

Fachhochschule Köln
Cologne University of Applied Sciences

Institut für Rettungsingenieurwesen
und Gefahrenabwehr

Einsatz von Wärmebildkameras zur Personensuche bei Brandeinsätzen

Theoretische und experimentelle Untersuchung des zeitlichen
Einflusses einer Wärmebildkamera auf die Personensuche durch
Feuerwehreinsatzkräfte bei einem Brandereignis

BACHELORARBEIT

im Studiengang „Rettungsingenieurwesen“

zur Erlangung des akademischen Grades "Bachelor of Engineering"

- Kurzfassung -

Köln, Dezember 2013

Autor: Marcus Reichard

Erstprüfer: Prof. Dr. Jörg Reintsema

Zweitprüfer: Prof. Dr. Ulf Schremmer

Rechtlicher Hinweis

Dieses Werk ist einschließlich aller seiner Teile urheberrechtlich geschützt. Jede Verwertung, die über die engen Grenzen des Urheberrechtsgesetzes hinausgeht, ist ohne schriftliche Genehmigung des Autors unzulässig und strafbar. Dies gilt insbesondere für Vervielfältigung, Veränderung, Verwertung, Nutzung, Übersetzung, Mikroverfilmung sowie die Speicherung in elektronischen Systemen.

Der Autor hat größte Mühe darauf verwendet, dass die Angaben dem jeweiligen Wissensstand bei Fertigstellung des Werkes entsprechen. Weil sich jedoch die technische Entwicklung sowie Normen, Vorschriften und Richtlinien ständig verändern, sind Fehler nicht vollständig auszuschließen. Daher übernimmt der Autor für die im Werk enthaltenen Angaben keine Gewähr für Richtigkeit, Vollständigkeit oder Aktualität. Der Autor empfiehlt daher, für die eigenen Arbeiten die vollständigen Normen, Vorschriften, oder Richtlinien in der jeweils gültigen Fassung zu nutzen.

Hinweis zur Kurzfassung

Bei dem vorliegenden Werk handelt es sich um eine Kurzfassung, in der Textpassagen und Kapitel gekürzt oder entfernt wurden. Die vollständige Publikationsfassung wird auf Anfrage vom Autor zur Verfügung gestellt.

Autor:

Marcus Reichard

marcusreichard@gmx.de

Höhenstr. 61

52393 Hürtgenwald

Danksagung

An dieser Stelle möchte ich mich bei meinen Teamkollegen vom Forschungsprojekt *Wärmebildkameras im Einsatz* bedanken. Im Verlauf dieses Projektes entstand die Grundidee zu dieser Bachelorarbeit.

Für die tatkräftige Unterstützung bei den Versuchen möchte ich mich ganz besonders bei den Einsatzkräften der Freiwilligen Feuerwehren aus Hürtgenwald, Simerath und Bergheim (Löschzug Glessen) bedanken, ohne deren Unterstützung die Durchführung der Versuche nicht möglich gewesen wäre. Weiterhin möchte ich mich für die informative und beratende Unterstützung durch die Berufsfeuerwehren der Städte Aachen und Herne bedanken.

Für die materielle Unterstützung der Versuche möchte ich mich bei den Firmen ISG INFRASYS, Max Schmidt & Partner GmbH, Rosenbauer Deutschland GmbH, Scott Health & Safety Ltd und Haagen sowie der Werkfeuerwehr der SIG Combibloc GmbH bedanken.

Des Weiteren möchte ich mich herzlich bei Leander Thormann vom DRK Landesverband Nordrhein e.V. für die Bereitstellung der Übungswohnung bedanken.

Herzlicher Dank geht ebenfalls an meine Freunde und Kommilitonen, die mir helfend zur Seite standen und so die Durchführung der Versuche mit ermöglicht haben.

Auf Seiten der Fachhochschule Köln möchte ich Herrn Prof. Dr. Jörg Reintsema und Herrn Prof. Dr. Ulf Schremmer für die kompetente Betreuung und materielle Unterstützung bedanken.

Ein großer Dank gilt meinen Eltern, die mein Studium stets unterstützt und gefördert haben.

Der größte Dank gilt jedoch meiner Freundin Andrea und ihrer Hündin Hella, die während meines Studiums stets an meiner Seite standen und ohne deren moralische Unterstützung ich diese Arbeit niemals zu Ende gebracht hätte.

Inhaltsverzeichnis

Abkürzungsverzeichnis	III
Abbildungsverzeichnis	IV
Tabellenverzeichnis	V
1 Kurzfassung	1
2 Einleitung	2
2.1 Fragestellung	2
2.2 Zielsetzung	3
2.3 Themenabgrenzung	4
2.4 Begriffsabgrenzung	4
3 Grundlagen der Thermografie	6
3.1 Elektromagnetisches Spektrum	6
3.2 Funktion einer Wärmebildkamera	7
3.2.1 Grundlegendes Funktionsprinzip	7
3.2.2 Darstellung der Infrarotstrahlung	9
3.3 Grenzen der Thermografie	9
3.3.1 Reflexionsgrad	10
3.3.2 Transmissionsgrad	10
3.3.3 Binokulare Raumwahrnehmung	11
4 Wärmebildkameras im Löscheinsatz	13
4.1 Aktueller Ist-Zustand	13
4.2 Einsatzmöglichkeiten und tatsächlicher Einsatz	13
4.3 Vorteile der bestehenden Technik	14
4.4 Nachteile der bestehenden Technik	14
4.5 Forschungsstand	15
4.6 Einsatzgrundsätze	16
5 Praktische Versuche	18
5.1 Versuchsanordnung	18
5.1.1 Versuchsobjekt	18
5.1.2 Gesuchte Person	18
5.1.3 Nullsicht	19
5.2 Versuchsteilnehmer	20
5.3 Bemessungsszenarien	21
5.3.1 Szenario 1: Wohnzimmer	22

5.3.2	Szenario 2: Schlafzimmer	22
5.4	Versuchsdurchführung	22
5.4.1	Vorbereitungen	22
5.4.2	Versuchsbeginn	23
5.4.3	Versuchsverlauf	23
5.4.4	Versuchsende	24
5.5	Auswertung	24
5.5.1	Szenario 1	24
5.5.2	Szenario 2	27
6	Fazit und Ausblick	30
	Literaturverzeichnis	33
	Normen und Vorschriften	36
	Anhang A - Datenblätter eingesetzter Wärmebildkameras	37

Abkürzungsverzeichnis

Abkürzung	Bedeutung
2-D	zweidimensional
ATr	Angriffstrupp
BGI/GUV-I	Berufsgenossenschaftliche Informationen/Information der Gesetzlichen Unfallversicherung
FwDV	Feuerwehr-Dienstvorschrift
GUV-V	Vorschrift der Gesetzlichen Unfallversicherung
HuPF	Herstellungs- und Prüfungsbeschreibung für eine universelle Feuerwehrschutzbekleidung
S	Schlafzimmer
TrM	Truppmann
VIS	visuelles Spektrum
VL	Versuchsleiter
W	Wohnzimmer
WBK	Wärmebildkamera

Abbildungsverzeichnis

3.1	Übersicht des elektromagnetischen Spektrums	6
3.2	Die radiometrische Kette	8
3.3	Spiegelung in einer Metalltür eines Schaltschranks (links) und in einer Glas- tür (rechts)	10
3.4	Abschirmung durch eine Türe mit Fensterglas	11
3.5	Abschirmung durch Wasser	11
3.6	Das Abschätzen der Schachtgröße ist ohne Referenzobjekt auf dem linken Bild nicht möglich	12
4.1	Infografik Westfälische Provinzial Versicherung zum Einsatzgrund einer WBK	14
5.1	Grundriss des Versuchsobjektes	19
5.2	Eingesetzte Übungspuppe	19
5.3	Angriffstrupp mit Mindestausrüstung	21

Tabellenverzeichnis

5.1	Ergebnisse für das Bemessungsszenario 1	25
5.2	Ergebnisse für das Bemessungsszenario 2	28

1 Kurzfassung

Gegenstand dieser Bachelorarbeit ist die theoretische und experimentelle Untersuchung des zeitlichen Einflusses einer Wärmebildkamera auf die Personensuche durch Feuerwehreinsetzungskräfte bei einem Brandereignis.

Mithilfe von praktischen Versuchen zur zeitkritischen Personensuche bei einem Wohnungsbrand wird untersucht, inwiefern es durch den Einsatz einer Wärmebildkamera zu einem zeitlichen Gewinn oder Verlust kommen kann und ob die Einhaltung taktischer Grundsätze durch die Wärmebildkamera beeinflusst wird. Hierzu werden die thermografischen und feuerwehrtechnischen Grundlagen erläutert, um resultierende Einsatzgrenzen aufzeigen zu können und Einsatzgrundsätze für die Anwendung einer Wärmebildkamera zu definieren.

Der zeitliche Einfluss der Wärmebildkamera wird in realitätsnah konzipierten Übungen der Feuerwehr anhand zweier Bemessungsszenarien ermittelt. Zeitgleich wird Überprüfung, ob die definierten Einsatzgrundsätze umsetzbar sind und im Einklang mit den allgemein anerkannten taktischen Grundsätzen der Zielsetzung, Wirksamkeit und Sicherheit stehen.

Die Ergebnisse und Erkenntnisse der Untersuchung sollen als Argumentationsgrundlage für die Ausbildung der Einsatzkräfte und für weiterführende Untersuchungen dienen.

2 Einleitung

„Mann aus brennender Wohnung gerettet“ [1] - Am 24. Mai 2012 kam es in Maria Enzersdorf, Österreich, zu einem Wohnungsbrand, über den noch am selben Tag mit der zitierten Überschrift auf www.wien-heute.at berichtet wurde. Dank dem Einsatz einer Wärmebildkamera (WBK) fand die Feuerwehr einen bis dahin noch als vermisst geltenden männlichen Bewohner des Hauses. Er wurde mit einer schweren Rauchgasvergiftung in das Allgemeine Krankenhaus der Stadt Wien eingeliefert [1]. Ohne die Unterstützung der Personensuche durch eine WBK hätte in dem Artikel möglicherweise von einem Todesopfer berichtet werden müssen.

Die bei Wärmebildkameras genutzte Infrarottechnologie dient der Erfassung und bildlichen Darstellung der von jedem Körper ausgehenden infraroten Strahlung. Insbesondere bei der Feuerwehr hat der Einsatz von Wärmebildkameras seit mehr als dreißig Jahren [2, S. 3] das Hauptziel, den Einsatz effektiver und sicherer zu gestalten. Aufgrund geringer Budgets, nicht flächendeckender Vorhaltung und fehlender oder mangelhafter Ausbildung, wurde das Potenzial dieser Geräte jedoch erst in den letzten Jahren vermehrt erkannt und genutzt.

Eine Einsatzmöglichkeit einer WBK ist beispielsweise die zeitkritische Personensuche bei Brandeinsätzen. Als allgemeines Ziel gilt hierbei, eine oder mehrere vermisste Personen in kürzester Zeit zu finden und in Sicherheit bringen zu können. Der Feuerwehr bleiben hierfür aufgrund der entstehenden Rauchgase oftmals nur wenige Minuten [3, S. 73]. Durch den Einsatz einer WBK soll die benötigte Zeit bis zum Auffinden der Person maßgeblich beeinflusst werden können, da diese die thermische Signatur von Gegenständen und Personen unter anderem auch durch Rauch hindurch sichtbar machen kann. Einsatzkräfte könnten sich somit auch in verrauchten Räumen schneller orientieren und müssten nicht mehr blind vorwärtstastend den Raum nach Personen absuchen [2, S. 3]. Dies würde wiederum auch die Sicherheit der Einsatzkräfte verbessern. Durch Exposition gegenüber Rauch, Feuer und Flammen starben im Jahr 2011 in Deutschland 376 Menschen [4, S. 5].

2.1 Fragestellung

Welchen Einfluss hat der Einsatz einer WBK auf die Effektivität einer zeitkritischen Personensuche bei Brandereignissen?

Die Relevanz dieser im Fokus der Arbeit stehenden Fragestellung ergibt sich aus folgenden

Punkten:

- Zunehmende Akzeptanz und Anwendung von WBKs bei der Feuerwehr [5, S. 3]
- Sinkende Anschaffungskosten in den letzten Jahren [6]
- Steigender Bedarf einer flächendeckenden Vorhaltung [5, S. 3]
- Bis zu 1,9 Kilogramm zusätzliche Ausrüstung durch eine WBK [7]
- Veraltete Untersuchungen (auf die sich die Branche beruft)

(Nähere Informationen zu diesen Punkten finden sich in Kapitel 4)

2.2 Zielsetzung

Ziel dieser Arbeit ist die theoretische und experimentelle Untersuchung des Einflusses einer WBK auf die Effektivität einer zeitkritischen Personensuche bei einem Wohnungsbrand.

Die für dieses Einsatzszenario relevanten Grundlagen eines Löscheinsatzes und der Thermografie werden anfangs definiert. Aufbauend auf diesen Grundlagen sollen der aktuelle Stand, mögliche Einsatzmöglichkeiten sowie Vor- und Nachteile der bestehenden Technik analysiert werden. Zusammengefasst sollen dadurch Einsatzgrundsätze für die Anwendung einer WBK (WBK-Einsatzgrundsätze) in Bezug auf die zeitkritische Personensuche definiert werden.

