Hessische Landesfeuerwehrschule

HESSEN

Unterlagen zur Aus- und Fortbildung

Wärmebildkameras im Feuerwehreinsatz

- Lernunterlage -

Veranstaltung:	
Ausbildungseinheit:	Wärmebildkameras im Feuerwehreinsatz
Thema:	
Ausgabe:	17.01.2022
Zuständig:	Fachgruppe 30
Bearbeitet von:	Daniel Kraft
Literaturhinweis:	Siehe Literaturverzeichnis

Inhalt

1. Einleitung 4

2. Physikalische Grundlagen 6

2.1 Elektromagnetisches Spektrum 6

2.2 Emissionsgrad 8

2.2.1 Versuch Emissionsgrad 8

2.3 Radiometrische Kette 10

3. Technik von Wärmebildkameras 11

3.1 Aufbau von Wärmebildkameras 11

3.1.1 Objektivlinse 11

3.1.2 Detektor 11

3.1.3 Display 12

3.2. Funktionen 13

3.2.1 Farbmodus 13

3.2.2 Hoch- und Niedrigempfindlichkeitsmodus 14

3.2.3 Zusatzfunktionen 14

3.3.Leistungsanforderungen für die Feuerwehr 15

3.4.Momentan verfügbare Modelle für die Feuerwehr 17

4. Einsatztaktik 19

4.1 Einsatzmöglichkeiten 19

4.1.1 Lageerkundung / Lagebeurteilung 19

4.1.2 Suchen und Retten 21

4.1.3 Brandbekämpfung 23

4.1.4 Nachlöscharbeiten 23

4.1.5 Waldbrände 23

4.1.6 Gefahrguteinsatz 24

4.1.7 Ausbildung 25

4.2 Einsatzgrenzen 25

4.2.1 Glas / transparente Flächen 25

4.2.2 Reflexionen 26

4.2.3 Zweidimensionales Sehen 27

4.2.4 Wasser 28

4.2.5 Atmosphäre 28
4.2.6 Rückwegsicherung 28
4.3 Würfelblick 29
4.4 Kommunikation 31
4.5 Einsatzgrundsätze 32

5. Vorschläge für praktische Übungen 33
5.1 Erkennen des stromführenden Kabels 34
5.2 Füllstandsbestimmung 35
5.3 Gegenstand in Wassereimer 36
5.4 Reflexion 37
5.5 2D-Sehen 38
5.6 Warm- und Kaltwasserbestimmung 39
5.7 Würfelblick 40
5.8 Kerze hinter Glas 41
5.9: Wärmesignatur an der Wand 42
5.10 Wärmesignatur auf dem Autositz 43
5.11 Ausbilderdemonstration: Brennender Spiritus 44
5.12 Ausbilderdemonstration: Spiritus und Speiseöl auf Wasser 45
5.13. Wärmebildkamera Erfahrungsparcours 46

6. Fazit 47

7. Quellenverzeichnis 49

8. Abbildungsverzeichnis 49

9. Tabellenverzeichnis 50

10. Literaturverzeichnis 50

1. Einleitung

Friedrich Wilhelm Herschel (Astronom und Musiker, geb. 1783) untersuchte 1800 wieviel Wärme durch die verschiedenen, farbigen Filter geht, die er für die Beobachtung der Sonne benutzte. Herschel wollte wissen, ob vielleicht die Farben selbst unterschiedliche Temperaturen haben. Er untersuchte dies, indem er Licht durch ein Glasprisma lenkte, um ein Farbspektrum zu erzeugen und ermittelte an jeder Farbe des Lichts die Temperatur. Er stellte fest, dass die unterschiedlichen Farben tatsächlich unterschiedliche Temperaturen haben und dass die Temperaturen vom violetten zum roten Bereich des Lichts zunahmen. Danach wollte er wissen welche Temperatur in dem Bereich direkt nach dem roten Licht herrscht, an dem kein Sonnenlicht mehr sichtbar war. Dabei stellte er zu seiner Überraschung fest, dass in diesem Bereich die wärmste Temperatur herrschte. Damit entdeckte er, dass es Arten von „Licht“ gibt, welche wir mit dem Auge nicht sehen können. Das Licht, das Herschel entdeckte, wird heute als Infrarotstrahlung bezeichnet.[1] Mit Hilfe einer Wärmebildkamera kann man heute diese Infrarotstrahlung sichtbar machen.

Herschel legte somit den Grundstein für eine Technik, die heutzutage maßgeblich zum Einsatzerfolg beitragen und die Sicherheit für die vorgehenden Trupps im Feuerwehreinsatz erhöhen kann. Es handelt sich hierbei um die Wärmebildkamera.

Anfangs (1958) wurde die Wärmebildkamera für militärische Zwecke entwickelt. Jedoch bemerkte man schnell, dass diese Technik auch in der industriellen Anwendung hilfreich ist. Es dauerte noch einige Jahre bis Wärmebildkameras auch ihren Weg zur Feuerwehr fanden.[2] Die erste Wärmebildkamera für die Feuerwehr wurde 1995 auf der Interschutz in Hannover als „Rauchsichtgerät“ vorgestellt.[3] Das Grundkonzept der Technik ist bis heute gleich, jedoch sind heutige Geräte kompakter und haben einen höheren Funktionsumfang.

Der Nutzen von Wärmebildkameras im Feuerwehreinsatz wird durch einen 2001 in Burton, USA durchgeführten Feldversuch mit 9 Löschzügen deutlich. In der ersten Übung musste ein Brandherd gesucht werden. Dies gelang mit Unterstützung der Wärmebildkamera in der Hälfte der Zeit (2:23 min / 4:48 min) gegenüber den Trupps ohne Wärmebildkamera. In der zweiten Übung musste eine Person gesucht werden. Die Trupps mit Unterstützung der Wärmebildkamera schafften dies im Durchschnitt sogar in einem Drittel der Zeit (2:17 min / 6:46 min) gegenüber den Trupps ohne Wärmebildkamera.[4] Marcus Reichard konnte den zeitlichen Vorteil 2013 in seiner Bachelorarbeit für den Studiengang Rettungsingenieurwesen bestätigen.[5]

Anfangs war eine Wärmebildkamera aus Kostengründen nur wenigen Feuerwehren vorbehalten, doch in den letzten Jahren wurden Wärmebildkameras immer günstiger

[1] Vgl. Flir Systems 2011: Thermographie/Erklärung
[2] Vgl. Flir Systems 2011: Thermographie/Erklärung
[3] Vgl. Wienecke 2013: Nutzung von Wärmebildkameras zur Personensuche und Lageerkundung im Feuerwehreinsatz über größere Entfernungen, S. 1
[4] Vgl. Reichard 2013: Einsatz von Wärmebildkameras zur Personensuche bei Brandeinsätzen, S. 15; Kern: Wärmebildkameras im Feuerwehreinsatz, S. 14
[5] Vgl. Reichard 2013: Einsatz von Wärmebildkameras zur Personensuche bei Brandeinsätzen, S. 24–29

und so wurde diese Technik für viele Feuerwehren erschwinglich.

Durch die im Einsatz gewonnenen Erfahrungen konnten weitere Einsatzmöglichkeiten erkannt, aber auch Einsatzgrenzen festgestellt werden. Festgestellt wurde auch, dass eine schnelle Verfügbarkeit einer Wärmebildkamera den meisten Nutzen bringt.[6]

Im November 2019 wurde die DIN 14530 „Löschfahrzeuge“ aktualisiert. Sie beinhaltet unter anderem erstmals standardmäßig mindestens eine Wärmebildkamera für jedes Löschfahrzeug. Mit dieser Änderung werden Wärmebildkameras schnell an der Einsatzstelle verfügbar und auch für kleinere Feuerwehren zur Standartausrüstung gehören.

Die Wärmebildkamera ist ein Hilfsmittel, bei dem es stark auf die Erfahrung des Bedieners ankommt. Die physikalischen Grundlagen, aus der sich die Einsatzmöglichkeiten und die Einsatzgrenzen ergeben, müssen dem Anwender bekannt sein. Das richtige und schnelle interpretieren der Infrarotbilder muss regelmäßig geübt werden. Dies erfordert einen flächendeckend erhöhten Ausbildungsaufwand. Diese Lernunterlage befasst sich mit der für die Feuerwehr sinnvollen Technik und einem Konzept für die Ausbildung auf Standortebene.

[6] Vgl. Raab 2003: Schadenverhütung mit Wärmebildkamera - eine Zwischenbilanz, S. 32

2. Physikalische Grundlagen

Wie in der Einleitung erwähnt, kann mit einer Wärmebildkamera Infrarotstrahlung sichtbar gemacht werden. Anders als bei Nachtsichtgeräten, die lediglich das Restlicht verstärken, funktioniert dies auch bei völliger Dunkelheit. Dieses Kapitel befasst sich mit den physikalischen Grundlagen der Technik.

2.1 Elektromagnetisches Spektrum

Licht ist eine Form der elektromagnetischen Strahlung. Wie der Name schon sagt, besteht es aus elektrischer und magnetischer Energie, die sich Wellenförmig ausbreitet. Das sichtbare Licht, was wir sehen können ist nur ein kleiner Teil des elektromagnetischen Spektrums. Es gibt wie in der Einleitung beschrieben elektromagnetische Wellenstrahlung, die wir nicht sehen aber messen und teilweise fühlen können. Ob und in welchen Farben wir diese Strahlung sehen können, hängt von der Wellenlange ab. Unser Auge kann elektromagnetische Wellenstrahlung mit einer Wellenlänge von 0,38 µm bis 0,78µm sehen.

