass sowohl die untersuchten fabrikneuen als auch die gebrauchten, kurz vor der Ausmusterung stehenden Pressluftatmer, Vollmasken und Lungenautomaten bei weitaus höheren Temperaturen störungsfrei funktionieren, als sie gemäß Norm müssten. Diese im Versuchsmaßstab generierten Wärmeexpositionsbedingungen entsprechen etwa denen der Konditionierung vor dem Flame engulfment Test der Klasse FF4 nach ISO 17420. Es ist daher nicht ausgeschlossen, dass die seinerzeit untersuchten Modelle auch unter Zugrundelegung der Wärmeexpositionsbedingungen nach ISO 17420 FF4 zertifizierbar gewesen wären. Anders verhält es sich bei der Klasse FF5. Das zeigten auch erste Experimente bei der DMT GmbH & Co. KG in Dortmund (siehe Kapitel 3) [DMT 2016].

Es wird ersichtlich, dass sich durch dieses Klassifizierungsmodell Beschaffungsvorgänge komplizierter gestalten werden. Sollten die genannten Prüfbedingungen in der Norm verankert werden, stehen den deutschen Feuerwehren künftig Atemschutzgeräte in zwei unterschiedlichen Temperaturklassen für Innenangriffe zur Auswahl zur Verfügung. Mit der Veröffentlichung der ISO 17420 wird es für die mit der Beschaffung betrauten Stellen notwendig werden, eine Entscheidung zu treffen, nach welcher Temperaturklasse künftig Atemschutzgeräte beschafft werden. Diese Entscheidung wird jedoch nur auf der Basis einer Gefährdungsanalyse/ -beurteilung getroffen werden können, ohne hierfür belastbare Messwerte zur Verfügung zu haben. Diese Erkenntnislücke soll mithilfe des Forschungsprojektes geschlossen werden.

Der Veröffentlichungstermin der ISO 17420 ist derzeit noch nicht abschließend geklärt. Die bislang avisierten Zeitschienen wurden bereits mehrfach verschoben. Gründe waren die Einführung der zweiten Temperaturstufe FF4 und die zahlreichen triftigen Kommentare, die zur Ablehnung eines vorherigen Komitee-Entwurfes führten.

3 Experimente mit Atemschutzgeräten bei der DMT

Aufgrund der sich abzeichnenden Normungsbestrebungen sahen sich das vfdb-Referat 8 (Persönliche Schutzausrüstung) und drei Hersteller¹ von Atemschutzgeräten veranlasst, Experimente mit einer Auswahl ihrer Geräte durchzuführen. Ziel der Untersuchungen war die Überprüfung der Widerstandsfähigkeit gegenüber den in absehbarer Zeit normativ fixierten thermischen Leistungsmerkmalen der ISO 17420. Die konkreten Prüfungen beziehungsweise deren Umsetzung in Prüfapparaturen sind in der Prüfnormen ISO 16900-10 formuliert. Die Experimente wurden mangels zusätzlicher Forschungsmittel durch die vfdb finanziert. Die zu prüfenden Atemschutzausrüstungen wurden durch die Hersteller bereitgestellt. Die in Tabelle 3.1 beschriebenen Prüfregime wurden zuvor abgestimmt.

Tabelle 3.1 Versuchsregime in Anlehnung an ISO 17420 und ISO 16900-10 [DMT 2016]

Versuch Nr.:	Wärmeschranktemperatur in °C	Verweilzeit Wärmeschrank in min	Beflammung [ja / nein]	Falltest [ja / nein]
1	180 ^a	10 ^b	nein ^a	nein ^a
2	180 ^a	5 ^b	ja ^{bc}	ja ^{bc}
3	255 ^c	5 ^c	entfällt	entfällt
4	255 ^c	5 ^c	ja ^{bc}	ja ^{bc}
5	255 ^c	Bis zum Ansprechen des Restdruckwarners ^a	nein ^a	nein ^a

- a Festlegung durch vfdb; b entspricht den Vorgaben der DIN EN 137;
c entspricht den Vorgaben der ISO 16900-10

Die Veratmungsrate lag bei allen Experimenten bei 50 l/min (2 l/Hub, 25 Hübe/min). Tabelle 3.2 listet die nach EN 137 zertifizierten Prüflinge auf, die bei den Experimenten zum Einsatz kamen. Die nachfolgend dargestellten Ergebnisse der Experimente wurden dem Untersuchungsbericht der DMT entnommen [DMT 2016].

¹ Die Hersteller wurden anonymisiert (Hersteller A, B und C). Bildaufnahmen werden aufgrund der Anonymisierung nicht gezeigt.

Tabelle 3.2 Prüfkörper für DMT-Experimente [DMT 2016]

Versuch Nr.:	Pressluftatmer	Vollmaske	Druckbehälter
1	Normaldruck Hersteller A	Normaldruck Hersteller A	6 l, Stahl, 300 bar Hersteller A
2	Überdruck Hersteller B	Überdruck Hersteller B	6,8 l, Composite, 300 bar Hersteller B
3	Überdruck Hersteller C	Normaldruck Hersteller C	6 l, Stahl, 300 bar Hersteller C
4	Überdruck Hersteller A	Überdruck Hersteller B	6,8 l, Composite, 300 bar Hersteller B
5	Normaldruck Hersteller B	Normaldruck Hersteller B	6 l, Stahl, 300 bar Hersteller A

3.1 Ergebnisse Versuch 1

Nur am Schauglas und am Gummischutz des Monometers traten erkennbare Schäden auf. Die Schäden können als unkritisch bewertet werden, da sie nur äußerlich auftraten und den bestimmungsmäßigen Betrieb nicht beeinträchtigt haben. Die Ein- und Ausatemwiderstände lagen im Normbereich.

3.2 Ergebnisse Versuch 2

Am Druckbehälter wurde eine Nachbrennzeit von mehr als 5 s registriert. Nach Norm hätte sie maximal 5 s betragen dürfen. Weiterhin traten am Schauglas und am Gummischutz des Monometers sowie am Handrad des Lungenautomaten und am Druckbehälter erkennbare Schäden auf. Außerdem verformte sich das Einatemventil.

Mit Ausnahme der höheren Nachbrennzeit können die Beschädigungen als unkritisch (normgerecht) bewertet werden.

Die Atemwiderstände wurden wie folgt aufgezeichnet:

- Minimaler Einatemwiderstand: + 1,1 mbar
- Maximaler Ausatemwiderstand: + 6,4 mbar

Der Vergleich dieser Messwerte mit den in Tabelle 3.3 angegebenen Grenzwerten zeigt keine Überschreitung.

Tabelle 3.3: Grenzwerte für Atemwiderstände bei sinusförmiger Veratmung mit einer Veratmungsrate von 50 l/min (2 l/Hub, 25 Hübe/min) nach DIN EN 137 bei der Beflammung [Neske 2015]

Geräteausführung	Einatemwiderstand	Ausatemwiderstand
Normaldruck	≥ -7 mbar	≤ 3 mbar
Überdruck	≤ 5 mbar*	≤ 7 mbar

* Der Differenzdruck muss im Verlauf des Einatemvorgangs positiv bleiben.

3.3 Ergebnisse Versuch 3

Der Versuch musste nach 4:20 min abgebrochen werden, da sich die im Lungenautomaten eingefügte Mitteldruckleitung löste und unkontrolliert im Wärmeschrank umher-schlug. Auch die Membran im Lungenautomat wurde beschädigt. Zudem traten Beschädigungen am Schauglas und am Gummischutz des Monometers auf. Die Atemwiderstände wurden wie folgt aufgezeichnet:

- Einatemwiderstände: zwischen -11 mbar und + 1,1 mbar
- Maximale Ausatemwiderstände: zwischen + 7 mbar und +12 mbar.

Die Messwerte lagen damit außerhalb der gemäß Norm vorgegebenen Werte (siehe Tabelle 3.3).

3.4 Ergebnisse Versuch 4

An Druckbehälter und Druckanzeige wurden Nachbrennzeiten von mehr als 5 s beobachtet. Beschädigt wurden zudem das Schauglas und der Gummischutz des Monometers, der Lungenautomat sowie die Sichtscheibe (massive Aufschäumungen durch Wärmeexposition). Mit Ausnahme der höheren Nachbrennzeit können die Beschädigungen als unkritisch (normgerecht) bewertet werden. Die Atemwiderstände wurden wie folgt aufgezeichnet:

- Minimaler Einatemwiderstand: +0,4 mbar (-9,5 mbar beim Falltest)
- Maximaler Ausatemwiderstand: + 6 mbar.

Die Messwerte lagen beim Falltest außerhalb der gemäß Norm vorgegebenen Werte (siehe Tabelle 3.3).

3.5 Ergebnisse Versuch 5

Ab der sechsten Minute wurde bemerkt, dass Atemluft aus dem Pressluftatmer abströmte, was zum Versuchsabbruch führte. Nach 7:10 min sprach die Restdruckwarneinrichtung an. Die Sichtscheibe der Maske löste sich seitlich aus dem Rahmen. Es traten massive Ausschäumungserscheinungen der Sichtscheibe auf. Zusätzlich löste sich ein Sicherungsring im Lungenautomaten. Dies führte dazu, dass der Lungenautomat konstant nachdosierte, was mit massivem Luftverbrauch verbunden war. Auch die Beckenschnalle wurde infolge der Wärmeexposition beschädigt. Die Atemwiderstände wurden wie folgt aufgezeichnet:

- Maximale Einatemwiderstand: -15 mbar
- Maximaler Ausatemwiderstand: + 9 mbar.