Anschließend ist der zeitliche Einfluss einer WBK und der mögliche Einfluss auf die Einhaltung taktischer Grundsätze zu bestimmen, indem die zur Personensuche benötigte Zeit mit und ohne WBK in praktischen Versuchen erfasst wird. Hierzu sollen gleichbleibende und möglichst realitätsnahe Bemessungsszenarien in Anlehnung an den kritischen Wohnungsbrand¹ definiert werden. Die anschließende zeitkritische Analyse des Einsatzablaufes soll Rückschlüsse über den zeitlichen Einfluss einer WBK ermöglichen. Weiterhin ist durch eine einsatztaktische Auswertung zu untersuchen, ob die Einhaltung allgemein anerkannter taktischer Grundsätze durch den Einsatz einer WBK negativ beeinflusst wird und die definierten WBK-Einsatzgrundsätze im Einklang mit diesen stehen.

Das Ergebnis dieser Arbeit soll als Argumentationsgrundlage für die Ausbildung der Einsatzkräfte und für weiterführenden Untersuchungen dienen.

Die Motivation für die vorliegende Arbeit ergibt sich aus der Tatsache, dass es derzeit keine wissenschaftlichen und reproduzierbaren Untersuchungen zur Effektivität einer WBK

¹Der kritische Wohnungsbrand dient bei der Brandschutzbedarfsplanung als Bemessungsszenario mit dem größten zu erwartenden Personenschaden und bezeichnet einen Wohnungsbrand (Obergeschoss, mehrgeschossiges Wohngebäude) mit verrauchten Rettungswegen [8, S. 1].

hinsichtlich der zeitkritischen Personensuche im Wohnungsbrand gibt. Nähere Informationen hierzu sind in Kapitel 4 zu finden.

2.3 Themenabgrenzung

Um im ökonomischen, organisatorischen und zeitlichen Rahmen dieser Arbeit zu bleiben, fokussiert sich die Untersuchung auf folgende Aspekte:

- Die Definition der Bemessungsszenarien erfolgt in Anlehnung an den kritischen Wohnungsbrand, da dieser in deutschen Städten die größten Personenschäden fordert [8, S. 1].
- Der Einsatz einer WBK stellt lediglich eine Ergänzung zu taktischen Grundsätzen, wie beispielsweise der Rückwegsicherung mittels Feuerwehrleine, dar. Die Personensuche kann durch den Einsatz einer WBK somit nur dann effektiver werden, wenn es zu einem zeitlichen Gewinn kommt und gleichzeitig die Einhaltung einsatztaktischer Grundsätze nicht negativ beeinflusst wird.
- Betrachtet wird lediglich der Zeitraum vom Betreten der Brandwohnung bis zum Auffinden der zu suchenden Person. Anfahrts- und Ausrüstungszeiten sowie die Erkundung, Brandbekämpfung und Rettung der Person sollen nicht berücksichtigt werden.
- Die Stärke und Ausrüstung der eingesetzten Angriffstrupps ergibt sich aus der Mindeststärke und -ausrüstung, die durch die gültigen Feuerwehr-Dienstvorschriften (FwDV) und die Unfallverhütungsvorschrift „Feuerwehren“ vorgeschrieben sind.
- Die Untersuchungen konzentrieren sich auf den Einfluss des Einsatzmittels Wärmebildkamera; es wird jedoch nicht zwischen Modellen verschiedener Hersteller unterschieden.

2.4 Begriffsabgrenzung

Löscheinsatz

Im Sinne der FwDV 3 „Einheiten im Lösch- und Hilfeleistungseinsatz“ sowie dieser Arbeit ist „Löscheinsatz“ ein Oberbegriff für alle Tätigkeiten und Maßnahmen der Feuerwehr, bei denen zur Erfüllung des Einsatzauftrages und/oder zum Eigenschutz ein Strahlrohr durch den angreifenden Trupp mitgeführt werden muss. Folglich gehören hierzu, neben der Personensuche, auch die in dieser Arbeit nicht behandelte Personenrettung und die Brandbekämpfung.

Menschenrettung

Die Menschenrettung im Sinne dieser Arbeit unterteilt sich in die Personensuche und die Personenrettung, also in das Betreten der Wohnung bis zum Auffinden der Person (Personensuche) und in das anschließende Verbringen der gesuchten Person in einen sicheren Bereich (Personenrettung).

Taktische Grundsätze

Taktische Grundsätze beinhalten die Grundsätze der taktischen Zielsetzung, Wirksamkeit und Sicherheit und sind Verhaltensregeln, welche von den Einsatzkräften in einem Einsatz eingehalten werden müssen.

Effektivität

Effektivität im Sinne dieser Arbeit beinhaltet neben dem Faktor der Zeit auch die Einhaltung allgemein anerkannter taktischer Grundsätze der Feuerwehr. Eine gesteigerte Effektivität kann somit nur vorliegen, wenn einerseits ein zeitlicher Gewinn verzeichnet wird, aber gleichzeitig die Einhaltung taktischer Grundsätze nicht negativ beeinflusst wird.

3 Grundlagen der Thermografie

Als Thermografie oder auch Infrarotthermografie bezeichnet man ein bildgebendes Verfahren, durch das die von einem Objekt ausgehende infrarote Strahlung berührungslos erfasst und dargestellt werden kann [9, S. 10]. Um diese Technik möglichst effektiv einsetzen zu können, müssen die physikalischen Grundlagen und Grenzen bekannt sein. Sie werden in diesem Kapitel erläutert. Hierbei beschränkt der Autor sich jedoch auf die Aspekte, welche für die spätere Anwendung im Bereich der Feuerwehr relevant sind.

3.1 Elektromagnetisches Spektrum

Unter dem elektromagnetischen Spektrum werden verschiedene Arten von oszillierenden (schwingenden) elektrischen und magnetischen Feldern, die sogenannten elektromagnetischen Wellen, verstanden. Diese werden räumlich und zeitlich periodisch in einen Raum abgestrahlt und im elektromagnetischen Spektrum anhand ihrer Wellenlänge oder Frequenz gegliedert [10, S. 1 f.].

Zum elektromagnetischen Spektrum gehören neben der Gamma-, Röntgen-, Ultraviolett und sichtbaren Strahlung sowie den Mikro- und Radiowellen (welche in dieser Arbeit nicht betrachtet werden) auch die Infrarotstrahlung [11, S. 324].

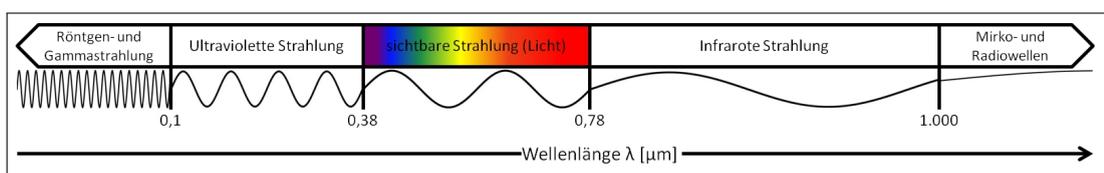


Abbildung 3.1: Übersicht des elektromagnetischen Spektrums mit Angabe der Grenzwellenlängen und schematischer Darstellung der Wellenlänge der einzelnen Spektralbereiche (©REICHARD 2013, Datenquelle: [12])

Infrarotes Spektrum

Unter dem infraroten Spektrum versteht man die für das menschliche Auge ohne technische Hilfsmittel nicht sichtbare Infrarotstrahlung, die häufig auch als Wärmestrahlung bezeichnet wird. Hierzu zählen alle elektromagnetischen Wellen mit einer Wellenlänge λ von 0,78 bis 1.000 μm [13].

Alle Objekte auf der Erde, deren Temperatur oberhalb des absoluten Nullpunktes, also größer 0 [K] beziehungsweise $-273,15$ [°C] liegt, geben Infrarotstrahlung ab. Wie stark und in welchem Wellenlängenbereich diese abgegeben wird, hängt dabei unter anderem von der Temperatur des Objektes [13], also von der Wärmequelle, ab. Bei den Wärmequellen können allgemein zwei Gruppen unterschieden werden [14, S. 71 f.]:

- **Aktive Strahler** sind Objekte, bei denen die Eigenstrahlung durch innere Wärmequellen bzw. Prozesse erzeugt wird (Sonne, Mensch, Feuer, ...).
- **Passive Strahler** sind Objekte, bei denen die Eigenstrahlung durch äußere Wärmequellen bzw. Prozesse erzeugt wird (Stuhl, Tisch, Schneeball, ...).

Die Wellenlänge der menschlichen Infrarotstrahlung liegt beispielsweise bei circa 10 [μm] [15] und somit im Bereich der LIR-Strahlung.

Grundsätzlich ist Infrarotstrahlung für Menschen nicht sichtbar, sondern lediglich in einem stark beschränkten Maße über Nervenzellen in der Haut wahrnehmbar. Durch ein wärmeempfindliches Gerät, beispielsweise eine Wärmebildkamera (WBK), kann die Infrarotstrahlung jedoch für das menschliche Auge sichtbar gemacht werden [16, S. 1], selbst wenn in der betrachteten Szene völlige Dunkelheit herrscht [2, S. 19].

3.2 Funktion einer Wärmebildkamera

Wie in Kapitel 3.1 erläutert, visualisieren WBKs die von einem Objekt ausgehende Infrarotstrahlung. Je nach technischer Ausführung finden WBKs unter anderem Anwendung im Bereich der zerstörungsfreien Werkstoffprüfung, im Bauwesen, im militärischen Sektor und bei der Feuerwehr. Nachfolgend wird das grundlegende Funktionsprinzip sowie die Darstellung der Infrarotstrahlung für Kameras erläutert, welche für den Einsatz bei der Feuerwehr konzipiert wurden.

3.2.1 Grundlegendes Funktionsprinzip

Wie bei allen anderen Anwendungsbereichen unterliegt das grundlegende Funktionsprinzip und somit der Einsatz einer WBK auch bei der Feuerwehr der radiometrischen Kette und kann durch die einzelnen Bestandteile maßgeblich beeinflusst werden.

Messobjekt

Wie oben erläutert, strahlen alle Objekte Infrarotstrahlung ab (vgl. Kapitel 3.1). Menschen erzeugen Wärme durch Verbrennung der aufgenommenen Nahrung [17, S. 2] und sind somit aktive Strahler. Dagegen nehmen passive Strahler, bei denen die Eigenstrahlung nicht durch einen inneren, sondern durch einen äußeren Prozess erzeugt wird, die

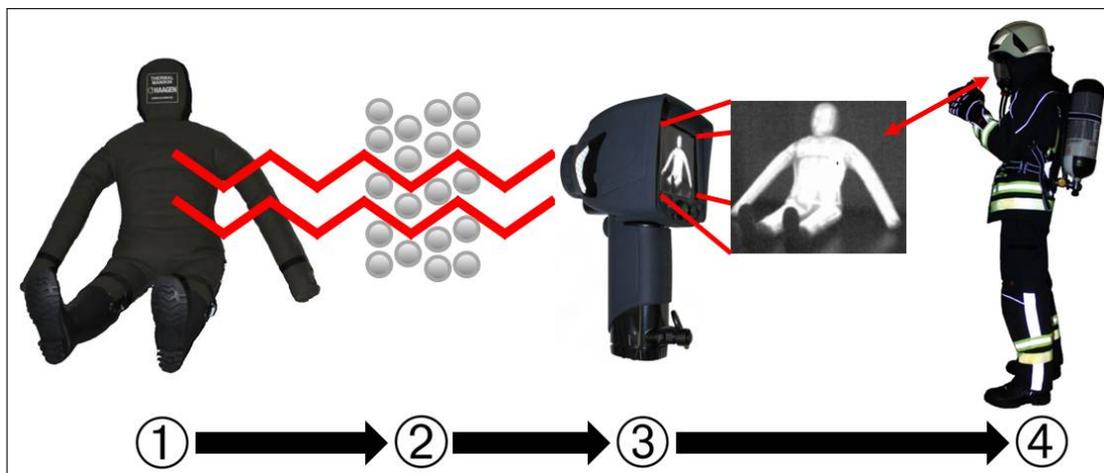


Abbildung 3.2: Die radiometrische Kette: Messobjekt (①), Atmosphäre (②), Thermografiesystem (③) und Anwender (④) (©REICHARD 2013)

Temperatur beispielsweise durch Konvektion (Wärmeströmung) auf [9, S. 26]. Damit sich das Messobjekt vom Hintergrund abzeichnet, muss ein thermischer Unterschied zwischen Hintergrund und Messobjekt bestehen. Ist dieser thermische Unterschied zu gering oder zu groß, können Messobjekte nur bedingt oder gegebenenfalls gar nicht erkannt werden [2, S. 48]. Wie gut ein Objekt mit einer WBK erkannt werden kann, hängt folglich vom Objekt selbst und dessen Hintergrund ab.