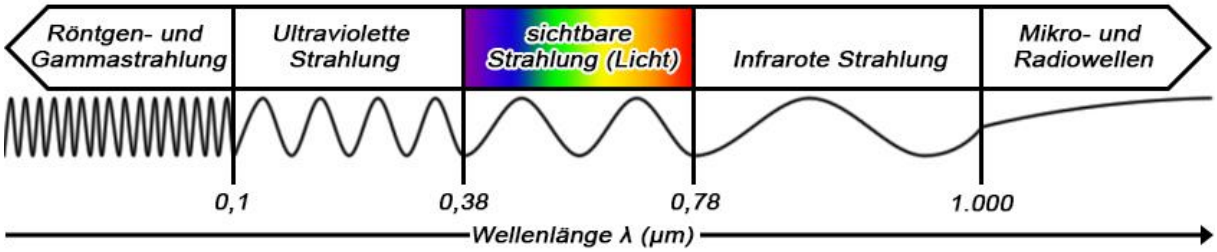


Abb. 1: Elektromagnetisches Spektrum

Der Bereich, den die Wärmebildkamera darstellen kann, ist die Infrarotstrahlung. Jedes Objekt, dass wärmer als der absolute Nullpunkt ist (0 K oder -273,15°C) gibt Wärmestrahlung in Form von Infrarotstrahlung ab. Hierbei gibt es aktive und passive Strahler.

Aktive Strahler erzeugen selbst Wärmestrahlung. Hierzu zählen z.B. eine Glühlampe, die aus der elektrischen Energie oder der menschliche Körper, der durch die Verdauung selbst Wärme erzeugt.

Passive Strahler erzeugen selbst keine Wärmestrahlung. Sie nehmen die Wärmestrahlung eines aktiven Strahlers auf und geben diese wieder ab. Dies könnte z.B. eine Betonwand sein, die durch die Sonne erwärmt wurde.

Die Infrarotstrahlung hat eine größere Wellenlänge wie das für uns sichtbare Licht (0,78 µm bis 1.000 µm). Diese Strahlung können wir in Form von Wärme fühlen aber mit dem bloßen Auge nicht sehen. Durch die größere Wellenlänge kann die Infrarotstrahlung Rauch besser durchdringen wie die sichtbare Strahlung (siehe Abbildung 1 und 2).

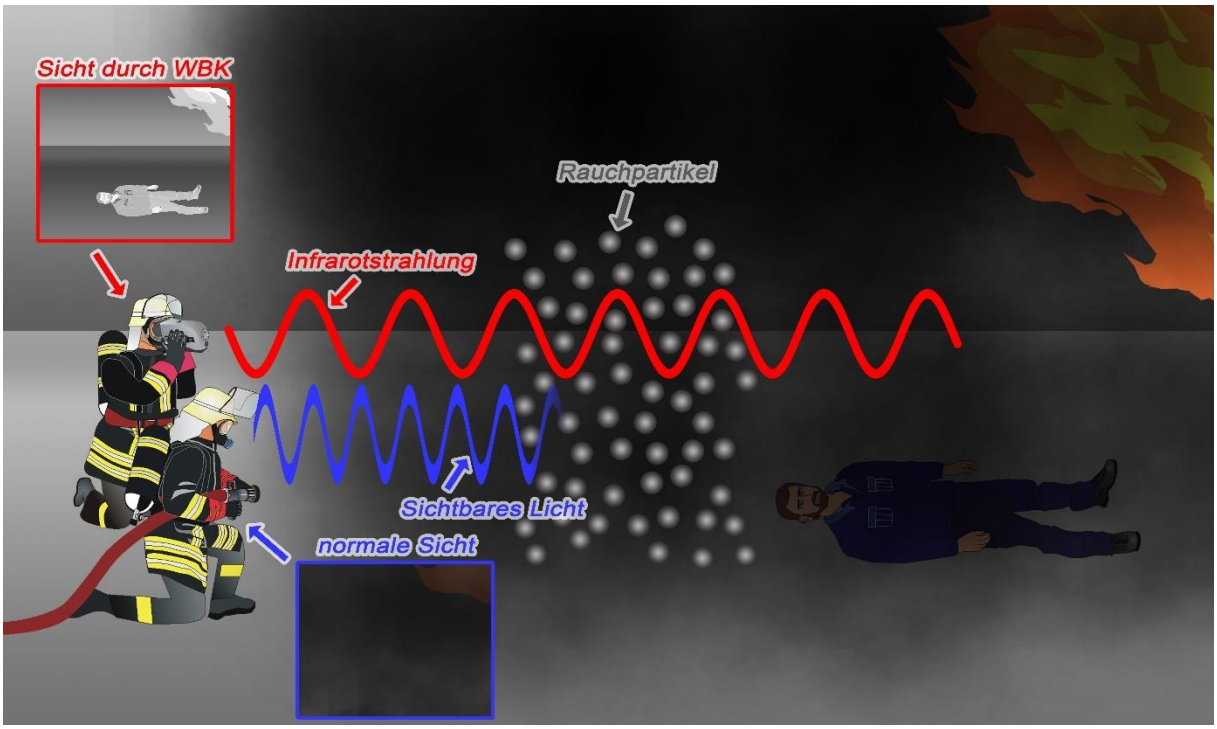


Abb. 2: Vergleich von Infrarotstrahlung und sichtbarem Licht

Das Durchdringen von Oberflächen durch Strahlung wird Transmission genannt. Durchdringt die Infrarotstrahlung eines Objektes die Rauchschicht, wird diese Strahlung in einer Wärmebildkamera bildlich dargestellt. Die Strahlung kann durch die Oberfläche auch absorbiert oder reflektiert werden. Für das Absorbieren der Infrarotstrahlung reicht schon ein Blatt Papier, das sich zwischen Strahlungsquelle und Wärmebildkamera befindet. Die Wärmebildkamera zeigt dann die vom Blatt Papier absorbierte und wieder abgegebene Strahlung (passiver Strahler) an. Das Objekt hinter dem Blatt Papier für die Wärmebildkamera unsichtbar. Auf Glatten Oberflächen wie Glas oder Metall kann Strahlung auch reflektiert werden. Das kann bei der Benutzung der Wärmebildkamera zu Fehlinterpretationen führen. Die Wärmebildkamera stellt dann eine Wärmesignatur dar, die nur gespiegelt wird und die es faktisch nicht gibt (siehe 4.2.1).

2.2 Emissionsgrad

Zur korrekten Berechnung der Oberflächentemperatur eines Objektes ist der Emissionsgrad (Ɛ) einer Oberfläche wichtig. Der Emissionsgrad ist die Effizienz, mit der ein Gegenstand Infrarotstrahlung abgibt.[7] Er ist stark von den Materialeigenschaften und der Temperatur abhängig.

Der menschliche Körper z.B. gibt seine maximale Strahlung bei einer Körpertemperatur von 37°C bei einem Emissionsgrad von 0,93 µm ab. Bei Wärmebild-kameras für die Gebäudethermografie kann zur genauen Berechnung der Temperatur dieser Emissionsgrad Materialabhängig eingestellt werden. Wärmebildkameras für den Feuerwehreinsatz haben meist einen voreigestellten Wert von 0,93 µm. Daher kann mit einer Wärmebildkamera für den Feuerwehreinsatz auch nur eine relative und nicht die absolute Temperatur gemessen werden. Dies reicht für die Verwendung im Feuerwehreinsatz vollkommen aus. Der Nachfolgende Versuch macht dies deutlich.

2.2.1 Versuch Emissionsgrad

In diesem Versuch wurden zwei identische Konservendosen mit anfangs kochendem Wasser gefüllt. Die Dosen sind halbseitig lackiert. Die eine mit schwarzem lack, die andere mit weißem Lack. Beide Dosen haben in etwa dieselbe Farbdicke. Die Dosen haben unlackiert einen Emissionsgrad von 0,1 µm und lackiert einen Emissionsgrad von 0,8 µm. Beide Dosen wurden zeitgleich mit in etwa der gleichen Menge, gleichtemperierten Wasser gefüllt. In Abbildung 3 ist zu sehen, dass die Temperatur der Dosen auf der unlackierten Seite (Ɛ = 0,1 µm) trotz des heißen Wassers mit nur 29°C angezeigt wird.

Abb. 3: Temperatur Dosen unlackiert

[7] Vgl. Flir Systems 2011: Thermographie/Erklärung

Auf der lackierten Seite (Ɛ = 0,8 µm) hingegen wird die Temperatur mit ca. 90°C realistischer angezeigt, wie die Abbildung 4 dokumentiert. Dabei macht es keinen Unterschied welche Farbe die Dose hat, da der Emissionsgrad gleichbleibt.