Die Messwerte lagen damit außerhalb der gemäß Norm vorgegebenen Werte (siehe Tabelle 3.3).

3.6 Bewertung der Ergebnisse

Bei genauer Betrachtung des Temperaturregimes bei Versuch 1 (180 °C über 10 Minuten) fällt auf, dass es dem Versuchsregimes 3 der vom IBK in den IMK-Berichten 168 und 179 formulierten Wärmeexpositionsbedingungen weitestgehend entsprach (im Versuchsregime 3 der IMK-Berichte lag die Versuchszeit sogar bei 15 min). In den Berichten wurde die Eignung der damals untersuchten Atemschutzgeräte für die Brandbekämpfung im Innenangriff gezeigt (siehe auch Feststellung des AFKzV im Kapitel 1 dieses Berichtes). Diese Eignung, jedoch unter Verwendung anderer Geräteensembles, wurde bei den Experimenten bei der DMT aus Sicht des Autors dieses Berichtes bestätigt, auch wenn die Anzahl der Experimente sehr gering war. Es ist daher nicht ausgeschlossen, dass die bei der DMT untersuchten Atemschutzgeräte den Prüfbedingungen des „Temperature-Level 2A1“ – respektive Kennung FF4 – nach ISO 17420 widerstehen (180 °C über 5 Minuten). Ferner ist nicht ausgeschlossen, dass die nach ISO 17420 – respektive Kennung FF4 – vorgeschriebene Wärmestrahlungsprüfungen

„Radiant Heat Level 1“ (1,25 kW/m² über 30 Minuten) und Radiant Heat Level 2“ (8 kW/m² über 5 Minuten) bestanden werden, denn nach EN 136 und 137 ist bereits eine ähnliche Prüfung obligatorisch (8 kW/m² über 20 Minuten), die höhere Anforderungen an den Wärmeübergang aufweist. Hinzugefügt sei an dieser Stelle, dass sich die Wärmestrahlungsprüfungen auf EN- und ISO-Ebene unterscheiden. Neu im Vergleich zur Prüfung nach EN ist bei der ISO-Prüfung, dass der Prüfstand um eine schräg von oben einwirkende Wärmestrahlungsquelle ergänzt wurde. Neu nach ISO ist außerdem, dass die Prüfobjekte auf einem Drehteller vor den Wärmestrahlungsquellen positioniert werden und vor Selbigen rotieren. In Bezug auf die Kennung FF4 kann abschließend festgehalten werden, dass die untersuchten Modelle die gestellten Anforderungen voraussichtlich – gegebenenfalls mit geringen Änderungen – erfüllen werden können.

Anders verhält es sich bei Zugrundelegung der Anforderungen und Prüfungen nach Kennung FF5. Dies zeigen die Versuche 3, 4 und 5. Hier kam es zu vergleichsweise starken Beschädigungen infolge der starken Wärmeexposition. Es kann festgehalten werden, dass die Wärmewiderstandsfähigkeit der untersuchten Geräte nicht vollständig gegeben war.

4 Gewinnung von Feuerwehren zur Teilnahme am Projekt

Um die experimentellen Untersuchungen auftragsgemäß durchführen zu können, mussten die Feuerwehren von der Notwendigkeit des Projektes überzeugt und zur Teilnahme bewogen werden. Da der Impuls zum Start dieses Projektes vom vfdb-Referat 8 (Persönliche Schutzausrüstung) ausging und über das Innenministerium Nordrhein-Westfalen im AFKzV zur Bearbeitung eingereicht wurde, war es zielführend, bei den Mitgliedern deren mögliche Teilnahme zu erfragen. Die Mitglieder im Referat sind Vertreter folgender Einrichtungen:

- BBK, THW,
- die Hersteller: Dräger, MSA Auer, Interspiro, Bartels und Rieger, Schuberth Helme, Isotemp, 3M, Rosenbauer,
- die Feuerwehren: Essen, Bochum, Berlin, Chemnitz, Bremen, Hamburg, Marburg, München, Frankfurt/Main, Graz, Winterthur,
- die Werkfeuerwehren: Merck, Currenta,

- die Landesfeuerwehrschulen: Baden-Württemberg, Hessen, Rheinland-Pfalz, Sachsen und Sachsen-Anhalt,
- die Unfallkassen: Hanseatische Feuerwehrunfallkasse Nord, Unfallkasse Baden-Württemberg,
- die Prüfinstitute: Hohenstein Institute (maßgebliche deutsche Prüfeinrichtung für Feuerweherschutzbekleidung, Helme, Schuhe), DEKRA Exam GmbH,
- die Verbände: DFV, Landesverband der Freiwilligen Feuerwehren Südtirols, Schweizerischer Feuerwehrverband, AGBF,
- das Bayerische Staatsministerium des Innern.

Durch diese breit gefächerte personelle Zusammensetzung des Referates war es möglich, die im Kapitel 1 vorgestellte Problemstellung mit den Mitgliedern ausführlich zu diskutieren. Der Thematik wurde eine hohe Priorität eingeräumt. Daher wurden die im Referat anwesenden Vertreter der Feuerwehren um Prüfung ihrer Teilnahme am Forschungsprojekt gebeten. Nach intensiven Gesprächen gelang es, die Feuerwehren Berlin, Bochum, Bremen, Frankfurt am Main und Hamburg in die Untersuchungen einzubinden. Den Feuerwehren kam dabei unter anderem die Aufgabe zu, Feuerwachen zu benennen, in deren Einzugsbereich ihrer Erfahrung nach mit einem hohen Aufkommen an Innenangriffen zu rechnen ist. Bedingt durch das Anbringen von personengetragener Messtechnik an der PSA der Feuerwehreinsatzkräfte, waren bei den Feuerwehren im Vorfeld der Untersuchungen Gefährdungsanalysen/ -beurteilungen und intensive Diskussionen in verschiedenen Arbeitsgruppen erforderlich. Unteretzt wurden diese Untersuchungen durch Trageversuche und Betrachtungen zum Explosionsschutz. An dieser Stelle sei allen Beteiligten herzlich für die Mitwirkung, das große Engagement und die geleistete Arbeit auf allen Ebenen gedankt.

5 Personengetragene Messtechnik

Bei der Instrumentierung von Feuerwehreinsatzkräften mit personengetragener Messtechnik mussten folgende Prämissen berücksichtigt werden:

1. kleine Abmessungen und geringes Gewicht aller Bauteile,
2. robuste Bauweise (Schutz vor mechanischer Beschädigung),
3. leichte Bedienbarkeit,
4. hohe Speicherkapazität für Temperaturmesswerte,
5. lange Akkulaufzeit,

6. „feuerwehraugliche“ Ausführung (Feuchtigkeits- und Wärmebeständigkeit, permanente schwer entflammbare Ausführung aller Komponenten),
7. keine Einschränkung der Beweglichkeit (Arbeitsschutz),
8. der Messfühler muss auf der Vorderseite der Einsatzkraft (da diese Seite in der Regel am längsten und intensivsten wärmeexponiert ist) etwa in Höhe des Lungenautomaten angebracht sein.

Erschwerend kam hinzu, dass keine fertig konfigurierte Messtechnik verfügbar war, die den oben genannten Prämissen entsprach. Daher wurden mit diversen Einzelkomponenten in zahlreichen Testversuchen im Feuerwehrübungshaus des IBK Heyrothsberge experimentiert, um ein störungsfrei arbeitendes Gesamtsystem zu konstruieren.

Zuvor wurde intensiv nach einem möglichen Anbringungsort an der PSA der Feuerwehreinsatzkraft gesucht. Aufgrund des Schichtsystems der Einsatzkräfte und der begrenzten Anzahl der zu beschaffenden Datenlogger ist es nicht möglich, jede potentiell einsatzbereite Einsatzkraft messtechnisch auszustatten (z.B. an der Feuerwehrüberjacke oder dem Feuerwehrhelm). Nach umfangreichen Vorbetrachtungen und -versuchen kam als Anbringungsort daher nur der Pressluftatmer (auf der Manometerleitung) infrage. Der Vorteil dieses Anbringungsortes ist, dass

- die Feuerwehreinsatzkraft im Einsatzfall lediglich das bereits fertig instrumentierte, im Stand-by-Modus befindliche Atemschutzgerät anlegen muss und die Einsatzhandlungen vornehmen kann.
- die gesamte Messtechnik nach dem Einsatz am Pressluftatmer belassen werden kann, da sie „fest“ verbaut ist.
- die Messtechnik auch während der Prüfung in der Atemschutzwerkstatt installiert bleiben kann (geringer Mehraufwand für die Kollegen in den Atemschutzwerkstätten, die die Geräte nach dem Einsatz einer obligatorischen Prüfung unterziehen).