Atmosphäre

Befinden sich in der Atmosphäre, also zwischen dem Messobjekt und dem Thermografiesystem, für Infrarotstrahlung nicht transmissive (durchlässige) Objekte, wie beispielsweise eine Tür oder eine Wand, wird die Infrarotstrahlung abgeschirmt (vgl. Kapitel 3.3.2). Auch für VIS-Strahlung transmissive Festkörper und Flüssigkeiten, etwa Fensterglas oder Wasser, schirmen Infrarotstrahlung ab. Damit ein Messobjekt erkannt werden kann, darf sich demnach zwischen ihm und dem Thermografiesystem kein abschirmendes Objekt befinden. Ob ein Aerosole transmissiv für Infrarotstrahlung ist, hängt dagegen von der Größe, Verteilung und Eigenstrahlung der Partikel ab. Geringe Mengen Wasserdampf können zum Beispiel bereits abschirmend wirken, wohingegen gewöhnlicher Brandrauch meistens transmissiv ist [2, S. 31 ff.].

Thermografiesystem

Nach der Atmosphäre ist das Thermografiesystem, also die WBK, das dritte Glied in der radiometrischen Kette. Eine WBK besteht grundsätzlich aus Optik, Detektor, Verarbeitungselektronik und Display. Die Optik erfasst und fokussiert die von einem Objekt ausgehende Infrarotstrahlung auf einen Detektor, welcher auf die Strahlung reagiert. Diese Reaktion wird von der Verarbeitungselektronik entschlüsselt und als visuelles Bild auf dem Display

dargestellt [18, S. 6 f.]. Im weiteren Verlauf wird diese optische Darstellung als „Wärmebild“ bezeichnet.

Anwender

Am Ende der radiometrischen Kette steht der Anwender. Dieser muss mit den Grenzen der Thermografie und der Darstellung eines Wärmebildes vertraut sein, um dieses effizient deuten zu können. Ein Wärmebild am heimischen Computerbildschirm zu betrachten und in Ruhe über die mögliche Deutung nachzudenken, ist nicht mit der Deutung in einem Löscheinsatz zu vergleichen. Hier bleiben den Anwendern unter enormer physischer und psychischer Belastung oftmals nur Sekundenbruchteile für eine Entscheidung, die im schlimmsten Fall über Leben und Tod entscheidet. Die Notwendigkeit einer intensiven theoretischen und praktischen Ausbildung liegt daher nahe.

3.2.2 Darstellung der Infrarotstrahlung

Die Darstellung der erfassten Infrarotstrahlung auf einem Wärmebild kann sehr unterschiedlich erfolgen, beispielsweise als Schwarz-Weiß- oder vollfarbiges Bild. Das Grundprinzip ist jedoch immer dasselbe: Der Detektor besteht aus sehr vielen kleinen Messwiderständen. Deren Reaktionsintensität ist bestimmten Temperaturbereichen zugeordnet. Je nach Voreinstellung der Darstellungsskala erfolgt die temperaturabhängige Einfärbung auf dem Display. Hierzu erhält der Anwender in der Regel auch eine Einfärbungslegende mit Temperaturbezug.

Neben diesem visuellen Abbild einer thermischen Szene kann bei den WBKs der meisten Hersteller auch die Temperatur eines bestimmten Messpunktes angezeigt werden.

Für die temperaturabhängige Einfärbung eines Wärmebildes wird für den Löscheinsatz in einem Gebäude grundsätzlich ein Schwarz-Weiß-Farbmodus mit Einfärbung ab vordefinierten Grenztemperaturen empfohlen. Hier werden kalte Bereiche in Schwarz und warme Bereiche in Weiß dargestellt. Die Einfärbung ist je nach Hersteller unterschiedlich. Zum Beispiel kann die Färbung ab 150 [°C] in Rot wechseln, was den Vorteil bietet, dass dem Anwender nur Bereiche mit einer potenziell gefährlich erhöhten Temperatur farblich angezeigt werden [18, S. 10 ff.].

3.3 Grenzen der Thermografie

Wie bereits angedeutet, ist der effiziente als auch effektive und sichere Einsatz einer WBK durch physikalische und technische Grenzen limitiert. Die für diese Untersuchung relevanten Grenzen werden im Folgenden erläutert.

3.3.1 Reflexionsgrad

Objekte können abhängig von ihrer Materialart, Oberflächenbeschaffenheit und Temperatur Infrarotstrahlung reflektieren, also spiegeln. Dieser Effekt wird als Reflexion bzw. Reflexionsgrad bezeichnet. Er tritt beispielsweise bei Materialien mit sehr glatten Oberflächen wie Fliesen, Metalltüren und bei beschichteten Oberflächen auf. Auch bei Objekten, wie Fensterglas und Wasser, die für VIS-Strahlung normalerweise durchlässig sind, kann dieser Effekt auftreten (vgl. Abbildung 3.3). Wie bei VIS-Strahlung, gilt für die Reflexion von Infrarotstrahlung, dass der Einfallswinkel gleich dem Ausfallswinkel ist [2, S. 43 ff.].



Abbildung 3.3: Spiegelung in einer Metalltür eines Schaltschranks (links) und in einer Glastür (rechts) (©REICHARD 2013)

3.3.2 Transmissionsgrad

Mit dem Transmissionsgrad wird beschrieben, in welchem Maß ein Material Infrarotstrahlung transmittiert (durchlässt). Dies ist abhängig von der Art und Dicke des Objektmaterials, was in Kapitel 3.2.1 bereits kurz angesprochen wurde. Feste Körper, wie Türen oder Wände, sind in der Regel für Infrarotstrahlung nicht transmissiv und schirmen dahinter liegende Objekte ab². Die Situation hinter diesen festen Körpern ist damit nicht zu erkennen (vgl. Abbildung 3.4 und 3.5). Jedoch ermöglicht es die Konduktion (Wärmeleitung), die innere Struktur eines normalerweise abschirmenden Objektes zu erkennen. So sind beispielsweise Rohre einer Fußbodenheizung oder eine fehlerhafte Wärmedämmung sogar durch eine Wand hindurch erkennbar. Die WBK misst jedoch weiterhin nur die Oberflächentemperatur und ermöglicht es nicht, Personen hinter einer Wand zu erkennen [19, S. 8, S.12].

Die Abbildungen 3.4 und 3.5 verdeutlichen, dass auch für VIS-Strahlung transmissive Materialien, wie Fensterglas oder Wasser, Infrarotstrahlung abschirmen. Für den Bereich der

²Ausnahmen sind beispielsweise dünne Kunststofffolien und Germanium [19, S. 12].

Gefahrenabwehr muss daher grundsätzlich von einer Abschirmung durch Objekte ausgegangen werden.



Abbildung 3.4: Abschirmung durch eine Türe mit Fensterglas (©REICHARD 2013)

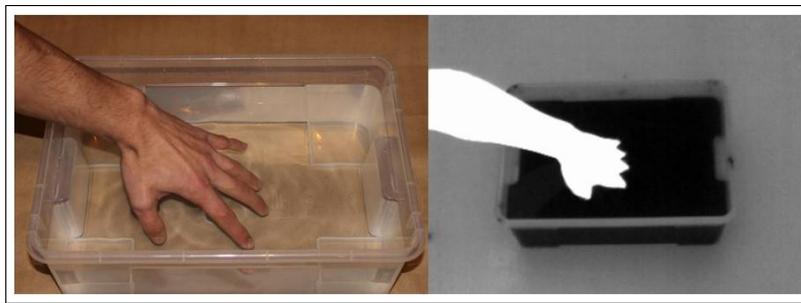


Abbildung 3.5: Abschirmung durch Wasser (©REICHARD 2013)

3.3.3 Binokulare Raumwahrnehmung

Das auf dem Display dargestellte Wärmebild ist lediglich ein zweidimensionales (2-D) Abbild der betrachteten Szene. Das Sichtfeld beträgt beispielsweise 50° in der Horizontalen und $37,5^\circ$ in der Vertikalen³.

Der Mensch nimmt seine Umgebung normalerweise allerdings durch die sogenannte binokulare Disparität als dreidimensionalen Raum wahr. Das bedeutet, dass durch beide Augen (binokular) zwei unterschiedliche (disparate) 2-D-Bilder aufgenommen werden, die das Gehirn zu einem dreidimensionalen Bild zusammenfügt. Dies ermöglicht dem Menschen, visuell-räumliche Aspekte, etwa die Entfernung oder die Größe eines Objektes einzuschätzen, um damit zum Beispiel sicher nach einem Glas Wasser oder einer Türklinke greifen zu können [20, S. 28, S. 30, S. 40]. Das Gesichtsfeld beider Augen (binokulares Gesichtsfeld) beträgt in der horizontalen Ausdehnung circa 180° und 60° (nach oben) beziehungsweise 70° (nach unten) in der Vertikalen und unterscheidet sich dabei erheblich vom Sichtfeld einer WBK [21, S. 92].

³Das Sichtfeld kann, je nach Hersteller und Modell, Unterschiede aufweisen.

Diese beiden Umstände haben zur Folge, dass sich anhand eines Wärmebilds die visuell-räumlichen Aspekte (Entfernung, Lage und Größe von Objekten) in einer unbekanntem Umgebung nur schwer bis gar nicht einschätzen lassen. Nur mit Hilfe von Referenzobjekten, deren Größen dem Betrachter ungefähr bekannt sind, kann dieser Effekt minimiert werden.

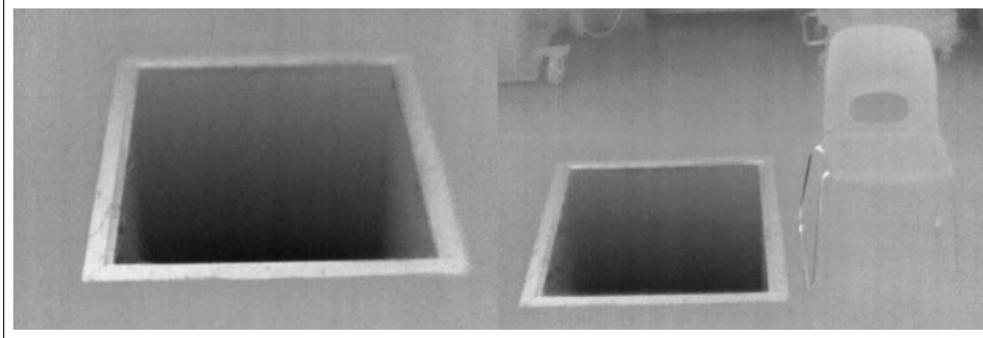


Abbildung 3.6: Das Abschätzen der Schachtgröße ist ohne Referenzobjekt (rechtes Bild, Stuhlhöhe 0,8 [m]) auf dem linken Bild nicht möglich (©REICHARD 2013)

4 Wärmebildkameras im Löscheinsatz

Nachfolgend wird der aktuelle Stand der Infrarottechnologie im Bereich der Feuerwehr dargestellt. Es wird dabei lediglich auf die für eine Personensuche relevanten Aspekte eingegangen. Sofern nicht anders gekennzeichnet, basieren die dargestellten Informationen auf eigenen Erfahrungen des Autors, die im Rahmen des Forschungsprojektes *Wärmebildkameras im Einsatz* erlangt wurden (nähere Informationen hierzu sind unter www.wbk-einsatz.de verfügbar).

4.1 Aktueller Ist-Zustand

Im Gegensatz zum Tragen von persönlicher Schutzausrüstung ist die Nutzung einer Wärmebildkamera (WBK) in Deutschland nicht durch Gesetze oder Verordnungen geregelt oder vorgeschrieben. Die Anwendung der je nach Modell (ohne Zusatzausstattung) zwischen 0,68 und 1,9 Kilogramm schweren und rund 3.700 bis 20.000 Euro (inkl. Mehrwertsteuer) teuren Geräte [7, 22, 23, 24] wird mancherorts lediglich durch interne Dienstabweisungen festgelegt.

Da der Gebrauch einer WBK gewisse physikalische und technische Grenzen mit sich bringt, ist es notwendig, sich in der Ausbildung intensiv auf Einsätze mit WBKs vorzubereiten [2, S. 3]. Allerdings ist das Angebot an notwendigen Ausbildungen oder Schulungen bisher gering. Außerdem gibt es nur eine geringe Anzahl an fundierten Untersuchungen zum Einsatz von WBKs. Die dadurch fehlende Erfahrung und Argumentationsgrundlage zum Umgang mit WBKs führt zu einem Wissensstand, der sich zwar in den letzten Jahren maßgeblich verbessert hat, jedoch immer noch als nicht ausreichend angesehen werden muss.

4.2 Einsatzmöglichkeiten und tatsächlicher Einsatz

Die Einsatzmöglichkeiten einer WBK im Feuerwehreinsatz sind sehr vielfältig und stark vom Einsatzszenario abhängig, wie die in Abbildung 4.1 dargestellte Infografik der Westfälischen Provinzial Versicherung verdeutlicht. Die *Personenrettung Brand* war nur in 21 der insgesamt 940 untersuchten Einsätze der Grund für den Einsatz einer WBK. Dennoch steht außer Frage, dass es sich hier generell um besonders kritische Einsätze handelt, bei denen Menschenleben in unmittelbarer Gefahr sind.