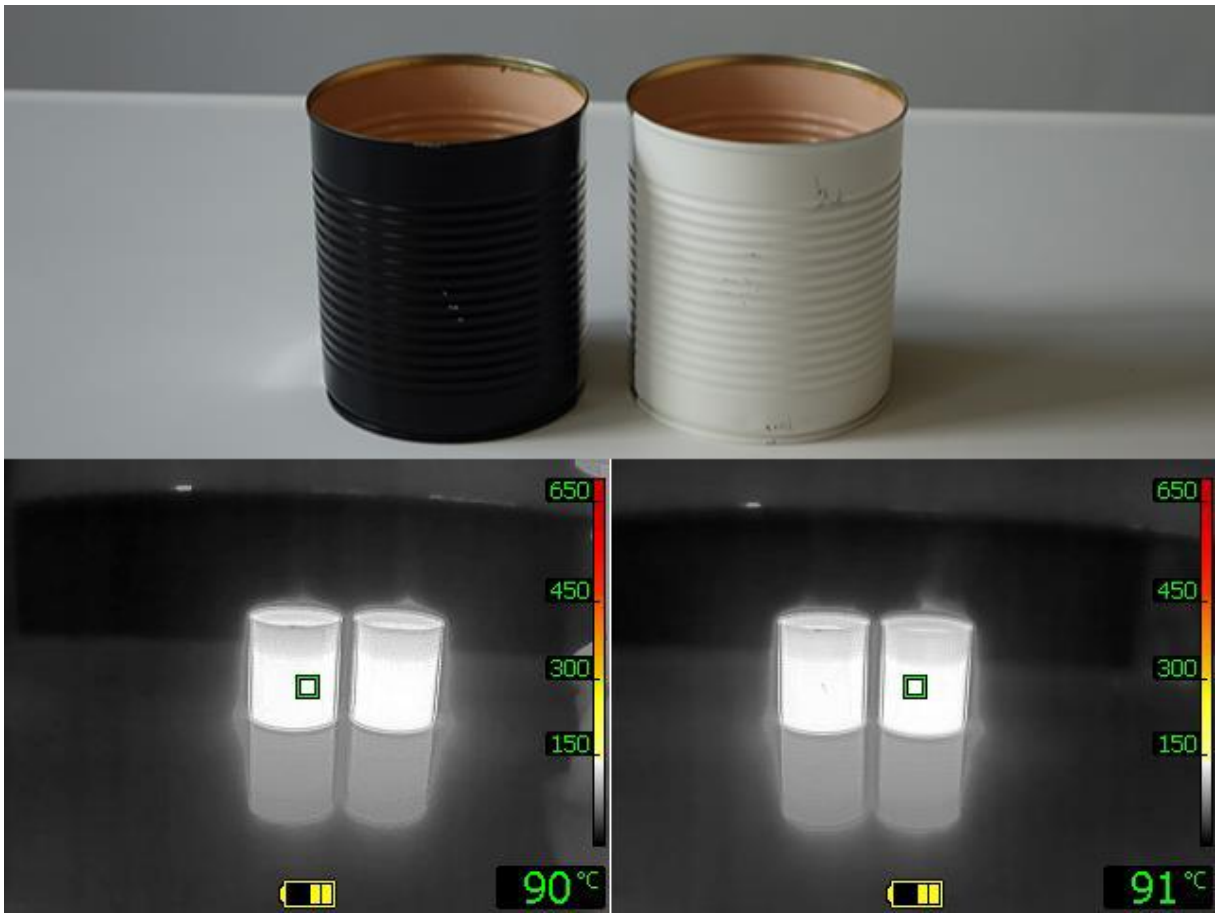
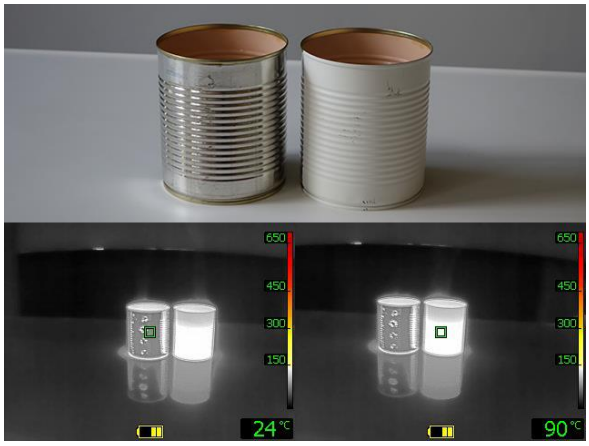


Abb. 4: Temperatur Dosen lackiert

Auf der Abbildung 5 kann erkannt werden, dass auch die bildliche Darstellung von dem Emissionsgrad abhängig ist, da die Kamera durch den nicht korrekten Wert falsche Informationen bekommt.



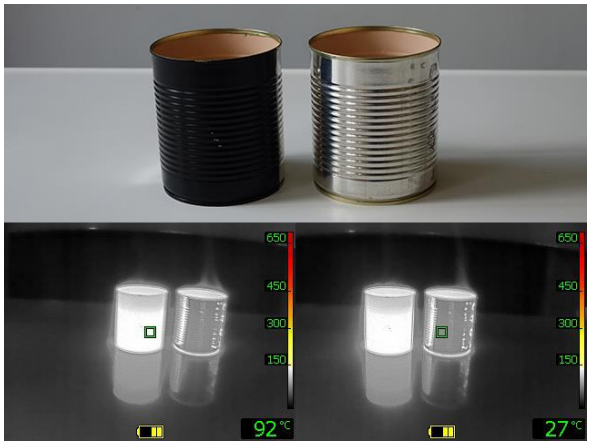


Abb. 5: Temperatur Dosen unlackiert / lackiert

2.3 Radiometrische Kette

Das Funktionsprinzip der Thermografie unterliegt der radiometrischen Kette. Sie besteht aus:

- dem Messobjekt,
- der Atmosphäre,
- dem Thermografiesystem und dem
- Anwender

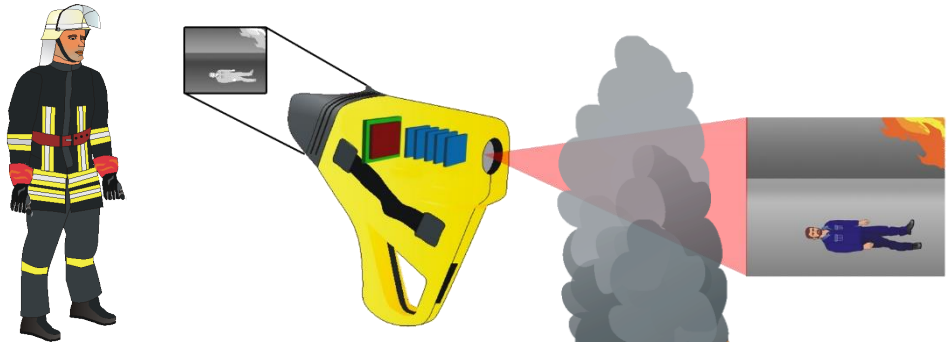


Abb. 6: Radiometrische Kette

Eine Kette ist immer nur so stark wie sein schwächstes Glied. Die Messergebnisse können durch jeden Bestandteil stark beeinflusst werden. Abweichungen in den einzelnen Bestandteilen können dazu führen, dass der Nutzen der Wärmebildkamera erlischt. Da der Anwender Teil dieser radiometrischen Kette ist, muss dieser Fehler seinerseits ausschließen. Dies kann nur durch das Beherrschen der physikalischen Grundlagen, und somit das Wissen über die Einsatzmöglichkeiten und Einsatzgrenzen, die richtige Bedienung der Wärmebildkamera und das richtige Interpretieren der Infrarotbilder erreicht werden. Dies erfordert eine umfassende Ausbildung und regelmäßige Übung.

3. Technik von Wärmebildkameras

Es gibt mittlerweile viele verschiedene Bauformen von Wärmebildkameras. Die in der Feuerwehr am weitesten verbreitete sind die handgeführten Wärmebildkameras. Es gibt jedoch auch Wärmebildkameras, die an den Helm montiert werden können, fest verbaute Wärmebildkameras (z. B. am Korb einer Drehleiter) und auch Drohnen, die mit einer Wärmebildkamera ausgestattet sind. Diese unterschiedlichen Bauarten haben verschiedene Vor- und Nachteile (siehe 3.3). Jedoch arbeiten alle nach demselben Prinzip. Sie stellen die Infrarotstrahlung bildlich dar.

3.1 Aufbau von Wärmebildkameras

Im Allgemeinen sind Wärmebildkameras alle ähnlich aufgebaut. Sie bestehen aus:

- dem Gehäuse,
- der Objektivlinse, die meist aus Germanium hergestellt ist,
- einem Detektor mit Signalverarbeitung,
- einem Display,
- und den Bedienelement(en)

Abb. 7: Aufbau der Wärmebildkamera

3.1.1 Objektivlinse

Um das Bild an den Detektor weiterleiten zu können, besteht die Objektivlinse aus einkristallinem Halbleitermaterial. Bei Wärmebildkameras für den Feuerwehreinsatz wird meistens Germanium eingesetzt. Infrarotstrahlung kann Germanium im Gegensatz zu Glas gut durchdringen.

3.1.2 Detektor

Es gibt gekühlte und ungekühlte Detektoren. Für die Feuerwehr haben sich Microbolometer Detektoren aus Silizium oder Vanadiumoxid durchgesetzt. Sie sind ungekühlt und ermöglichen eine farbliche Darstellung des Bildes. Sie arbeiten nach dem Prinzip der Änderung des Widerstands. Durch die eintretende Infrarotstrahlung auf den Detektor ändert sich der Widerstand, die Stromstärke und die Spannung. Dieser Widerstand wird mit einem voreingestellten Emissionsgrad verglichen und daraus die Temperatur errechnet. Um die genaue Temperatur messen zu können, müsste der Emissionsgrad materialabhängig geändert werden. Das ist z. B. bei Wärmebildkameras für Gebäudethermografie möglich. Die Wärmebildkameras für den Feuerwehreinsatz haben meistens einen fest eingestellten Emissionsgrad von 0,93. Der Emissionsgrad kann materialabhängig jedoch von 0,012 bis 0,98 ausfallen.

Deshalb kann mit Wärmebildkameras für den Feuerwehreinsatz nur eine relative Temperatur und nicht die absolute Temperatur gemessen werden.[8]

Ein oft angegebener Parameter für den Detektor einer Wärmebildkamera ist die NETD (Noise Equivalent Temperature Difference). Dieser Wert wird im Labor bestimmt und gibt Informationen über die thermische Empfindlichkeit des Detektors. Je geringer dieser Wert ist, desto genauer kann der Detektor kleine Temperatur-unterschiede erkennen. Dieser Wert wird in mK (Millikelvin) angegeben. Die heutigen Detektoren besitzen eine NETD von 70 mK bis 35 mK. Diese Werte sind für die Feuerwehr ausreichend, jedoch wird das Bild bei einem niedrigen NETD-Wert weniger verrauscht angezeigt. Dieses ermöglicht eine bessere Erkennung von Konturen.

Die Bildwiederholfrequenz des Detektors wird in Hertz (Hz) oder Frames per second (fps) angegeben. Dieser Wert zeigt an, wie oft das Bild innerhalb einer Sekunde aufgebaut wird. Die Angaben in Hz und fps sind gleichwertig.[9] Je höher die Bild-wiederholfrequenz, desto wackelfreier ist das angezeigte Bild. Ein gutes, ruckelarmes Bild liefern Kameras mit 50 bis 60 Hz.