Da die beteiligten Feuerwehren über unterschiedliche Pressluftatmermodelle verfügen, wurden fallspezifische Modifikationen notwendig. Zu berücksichtigen war ferner, dass die instrumentierten Pressluftatmer in die Halterungen auf den Löschfahrzeugen passen mussten.

Das Messsystem besteht im Wesentlichen aus den nachfolgend aufgeführten Einzelkomponenten. Die Funktionsgenauigkeit und die Validität der generierten Messwerte wurden im Feuerwehrübungshaus und bei zahlreichen Versuchsbränden am IBK Heyrothsberge mit einem redundanten Messsystem überprüft.

5.1 Datenlogger zum Aufzeichnen der Messwerte

Kernstück des Messsystems ist ein Datenlogger der Firma Driesen&Kern. Er verfügt mittig über einen Anschluss, an den ein Thermoelement beziehungsweise eine Ausgleichsleitung angeschlossen werden kann. Aufgrund der limitierten Finanzmittel konnten nur 30 Datenlogger beschafft und den Feuerwehren ausgehändigt werden. Die technischen Daten und Ansichten aus unterschiedlichen Perspektiven zeigen das Bild 5.1 sowie die Tabelle 5.1.

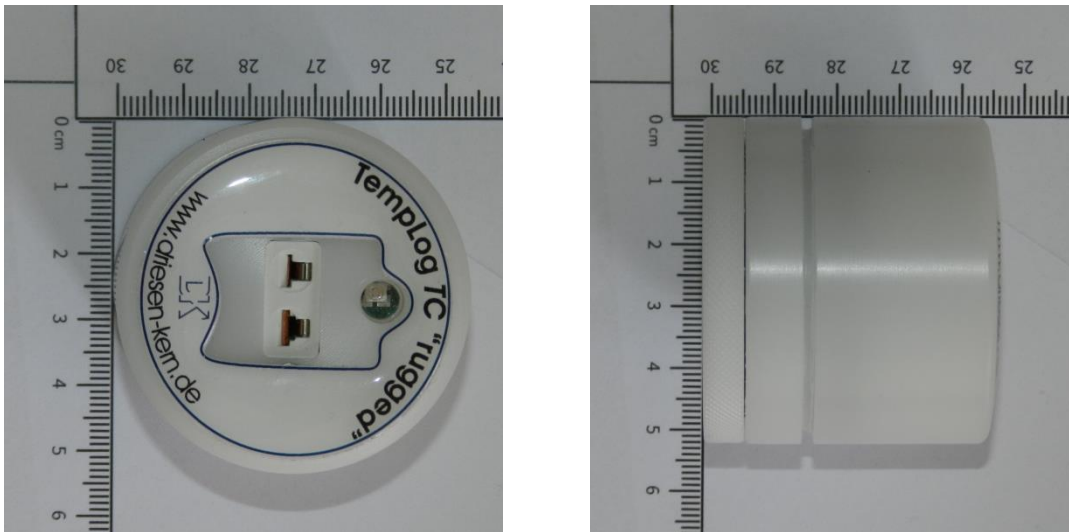


Bild 5.1: Datenlogger DK315 rugged der Firma Driesen&Kern in verschiedenen Ansichten

Tabelle 5.1: Technische Daten des Datenloggers DK315 rugged der Firma Driesen&Kern

Aufzeichnungskapazität:	4.000.000 Messwerte
Laufzeit der hochtemperierbaren Knopfzelle:	4 Wochen
Messtakt:	1 Hz
Anschluss eines Thermoelementes:	Stecker-/Dose-Prinzip zum Anschluss eines Thermoelements mit Miniaturstecker

5.2 Tasche zur Aufbewahrung des Datenloggers

Um den Datenlogger in Ermangelung einer Befestigungsmöglichkeit sicher und fest an der Trageplatte des Pressluftatmers befestigen zu können, war es erforderlich, eine Möglichkeit zur Aufbewahrung zu finden. Hierfür wurden zahlreichen Tests mit verschiedenen schwerentflammbar ausgeführten Taschen durchgeführt. Die Vorversuche

ergaben, dass eine Tasche der Firma Dräger, die eigentlich beim Safety Belt (Haltegurt) zum Einsatz kommt, die Anforderungen an die Aufbewahrung erfüllt. Die technischen Details können der Abbildung 5.2 entnommen werden. Die Abmessungen betragen im geschlossenen Zustand 18,5 cm x 11,5 cm. Auf der Rückseite sind Laschen zur Befestigung angebracht. Zur Polsterung des Datenloggers ist dieser in der Tasche durch Mineralwolle umhüllt. Um den Datenlogger vor Feuchtigkeit zu schützen, ist er zusätzlich mit Aluminiumfolie eingeschlagen.



Bild 5.2: Tasche des Safety Belts der Firma Dräger in verschiedenen Ansichten (links: Frontansicht mit eingelegtem und thermisch isoliertem Datenlogger; rechts oben: Frontansicht mit eingelegtem Datenlogger mit geschlossener Tasche; rechts unten: Rückansicht)

5.3 Kabelschuttschlauch zur Fixierung von Kabeln

Um die vom Datenlogger zum Thermoelement abgehende Ausgleichsleitung sicher verlegen zu können, kommt der flexible, textile und schwerentflammbare Kabelschuttschlauch HELAHOOK15 zur Anwendung. Dieser ist mittels Klettverschlüssen verschließbar. Details können der Abbildung 5.3 entnommen werden.



Bild 5.3: Textiler Kabelschuttschlauch HELAHOOK15 zur Fixierung der Ausgleichsleitung an den Leitungen des Pressluftatmers; links: Seitenansicht mit verlegter Ausgleichsleitung und Kabelschuttschlauch; rechts: Detailansicht des Kabelschuttschlauches

5.4 Anbringung des Thermoelementes an der Manometerleitung

Wie bereits erwähnt, wurde als optimaler Anbringungsort für das Thermoelement die Manometerleitung identifiziert. Zur Befestigung diente eine aus nicht brennbarem Polytetrafluorethylen (Handelsname Teflon) bestehende Klemme, die im Verlauf der Untersuchungen mehrfach modifiziert werden musste (Bild 5.4).

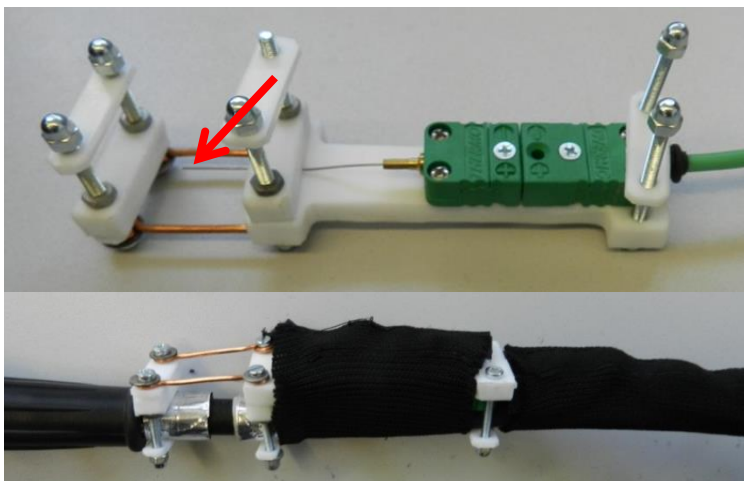


Bild 5.4: Anbringung des Thermoelementes auf der Mitteldruckleitung; Oben: Teflonhalterung für das Thermoelement (die Pfeilmarkierung zeigt das Edelstahl-Thermoelement mit Miniaturstecker); unten: an der Manometerleitung angebrachte und mit Kabelschuttschlauch umhüllte Teflonhalterung

Dies war notwendig, da trotz aufwändiger Lauf- und Kriechversuche im gasbetriebenen Feuerwehrübungshaus des IBK bei den beteiligten Feuerwehren Deformationen an der Halterung auftraten. Die derzeit angewandte Art der Anbringung sowie das verwendete Thermoelement des Typs K (Manteldurchmesser 0,5 mm) zeigt das Bild 5.4.

5.5 Messsystem im Überblick und organisatorische Vorgehensweise bei den Feuerwehren

Da bei den beteiligten Feuerwehren unterschiedliche Pressluftatmertypen von verschiedenen Herstellern zum Einsatz kommen, variierte insbesondere die Anbringung des in der Tasche befindlichen Datenloggers. Die nachfolgenden Fotos im Bild 5.5 sind daher als Symbolfotos zu verstehen.



Bild 5.5: Gesamtansicht der Anbringung der Messtechnik am Pressluftatmer

Jeder beteiligten Feuerwehren wurden fünf Datenlogger nebst Installationsmaterial (Taschen, Teflonbauteile, Thermoelemente, Ausgleichleitungen, Schrauben und Muttern) und Kleinteilen zur selbstständigen Reparatur übergeben. Der Anbau erfolgte durch den Autor dieses Berichtes bei den Feuerwehren vor Ort. Es wurde das Ziel verfolgt, dass jede Feuerwehr über fünf voll instrumentierte Pressluftatmer verfügt.