Abbildung 4.1: Infografik Westfälische Provinzial Versicherung zum Einsatzgrund einer WBK (@Westfälische Provinzial Versicherung)

4.3 Vorteile der bestehenden Technik

Bei der Personensuche in einem Löscheinsatz mit WBK können folgende Aspekte als vorteilhaft im Vergleich zur Personensuche ohne WBK angesehen werden:

- Darstellung der thermischen Signatur von Objekten (Gegenstände, Menschen, ...) auch durch dichten Rauch hindurch [18, S. 3]
 - Verbesserte Orientierung und Lokalisierung von Personen, Gegenständen, Gefahrenquellen, ...
- Zusätzliche Informationen über die Beschaffenheit des Raumes, beispielsweise von Decken [18, S. 27]
 - Verbesserte Sicherheit der Einsatzkräfte

4.4 Nachteile der bestehenden Technik

Die nachfolgenden Aspekte können sich negativ auf den Verlauf einer Personensuche mittels WBK auswirken:

- Physikalische und technische Einsatzgrenzen (vgl. Kapitel 3.3)
 - Ungenauigkeiten bei der Temperaturmessung
 - Abschirmung von Objekten
 - Reflexion von Wärmestrahlung
 - Fehlende binokulare Raumwahrnehmung

- Gewicht der Geräte bis zu 1,9 Kilogramm
 - Zusätzliches Gewicht neben der sonstigen Ausrüstung
- Ausfall der Technik [18, S. 22]
 - Plötzlicher Orientierungsverlust
- „Unsichtbarkeit“ von Messobjekten bedingt durch einen zu geringen oder großen Temperaturunterschied zum Hintergrund (vgl. Kapitel 3.2.1)

4.5 Forschungsstand

Im Gegensatz zum technischen Fortschritt sind wissenschaftlich fundierte Untersuchungen jedoch eher die Ausnahme. Hersteller, Vertreiber und Anwender berufen sich hinsichtlich Effizienz und zeitlichem Einfluss auf nachfolgende Studien, über die trotz intensiver und aufwendiger Literaturrecherche nur die nachstehenden Informationen verfügbar sind.

Studie 1

Diese Studie stammt vermutlich aus den Jahren 1998/1999 und wurde in den Vereinigten Staaten von Amerika durchgeführt. Folgende Ergebnisse sind bekannt [25, S. 10]:

Ohne WBK: In 60 [%] der Fälle konnten die Feuerwehr-Angehörigen (FA) das Opfer nicht in der vorgegebenen Zeit finden. In über 30 [%] der Fälle konnten die FA das brennende Haus nicht in der vorgegebenen Zeit verlassen.

Mit WBK: In 99 [%] der Fälle konnten die FA das Opfer in der vorgegebenen Zeit finden. In 100 [%] der Fälle konnten die FA das brennende Haus in der vorgegebenen Zeit verlassen.

Studie 2

Diese Studie stammt vermutlich aus dem Jahr 2001 und wurde in den Vereinigten Staaten von Amerika durchgeführt. Folgende Ergebnisse sind bekannt [26, S. 2]:

Brandherdsuche (Durchschnitt):

Ohne WBK → 4:48 Minuten

Mit WBK → 2:23 Minuten

Personensuche (Durchschnitt):

Ohne WBK → 6:46 Minuten

Mit WBK → 2:17 Minuten

Aufgrund der schlechten Informationslage ist fraglich, inwiefern diese Studien auch im Hinblick auf den technischen Fortschritt noch zeitgemäß sind und ob sich die Ergebnisse überhaupt auf die deutsche Feuerwehr übertragen lassen. Auch die Wissenschaftlichkeit muss wegen der unzureichenden schriftlichen Dokumentation in Frage gestellt werden.

4.6 Einsatzgrundsätze

Für die Personensuche in einem Löscheinsatz gelten neben den Grundsätzen der taktischen Zielsetzung, Wirksamkeit und Sicherheit auch die Einsatzgrundsätze der Feuerwehr Dienstvorschrift (FwDV) 3 „Einheiten im Lösch- und Hilfeleistungseinsatz“ sowie FwDV 7 „Atemschutz“. Darüber hinaus gelten die nachfolgende Einsatzgrundsätze für die Anwendung einer WBK (WBK-Einsatzgrundsätze) bei der Personensuche, welche im Rahmen dieser Arbeit erarbeitet wurden.

1. Eine WBK ist ein technisches Gerät und kann keine bisherigen Taktiken und Techniken ersetzen.
2. Bei festen Materialien und Flüssigkeiten (Glas, Beton, Wasser, . . .) ist mit einer Abschirmung und/oder Spiegelung der Infrarotstrahlung zu rechnen. In diesem Fall wird lediglich die Oberflächentemperatur angezeigt, jedoch keine Objekte hinter dem Material.
3. Die WBK kann dem Betrachter lediglich ein 2-D-Bild wiedergeben. Ohne Referenzobjekte, deren Größen ungefähr bekannt sind, ist eine Tiefenwahrnehmung und das Abschätzen von Entfernungen nur bedingt bis gar nicht möglich.
4. Eine WBK ist ein technisches Gerät, welches, genau wie ein Computer oder ein Mobiltelefon, jederzeit ausfallen kann.
5. In regelmäßigen Abständen, mindestens jedoch beim Betreten eines unbekanntes Bereiches (Flur/-abzweigung, Wohnung, Wohnraum, Treppenraum, . . .), muss ein Würfelblick zur allgemeinen Orientierung und zur Lokalisierung des gesuchten Objektes/von Gefahrenquellen durchgeführt werden.
 - ① Decke
 - ② Boden
 - ③ Wand rechts
 - ④ Wand gegenüber
 - ⑤ Wand links
 - ⑥ Wand, durch die der Raum betreten wurde

6. Der sonst übliche Tür-Check mittels Hand beziehungsweise Handrücken kann durch eine WBK ergänzt werden.
7. Die Anwendung eines Schwarz-Weiß-Modus mit temperaturabhängiger Einfärbung in Gelb/Orange/Rot wird für Löscheinsätze (Brandbekämpfung inklusive Personensuche im Brandobjekt) empfohlen (alternativ Schwarz-Weiß-Modus ohne temperaturabhängige Einfärbung).
8. Der Truppführer führt die WBK, informiert seinen Truppmann verbal und/oder per Handzeichen über mögliche Signaturen und Gefahrenquellen und je nach Bedarf unter Zuhilfenahme der WBK und/oder des Beleuchtungsgerätes.
9. Bei der gezielten Abgabe von Löschmittel ist eine Kontrolle der Löschwirkung mittels WBK durchzuführen.
10. Die vom Angriffstrupp angewandte Suchmethode (Rechte-Hand, ...) muss weiterhin mit dem Einheitsführer und der Atemschutzüberwachung abgesprochen werden.

5 Praktische Versuche

Die Durchführung der praktischen Versuche erfolgte im Wintersemester 2013/14 in zwei unterschiedlichen Bemessungsszenarien mit jeweils zehn beziehungsweise zwölf einzelnen Versuchsdurchläufen. Zur Identifikation werden die Szenarien mit S für Schlafzimmer und W für Wohnzimmer und die Versuchsdurchläufe mit fortlaufenden Zahlen gekennzeichnet. Für jedes Bemessungsszenario wird in Unterszenarien unterschieden, ob der Truppführer (TrFü) ohne oder mit einer Wärmebildkamera (WBK) vorgegangen ist, was durch die Endung „WBK“ kenntlich gemacht wird. Für einen Versuchsdurchlauf im Schlafzimmer ohne WBK ergibt sich daher der Versuchsname „S_1“, mit WBK wird er als „S_1_WBK“ bezeichnet.

5.1 Versuchsanordnung

Unabhängig von den Bemessungsszenarien ist der grundlegende Versuchsaufbau immer gleich. Lediglich die Lage der gesuchten Person wird verändert und in Kapitel 5.3 näher erläutert.

5.1.1 Versuchsobjekt

Das Versuchsobjekt umfasst eine möblierte Wohneinheit im Erdgeschoss von 87 [m²] Grundfläche und besteht aus Eingangsbereich, Flur, Küche, Wohnzimmer, Schlafzimmer und Bad.

Die Brandbekämpfung ist nicht Bestandteil dieser Arbeit, weshalb einheitlich davon ausgegangen wird, dass sich der Brandherd nicht im selben Raum wie die gesuchte Person befindet und der Angriffstrupp (ATr) keine Brandbekämpfung zur Sicherung der Person durchführen muss.

5.1.2 Gesuchte Person

Um gleichbleibende Bedingungen bei der gesuchten Person realisieren zu können, wird eine 1,8 [m] große Übungspuppe der Firma Haagen (Modell Thermal Manikin) verwendet. Durch innere Heizelemente und eine 230V-Stromversorgung verfügt die Puppe über eine durchgängige Oberflächentemperatur von rund 30,0 [°C] und gewährleistet somit konstante und reproduzierbare Bedingungen an beiden Versuchstagen.

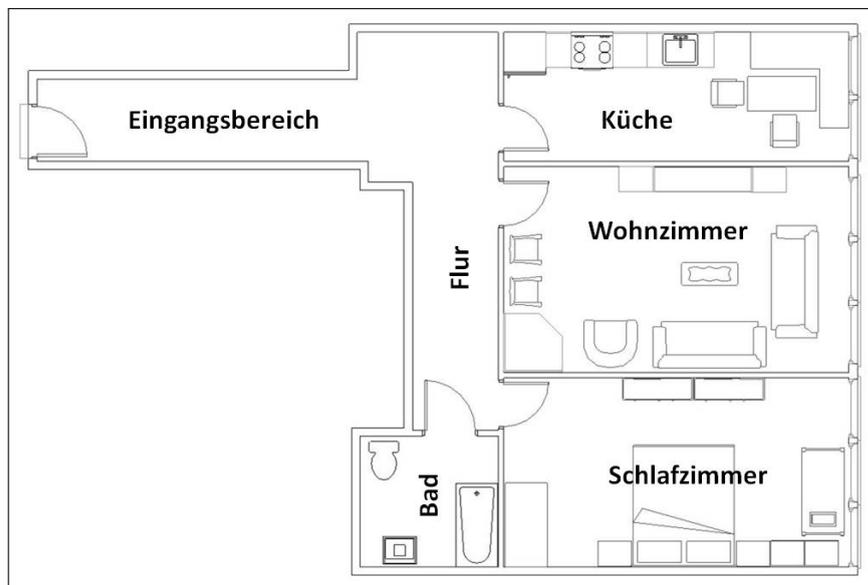


Abbildung 5.1: Grundriss des Versuchsobjektes (©REICHARD 2013)

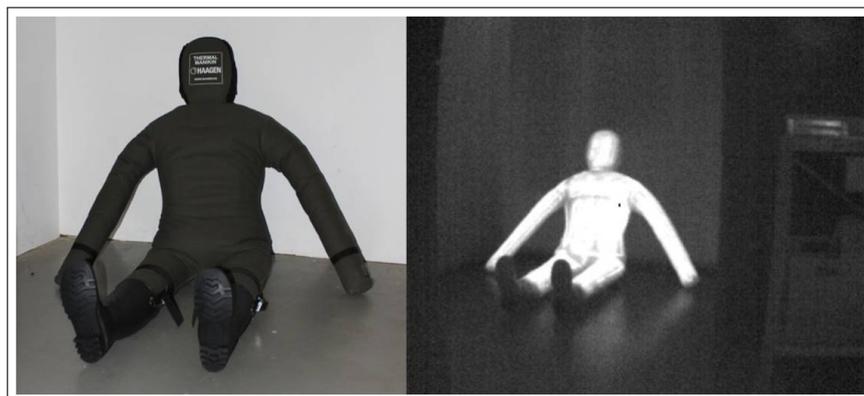


Abbildung 5.2: Eingesetzte Übungspuppe (©REICHARD 2013)

5.1.3 Nullsicht

Zur reproduzierbaren Herstellung von konstanten Nullsicht-Bedingungen (vgl. Kapitel 2.4) an beiden Versuchstagen sowie bei allen Versuchsdurchläufen wird mit einer Kombination aus Dunkelheit und Kunstnebel gearbeitet. Alle Fenster werden durch lichtundurchlässige Folie abgedunkelt. Insgesamt kommen zwei Hochleistungsnebelmaschinen mit extra langanhaltendem Nebelfluid zum Einsatz. Damit sich Wärmesignaturen weiterhin im Fensterglas spiegeln können, wird die Folie von außen angebracht. Zur Kontrolle der Nullsicht-Bedingungen wird an fünf Punkten im Gelände 1 [m] über dem Fußboden schwarz-gelbes Signalband angebracht und nach jedem Versuchsdurchlauf aus 0,189 [m]⁴ Entfernung kontrolliert.

⁴Diese Entfernung entspricht dem 50. Perzentil der Handlänge einer männlichen Person zwischen 18 und 65 Jahren nach Tabelle 52 der NORM DIN 33402-2 *Ergonomie – Körpermaße des Menschen – Teil 2: Werte*.

5.2 Versuchsteilnehmer

Alle Versuchsdurchläufe werden mit sogenannten 2er-Trupps, bestehend aus einem Truppmann (TrM) und einem TrFü, durchgeführt. Hierbei findet keine Unterscheidung nach Einsatzkräften einer Berufs-, Werk- oder Freiwilligen Feuerwehr statt, da die Personensuche bei einem Löscheinsatz unabhängig von organisatorischen Rahmenbedingungen durchgeführt und erfolgreich bewältigt werden muss. Wie bereits von LINDEMANN [27, S. 37] angemerkt, müsste eine Unterscheidung wenn überhaupt zu Gunsten der Freiwilligen Feuerwehren ausfallen, da diese den Maßstab für die Leistungsfähigkeit der Feuerwehr in Deutschland darstellen sollten. Für jedes Bemessungsszenario erfolgt daher die Unterscheidung nur in die Unterszenarien „WBK von TrFü eingesetzt“ oder „WBK von TrFü nicht eingesetzt“.