3.1.3 Display

Das Display zeigt das errechnete Bild an. Das Bild wird je nach gewählten Bildmodus in Graustufen oder farbig dargestellt (siehe 3.2.1). Die grafische Auflösung wird in Pixel angegeben. Je höher dieser Wert ist, desto feiner wird das Bild dargestellt. Eine hohe Auflösung bietet Vorteile bei der Personensuche im Freien. Jedoch sind die auch Wärmebildkameras mit geringerer Auflösung für die meisten Anwendungen der Feuerwehr ausreichend. Bei einigen Modellen hat das Display eine andere Auflösung wie der Detektor.

Auf dem Display findet sich meist eine Temperaturskala, ein Messpunkt und die gemessene relative Temperatur am Messpunkt. Sollte die Kamera verschiedene Farbmodi haben, wird der eingestellte Farbmodus meist als Piktogramm im Display angezeigt. Bei den meisten Modellen kann auch erkannt werden, ob sich die Kamera im Niedrig- oder Hochempfindlichkeitsmodus befindet. (siehe 3.2.2)

[8] Vgl. Keller et al. 2012: WBK-Ausbilderhandbuch Feuerwehr, S. 13
[9] Vgl.Keller et al. 2012: WBK-Ausbilderhandbuch Feuerwehr, S. 18–19

3.2. Funktionen

3.2.1 Farbmodus

Die Hersteller bieten je nach Preisklasse oftmals unterschiedliche Anzeigemodi an, in denen das Bild je nach Temperatur farbig eingefärbt wird. Diese heißen bei den Herstellern leider unterschiedlich. Diese Modi können richtig genutzt zu einer besseren Interpretation des Bildes oder bei falscher Nutzung zur Reizüberflutung führen. Nachfolgend ein Überblick über die häufig verwendeten Farbmodi:

- „weiß = heiß“ – Der Standartmodus, auf dem die weiteren Farbmodi aufbauen. Mit diesem Farbmodus als Grundlage arbeitet jede Wärmebildkamera. Hierbei werden die wärmsten Stellen im Bild weiß dargestellt und die kältesten schwarz. Der Bereich dazwischen wird in Graustufen dargestellt. Hierbei ist es unerheblich ob die heißeste Stelle z.B. 200 °C oder 40 °C ist. Zur Einschätzung der Temperatur muss auf die Temperaturanzeige geschaut werden.

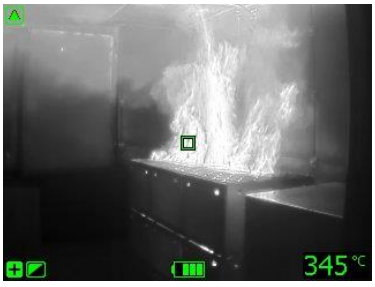


Abb. 8: Farbmodus weiß = heiß

- Hitzefinder oder Hotspot – Das Bild wird wie im „weiß = heiß“-Modus dargestellt. Jedoch wird die heißeste Stelle im dargestellten Bild eingefärbt (meist rot). Die Temperatur der heißesten Stelle ist hierbei jedoch egal.

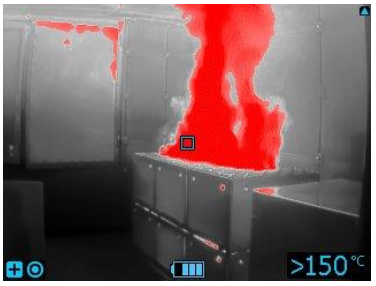


Abb. 9: Farbmodus Hotspot

- Hitzemarker – Das Bild wird wie in „weiß = heiß“ dargestellt. Jedoch werden ab einer bestimmten Temperatur die heißen Bereiche farbig dargestellt. Hierbei bedeutet die gleiche Farbe auch die gleiche Temperatur.

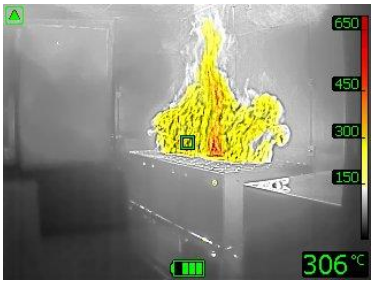


Abb. 10: Farbmodus Hitzemarker

- Vollfarbenmodus – Das Bild wird je nach Temperatur komplett farbig dargestellt. Dies führt meist zu einem sehr bunten Bild. Jedoch können Temperaturunterschiede so besser dargestellt werden.

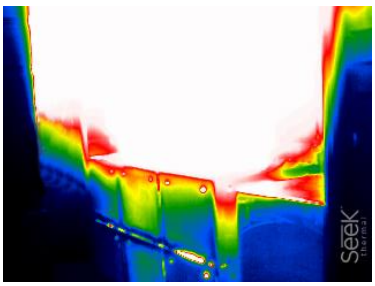


Abb. 11: Farbmodus Vollfarbmodus

3.2.2 Hoch- und Niedrigempfindlichkeitsmodus

Wärmebildkameras haben meist einen Hoch- und einen Niedrigempfindlichkeits-modus. Manche Modelle haben zusätzlich noch einen weiteren Empfindlichkeits-modus. Im Hochempfindlichkeitsmodus (meist bis 100 °C) werden Temperatur-unterschiede detaillierter dargestellt. Wird eine Temperatur gemessen, die über dem voreingestellten Wert (z.B. 100 °C) liegt, schaltet die Kamera selbstständig in den Niedrigempfindlichkeitsmodus um. Da ein größerer Temperaturbereich abgedeckt werden muss, können kleine Temperaturunterschiede nicht mehr so detailliert dargestellt werden. Das Umschalten in den Hoch- bzw. in den Niedrigempfindlich-keitsmodus kann man meist an dem Dreieck links oben im Bild oder der geänderten Temperaturskala feststellen.

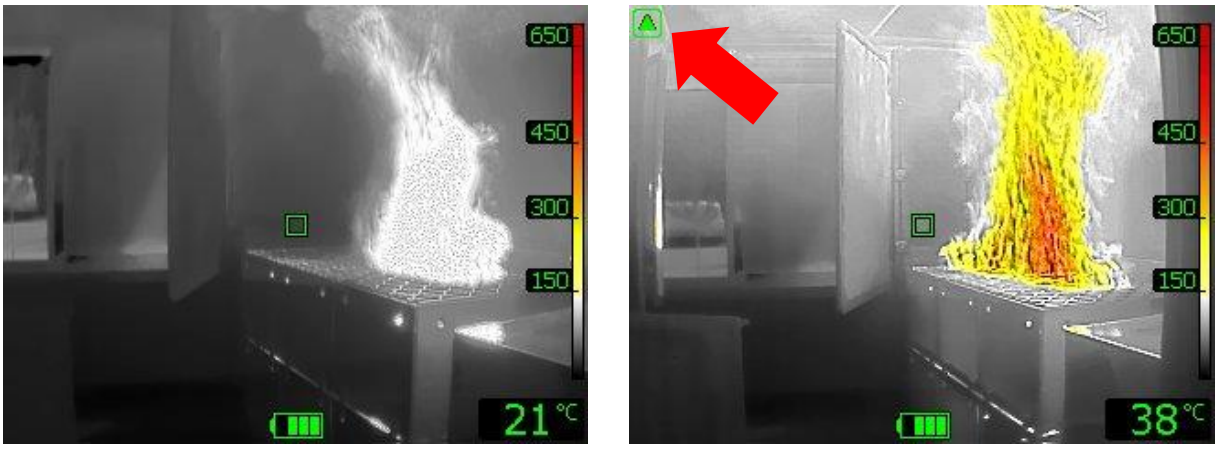


Abb. 12: Vergleich Hoch- und Niedrigempfindlichkeitsmodus

3.2.3 Zusatzfunktionen

Der Markt bietet zahlreiche Zusatzfunktionen. Die je nach Lage nützlich sein können. Diese Zusatzfunktionen können sein:

- **Unterschiedliche Farbmodi** – Siehe 3.2.1
- **Zoomfunktion** – Auf Knopfdruck wird der mittlere Teil des Bildes digital vergrößert. Dies kann hilfreich sein, um bei der Erkundung Abstand zu halten. Z.B. beim Gefahrguteinsatz. Da es sich um einen Digitalzoom handelt, wird das angezeigte Bild jedoch grobkörniger. Dies kann die Interpretation der Bilder erheblich erschweren.
- **Freeze- oder Einfrierfunktion** – Auf Knopfdruck wird das Bild eingefroren bis der Knopf wieder entlastet wird. Diese Funktion kann genutzt werden, um dem Truppmitglied das Infrarotbild zu zeigen und erleichtert somit die Kommunika-tion. Diese Funktion kann auch genutzt werden, um aus der Deckung heraus gefahrlos um die Ecke zu schauen.
- **Bild- und Videospeicher** – Mit dieser Funktion kann dem Einsatzleiter nach dem Innenangriff Bilder oder Videos von kritischen Stellen gezeigt werden. Dies kann eine sinnvolle Hilfe zur Lagebeurteilung sein. Diese Funktion ist ein gutes Mittel für die Ausbildung und kann Einsatznachbesprechungen sinnvoll ergänzen. Zu beachten ist, dass die gespeicherten Bilder und Videos auf Grund der Dateikomprimierung oftmals eine schlechtere Qualität aufweisen

als das live gesehene Bild der Wärmebildkamera.[10] Achtung: Datenschutz beachten. Bilder aus dem Innerangriff dürfen nicht veröffentlicht werden!