Die instrumentierten Atemschutzgeräte mussten nach dem Einsatz in den Atemschutzwerkstätten geprüft und für neue Einsätze vorbereitet werden. Auch der einfache Wechsel der Pressluftflasche musste sichergestellt werden. Daher waren bei diesen Kick-off-Treffen in der Regel auch die Kolleginnen und Kollegen der Atemschutzwerk-

stätten anwesend, um auch im Falle einer Beschädigung selbstständig Reparaturen durchführen zu können. Da die Atemschutzgeräte nach den Einsätzen in üblichen Waschkabinen intensiv gereinigt werden, waren alle Komponenten der Messtechnik wasserdicht auszuführen.

Die einzelnen organisatorischen Abläufe zur Übergabe/ Tausch von im Einsatz gebrauchten Atemschutzgeräten waren bei den beteiligten Feuerwehren unterschiedlich geregelt. Diesen Vorgaben galt es sich, daher anzupassen. Bei einigen Feuerwehren waren zwei instrumentierte Atemschutzgeräte auf einem Löschfahrzeug verlastet. Zwei weitere Geräte waren auf den Wachen verfügbar, damit diese nach Abschluss des Einsatzes und der Übergabe der gebrauchten Atemschutzgeräte an die Atemschutzwerkstätten, auf die Löschfahrzeuge verbracht werden konnte. Ein vollständig instrumentierter Pressluftatmer fungiert als Reserve bei eventuellen Beschädigungen im rauen Arbeitsalltag. Bei einer Feuerwehr wurden alle instrumentierten Atemschutzgeräte auf mehrere Löschfahrzeuge verteilt, was die Wahrscheinlichkeit von Einsätzen im Zusammenhang mit Innenangriffen erhöhte.

Bei allen Feuerwehren wurden die präparierten Atemschutzgeräte nach den Einsätzen gesondert gesammelt, bevorzugt behandelt und zum Teil im Pendelbetrieb direkt in die Atemschutzwerkstätten verbracht, um sie möglichst schnell in die erneute Einsatzbereitschaft zu versetzen.

Nachdem die Batterie der Datenlogger aufgebraucht war – dies war etwa nach vier Wochen der Fall – wurden sie nach Heyrothsberge zum Auslesen geschickt. Dort war ein weiterer Satz von Datenloggern vorhanden, um einen Ringtausch zu ermöglichen. Dennoch war die gesamte Prozedur für alle Beteiligten sehr zeitaufwendig und arbeitsintensiv.

6 Messergebnisse

Begründet durch die Tatsache, dass je Feuerwehr nur fünf Messsysteme (Datenlogger nebst der peripheren Messtechnik) zur Verfügung standen, von denen zum Teil insgesamt nur zwei Systeme auf einem Einsatzfahrzeug verlastet waren, war die Wahrscheinlichkeit, einen repräsentativen Innenangriff messtechnisch zu „begleiten“, relativ gering. Es kam hinzu, dass es durch die rauen Bedingungen des Innenangriffs des Öfteren zu Beschädigungen an Thermoelementen kam. Dadurch konnten bei einigen Innenangriffen, bei denen das Messsystem zum Einsatz kam, keine Messwerte aufgezeichnet werden. Die Beschädigungsmuster deuteten darauf hin, dass die zu Beginn der Untersuchungen entworfene Konstruktion an der Manometerleitung trotz umfangreicher Testläufe im Feuerwehrübungshaus des IBK Heyrothsberge zu instabil ausgeführt und damit überarbeitungsbedürftig war. Das mehrfach modifizierte Messsystem mit stabileren Teflonbauteilen wurde an die Feuerwehren verteilt und war dann erheblich weniger störanfällig.

Es sei an dieser Stelle darauf hingewiesen, dass aus Gründen der Anonymität bei allen nachfolgend gezeigten Temperaturverläufe darauf verzichtet wird, die Feuerwehren zu nennen, bei denen sie aufgezeichnet wurden.

Durch die geschilderten Umstände wurden bis zum Januar 2019 insgesamt nur 10 zeitabhängige Temperaturverläufen aufgezeichnet, denen eine thermische Belastung im Innenangriff zugeordnet werden konnte. Bei lediglich zwei Einsätzen konnten kurzzeitig Temperaturen von mehr als 100 °C gemessen werden ($T_{\max 1} = 101,3 \text{ °C}$ siehe Bild 6.1 und $T_{\max 2} = 107,2 \text{ °C}$ siehe Bild 6.2). Bei den übrigen Innenangriffen (siehe Bilder A.1 – A.8 im Anhang) lag die Temperatur im Maximum bei 61,6 °C.

Außerdem wurden bei zwei PKW-Bränden und einem Ereignis im Zusammenhang mit dem Heißdampfaustritt aus einer Fernwärmanlage zeitabhängige Temperaturverläufe aufgezeichnet (siehe Bilder A.9-A.11 im Anhang). Die maximale Temperatur lag dabei kurzfristig bei 61,8 °C.

Bei drei Durchläufen in Heißübungsanlagen wurden ebenfalls zeitabhängige Temperaturverläufe aufgezeichnet (siehe Bilder A.12 - A.14 im Anhang). Die Maximaltemperatur lag hier kurzfristig bei 132,6 °C.

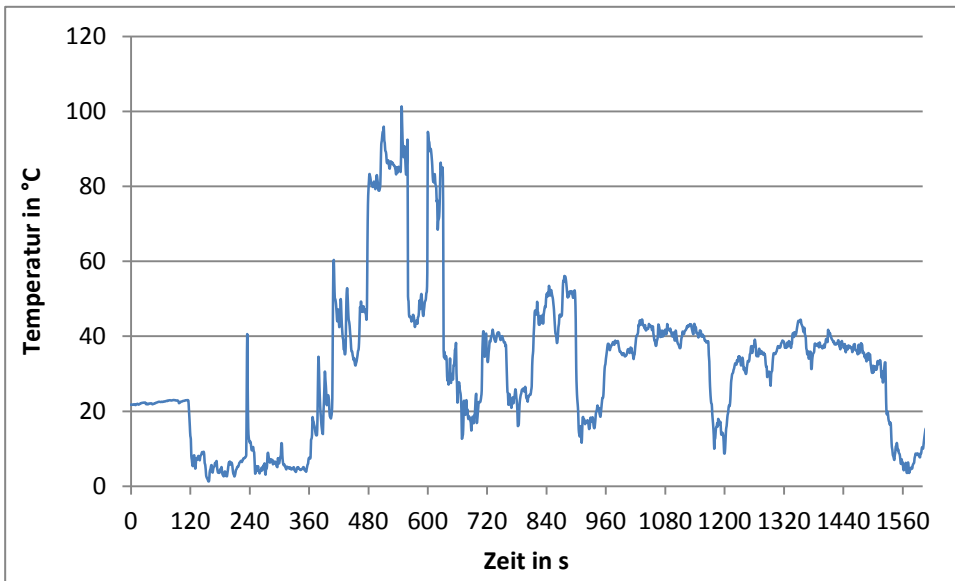


Bild 6.1: Zeitabhängiger Temperaturverlauf bei der Innenbrandbekämpfung (Wohnungsbrand mit Menschenrettung)

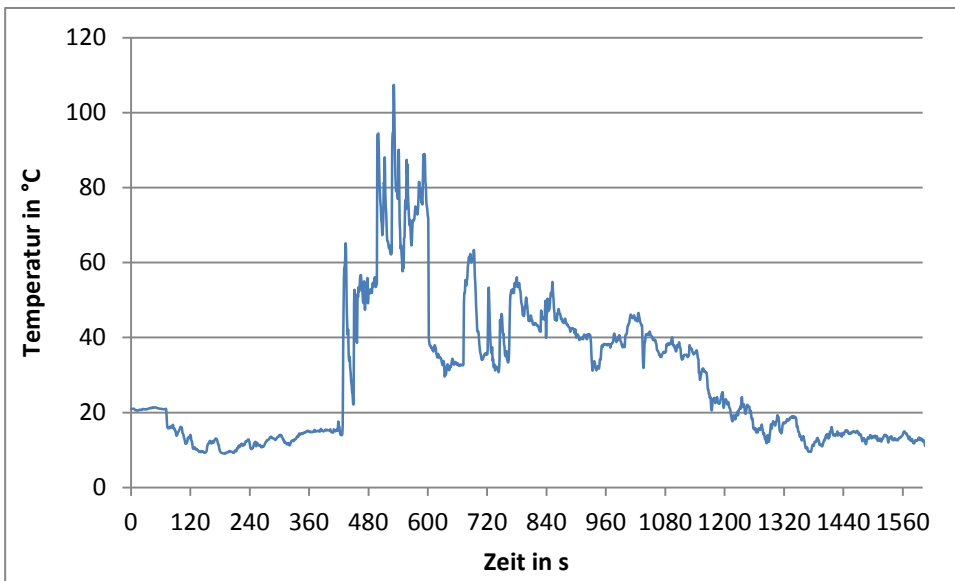


Bild 6.2: Zeitabhängiger Temperaturverlauf bei der Innenbrandbekämpfung (Brand in einer Pflegeeinrichtung)

7 Zusammenfassung

Aufgrund der sich künftig verändernden Normungssituation werden die Feuerwehren Deutschlands vor der Notwendigkeit stehen, dass sie die Auswahl aus einer Reihe von, für die Brandbekämpfung im Innenangriff geeigneten Atemschutzgeräten verschiedener „Temperaturklassen“ haben werden. Die mit der Beschaffung dieser Geräte betrauten Mitarbeiter werden dann notwendigerweise entscheiden müssen, ob sie Pressluftatmer und Vollmasken beschaffen, die für 180 °C oder 260 °C (Kennung FF4 und FF5) zertifiziert sind. Es sei an dieser Stelle hinzugefügt, dass die Prüfbedingungen für Atemschutzgeräte der „Temperaturklasse“ FF4 denen der DIN EN 469 ähneln (in beiden Normen werden die Prüflinge über einen Zeitraum von 5 Minuten bei 180 °C geprüft). Damit wird der Forderung der in den letzten Jahren abgeschlossenen IMK-Projekte Rechnung getragen, dass eine Vereinheitlichung der Prüfbedingungen aller im Innenangriff obligatorisch zu tragenden PSA-Komponenten angestrebt werden muss [Grabski et al. 2010] [Neske 2015].