Da der TrFü unabhängig vom Einsatz einer WBK für die räumliche Führung und Orientierung zuständig ist, muss dieser bei jedem Unterszenario ausgewechselt werden. Jeder Versuchsteilnehmer darf somit pro Unterszenario nur einmal als TrFü eingesetzt werden. Da den Versuchsteilnehmern die Gegebenheiten des Versuchsgeländes und die Anzahl der Bemessungsszenarien im Vorfeld nicht bekannt sind, kann auch mit wenigen Versuchsteilnehmern eine hohe Anzahl an Messwerten erhoben werden.

Als persönliche Voraussetzung müssen alle Versuchsteilnehmer neben der erfolgreichen Truppausbildung nach Feuerwehr-Dienstvorschrift (FwDV) 2 „Ausbildung der Freiwilligen Feuerwehren“ oder einer gleich- bzw. höherwertigen Ausbildung für den feuerwehrtechnischen Dienst alle Anforderungen an Atemschutzgeräteträger nach FwDV 7 erfüllen. Ebenfalls müssen die Versuchsteilnehmer körperlich geeignet sein und über Einsatzerfahrung im Löscheinsatz verfügen.

Da die Ausbildung zum Einsatz einer WBK im Löscheinsatz weder einheitlich geregelt noch flächendeckend vorhanden ist und keine Untersuchungen zur Vorhaltung von diesen Geräten besteht, muss davon ausgegangen werden, dass die Versuchsteilnehmer nur über wenig bis gar keine WBK-Einsatzerfahrung verfügen. Daher erhalten alle Versuchsteilnehmer eine einheitliche Kurzeinführung zu diesem Themenkomplex. Die von den Versuchsteilnehmern mindestens anzulegende persönliche Schutzausrüstung entspricht der Mindestausrüstung eines ATr im Innenangriff gemäß FwDV 1 und GUV-V C53 beziehungsweise BGI/GUV-I 8675. An dieser Stelle sei darauf hingewiesen, dass mit angeschlossenen Lungenautomaten der Atemschutzgeräte gearbeitet wird.

Bei den Durchläufen mit WBK kann der TrFü zwischen verschiedenen Modellen unterschiedlicher Hersteller frei wählen. Insgesamt stehen an jedem Versuchstag fünf Kameramodelle von drei Herstellern zur Verfügung. Da alle Kameras standardmäßig über einen Schwarz-Weiß-Modus verfügen und somit die Einsatzgrundsätze erfüllen (vgl. Kapitel 4.6), erfolgt bei der anschließenden Auswertung keine Unterscheidung zwischen den verwendeten Kameras. Folgende Kameras stehen den Teilnehmern zur Verfügung (Datenblätter



Abbildung 5.3: Angriffstrupp mit Mindestausrüstung (im Bild verdeckt: Fluchthaube, Bandschlinge) (©REICHARD 2013)

siehe Anhang A):

- ISG X380
- ISG SD250
- Rosenbauer ARGUS 4-320
- Rosenbauer ARGUS-MI-TIC 160-1-S
- Scott EAGLE ATTACK

5.3 Bemessungsszenarien

Es werden zwei Bemessungsszenarien definiert, für die gleiche Ausgangsbedingungen hinsichtlich des grundlegenden Versuchsaufbaus, der Versuchsteilnehmer und der Versuchsdurchführung gelten. In diesen Szenarien soll durch den ATr die zeitkritische Suche einer

erwachsenen Person bei einem Wohnungsbrand mit starker, unklarer Rauchentwicklung in einer Wohneinheit durchgeführt werden. Unterschieden wird hierbei in die für jedes Szenario gleichermaßen stattfindende Personensuche mit und ohne WBK.

5.3.1 Szenario 1: Wohnzimmer

Im Bemessungsszenario 1 befindet sich die gesuchte Person in liegender Position auf der Couch an der rechten Raumwand. Es handelt sich hierbei um eine erwachsene Person, die vor dem Fernseher (linke Raumwand) eingeschlafen ist, die Rauchentwicklung nicht bemerkt hat und in Folge einer Rauchgasintoxikation bewusstlos geworden ist.

5.3.2 Szenario 2: Schlafzimmer

Im Bemessungsszenario 2 befindet sich die gesuchte Person in liegender Position im Pflegebett, welches sich an der Wand gegenüber dem Raumeingang befindet. Es handelt sich hierbei um eine ältere, erwachsene Person, die bettlägerig ist. Dies hat zur Folge, dass die Person sich nicht eigenständig in Sicherheit bringen konnte und durch eine Rauchgasintoxikation bewusstlos geworden ist.

5.4 Versuchsdurchführung

Die nachfolgende Beschreibung beschränkt sich auf die Durchführung eines Durchlaufes. Alle weiteren Durchläufe werden nach diesem Schema durchgeführt und daher nicht explizit aufgeführt.

5.4.1 Vorbereitungen

Vor dem Versuchsbeginn erhalten die Versuchsteilnehmer eine Kurzeinweisung in den Umgang mit einer WBK (vgl. Kapitel 5.2), rüsten sich mit der Mindestausrüstung nach FwDV 1 und GUV-V C53 aus und stehen in einem separaten Bereitstellungsraum truppweise bereit. Weiterhin erhalten alle Teilnehmer die Information, dass sie nach der Einsatzmeldung „Wohnungsbrand, Menschenleben in Gefahr“ mit dem ersteintreffenden Fahrzeug in Staffelfstärke an der Einsatzstelle eingetroffen sind. Eine kurze Erkundung und Zeugenbefragung ergab, dass sich eine erwachsene Person in der Wohneinheit befinden muss. Der Grund für die starke Rauchentwicklung und die räumliche Aufteilung der Wohneinheit konnte jedoch nicht ermittelt werden.

Die Wohneinheit wird abgedunkelt und die Übungspuppe wird auf die vormarkierte Fläche des Bemessungsszenarios gelegt. Diese hat nach Anschluss des Netzgerätes und einer

Vorwärmzeit von fünf Minuten ihre maximale Oberflächentemperatur erreicht. Nach einer Positionskontrolle der Möblierung erfolgt das Vernebeln des Geländes auf Nullsicht. Anschließend werden alle Türen geschlossen.

5.4.2 Versuchsbeginn

Nach Kontrolle der fünf Nullsicht-Kontrollpunkte durch den Versuchsleiter (VL) wird das Versuchsgelände für den Versuch freigegeben. Der vorgehende ATr bezieht nun Stellung vor der Eingangstür, schaltet je nach Versuch die mitgeführte WBK ein und schließt den Lungenautomat an. Der Kameramann startet währenddessen die Videoaufzeichnung der Digitalkamera und WBK. ATr und Kameramann signalisieren dem VL ihre Einsatzbereitschaft und dieser startet den Versuch mit der Ansage „Versuchsbeginn, Angriffstrupp vor“. Die Zeitmessung mittels Stoppuhr startet, sobald das erste Truppmitglied mit seinem Helm den Türrahmen passiert hat.

5.4.3 Versuchsverlauf

Für den vorgehenden ATr gelten die taktischen Grundsätze sowie die in dieser Arbeit definierten Einsatzgrundsätze für WBKs, welche den Versuchsteilnehmern in der Kurzeinweisung erläutert und in ausgedruckter Form zur Verfügung gestellt werden. Aus versuchs-technischen Gründen werden dem ATr folgende weitere taktische Vorgaben gegeben:

- Es wird mit ungefüllter Schlauchleitung gearbeitet. Diese liegt im Eingangsbereich bereit und ist bereits am Verteiler angeschlossen.
- Das Beleuchtungsgerät wird zwar mitgeführt, um erschwerte Sichtverhältnisse realisieren zu können jedoch nicht eingesetzt.
- Die Personensuche hat Vorrang; eine Brandherdlokalisierung muss nicht durchgeführt werden.
- Schränke müssen nicht durchsucht werden.
- Es soll die Wandtechnik eingesetzt werden.
- Auf die Überprüfung von Türen hinsichtlich thermischer Belastung kann verzichtet werden.
- Die gesuchte Person befindet sich in liegender Position, wodurch Kameramann und Übungspuppe nicht verwechselt werden können.

Aufgrund der fehlenden Informationen zur räumlichen Aufteilung und Lage der Person innerhalb der Wohnungseinheit soll der TrFü selbst entscheiden, ob „Rechte-Hand-Suche“ oder „Linke-Hand-Suche“ angewendet wird.

Dadurch kann der tatsächliche Versuchsverlauf der einzelnen Durchläufe nicht mit letzter Sicherheit vorhergesagt werden und im Nachfolgenden wird beispielhaft nur der Verlauf mit „Rechter-Hand-Suche“ im Szenario „Schlafzimmer“ mit WBK geschildert.

5.4.4 Versuchsende

Das Ende eines Versuches ist durch das bewusste Berühren der Übungspuppe und anschließendem Funkspruch „Person gefunden“ erreicht. Zeitmessung und Videoaufzeichnung enden hiermit und der ATr begibt sich entlang seiner Rückwegsicherung aus dem Versuchsobjekt ins Freie. Hier werden die Ausrüstungsgegenstände ordnungsgemäß abgelegt und die Vorbereitungen für den nächsten Durchlauf getroffen.

5.5 Auswertung

Um die Messergebnisse aus den einzelnen Bemessungsszenarien statistisch auszuwerten, wurden diese gemäß den Vorgaben der Forschungsmethodik aufbereitet. Hierzu wurden die Versuchsprotokolle sowie digitale und thermografische Videoaufzeichnungen ausgewertet, aufgetretene Störvariablen zeitlich erfasst, von der benötigten Gesamtzeit des jeweiligen Versuches abgezogen und dokumentiert. Aus den so ermittelten Messwerten wurden dann das arithmetische Mittel \bar{t} , die Varianz σ^2 und die Standardabweichung σ bestimmt. Für jedes Unterszenario ergibt sich dann das mittlere Messergebnis $t_{i,ohneWBK}$ bzw. $t_{i,mitWBK}$ mit Angabe der jeweiligen Standardabweichungen. Diese ergeben durch Verrechnung dann den mittleren zeitlichen Einfluss $t_{i,EIN}$ der unabhängigen Variable (Einsatz einer WBK) auf die abhängige Variable (Zeitbedarf Personensuche). Hierbei bedeutet ein positives Vorzeichen einen zeitlichen Gewinn, ein negatives Vorzeichen einen zeitlichen Verlust. Zur besseren Interpretation beider Bemessungsszenarien wird anschließend der mittlere prozentuale Einfluss p bestimmt. Alle Werte werden bei der Auswertung zeitgleich auf ihre Plausibilität hin überprüft.

Anschließend erfolgt eine Auswertung der erhobenen Messergebnisse auf mögliche zeitliche Auffälligkeiten bei den Versuchen und deren Auswirkungen. Abgeschlossen wird die Auswertung mit der einsatztaktischen Auswertung, da Effektivität im Sinne dieser Arbeit der Zusammenhang von zeitlichem Einfluss und Einhaltung taktischer Grundsätze ist.

5.5.1 Szenario 1

Das Bemessungsszenario 1 wurde auf Grundlage der Vorgaben durch die Forschungsmethodik so definiert, dass gleiche Ausgangsbedingungen für alle Durchläufe sichergestellt werden konnten. Durch die Lage der Übungspuppe ist gewährleistet, dass der vorgehende Trupp mindestens einen Raum erfolglos durchsuchen muss, um die Puppe dann im

Wohnzimmer vorzufinden, unabhängig davon ob Linke-Hand- oder Rechte-Hand-Suche Anwendung findet. Sowohl Küche als auch Schlafzimmer bieten durch die typische Wohneinrichtung für die Suche mit und ohne WBK gleichermaßen zeitliche Problemzonen. Insbesondere für den Einsatz einer WBK ergibt sich die Problematik, dass Störquellen und nur schwer zu erkennende Bereiche und Gegenstände vorhanden sind. Zu den Störquellen zählen die erwärmten Heizkörper (eingestellt auf Stufe 3 von 5) unterhalb der Fenster, für Infrarotstrahlung nicht transmissive und somit abschirmende Gegenstände (geschlossene Türen, Couch, Schrank, ...) als auch Infrarotstrahlung reflektierende Materialien in den Räumen (Fenster, Schranktüren, ...). Im Flurbereich ist die Abgrenzung von Gegenständen mit einer WBK nur bedingt möglich, da die Türen eine annähernd gleiche Abstrahlcharakteristik wie die Wände aufzeigen.