- **Funkübertragung**– Die Bilder der Wärmebildkamera werden kabellos an einen externen Monitor gesendet. Diese Funktion kann dem Einsatzleiter wertvolle Informationen geben, darf aber nicht dazu führen das nur noch auf den Monitor geschaut wird. Es empfiehlt sich nur nach Hinweis des Angriffstrupps auf dem Monitor zu schauen.
- **Blackbox-Funktion** – Die Kamera zeichnet das gesehene Bild permanent auf. Dieses Video kann später ausgelesen werden.
- **Explosionsschutz** – Siehe 3.3.2

3.3. Leistungsanforderungen für die Feuerwehr

Wie bereits erwähnt gibt es unterschiedliche Bauformen für den Einsatz bei der Feuerwehr.
Fest verbaute Wärmebildkameras die z.B. am Korb der Drehleiter verbaut sind, können bei der Suche nach Personen im Freien hilfreich sein. Dipl.-Phys. Friedrich Wienecke konnte für die Brandschutzforschung der Bundesländer, im Forschungsbericht 172 die besten Ergebnisse aus 20 Metern Höhe erzielen. Personen waren noch bis zu 500 Metern als Pixelpunkt darstellbar.[11] Jedoch kann die erhöhte Position in der Drehleiter auch mit einer handgeführten Wärmebildkamera genutzt werden. Ein handgeführtes Modell wurde auch für den eben erwähnten Forschungsbericht verwendet. Die Vorteile der erhöhten Position können auch mit einer Drohne genutzt werden. Diese Modelle sind jedoch noch sehr teuer, benötigen einen erfahrenen Piloten und regelmäßige Übung. Des Weiteren muss an der Einsatzstelle ein Start- und Landeplatz für die Drohne abgesperrt werden. Mit einer Drohne lassen sich auch schnell größere Bereiche erkunden. Dies sogar ohne Eigengefährdung des Personals. Der Einsatz der Drohne ist jedoch stark witterungsabhängig.
Wärmebildkameras, die am Helm montiert sind, bieten den Vorteil, dass der Führer der Wärmebildkamera jederzeit die Hände frei hat. Jedoch kann mit dieser Variante nicht so gefahrlos um die Ecke geschaut werden, wie es mit einer handgeführten Wärmebildkamera möglich ist. Der Führer der Wärmebildkamera kann die Kamera während des Einsatzes nicht an sein Truppmitglied weitergeben und ihm kein Bild zeigen, um z.B. den Löscherfolg zu optimieren. Des Weiteren wird das zusätzliche Gewicht am Helm (427g bei der Rosenbauer C1) gerade bei längerer Tragedauer als unangenehm und anstrengend empfunden.
Die vielseitigste und günstigste Bauform für den Feuerwehreinsatz ist die handgeführte Wärmebildkamera. Diese Bauform kann flexibel nach Bedarf eingesetzt werden. Sie kann z.B. mit in den Korb der Drehleiter genommen werden oder vom Einsatzleiter zur Erkundung eingesetzt werden und dann dem Angriffstrupp mitgegeben werden. Das Display der handgeführten Wärmebildkamera kann jederzeit dem Truppmitglied oder dem Einsatzleiter gezeigt werden, um ggf. aufgenommene oder eingefrorene Bilder zu zeigen. Ob die Wärmebildkamera dabei an einem Griff geführt wird oder an einer Schlaufe gehalten wird ist Geschmackssache.

[10] Vgl. Wienecke 2013: Nutzung von Wärmebildkameras zur Personensuche und Lageerkundung im Feuerwehreinsatz über größere Entfernungen, S. 112
[11] Vgl.Wienecke 2013: Nutzung von Wärmebildkameras zur Personensuche und Lageerkundung im Feuerwehreinsatz über größere Entfernungen

Anders als in den USA sind Wärmebildkameras für den Feuerwehreinsatz in Deutschland und Europa nicht genormt. Das hat den Vorteil, dass der Markt viele Modelle bietet und der Anwender je nach Vorliebe und geplanter Nutzung aus vielen verschiedenen Modellen in verschiedenen Preis- und Leistungsklassen wählen kann. Der Nachteil daran ist, dass es keinen Mindeststandard gibt. Vor einem Kauf sollten die in Frage kommenden Modelle genau verglichen und wenn möglich auch vor Ort getestet werden.

In den USA werden seit 2010 bestimmte Anforderungen an die von der Feuerwehr eingesetzten Wärmebildkameras durch die NFPA (National Fire Protection Association) gefordert. In ihrer Empfehlung NFPA 1801 „Standard on Thermal Imagers for the Fire Service“ werden die Wärmebildkameras unter anderem einem Falltest, einem Hitze- und Flammtest und einem Haltbarkeitstest unterzogen. Die Wärmebildkameras müssen mit Handschuhen einhändig bedient werden können und der Ein-/ Ausschalter muss grün sein. Weiter müssen die Wärmebildkameras für den Einsatz in potenziell explosionsgefährdeten Bereichen geeignet sein. Hierfür müssen sie die Anforderungen nach ANSI/ISA 12.12.01 Class 1 Division 2 erfüllen. Außerdem fordert der Standard eine vollständige Abdichtung gegen das Eindringen von Staub (IP-Schutzart 6x). Die Zoneneinteilung entspricht etwa der europäischen ATEX-Richtlinie der Kategorie 3 (Zone 2). Eine Gegenüberstellung der Zonen befindet sich in Tabelle 1 (siehe 3.3.2).

Für die Beladung von Löschfahrzeugen schreibt die DIN 14530 seit November 2019 vor, dass jedes Löschfahrzeug eine Wärmebildkamera mitführen muss. Jedes Löschfahrzeug, dass mit einer Löschstaffel- oder einer Löschgruppe besetzt ist, muss eine zweite Wärmebildkamera mitführen. In der Fußnote wird darauf hingewiesen, dass die zweite entfallen darf, wenn die zweite Wärmebildkamera für den Sicherheitstrupp / zweiten Angriffstrupp von einem anderen Fahrzeug zur Verfügung steht (DIN 14530). Diese Wärmebildkameras müssen:

- für den Innenangriff geeignet sein,
- robust und hitzebeständig sein,
- mit Feuerschutzhandschuhen nach DIN EN 659 bedient werden können und müssen die
- Schutzart IP 67 nach DIN EN 60529 (VDE 0470-1) aufweisen.

Es sollte darauf geachtet werden, dass die Wärmebildkameras im Fahrzeug geladen werden können und über eine Akkulaufzeit von mehr als 2 Stunden verfügen oder dass Ersatz-Akkus eingelegt werden können. Die Ersatz-Akkus sollten dann unabhängig von der Kamera geladen werden können. Das Gewicht sollte nicht über zwei Kilogramm liegen. Soll die Kamera auch für Einsätze mit Gefahrgut oder in potenziell explosiven Umgebungen eingesetzt werden, muss auf einen Explosionsschutz geachtet werden.

3.3.2 Explosionsschutz

Für die Zertifizierung für den Explosionsschutz von elektrischen Geräten gibt es International verschiedene Institutionen. In Europa gilt für den Explosionsschutz seit 2003 die ATEX-Richtlinie. ATEX leitet sich aus dem französischen Atmosphères Explosibles ab. Sie ist eine Herstellerrichtlinie und betrifft unter anderem Geräte mit eigener potenzieller Zündquelle.

Da es für Wärmebildkameras für den deutschen und europäischen Markt wie oben beschrieben keine Normung gibt, geben die Hersteller von Wärmebildkameras oft die amerikanische Zoneneinteilung an. Sie bezieht sich auf das ANSI (American National Standards Institute), und das ISA welches die Internationale Gesellschaft für Automatisierung (International Society of Automation) In ihrer Norm 12.12.01 „Nonincendive Electrical Equipment for Use in Class I and II, Division 2 und Class III, Divisions 1 and 2 Hazardous (Classified) Locations“ zertifizieren sie nichtbrennbares elektrisches Equipment für den Gebrauch in den Klassen I und II, Bereich 2, und Klasse III, Bereiche 1 und 2.

Diese Zertifizierung nach ANSI/ISA 12.12.01 benötigen die Hersteller ohnehin für die NFPA 1801 Zulassung. Vermutlich aus Kostengründen wird oft auf die Zertifizierung nach ATEX verzichtet. Die Zonen nach ATEX und ANSI/ISA werden in Tabelle 1 gegenübergestellt.

Für den Einsatz mit gefährlichen Stoffen und Gütern muss anhand einer Gefährdungsanalyse ermittelt werden ob die Wärmebildkamera für die jeweilige Einsatzsituation geeignet ist.

Zoneneinteilung			
Explosionsfähige Atmosphäre	Ständig oder langzeitig	gelegentlich	Selten oder kurzzeitig
Bezeichnung ATEX	Kategorie 1 Zone 0 (Gas) Zone 20 (Staub)	Kategorie 2 Zone 1 (Gas) Zone 21 (Staub)	Kategorie 3 Zone 2 (Gas) Zone 22 (Staub)
Bezeichnung ANSI/INSA	Class I, Division 1 Class II, Division 1	Class I, Division 1 Class II, Division 1	Class I, Division 2 Class II, Division 2

Tab. 1: Vergleich der Zoneneinteilung der europäischen und amerikanischen Richtlinien (Praxishandbuch Brandschutz)

3.4. Momentan verfügbare Modelle für die Feuerwehr

Es gibt auf dem Markt unzählige Modelle, die für die Feuerwehr angepriesen werden. Jedoch lohnt es sich die Beschreibung der Wärmebildkamera genau durchzulesen und ein Blick auf die technischen Daten zu werfen. So werden einige Modelle zwar als Wärmebildkameras für die Feuerwehr beworben, sind jedoch nicht für den Innenangriff brauchbar. Diese Modelle werden meist als Wärmebildkamera für den Einsatzleiter oder zur Erkundung beworben. Bei diesen Modellen kann es sein, dass sie den hohen mechanischen und thermischen Anforderungen im Innenangriff nicht gerecht werden und dass diese Kameras sich bei Erwärmung ausschalten. Jedoch muss nicht immer das High-End-Modell mit möglichst vielen Funktionen angeschafft werden. Auch einfache kostengünstige Modelle erfüllen ihren Zweck. Die Ziele des

Wärmebildkameraeinsatzes sind es Gefahren zu erkennen, ggf. vermisste Personen zu erkennen, ggf. den Brand zu lokalisieren, ggf. den Löscherfolg zu kontrollieren und sich einen Überblick über die räumliche Situation zu verschaffen. Dies ist auch mit Wärmebildkameras mit beispielsweise nur einem Farbmodus oder mit einer niedrigeren Bildwiederholfrequenz möglich. Auch ein Explosionsschutz ist für die meisten Anwendungen in der Feuerwehr nicht zwingend notwendig. Einsatztaktisch kann es sinnvoll sein, mehrere preisgünstige Wärmebildkameras zu beschaffen, um mehrere Trupps mit einer Wärmebildkamera ausstatten zu können und ggf. ein höherwertiges Modell auf dem ELW für spezielle Aufgaben zu verlasten. In jedem Fall sollten die in Frage kommenden Modelle vor der Anschaffung getestet werden. Dies sollte wenn möglich unter Einsatznahen Bedingungen stattfinden.