Um diese Entscheidung nachvollziehbar begründen zu können, müssen die mit der Beschaffung beauftragten Personen Gefährdungsbeurteilungen durchführen, die im besten Fall durch Messwerte zur Temperaturentwicklung bei Innenangriffen hinterlegt sind. In den IMK-Berichten 161, 168 und 179 wurde mit Hilfe langjähriger Untersuchungen ein thermisches Belastungsprofil für Innenangriffe erarbeitet. Dieses wurde bei [Neske 2015] weiter ergänzt. Es basiert auf folgenden Parametern:

1. Zeit für Einsatzhandlungen in wärmeexponierten Bereichen:
 $t_{\text{Einsatz}} \approx 10 \text{ min}$
2. Umgebungstemperatur: $120 \text{ °C} \leq T_{\text{Umgebung}} \leq 160 \text{ °C}$
3. Kurzzeitige Temperaturspitzen, durch die dreimalige Einwirkung (je 15 s) von Wärmestrahlung: $\dot{q} = 30 \text{ kW/m}^2$.

Bei den gesamten dafür durchgeführten Untersuchungen der IMK-berichte 161, 168 und 179 konnten keine Messwerte von Einsätzen mit Innenangriffen herangezogen werden. Gleichwohl bestand gemeinsam mit der Feuerwehr Magdeburg die bislang einmalige Möglichkeit, bei Realbrandeinsatzübungen in zwei Abrisshäusern Messungen an der PSA durchzuführen, die als realistisch für Einsätze mit Innenangriffen gewertet werden können.

Um weitere Erkenntnislücken bezüglich der Temperaturen bei Innenangriffen zu schließen, wurden an Atemschutzgeräten der Feuerwehren Berlin, Bochum, Bremen, Frankfurt am Main und Hamburg speziell auf die Einsatzzwecke angepasste Messtechnikkomponenten angebracht. Aufgrund des hohen Preises für die messtechnische Ausstattung eines Pressluftatmers konnte nur eine begrenzte Anzahl käuflich erworben und an die Feuerwehren verteilt werden. Nach anfänglichen Schwierigkeiten mit deren Resistenz gegenüber den Bedingungen des rauen Feuerwehralltags, wurde die in 2017 begonnene Datenerhebung bis Dezember 2018 erweitert. Dennoch konnten im Erhebungszeitraum mit der begrenzten Anzahl von zur Verfügung stehenden Datenloggern nur 10 zeitabhängige Temperaturverläufe bei der Brandbekämpfung im Innenangriff aufgezeichnet werden. Die dabei im Maximum gemessene Temperatur lag bei 107,2 °C. Außerdem wurden drei Temperaturverläufe in Heißübungsanlagen erzeugt. Die Maximaltemperatur lag hier bei 132,6 °C.

Die gewonnenen Messdaten lassen keine allgemeingültigen Schlüsse zur Höhe der Temperaturbelastung bei der Brandbekämpfung im Innenangriff zu. Unbenommen davon bleiben jedoch die konservativ formulierten Wärmeexpositionsbedingungen bei der Brandbekämpfung im Innenangriff der oben zitierten IMK-Berichte 161, 168 und 179 sowie die Abhandlung von [Neske 2015]. Die Betrachtungen des hier vorgestellten Berichtes 191 zeigen aber erneut, dass die in Heißübungsanlagen vorherrschenden Temperaturen sehr häufig über denen von Einsätzen mit Innenangriffen liegen.

Bezugnehmend auf alle durchgeführten Befragungen und Untersuchungen der Berichte 161, 168, 179 und 191 bleibt festzuhalten, dass die Feuerwehren Deutschlands mit den nach EN 137 zertifizierten Atemschutzgeräten – auch hinsichtlich der Widerstandsfähigkeit gegenüber Wärme – zufrieden sind. Unfälle durch Versagen von Atemschutzausrüstungen infolge von Wärmeexposition wurden den zuständigen Stellen mit Ausnahme des tödlichen Atemschutzunfalls in Göttingen² nicht gemeldet.

Erfreulich ist, dass zwei nach EN 137 zertifizierte Atemschutzgeräte bei Experimenten bei der DMT – unter Zugrundelegung von Wärmeexpositionsbedingungen, die denen der Klasse FF4 nach ISO 17420 ähnelten, mit wenigen Einschränkungen funktionierten. Aus der Sicht des Autors dieses Berichtes gibt es daher keine Veranlassung, für

² Die Umstände des Unfalls sind in wesentlichen Teilen nach wie vor unklar. Hierbei sei auf die Frage verwiesen, ob die aufgetretenen Beschädigungen im Lungenautomaten dazu führten, dass der Kamerad tödlich verunfallte oder ob die Beschädigungen – infolge der fehlenden Veratmung – nach dem Unfall auftraten [Göttingen 2007].

die im Einsatzalltag üblichen Innenangriffe künftig Atemschutzgeräte der höheren Temperaturklasse FF5 nach ISO 17420 zu beschaffen. Denkbar wäre dies unter Umständen für den Einsatz in Heißübungsanlagen oder für spezielle Brandszenarien, z.B. in Tunnelanlagen. Hierbei sollte dann aber berücksichtigt werden, dass Prüfungen von nach EN 469 zertifizierter Schutzkleidung der Leistungsstufe 2 bei maximal 180 °C im Wärmeschrank durchgeführt werden.

Die zur Auswahl von Atemschutzgeräten einer bestimmten „Temperaturklasse“ notwendige Gefährdungsanalyse /-beurteilung muss in Ermangelung belastbarer Messwerte daher argumentativ erfolgen. Hinweise zur Herangehensweise und zahlreiche Argumente liefert der hier vorliegende Bericht.

Literaturverzeichnis

- [EN 136 1998] Atemschutzgeräte – Vollmasken – Anforderungen, Prüfung, Kennzeichnung, Beuth Verlag Berlin, April 1998
- [EN 137 2007] Atemschutzgeräte – Behältergeräte mit Druckluft (Pressluftatmer) mit Vollmaske – Anforderungen, Prüfung, Kennzeichnung; Beuth Verlag Berlin, Januar 2007
- [Drews 2015] Drews, Wolfgang; Vortrag zum Thema „Zukünftige ISO - Normung von Atemschutzgeräten, parallel zur EN-Normung oder integriert?"; Fundstelle: http://www.atemschutzlexikon.de/fileadmin/Fachtagung/1_Vortrag_ISO_Drews.pdf
- [Drews 2019] Telefonat zwischen dem Bearbeiter des hier vorgestellten Projektes und mit Herrn Wolfgang Drews (Dräger Safety) am 24.07.2019
- [DMT 2016] Untersuchungsbericht der DMT zu den am 30.08.2016 stattgefundenen Experimenten bei der DMT Group in Dortmund
- [Göttingen 2007] Abschlussbericht der Unfallkommission zum Einsatz am 27.07.2006 Kellerbrand Oeconomicum Georg-August-Universität Göttingen; Druckfassung vom 02.10.2007
- [Grabski et al. 2010] Grabski, R., Brein, D., Kunkelmann, J., Neske, M., Pasch, U.; „Anforderungen und Prüfmethode für die Persönlichen Schutzausrüstungen der Feuerwehreinsatzkräfte im Brandeinsatz unter besonderer Berücksichtigung des Atemschutzes (Persönliche Schutzausrüstung - PSA) - Teilschritt 1 - “; Bericht Nr.: 161 des IMK-Brandschutzforschungsprogramms; Heyrothsberge/Karlsruhe; 2010
- [Neske 2015] Neske, Michael; Dissertation zur Erlangung des akademischen Grades Doktoringenieur, Otto-von-Guericke-Universität Magdeburg; 2015
- [Starke und Neske 2013] Starke, H.; Neske, M.; „Anforderungen und Prüfmethode für die Persönlichen Schutzausrüstungen der Feuerwehreinsatzkräfte im Brandeinsatz unter besonderer Berücksichtigung des Atemschutzes (Persönliche Schutzausrüstung - PSA) - Teilschritt 2 - “; Bericht Nr.: 168 des IMK-Brandschutzforschungsprogramms; Heyrothsberge; 2013
- [Starke und Neske 2014] Starke, H.; Neske, M.; „Untersuchung von nicht fabrikneuen Atemschutzgeräten der Feuerwehr“; Bericht Nr.: 179 des IMK-Brandschutzforschungsprogramms; Heyrothsberge; 2014