Statistische Auswertung

Tabelle 5.1: Ergebnisse für das Bemessungsszenario 1

Szenario 1 - Wohnzimmer	Messergebnis [min]	
	ohne WBK	mit WBK
Messung		
1	07:24	01:39
2	05:44	05:06
3	10:54	02:32
4	05:57	01:49
5	08:35	05:19
Anzahl n	5	5
Minimaler Wert t_{min}	05:44	01:39
Maximaler Wert t_{max}	10:54	05:19
Arithm. Mittel \bar{t}	07:42	03:17
Varianz σ^2	0,007829716	0,005562548
Standardabweichung σ	02:07	01:47
Mittleres Messergebnis \bar{t}_i	07:42 ± 02:07	03:17 ± 01:47
Mittlerer Einfluss WBK $t_{i,EIN}$	+ 04:25	
Mittlerer Einfluss WBK p	57,36 [%]	

Nach Aufbereitung aller Messdaten ergibt sich für die fünf Durchläufe der Personensuche ohne WBK im Bemessungsszenario 1 ein mittlerer zeitlicher Bedarf zwischen dem Betreten der Wohnung bis zum Auffinden der gesuchten Person von 7:42 Minuten ± 2:07 Minuten. Durch die gezielte Manipulation der unabhängigen Variable (geänderte Sichtverhältnisse durch den Einsatz einer WBK) unter gleichbleibenden Rahmenbedingungen ergibt sich für die Personensuche mit WBK ein mittlerer Zeitbedarf von 3:17 Minuten ± 1:47 Minuten. Da sämtliche Störvariablen konstant gehalten, kontrolliert bzw. eliminiert werden konnten, ist der entstehende zeitliche Gewinn von durchschnittlich 4:25 Minuten bzw. 57,36 [%] allein auf den Einsatz einer WBK zurückzuführen.

Bei den Durchläufen mit WBK entschieden sich die TrFü eigenständig für die Rechte-Hand-

Methode, führten jedoch in jedem Raum linker Hand des Flures, beginnend bei der Küche, nach Öffnung der Türe einen Würfelblick aus Höhe des Türrahmens durch. Isoliert betrachtet kostete dieser Kurzcheck in den Versuchen zwar erst einmal Zeit, hat bei unbekannter Lage der Person jedoch den Vorteil, diese möglicherweise schneller finden zu können. Weiterhin ist ein solcher Kurzcheck aus einsatztaktischer Sicht durchaus sinnvoll, da so offensichtliche Gefahren innerhalb der Räume bereits ausgeschlossen werden können. Er kann jedoch kein Ersatz für das gründliche Absuchen eines jeden Raumes sein.

An dieser Stelle sei darauf hingewiesen, dass die Versuchsteilnehmer keine nennenswerten Erfahrungen im Umgang mit einer WBK hatten und im Vorfeld lediglich eine Kurzeinführung erhalten hatten, aus der jedoch keine Rückschlüsse auf das spätere Versuchsszenario möglich waren. Die Auswirkungen langjähriger Erfahrung und intensiven Trainings im Umgang mit Wärmebildkameras werden durch einen für das Bemessungsszenario 2 durchgeführten Sekundärversuch deutlich (vgl. Kapitel 5.5.2).

Einsatztaktische Auswertung

Die einsatztaktische Auswertung der durchgeführten Versuche zeigt, dass die Einhaltung taktischer Grundsätze durch den Einsatz einer WBK nicht negativ beeinflusst wird. Dies setzt jedoch voraus, dass der Umgang mit einer WBK und damit verbundene Grenzen und Einsatzgrundsätze dem Anwender durch intensives Training bekannt sind.

Dieser Effekt zeigte sich insbesondere bei der Anwendung des Würfelblicks (5. Einsatzgrundsatz für die Anwendung einer WBK). Dieser soll zur besseren Orientierung und Lokalisierung von Objekten und Gefahrenquellen in regelmäßigen Abständen durchgeführt werden. Bei den Durchläufen W_1_WBK, W_3_WBK und W_4_WBK (vgl. Tabelle 5.1) kam es zu einer konsequenten Anwendung. Die Durchläufe W_2_WBK und W_5_WBK weisen einen deutlich längeren Zeitbedarf auf. Die Auswertung der Videoaufzeichnungen zeigt hierbei, dass der Würfelblick zwar durchgehend konsequent angewendet wurde, die sichere Deutung des Wärmebildes jedoch nicht schnell genug erfolgte. Einfluss hatten hierbei insbesondere Spiegelungen und die Erkennbarkeit von Gegenständen: Erkannte der TrFü eine thermische Signatur (die von ihm selbst stammte) oder konnte Hindernisse in einem Bereich nicht eindeutig identifizieren, vergingen kostbare Sekunden bis dass der 2. und 3. Einsatzgrundsatz zur Anwendung einer WBK (vgl. Kapitel 4.6) angewendet wurde.

Die Notwendigkeit eines intensiven Trainings zeigt sich auch bei der Kommunikation zwischen Truppführer und Truppmann. Während an der Kommunikation im Trupp bei den Durchläufen ohne WBK keine nennenswerten Auffälligkeiten feststellbar waren, konnte bei zwei Durchläufen mit WBK beobachtet werden, dass der TrM seinen TrFü zu Beginn der Suche daran erinnern musste, dass er weiterhin Nullsicht-Verhältnisse hat. Eine fehlende Kommunikation kann im schlimmsten Fall zur Trennung des Trupps führen und ist aus Gründen des Eigenschutzes weder mit den taktischen Grundsätzen noch mit den Ein-

satzgrundsätzen der FwDV 3 und FwDV 7 vereinbar.

Bei der Anwendung einer WBK im Bemessungsszenario 1 konnten keine weiteren im Hinblick auf die taktischen Grundsätze als negativ zu bewerteten Einflüsse festgestellt werden. Die festgestellten und in diesem Kapitel beschriebenen negativen Auffälligkeiten können durch eine qualifizierte Ausbildung maßgeblich beeinflusst werden und haben somit keine Auswirkungen auf die Einhaltung taktischer Grundsätze.

Gesamtergebnis Bemessungsszenario 1

Durch den Einsatz einer WBK kam es im Bemessungsszenario 1 zu einem mittleren zeitlichen Gewinn von 57,36 [%], ohne dass die Einhaltung einsatztaktischer Grundsätze beeinträchtigt wurde. Somit konnte die Effektivität der Personensuche unter den gegebenen Bedingungen durch den Einsatz einer WBK maßgeblich verbessert werden. Voraussetzung hierfür ist jedoch eine qualifizierte Ausbildung der Einsatzkräfte im Umgang mit einer WBK.

5.5.2 Szenario 2

Das Bemessungsszenario 2 wurde auf Grundlage der Vorgaben durch die Forschungsmethodik so definiert, dass gleiche Ausgangsbedingungen für alle Durchläufe gewährleistet werden konnten. Durch die Lage der Übungspuppe ist sichergestellt, dass der vorgehende Trupp mindestens einen Raum erfolglos durchsuchen muss, um die Puppe dann am Ende des Schlafzimmers im Pflegebett vorzufinden, unabhängig davon ob Linke-Hand- oder Rechte-Hand-Suche angewandt wird. Die bereits für das Bemessungsszenario 1 als Problemzonen identifizierten Bereiche liegen auch im Bemessungsszenario 2 vor.

Statistische Auswertung

Für das Bemessungsszenario 2 wurden insgesamt zwölf einzelne Versuche durchgeführt, wobei sechs ohne und sechs mit WBK erfolgten. In die nachfolgende Auswertung kann jedoch ein Versuch ohne und einer mit WBK nicht einbezogen werden, da sowohl TrFü als auch TrM über langjährige Erfahrung im Umgang mit Wärmebildkameras verfügten. Diese als Sekundärversuche bezeichneten Durchläufe können somit nicht als Grundlage für einen direkten Vergleich mit den anderen Versuchsteilnehmern dienen und werden lediglich als Kontrolldurchlauf genutzt.

Nach Aufbereitung aller Messdaten ergibt sich für die Personensuche ohne WBK ein mittlerer Zeitbedarf von 5:14 Minuten \pm 1:36 Minuten. Dagegen lag der mittlere Zeitbedarf mit einer WBK unter gleichbleibenden Rahmenbedingungen bei 2:21 Minuten \pm 0:25 Minuten. Der zeitliche Gewinn von durchschnittlich 2:53 Minuten bzw. 55,10 [%] ist aufgrund der konstant gehaltenen, kontrollierten bzw. eliminierten Störvariablen allein auf

Tabelle 5.2: Ergebnisse für das Bemessungsszenario 2

Szenario 2 - Schlafzimmer	Messergebnis [min]	
	ohne WBK	mit WBK
Messung		
1	03:54	01:49
2	07:02	02:03
3	03:43	02:53
4	04:40	02:26
5	06:54	02:38
Anzahl n	5	5
Minimaler Wert t_{min}	03:43	01:49
Maximaler Wert t_{max}	07:02	02:53
Arithm. Mittel \bar{t}	05:14	02:21
Varianz σ^2	0,004521026	0,000323447
Standardabweichung σ	01:36	00:25
Mittleres Messergebnis \bar{t}_i	05:14 ± 01:36	02:21 ± 00:25
Mittlerer Einfluss WBK $t_{i,EIN}$	+ 02:53	
Mittlerer Einfluss WBK p	55,10 [%]	

den Einsatz einer WBK zurückzuführen.

Wie im Bemessungsszenario 1 entschieden sich alle TrFü eigenständig für die Rechte-Hand-Methode. Eine Linke-Hand-Suche hätte bei diesem Szenario dazu geführt, dass die Suche ohne WBK durch den Weg über Küche und Wohnzimmer deutlich länger gedauert hätte. Der Einfluss der WBK wäre dadurch vermutlich um einiges größer gewesen.

Außer bei den Sekundärversuchen verfügten die Versuchsteilnehmer nicht über nennenswerte Erfahrungen im Umgang mit einer WBK und die im Vorfeld durchgeführte Kurzeinführung ermöglichte keine Rückschlüsse auf das spätere Versuchsszenario. Da an einem Versuchstag zwei Feuerwehrangehörige mit langjähriger Erfahrung im Umgang mit Wärmebildkameras vor Ort waren, wurde unter Einhaltung der Forschungsmethodik ein Durchlauf ohne und einer mit WBK durchgeführt. Die Teilnehmer kannten dabei die Örtlichkeiten vorher nicht und die Besetzung des TrFü wurde zwischen den Durchläufen getauscht. Für die Personensuche ohne WBK wurden 4:56 Minuten benötigt, was die Plausibilität der Versuche ohne WBK stützt. Unter gleichen Bedingungen benötigte dieser Trupp mit WBK jedoch nur noch 1:18 Minute um die Person zu finden.

Einsatztaktische Auswertung

Die Ergebnisse der einsatztaktischen Auswertung für das Bemessungsszenario 2 decken sich mit denen für Bemessungsszenario 1. Durch den Einsatz einer WBK wurde die Einhaltung taktischer Grundsätze nicht negativ beeinflusst. Die im Szenario 1 festgestellte Voraussetzung hierfür, nämlich die Notwendigkeit einer qualifizierten Ausbildung, zeigte sich jedoch auch für das vorliegende Szenario. Der Umgang mit nicht erkennbaren Bereichen und Spiegelungen wurde von den eingesetzten Versuchsteilnehmern insgesamt

zwar schneller und intuitiver gelöst, zeigte jedoch im Versuch S_3_WBK trotzdem enge Parallelen zu den Versuchen W_2_WBK und W_5_WBK. Weitere Parallelen konnten auch hinsichtlich der Kommunikation festgestellt werden. Teilte der TrFü seinem TrM nicht mit einer gewissen Regelmäßigkeit ausreichende Informationen über die Umgebung mit, erinnerte der TrM ihn daran, sodass ein konstantes truppweises Vorgehen ohne Trennung der Truppmitglieder möglich war.

Bei der Anwendung einer WBK im Bemessungsszenario 2 konnten keine weiteren im Hinblick auf die taktischen Grundsätze als negativ zu bewerteten Einflüsse festgestellt werden.

Gesamtergebnis Bemessungsszenario 2

Durch den Einsatz einer WBK kam es im Bemessungsszenario 2 zu einem mittleren zeitlichen Gewinn von 55,10 [%], ohne dass die Einhaltung einsatztaktischer Grundsätze beeinträchtigt wurde. Somit konnte die Effektivität der Personensuche unter den gegebenen Bedingungen durch den Einsatz einer WBK auch im Bemessungsszenario 2 maßgeblich verbessert werden. Dies deckt sich mit den Ergebnissen des Bemessungsszenarios 1.

6 Fazit und Ausblick

Zur theoretischen und experimentellen Untersuchung des Einflusses einer Wärmebildkamera (WBK) auf die Effektivität einer zeitkritischen Personensuche bei einem Wohnungsbrand wurden die technischen und physikalischen Grenzen einer WBK ermittelt und deren Einfluss auf die Effektivität in praktischen Versuchen bestimmt. Diese umfassten neben der Ermittlung des Zeitbedarfs für die Personensuche mit und ohne WBK mittels Zeitmessung auch die Analyse, ob die Einhaltung einsatztaktischer Grundsätze durch den Einsatz einer WBK negativ beeinflusst wird.

Ausgegangen wurde hierbei in Anlehnung an den kritischen Wohnungsbrand von einem Brandereignis in einer Wohneinheit im Erdgeschoss mit starker, unklarer Rauchentwicklung und einer vermissten Person, wobei den Einsatzkräften keine Informationen zur Lage der Person sowie über die räumliche Aufteilung der Wohneinheit bekannt waren.

Für zwei Bemessungsszenarien wurde hierzu der jeweilige Gesamtzeitbedarf vom Betreten der Wohnung bis zum Auffinden der vermissten Person ohne und mit WBK ermittelt und der zeitliche Einfluss der WBK bestimmt. Durch konstante Versuchsbedingungen und eliminierte Störvariablen kann der mittlere zeitliche Gewinn von 4:25 Minuten bzw. 57,36 [%] im Bemessungsszenario 1 und von 2:53 Minuten bzw. 55,10 [%] im Bemessungsszenario 2 allein auf den Einsatz einer WBK zurückgeführt werden.