4. Einsatztaktik

Richtig eingesetzt ist die Wärmebildkamera im Feuerwehreinsatz ein sehr gutes Hilfsmittel. Aufgrund der physikalischen Grundlagen ergeben sich einige Einsatzmöglichkeiten, aber auch Einsatzgrenzen. Diese werden nachfolgend erläutert.

4.1 Einsatzmöglichkeiten

4.1.1 Lageerkundung / Lagebeurteilung

Die Wärmebildkamera ist nicht nur für den vorgehenden Trupp hilfreich. Mit ihr kann in der ersten Phase des Einsatzes ggf. der Brand lokalisiert werden oder auch zu rettenden Personen im Rauch oder der Dunkelheit besser erkannt werden.

In Abbildung 13 lässt sich auf den ersten Blick eine Rauchentwicklung im 1. OG erkennen. Dies lässt vermuten, dass sich ein Brandherd im 1. OG befindet.

Abb. 13: Lagebeurteilung normale Sicht

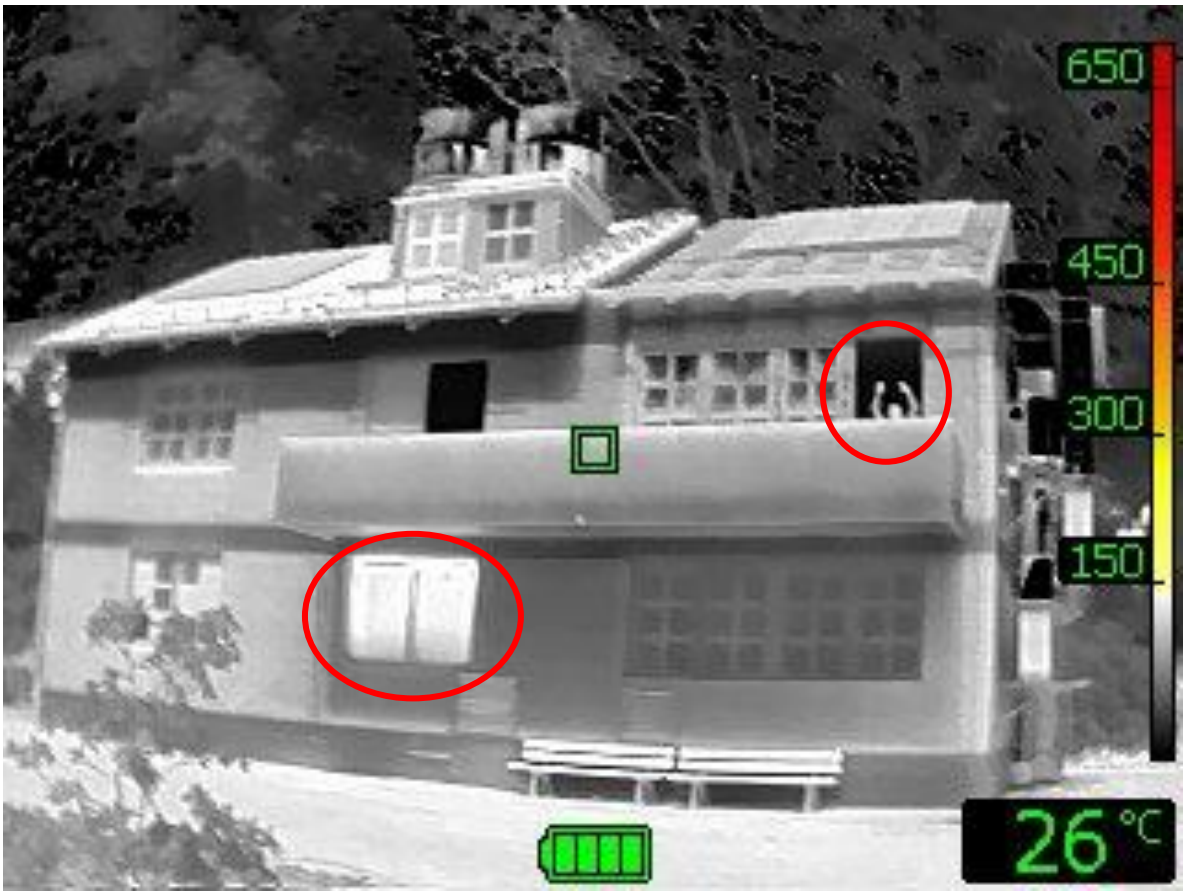


Abb. 14: Lagebeurteilung Infrarotbild

Wie in Abbildung 14 ersichtlich bekommt der Einsatzleiter durch die Wärmebildkamera (zeitgleich aufgenommen wie Abbildung 13) viele wertvolle Informationen, die mit bloßem Auge schlecht oder gar nicht erkannt wurden. Nun kann eine Person im Rauch in der Tür im 1. OG erkannt werden. Des Weiteren das aufgeheizte Fenster im EG in der Mitte des Gebäudes erkannt werden. Der Brandherd befindet sich im EG und der Rauch zieht durch das 1. OG, wodurch die Person gefährdet wird. Der Einsatzleiter kann mit diesen Informationen wirkungsvolle Maßnahmen einleiten.

Im weiteren Einsatzverlauf kann sich der Einsatzleiter durch evtl. aufgenommene Fotos oder Videos des Angriffstrupps ein Bild von der Lage im Inneren des Gebäudes machen. Dies ist ggf. auch durch Telemetrie live möglich. Durch das übertragene Bild sollte der Einsatzleiter aber nicht von seiner eigentlichen Tätigkeit abgelenkt werden.

Beim Schornsteinbrand können kritische Stellen wie evtl. durch Tapete verdeckte, unzureichend geschlossene, ehemalige Feuerstättenanschlüsse erkannt werden.

Nach einem Verkehrsunfall können sich evtl. Hinweise auf Mitfahrer ergeben. Die Interpretation von Autositzen nach einem Verkehrsunfall ist jedoch sehr unsicher. Je nach Wetter und zeitlichem Verlauf vom Unfall bis zur Ankunft an der Einsatzstelle können Wärmesignaturen auf Sitzen Hinweise auf Mitfahrer sein. Jedoch sind diese Wärmesignaturen bereits wenige Minuten nach dem Verlassen des Sitzes nicht mehr zu erkennen. Eine eingeschaltete Sitzheizung könnte auch zu einer Fehlinterpretation führen.

Jedoch unterstützt die Wärmebildkamera nur die Erkundung. Es darf sich niemals nur auf die Wärmebildkamera verlassen werden. Die vier Phasen der Erkundung müssen auch mit diesem Hilfsgerät gewissenhaft durchgeführt werden.

4.1.2 Suchen und Retten

Eine Wärmekamera eignet sich sehr gut Personen zu erkennen. Da der menschliche Körper im Regelfall eine Körperkerntemperatur von ca. 37 °C hat, hebt sich dieser meist von der direkten Umgebung ab. Im Innenangriff können vermisste Personen auch in verrauchten Bereichen ohne normale Sicht erkannt werden (siehe Abbildung 15). Hierbei darf nicht nach einer bestimmten Temperatur, sondern nach einer Signatur eines Körpers / Körperteils gesucht werden. Der Einsatz der Wärmebild-kamera führt in einer Vielzahl der Fälle zu einer schnelleren Rettungszeit von vermissten Personen. Um das schnelle Vorgehen zu gewährleisten muss der Würfelblick angewendet werden. Diese Technik wird in 4.3 beschrieben.

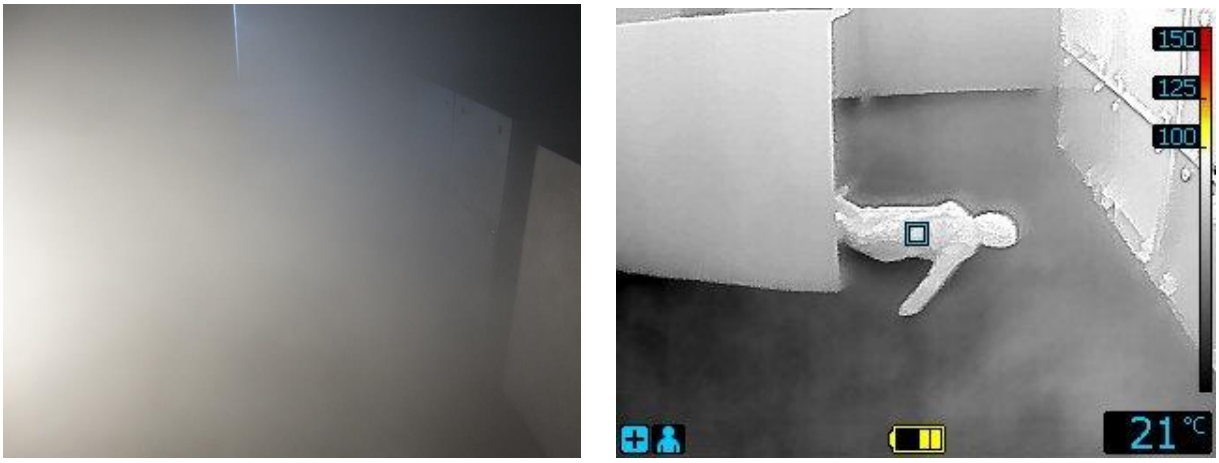


Abb. 15: Vergleich normale Sicht und Infrarotbild bei Verrauchung während der Menschenrettung

Auch bei einem Atemschutznotfall leistet die Wärmebildkamera wertvolle Hilfe. In der Regel ist der Schlauch des verunfallten Trupps in der Wärmebildkamera sehr gut als dunkle Linie zu erkennen. Auch die Atemluftflasche und der Druckminderer des Atemschutzgerätes heben sich in einem erhitzten Raum sehr gut ab (siehe Abbildung 16). Dies führt in der Regel zu einer schnelleren Rettungszeit.