Anhang

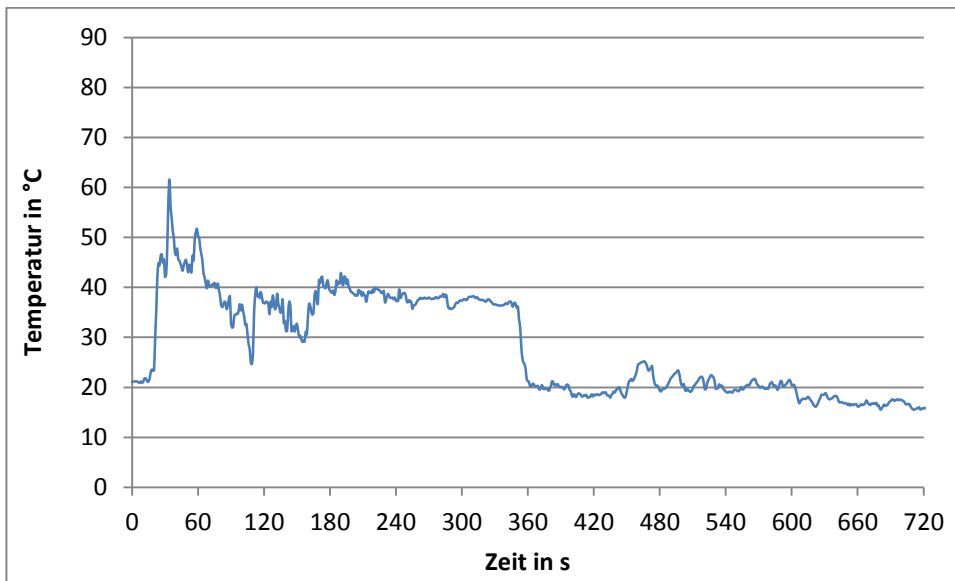


Bild A.1: Zeitabhängiger Temperaturverlauf bei der Innenbrandbekämpfung (Entstehungsbrand)

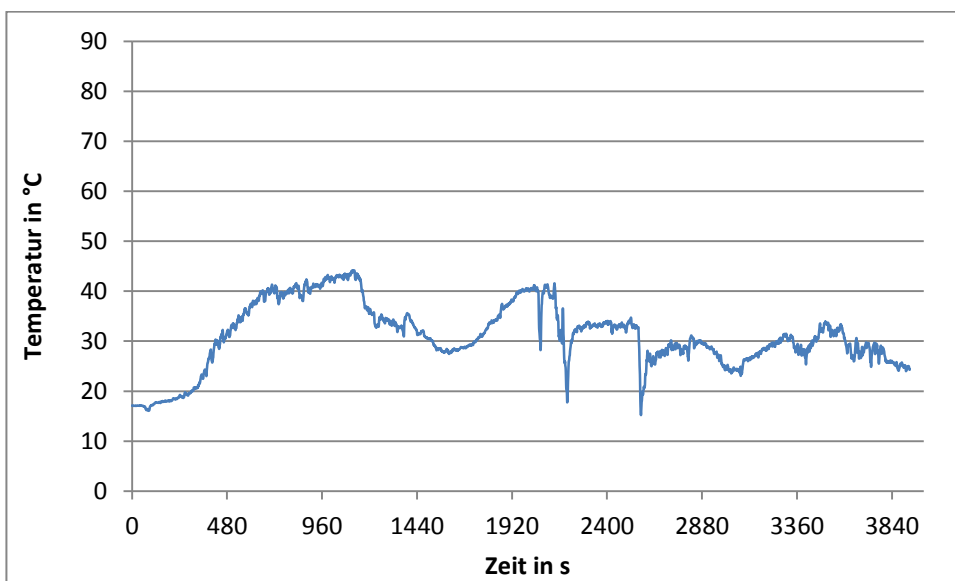


Bild A.2: Zeitabhängiger Temperaturverlauf bei der Innenbrandbekämpfung (Entstehungsbrand)

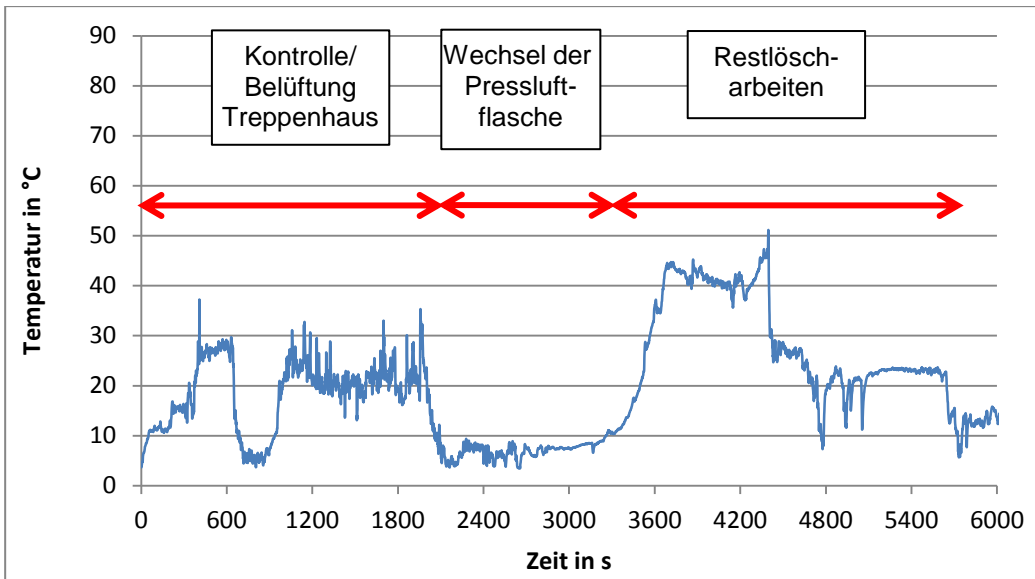


Bild A.3: Zeitabhängiger Temperaturverlauf bei der Innenbrandbekämpfung (Wohnungsbrand 3. OG)

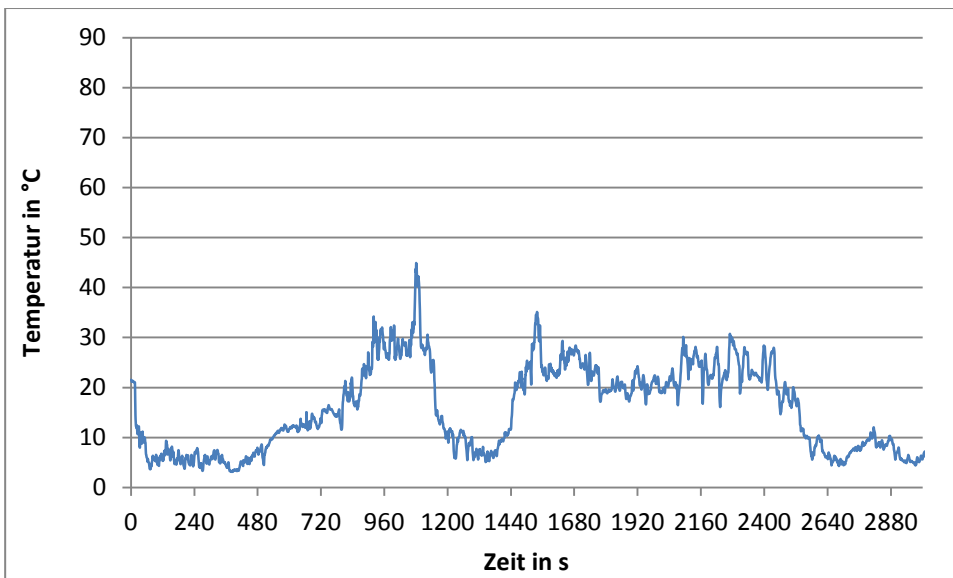


Bild A.4: Zeitabhängiger Temperaturverlauf bei der Innenbrandbekämpfung (Wohnungsbrand 3. OG)

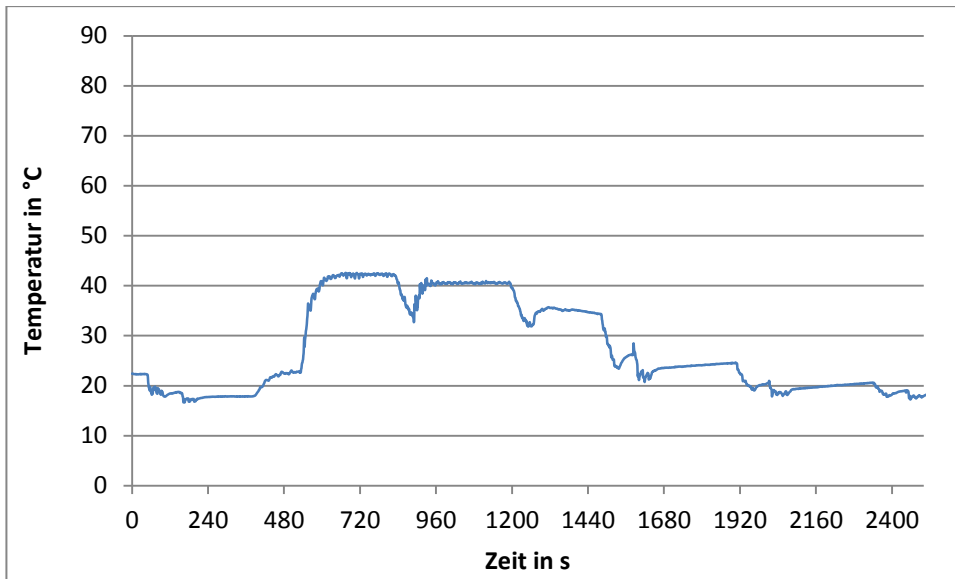


Bild A.5: Zeitabhängiger Temperaturverlauf bei der Innenbrandbekämpfung (Wohnungsbrand)