Basierend auf den Einsatzgrenzen einer WBK wurden Vor- und Nachteile der bestehenden Technik sowie Einsatzgrundsätze zur Anwendung einer WBK bei der zeitkritischen Personensuche im Wohnungsbrand in Kapitel 4.6 definiert. Die einsatztaktische Auswertung der durchgeführten Versuche bestätigt die ermittelten Vor- und Nachteile und zeigt deutlich, dass durch die Einhaltung der WBK-Einsatzgrundsätze auch die allgemein anerkannten taktischen Grundsätze der Zielsetzung, Wirksamkeit und Sicherheit eingehalten und nicht negativ beeinflusst werden (sie stehen folglich im Einklang mit diesen). Primäre Voraussetzung ist jedoch, dass die Anwender durch eine qualifizierte Ausbildung im Umgang mit einer WBK intensiv geschult werden.

Als Schlussfolgerung der durchgeführten Versuche ergibt sich die Erkenntnis, dass die Anwendung einer WBK in den zugrundeliegenden Bemessungsszenarien zu einer gesteigerten Effektivität der zeitkritischen Personensuche geführt hat.

Aufgrund der Komplexität und Variabilität eines Feuerwehreinsatzes und des begrenzten Rahmens einer Bachelorarbeit, sind die Versuchsergebnisse streng genommen jedoch nur

für die betrachteten Szenarien und unter den getroffenen Eingrenzungen gültig. Das Ergebnis dieser Arbeit stellt daher eine Argumentationsgrundlage für die Ausbildung der Einsatzkräfte und weiterführende Untersuchungen zum Themenkomplex der zeitkritischen Personensuche mittels WBK dar.

Als Nebenprodukt der durchgeführten Untersuchungen ergeben sich weitere Auffälligkeiten und Erkenntnisse, welche im Folgenden kurz dargestellt werden. Diese gilt es in nachfolgenden Untersuchungen zu überprüfen:

Wesentlicher Bestandteil der feuerwehrtechnischen Ausbildung ist es, den Einsatzkräften den richtigen und sicheren Umgang mit Einsatzmitteln zu vermitteln und ihnen die Einsatzgrenzen aufzuzeigen. Hierzu gibt es bundeseinheitliche Vorgaben und Lehrgänge, deren Lernziele beispielsweise in der Feuerwehr-Dienstvorschrift 2 beschrieben werden. Da bundeseinheitliche Ausbildungskonzepte zum Einsatz einer WBK nicht vorhanden sind und es nur eine sehr geringe Anzahl an Ausbildungsinstituten mit WBK-Lehrgängen gibt, besteht hier akuter Handlungsbedarf. Denkbar wären Weiterbildungsmodule auf Kreisebene, Spezialausbildungen an den Landesfeuerwehrschulen oder Ergänzungen in bestehenden Ausbildungskonzepten der Grundausbildung. Die konkrete Umsetzung sollte daher Bestandteil weiterer Untersuchungen sein.

Die Zwischenbilanz einer Untersuchung der Versicherungskammer Bayern zum Schadenminderungseffekt durch eine WBK hat außerdem gezeigt, dass durch den Einsatz einer WBK auch eine Sachschadenminderung möglich ist. Aus Einsatzberichten der Feuerwehr und Kalkulationen der Schadenminderung realer Einsätze ergab sich durch den Einsatz einer WBK ein Schadenminderungseffekt von rund 8.600 Euro pro Einsatz. Zur Bestimmung des gesamten Schadenminderungseffektes wurde die durchschnittliche Lebensdauer einer WBK mit acht Jahren und eine durchschnittliche Einsatzanzahl von fünf Einsätzen pro Jahr angesetzt. Dies ergibt einen Schadenminderungseffekt von insgesamt rund 344.000 Euro. Weiterhin konnte festgestellt werden, dass eine Nachforderung der WBK zu einem Zeitverlust führen und damit einen reduzierten Nutzen zur Folge haben kann [28, S. 30-34]. In Verbindung mit den gesunkenen Anschaffungskosten der Geräte und den Ergebnissen der vorliegenden Arbeit liegt eine möglichst flächendeckende Vorhaltung der Geräte daher nahe. Die Umsetzung einer flächendeckenden Vorhaltung sollte ebenfalls in weiteren Untersuchungen genauer betrachtet werden.

Zusammengefasst ergeben sich aus der vorliegenden Arbeit im Wesentlichen folgende Schlussfolgerungen:

- Durch den Einsatz einer WBK kann die Effektivität der zeitkritischen Personensuche bei einem Wohnungsbrand gesteigert werden. Voraussetzung ist jedoch die Einhaltung taktischer Grundsätze.

- Eine qualifizierte Ausbildung ist elementare Grundvoraussetzung für den effektiven Einsatz von WBKs und sollte sowohl die Theorie als auch praktische Übungen beinhalten.
- Eine flächendeckende Vorhaltung und zeitnahe Verfügbarkeit ist anzustreben.
- Eine WBK kann aufgrund von Einsatzgrenzen die bisherigen Techniken und Taktiken lediglich unterstützen, nicht jedoch ersetzen.
- Eine einheitliche Normung der Geräte ist anzustreben.

Literaturverzeichnis

- [1] WIMMER, Herbert: *Mann aus brennender Wohnung gerettet*. 24.05.2012. – <http://www.wien-heute.at/p-62337.php> (aufgerufen am 07.12.2013)
- [2] GRABSKI, Reinhard ; KOCH, Mario ; DRÄGER SAFETY AG & CO. KGAA (Hrsg.): *Praxis der Infrarot-Thermografie im Feuerwehreinsatz: Naturwissenschaftliche Grundlagen für den Einsatz von Wärmebildkameras*. Band 1. Berlin : Fachverlag Matthias Grimm, 2008. – ISBN 9783940286116
- [3] PLESS, Georg ; SELIGER, Ursula: *Entwicklung von Kohlenmonoxid bei Bränden in Räumen: Teil 1*. Heyrothsberge : Institut der Feuerwehr Sachsen-Anhalt, 2007. – http://www.sachsen-anhalt.de/fileadmin/Elementbibliothek/Bibliothek_Feuerwehr/idf_dokumente/publikationen/imk_ber/bericht_145.pdf (aufgerufen am 07.12.2013)
- [4] STATISTISCHES BUNDESAMT: *Todesursachen in Deutschland - Fachserie 12 Reihe 4 - 2011*. Wiesbaden, 2012. – https://www.destatis.de/DE/Publikationen/Thematisch/Gesundheit/Todesursachen/Todesursachen2120400117004.pdf?__blob=publicationFile (aufgerufen am 07.12.2013)
- [5] HERGENHAHN, Jörg: *Anwendungsmöglichkeiten von Wärmebildkameras*. – <http://atemschutzunfaelle.de/download/Ausbildung/waermebildkamera-hergenhahn.pdf> (aufgerufen am 07.12.2013)
- [6] PREUSCHOFF, Olaf: *Online-Spezial: Wärmebildkameras*. – <http://atemschutzunfaelle.de/download/Ausbildung/waermebildkamera-hergenhahn.pdf> (aufgerufen am 21.05.2013)
- [7] SW INGENIEURBÜRO BRANDSCHUTZ GMBH: *Technische Beschreibung Wärmebildkamera Scott Eagle Imager® 320*. – <http://www.sw-ibb.de/scott-eagle-320/technische-daten/5959-5965-0-5965-0.htm> (aufgerufen am 07.12.2013)
- [8] ARBEITSGEMEINSCHAFT DER LEITER DER BERUFSFEUERWEHREN IN DER BUNDESREPUBLIK DEUTSCHLAND: *Qualitätskriterien für die Bedarfsplanung von Feuerwehren in Städten*. Arbeitskreis Grundsatzfragen, 1998. – http://www.agbf.de/pdf/qualitaetskriterien_fuer_bedarfsplanung_von_feuerwehren_in_staedten.pdf (aufgerufen am 07.12.2013)

- [9] ZIMMERMANN, Thomas ; ZIMMERMANN, Martina: *Lehrbuch der Infrarotthermografie: Allgemeine Grundlagen der Thermodynamik, Grundlagen der Strahlungsphysik, Infrarot-Geräte-Technologie (für normative Stufe 1 und 2)*. Stuttgart : Fraunhofer IRB Verlag, 2012. – ISBN 9783816786733
- [10] ARNHOLD, Jürgen: *Elektromagnetische Wellen und Optik*. – http://www.uni-leipzig.de/~biophys/fach3/fol_vl_biow/elmagn_wellen_optik.pdf (aufgerufen am 07.12.2013)
- [11] SUTER, Dieter: *Physik B2 - Wellen*. – http://e3.physik.uni-dortmund.de/~suter/Vorlesung/Physik_B2_SS_01/5.4_Elektromagnet_Wellen.pdf (aufgerufen am 07.12.2013)
- [12] BUNDESANSTALT FÜR ARBEITSSCHUTZ UND ARBEITSMEDIZIN: *Optische Strahlung*. – <http://www.baua.de/de/Themen-von-A-Z/Optische-Strahlung/Optische-Strahlung.html> (aufgerufen am 07.12.2013)
- [13] BUNDESAMT FÜR STRAHLENSCHUTZ: *Grundlagen*. – <http://www.bfs.de/de/uv/ir/grundlagen.html> (aufgerufen am 18.10.2013)
- [14] SCHUSTER, Norbert ; KOLOBRODOV, Valentin G.: *Infrarotthermographie*. 2. Auflage. Weinheim : WILEY-VCH, 2004. – ISBN 3527405097
- [15] JOACHIM HERZ STIFTUNG: *Elektromagnetisches Spektrum*. – <http://www.leifiphysik.de/themenbereiche/elektromagnetisches-spektrum> (aufgerufen am 07.12.2013)
- [16] AMERICAN TECHNICAL PUBLISHERS, Inc. ; FLUKE CORPORATION ; THE SNELL GROUP: *Introduction to Thermography Principles*. American Technical Publishers, Inc., 2009. – ISBN 9780826915351
- [17] SPECHT, ECKEHARD: *Der Mensch als wärmetechnisches System*. Otto-von-Guericke-Universität Magdeburg, . – http://www.uni-magdeburg.de/isut/TV/Download/Der_Mensch_als_waermetechnisches_System.pdf (aufgerufen am 07.12.2013)
- [18] KELLER, Philipp ; MAASS, Thorsten ; REICHARD, Marcus ; WITTE, Daniel: *WBK-Ausbilderhandbuch Feuerwehr*. 1. Auflage. Köln, . – http://www.wbk-einsatz.de/webpage/wp-content/uploads/2012/09/WBK_Ausbilderhandbuch_Feuerwehr_1.2.pdf (aufgerufen am 07.12.2013)
- [19] TESTO AG: *Pocket-Guide Thermografie Theorie - Praxis - Tipps & Tricks*. Lenzkirch, 2012

- [20] KOESLING, Hendrik: *Tiefenwahrnehmung, Stereosehen*. – <http://www.techfak.uni-bielefeld.de/~ihkoesli/vab2011/05-vab2011-hk-tiefe.pdf> (aufgerufen am 07.12.2013)
- [21] WALTER, Kerstin: *Fallbuch Physiologie: 75 Fälle aktive bearbeiten*. Georg Thieme Verlag, 2005. – ISBN 9783131527813
- [22] BULLARD GMBH: *Eclipse Features and Benefits / Prospekte - Deutsch*. – http://apps.bullard.com/files/TT_ECLIPSE_SALESSHEET_GMBH_DE_LOW_8261.pdf (aufgerufen am 07.12.2013)
- [23] ROBERTS, Mary R.: *FLIR Systems releases TIC for under \$4K*. – <http://firechief.com/thermal-imaging/flir-systems-releases-tic-under-4k> (aufgerufen am 07.12.2013)
- [24] ALBERT ZIEGLER GMBH & Co. KG: *Wärmebildkamera "active headup ft" f.DIN-Helme u.HPS4100*. – <http://www.ziegler.de/index.php?id=55&pgid=100900&source=productlist&pid=1933984&L=0> (aufgerufen am 07.12.2013)
- [25] SMITH, Jeffrey ; WEBER, Danny ; LEBLANC, Steven: Galveston (Texas),
- [26] BULLARD GMBH: *Anwendungsmöglichkeiten von Wärmebildkameras*. 2008
- [27] LINDEMANN, Thomas: *Die Erkundungs- und Entwicklungszeit beim zeitkritischen Wohnungsbrand*, Fachhochschule Köln, Bachelorarbeit, 2010
- [28] RAAB, Wolfgang: Schadenverhütung mit Wärmebildkameras, eine Zwischenbilanz. In: *Schadenprisma : Zeitschrift für Schadenverhütung und Schadenforschung der öffentlichen Versicherer* 33 (2003), Nr. 4, S. 30–34