Abb. 16: Atemschutztrupp im Infrarotbild

Die Wärmebildkamera kann auch eine sinnvolle Unterstützung zur Personensuche im Freien sein. Gerade in der Nacht. Personen können ggf. auch hinter einem Gebüsch gefunden werden.

In Abbildung 17 ist die Person hinter dem Gebüsch nicht ersichtlich.

Abb. 17: Personensuche normale Sicht

In Abbildung 18 zeichnet sich im Infrarotbild (zeitgleich aufgenommen wie Abbildung 17) die Wärmesignatur einer Person ab. Dies klappt jedoch nur, wenn das Gebüsch nicht zu dicht ist.

Abb. 18: Personensuche Infrarotbild

Bei der Personensuche ist ein erhöhter Standort für die Suche mit der Wärmebildkamera von Vorteil. So können gerade liegende Personen besser gesichtet werden. Hierzu kann das Dach eines Löschfahrzeuges oder eine Drehleiter genutzt werden. Gute Ergebnisse werden aus einer Höhe von etwa 20 Metern erzielt. Sinnvoll ist der Einsatz von mehreren Wärmebildkameras, um aus dem Stand und von einer erhöhten Position zu suchen. Die Suche nach Personen auf Entfernung erfordert viel Erfahrung des Bedieners und eine gewissenhafte Interpretation der Infrarotbilder.

4.1.3 Brandbekämpfung

Durch die bessere Orientierung in verrauchten Räumen kann der Trupp schneller vorgehen und Gefahren besser erkennen. Auch hierbei darf nicht nur durch die Wärmebildkamera geschaut werden, sondern in regelmäßigen Abständen der Würfelblick angewendet werden (siehe 4.3). Ist der Brandherd lokalisiert, kann der Truppführer mit der Wärmebildkamera den Löscherfolg kontrollieren und dem

Strahlrohrführer wertvolle Hinweise geben. Dies führt zu einem sicheren Vorgehen des Trupps, schnelleren auffinden des Brandherdes, schnellerem Löscherfolg und zum reduzierten Löschwassereinsatz.

Abb. 19: Atemschutztrupp während der Brandbekämpfung

4.1.4 Nachlöscharbeiten

Bei Nachlöscharbeiten kann die Wärmebildkamera ggf. mit dem Bildmodus „Hotspot“ zum Aufspüren von Glutnestern eingesetzt werden. Der gezielte Löschwassereinsatz führt zur Minimierung des Wasserschadens und vermindert der Gefahr einer Rückzündung.

4.1.5 Waldbrände

Auch bei Wald und Flächenbränden kann die Wärmebildkamera dabei helfen Glutnester aufzuspüren und gezielt zu löschen. Bei größeren Waldbränden könnte auch eine Erkundung vom Hubschrauber mit einer Wärmebildkamera sinnvoll sein. Dies ist jedoch sehr teuer. Hier bietet sich der Einsatz einer Drohne mit Wärmebildkamera an. Mit ihr kann man große, schlecht zugängliche Flächen schnell und gefahrlos erkunden.

4.1.6 Gefahrguteinsatz

Im Gefahrguteinsatz kann die Kamera zur Erkundung eingesetzt werden. Durch das Nutzen der Zoomfunktion kann der vorgehende Trupp einen größeren Sicherheitsabstand eingehalten werden. Mit der Wärmebildkamera können evtl. Leckagen an Behältern oder thermische Reaktionen erkannt werden. Mit der Wärmebildkamera können evtl. auch Füllstände von Behältnissen erkannt werden. Hierfür eignet sich gut der Vollfarbmodus. Ganz volle und ganz leere Behälter lassen sich aber kaum unterscheiden, da nicht die Flüssigkeit selbst, sondern nur Temperaturunterschiede dargestellt werden können. Bei der Bestimmung von Füllständen sollte sich niemals nur auf die Wärmebildkamera verlassen werden.

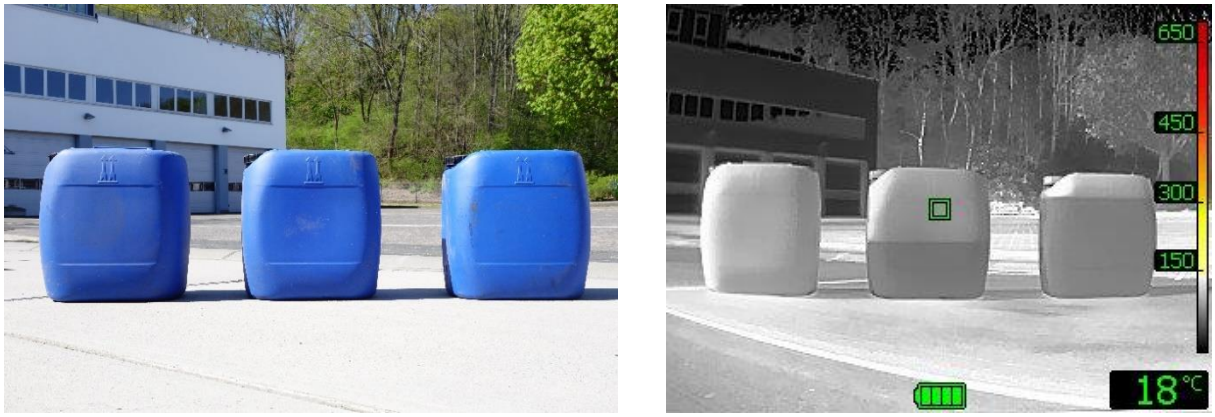


Abb. 20: Füllstandsbestimmung mit der Wärmebildkamera

Auch nicht wasserlösliche Flüssigkeiten (wie z. B. Öl) auf Gewässern lassen sich mit einer Wärmebildkamera darstellen. In Abbildung 22 erkennt man die auf dem Wasser schwimmenden Fettaugen.

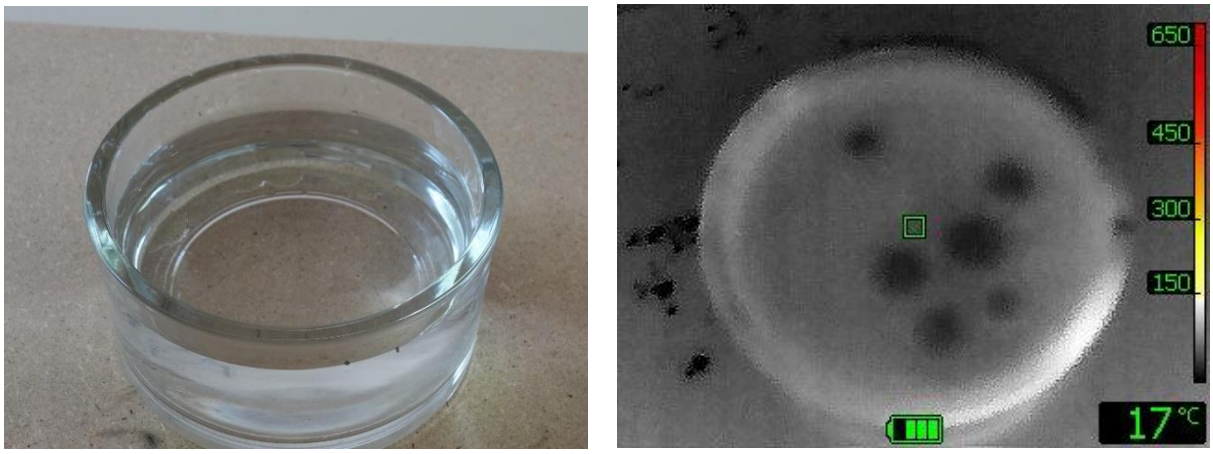


Abb. 21: Öl auf Wasser

Achtung: Beim Austritt von unbekannten Stoffen oder für den Einsatz in potenziell explosionsfähiger Umgebung dürfen nur Wärmebildkameras mit Explosionsschutz benutzt werden!

4.1.7 Ausbildung

Bei der Ausbildung kann ein Ausbilder das Vorgehen eines oder mehrerer Trupps auch im verrauchten Bereich überwachen. Er kann dem Trupp nach der Übung Hinweise zum richtigen Verhalten geben oder falls notwendig gleich während der Übung berichtigend eingreifen. Wenn die Wärmebildkamera über eine Bild- und/oder Videoaufzeichnung verfügt, können den Übenden diese Aufnahmen bei der Nachbesprechung gezeigt werden. Dies kann den Lerneffekt unterstützen. Während der Ausbildung ist darauf zu achten das auch der Einsatz der Wärmebildkamera regelmäßig geübt werden muss. Die Technik muss auch unter Stresssituationen fehlerfrei bedient und die angezeigten Bilder schnell interpretiert werden können.

Sollte die Wärmebildkamera über eine Bild und/oder Videoaufzeichnung verfügen, können diese Bilder auch sehr gut für eine Einsatznachbesprechung genutzt werden, um ggf. aufgetretene Probleme in der Gruppe zu besprechen und aus ihnen zu lernen. Dabei muss immer der Datenschutz beachtet werden. Bilder aus dem Innenangriff dürfen nicht veröffentlicht werden.