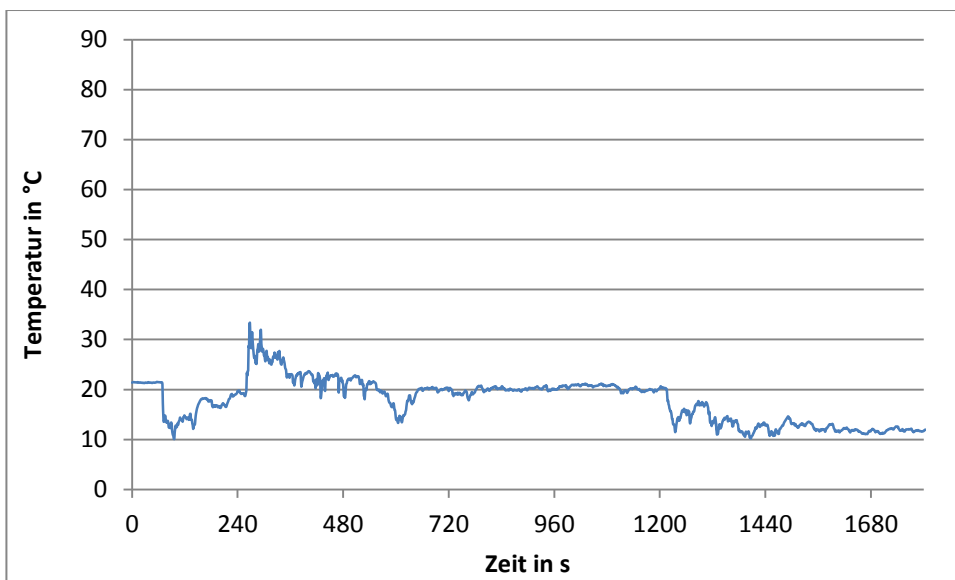


Bild A.6: Zeitabhängiger Temperaturverlauf bei der Innenbrandbekämpfung (Feuer in Haftzelle)

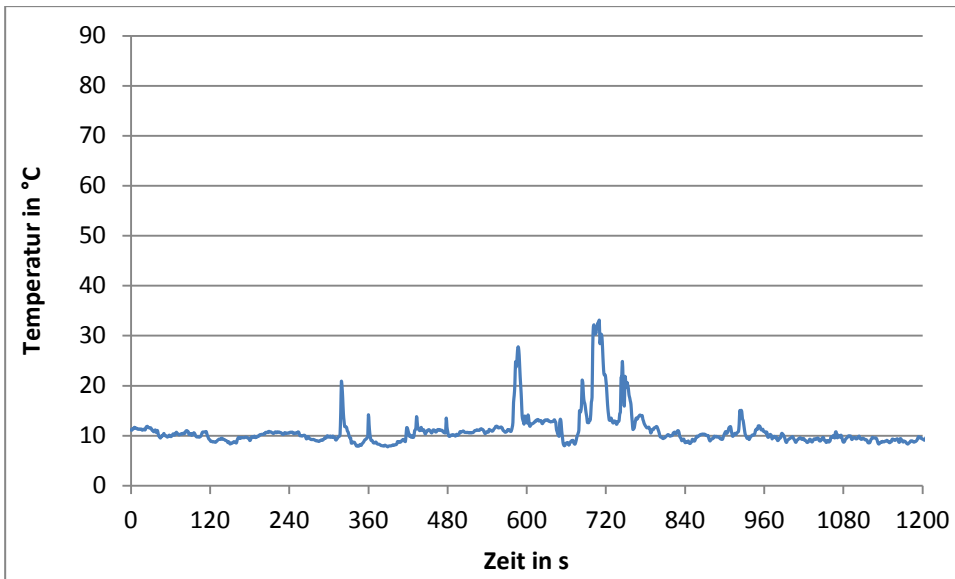


Bild A.7: Zeitabhängiger Temperaturverlauf bei der Innenbrandbekämpfung (Entstehungsbrand)

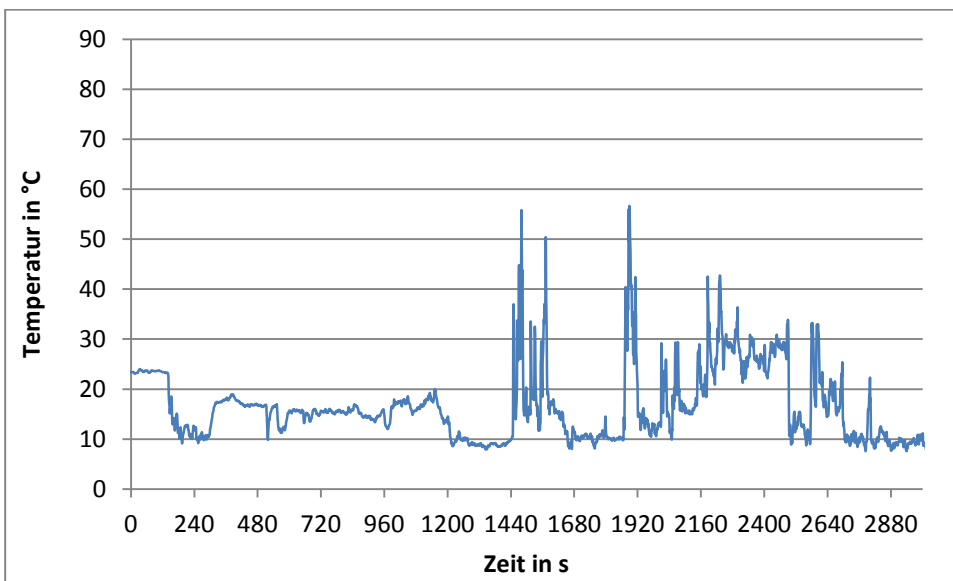


Bild A.8: Zeitabhängiger Temperaturverlauf bei der Innenbrandbekämpfung (Wohnungsbrand)