Normen und Vorschriften

- BGI/GUV-I 8675** BGI/GUV-I 8675, Juli 2008, *Auswahl von persönlicher Schutzausrüstung auf der Basis einer Gefährdungsbeurteilung für Einsätze bei deutschen Feuerwehren* (Berufsgenossenschaftliche Informationen / Information der Gesetzlichen Unfallversicherung)
- DIN 33402-2** NORM DIN 33402-2:2005-12, *Ergonomie –Körpermaße des Menschen – Teil 2: Werte*
- FwDV 1** Feuerwehr-Dienstvorschrift FwDV 1, September 2006, *Grundtätigkeiten – Lösch- und Hilfeleistungseinsatz –*
- FwDV 2** Feuerwehr-Dienstvorschrift FwDV 2, Januar 2012, *Ausbildung der Freiwilligen Feuerwehren*
- FwDV 3** Feuerwehr-Dienstvorschrift FwDV 3, Februar 2008, *Einheiten im Lösch- und Hilfeleistungseinsatz*
- FwDV 7** Feuerwehr-Dienstvorschrift FwDV 7, September 2002 mit Änderungen von März 2005, *Atemschutz*
- GUV-V C53** GUV-V C53, Mai 1989 in der Fassung vom Januar 1997 mit Durchführungsanweisungen vom Juli 2003, Aktualisierte Ausgabe 2005, *Unfallverhütungsvorschrift Feuerwehren* (Vorschrift der Gesetzlichen Unfallversicherung)

Anhang A - Datenblätter eingesetzter Wärmebildkameras

ISG SD250



Technical Specifications

Physical Characteristics		Infrared Characteristics	
Dimensions	185 mm x 130 mm x 149 mm* 284 mm x 144 mm x 145 mm**	Detector	Uncooled IR microbolometer
Weight	1.2 kg (2.6 lbs)	Resolution	160 x 120 pixels
Shell Colour	Orange* Orange / Black**	Sensing Material	Amorphous Silicon
Shell Material	Radel R 5100	Thermoelectric Cooler	None
Handstrap Material	Kevlar	Thermal Time Constant	10 ms typical
IR Protection Window	Hard-coated Germanium	Spectral Response	8 µm to 14 µm
Tripod Mount	¼ inch BSW fixing	Range/Sensitivity (R.S) Ratio	8800
Display Characteristics		Sensitivity (nominal)	50 mK
Technology	Colour liquid crystal display (LCD)	Scene Update Rate	50 Hz (PAL), 60 Hz (NTSC)
Viewing Mode	Wide Angle (arms length)* Universal (up to face or arms length)**	Dynamic Range	Automatic, variable dynamic range control
Size (Diagonal)	90mm (3.5")* Equivalent 165 mm (6.5" magnified)**	Modes of Operation	ICE™ (Normal and Thousand Plus)
Luminosity	250 candelas per square metre	Field of View	54 degrees
Environmental Characteristics		Focus Range	1.0 m to infinity
Operating Temperature	-35 °C to ~450 °C (-31 °F to ~840 °F) (limited exposure)	Operational Characteristics	
Operating Duration	120 °C (250 °F) for 20 minutes 260 °C (500 °F) for 8 minutes	Pushbutton Controls	Power On/Off, Image Capture and Transmitter On/Off (if fitted)
Storage Temperature	-40 °C to 70 °C (-40 °F to 160 °F) whilst retained in carry case	Readiness Time	10 seconds (nominal)
Water Resistant	IP 67, 1.0 m (3'3") depth	Image Optimisation	Automatic, no operator adjustment required
Contaminant Resistant	Yes	Video Standard	PAL or NTSC: European or American TV standard compatible
Drop	1.8 m (6') any orientation	Video Output	Composite 1.0 V, terminated into 75 Ω BNC
Electrical Characteristics		Temperature Measurement	Range: 0 °C to 1000 °C Accuracy +/- 5 °C from 0 °C 100 °C +/- 10% from 100 °C to 1000 °C
Battery Technology	Rechargeable NiMH	Colourisation	ICE™ Enhanced Dual Transparent Colour
Recharge Cycles	1000+	Colour Temperature Scale Indicator	Single palette indicator bar
Recharge Time	2.5 hours (nominal)	Digital Image Capture	Saves 30 images to on board memory
Operating Time	Up to 5 Hours with Supercell Plus batteries	Zoom	x2 Magnification

* K250 only
** SD250 only












Unit 14, Repton Court, Repton Close, Basildon, Essex, SS13 1LN

www.isgfire.co.uk

© 2011 Infrared Systems Group Ltd. K86 SSH 002 A-4

ISG X380



X380

TECHNICAL SPECIFICATION

Engine Characteristics

Detector Type:	Uncooled Microbolometer
Sensor Material:	Amorphous Silicon
Resolution:	384 x 288
Spectral Response:	8 µm to 14 µm
Sensitivity (nominal):	<50 mK
Scene Update Rate:	50 Hz
Dynamic Range:	>2000°F (1000°C)
Thermoelectric Cooler:	None required



Performance Characteristics

Modes of Operation:	Three
Operating Duration:	20 mins @ 250°F (120°C), 8 mins @ 500°F (260°C)
Operating Temperature:	-30°F (-35°C) to ~850°F (~450°C) (limited exposure)
Storage Temperature:	-15°F (-25°C) to 55°C (130°F) when in carry case
DTM Range:	-40°F (-40°C) to 2000°F (1000°C)
DTM Accuracy:	+/- 5°C @ <200°F (100°C), +/- 10% @ >200°F (100°C)

Physical Characteristics

Dimensions (L x W x H):	5" x 4.5" x 9" / 130 mm x 115 mm x 225 mm
Weight (excluding battery):	2.1 lbs / 0.95 kg
Shell Material:	Radel
Shell Colour:	Black
Hand-strap Material:	Kevlar
IR Protection Window Material:	Germanium
Tripod Mount:	¼" BSW
Water Resistant:	IP67, submerged at 3' / 1m for 30 mins
Drop Tested:	6'6" / 2.0 metres
Intrinsic Safety Compliance:	ANSI/ISA-12.12.01-2007

Optical & Display Characteristics

Lens Size:	12 mm
Focus Range:	3' / 1.0 m to ∞
Field of View (H x V):	43° x 32° (54° diagonal)
Display Viewing Angle:	50° (left/right), 15° (up), 35° (down)
Display Technology:	LCD
Display Size (diagonal):	3.5" / 90 mm
Luminance:	250 cd / m²

Power Characteristics

Battery Technology:	Li-Ion
Battery Weight:	7 oz / 0.2 kg
Operating Time:	>3.5 hours
Recharge Time (nominal):	<2.5 hours
Recharge Cycles:	1000+

Operational Characteristics

Pushbutton Controls:	1-button, 3-button or 5-button control panel
Start-up Time:	< 10 seconds
Video Standard:	PAL
Image Optimisation:	Automatic
Colourisation:	Dual-transparent colour



Rosenbauer ARGUS 4-320



Technische Daten

Daten	ARGUS 4-160 LITE	ARGUS 4-320 STANDARD	ARGUS 4-HR320 PROFESSIONAL
Artikelnummer	41133183	41133184	41133186
Abmessungen (B x H x T)	ohne Handgriff: 130 x 185 x 185 mm / mit Handgriff: 295 x 185 x 185 mm		
Gewicht inkl. Akku	ohne Handgriff: 1,58 kg / mit Handgriff: 1,74 kg		
Interne Batterieeinheit	2.300 mAh, NiMH (wieder aufladbar)		
Batterienutzdauer	> 4 Stunden bei kontinuierlichem Gebrauch		
Staub- und Spritzwasser	gem. EN 60529, Klasse IP 67		
Vibration und Schock	BS EN 60721-3-2, Klasse 2M3		
Falltest	hält Fall aus 2 Meter Höhe aus		
Lagerungstemperatur	-10 °C bis +40 °C		
Display	90 mm (3,5") Vollfarb-LCD		
Farbdarstellung	13 unterschiedliche Farbeinstellungen wählbar		
Empfindlichkeit	3 Empfindlichkeitsmodi (vollautomatisch)		
Zoom	2fach Zoom (digital)	4fach Zoom (digital)	
Bildaufnahme	Aufnahme und Speicherung von bis zu 100 Bildern		
Sensortyp / -material	ungekühlter Mikrobolometer / aSi (amorphes Silizium)		
Linse	Germanium		
Auflösung	160 x 120 Pixel	320 x 240 Pixel	
Bildwiederholrate	120 Hz	60 Hz	
Spektrale Empfindlichkeit	8 bis 14 µm		
Minimale Temperaturdarstellung	0,07 °C	0,045 °C	
Umgebungstemperatur	Messung von -15 °C bis +150 °C		
Spottemperatur	Messung von 0 °C bis +800 °C	Messung von -40 °C bis +1.000 °C	
Computeranschluss	über RS232-Kabel (mitgeliefert) mit USB-Anschluss		

3-stufige Empfindlichkeit

Mikrobolometer Kameras haben normalerweise zwei verschiedene Empfindlichkeitsstufen. Um ein klares Bild bei allen Temperaturen zu erlangen, hat die ARGUS 4 einen dritten Empfindlichkeitslevel für Bereiche mit sehr hohen Temperaturen.

Button Menü

Sämtliche Einstellungen der Kamera können während des Einsatzes mittels Fernbedienung oder Bedienknöpfe verändert werden (z.B.: Umschalten Farbeinstellungen).

Fernbedienung

- Die ARGUS 4 ist mit einer Fernbedienung ausgestattet, die es dem Benutzer sowohl ermöglicht, LCD-Einstellungen und dynamische Bildeinfärbungen als auch Zeit- und Datumseinstellungen vorzunehmen.
- Zudem können mit Hilfe der Fernbedienung bereits gespeicherte Bilder aufgerufen und gelöscht werden.

Akku Management

Ein Indikator auf der Akku-Status-Anzeige am Display gibt jederzeit Auskunft über die Kapazität der Akkus.

Rosenbauer ARGUS-MI-TIC 160-1-S

ARGUS Mi-TIC

Die Wärmebildkamera für neue Maßstäbe.



Modelle	ARGUS MI-TIC 160-1	ARGUS MI-TIC 320-3
Artikelnummer	41133230	41133231
Abmessungen (H x B x T)	200 x 88 x 85	
Gewicht inklusive Akku (2 h)	740 g	
Interne Batterieeinheit	Lithium Eisen Phosphat (wieder aufladbar)	
Display	69 mm (2,7") Vollfarb-LCD	
Farbdarstellung	1 (SEARCH)	2 (SEARCH & FIRE)
Zoom	-	2-fach und 4-fach Zoom (digital)
Auflösung	160 x 120 Pixel	320 x 240 Pixel
Bedienung	1 Bedienknopf	3 Bedienknöpfe
Optional	-	Bildspeicher für 1.000 Bilder, Freeze-Funktion, Permanente Videoaufzeichnung (6 h)

Artikelnummer	Zubehör
4 1 133233	Ersatzakku für 2 h
4 1 133234	Ersatzakku für 6 h
307863	Aufsetzbare Lampe mit integriertem Laserpointer
308862	Aufsetzbare Lampe

Kontakt

Rosenbauer International AG
Geschäftsbereich Ausrüstung
Paschinger Straße 90
4060 Leonding, Austria
Tel.: + 43 732 6794-0
office@rosenbauer.com
www.rosenbauer.com

Text und Abbildungen unverbindlich. Die Bilder können Sonderausführungen enthalten, die nur gegen Mehrpreis lieferbar sind. Änderung im Sinne des technischen Fortschrittes vorbehalten. ARGUS MI-TIC DE_2012_08

Scott EAGLE ATTACK

TECHNISCHE SPEZIFIKATION

EAGLE ATTACK



TECHNISCHE SPEZIFIKATION	
Bildauflösung	160 X 120 (19.200 Pixel)
Spektralbereich	7 - 14 Mikrometer
Temperaturempfindlichkeit	< 50 mK
Sättigungstemperatur	593 Grad Celsius + 10 % (1100 Grad Fahrenheit + 10 %)
Bildfrequenz	30 Hz
Sichtfeld	50 Grad horizontal X 37,5 Grad vertikal
Sensortechnologie	amorphes Silikon
Linienmaterial	Germanium
Blendenzahl	f/1,0
Größe des LC-Displays	2,5 Zoll
LCD - Pixelanzahl	76.800
Bildschirmsymbole	Batterie, Fadenkreuz, digitale Temperaturanzeige (untere rechte Ecke), Überhitzung
Wärmebildefärbung	Ja (Option)
Größe	260 mm H x 89 mm B x 114 mm Tiefe
Gesamtvolumen	2,644 cm ³ (161,4 Kubikzoll)
Gewicht mit Akku	765 g (1,685 Pfund)
Zertifizierung	IP 66 & IP67 - wasserdicht
Hitzebeständigkeit	Temperaturprüfungen - 260 °C für 5 Minuten & 149 °C für 12 Minuten
Schlagfestigkeit	Aufpralltest - keine Funktionsschäden nach Fall aus 180 cm (6 Fuß) Höhe auf 6 Achsen
Rütteltest (30 min.)	Ja
Batteriestandzeit	5 Stunden (3,5 Stunden mit Videorekorder (TVR))
Batterietyp	Li-Ion-Akku
Farbauswahl Gehäuse/Stoßschutz	mindestens 3 Farben
Benutzerdefinierte Bildschirmgestaltung	Nein
Optionen	Farbauswahl beim Stoßschutz, Videoaufnahme, Wärmebildefärbung, Blendschutz, einziehbare Trageschlaufe, Blitzlicht
Video-Aufnahmeelement	Ja
Farbwahl	Ja