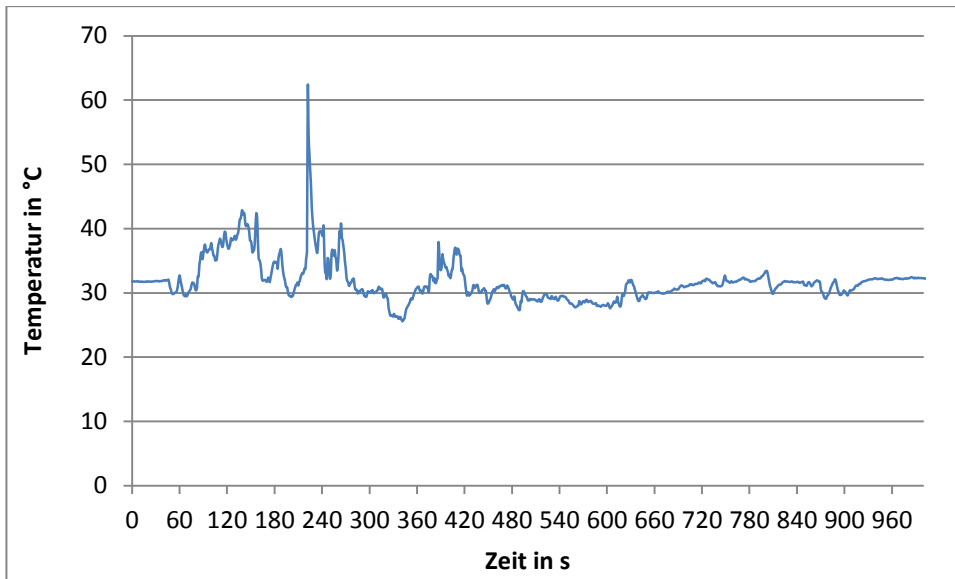


Bild A.9: Zeitabhängiger Temperaturverlauf bei der PKW-Brandbekämpfung

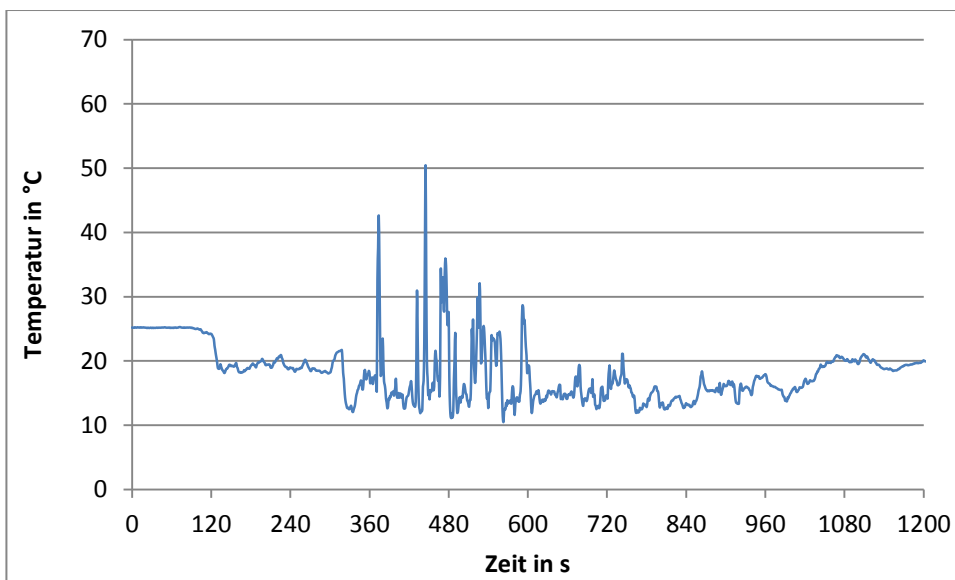


Bild A.10: Zeitabhängiger Temperaturverlauf bei der PKW-Brandbekämpfung

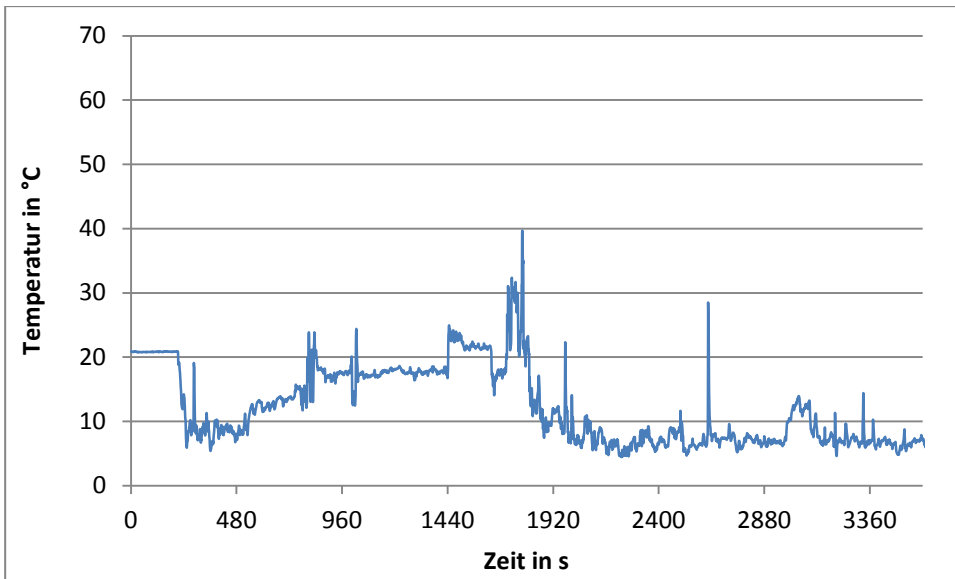


Bild A.11: Zeitabhängiger Temperaturverlauf beim Austritt von Heißdampf aus einer Fernwärmanlage

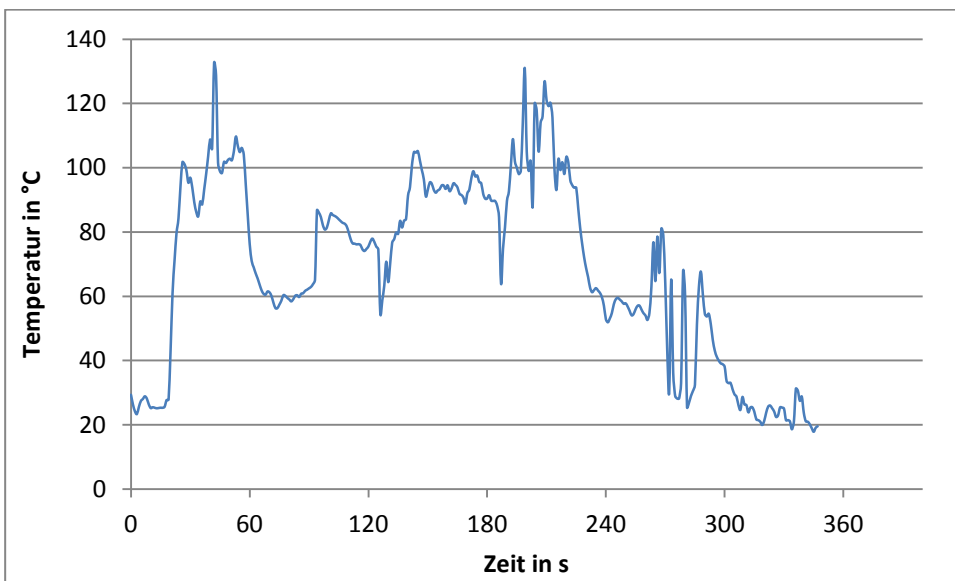


Bild A.12: Zeitabhängiger Temperaturverlauf bei einem Durchgang in einer Heißübungsanlage

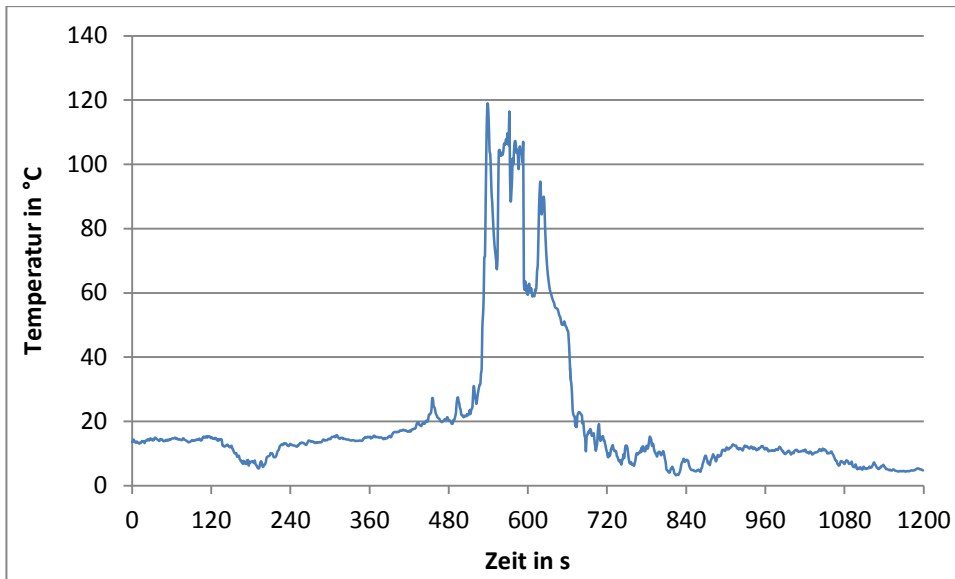


Bild A.13: Zeitabhängiger Temperaturverlauf bei einem Durchgang in einer Heißübungsanlage

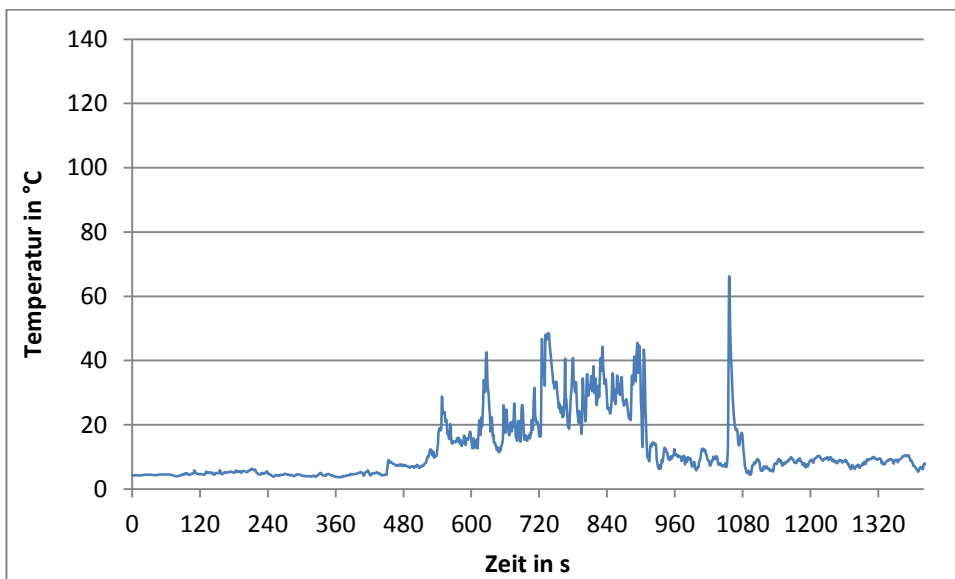


Bild A.14: Zeitabhängiger Temperaturverlauf bei einem Durchgang in einer Heißübungsanlage