4.2 Einsatzgrenzen

Trotz der vielen Einsatzmöglichkeiten von Wärmebildkameras müssen die Einsatzgrenzen beachtet werden. Der Anwender muss diese Einsatzgrenzen kennen.

4.2.1 Glas / transparente Flächen

Infrarotstrahlung kann die meisten, festen Oberflächen nicht ausreichend durchdringen, um sie mit der Wärmebildkamera bildlich darzustellen. Auch nicht, wenn diese Oberfläche transparent ist, wie z.B. Glas. Es kann mit der Wärmebildkamera lediglich die Temperatur des Glases angezeigt werden. Das heißt, dass Personen die z.B. hinter einer Glastür liegen für die Wärmebildkamera nicht sichtbar sind. Daher sollte niemals nur durch die Wärmebildkamera geschaut werden, sondern in regelmäßigen Abständen der Würfelblick angewendet werden (siehe 4.3).

Da Glas eine glatte Oberfläche hat, besteht die Gefahr der Reflexion (siehe 4.2.2).

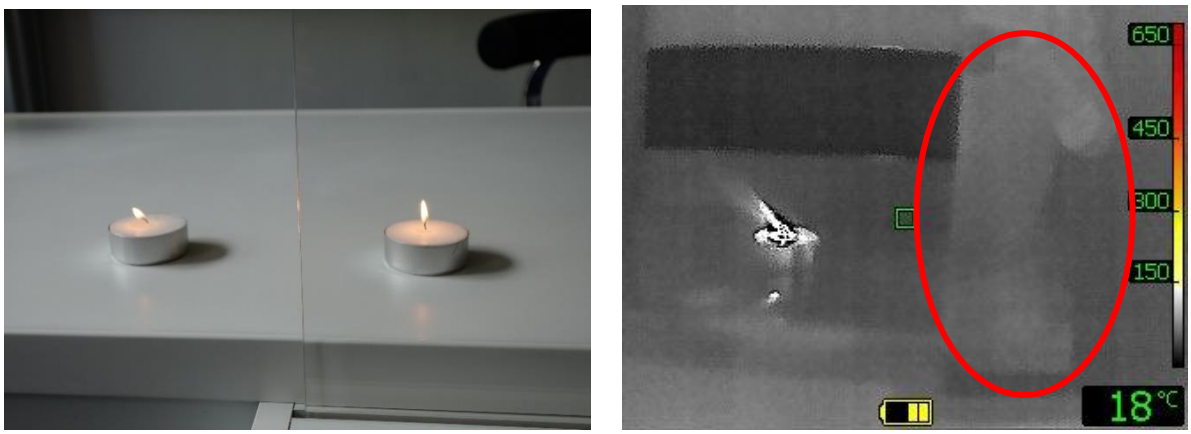


Abb. 22: Kerze hinter Glas

4.2.2 Reflexionen

Wärmesignaturen können auf glatten Oberflächen reflektiert werden. Dabei macht es keinen Unterschied aus welchem Material die Oberfläche ist. Die Reflexion ist ein Spiegelbild einer vorhandenen Wärmesignatur. Sowohl die Wärmesignaturen von Brandstellen als auch von Personen können reflektiert werden und für den vorgehenden Trupp für Verwirrung sorgen. Dies wird in Abbildung 23 deutlich.

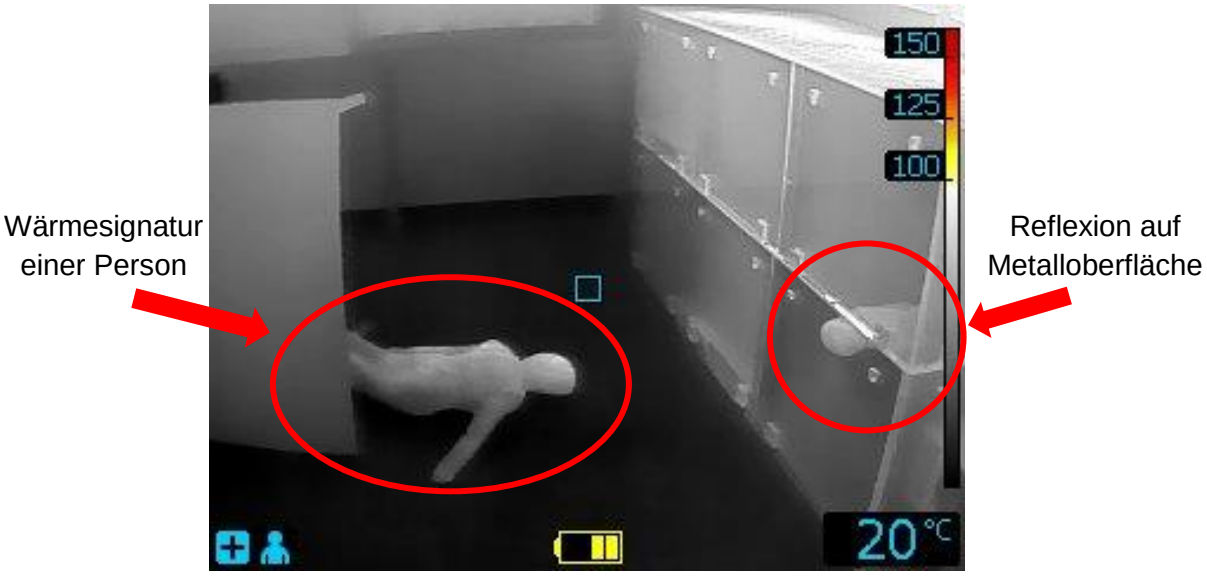


Abb. 23: Reflexion der Wärmesignatur einer Person

Hier wird die Wärmesignatur einer Person auf einer Metalloberfläche reflektiert. Der vorgehende Trupp könnte denken, dass sich in dem Raum zwei Personen befinden.

Ein Trupp könnte bei der Sicht der eigenen Wärmesignatur glauben, dass es sich hierbei um eine Hilfsbedürftige Person oder um einen zweiten Trupp handelt. Im Zweifel sollten Reflexionen mit dem Einsatz der Handlampe kontrolliert werden. Reflexionen können auch dadurch identifiziert werden, in dem man gezielte Bewegungen ausführt (z.B. winken) und die gesehene Wärmesignatur durch die Wärmebildkamera beobachtet und mit seinen Bewegungen abgleicht. Um Reflexionen zu minimieren ist es wichtig, dass nicht während des gesamten Einsatzes durch die Wärmebildkamera geschaut wird, sondern in regelmäßigen Abständen der Würfelblick angewendet wird (siehe 4.3)

4.2.3 Zweidimensionales Sehen

Die Wärmebildkamera stellt wie schon mehrfach beschrieben nur Temperaturunterschiede bildlich dar. Während wir beim normalen Sehen ein dreidimensionales Bild mit Schattierungen sehen, fehlen diese Informationen bei der Anzeige in der Wärmebildkamera und es fehlt dem Bild an räumlicher Tiefe. Durch diesen Umstand lassen sich Entfernungen und Größen mit der Wärmebildkamera schlecht einschätzen. Dies wird in Abbildung 24 deutlich.

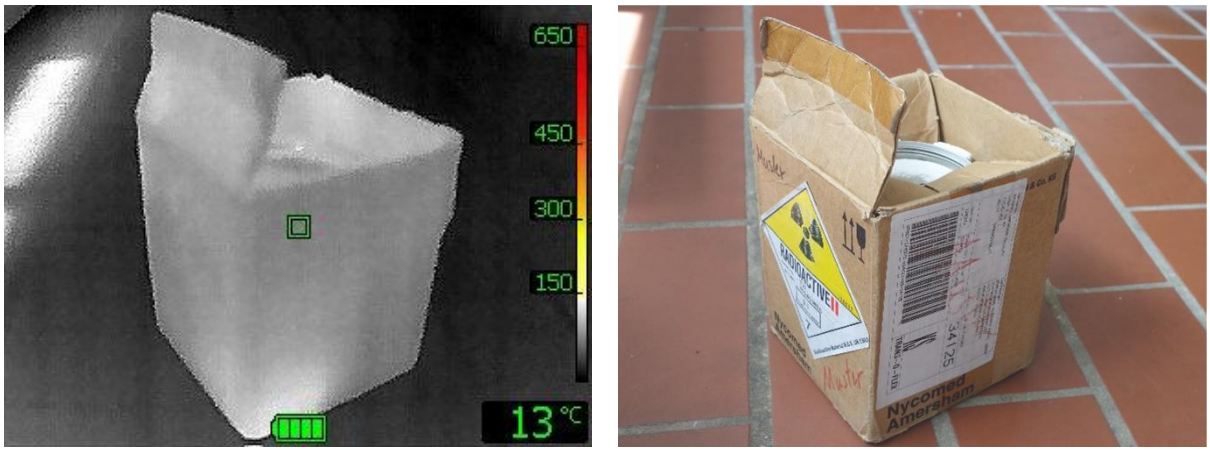


Abb. 24: Größenabschätzung Karton

Um die Größe zu bestimmen muss das Objekt mit einem bekannten Referenzobjekt abgeglichen werden. In Abbildung 24 kann der Karton besser eingeschätzt werden, da die Größe anhand der Bodenfliesen eingeordnet werden kann. Diese sind in dem Infrarotbild kaum sichtbar, da der Boden nahezu die gleiche Temperatur hat. Eine weitere, bessere Möglichkeit die Größe des Objektes Einzuschätzen ist das kontrollieren des Objektes mit dem Einsatz der Handlampe. Hierbei können auch andere wichtige Informationen gewonnen werden, wie in diesem Fall das der Inhalt des Kartons radioaktiv ist. Da Aufkleber und Aufschriften auf Objekten die selbe Temperatur wie das Objekt selber haben, werden diese nicht in der Wärmebildkamera dargestellt.

4.2.4 Wasser

Personen oder Gegenstände, die sich an der Wasseroberfläche befinden können mit der Wärmebildkamera erkannt werden. Jedoch kann die Wärmebildkamera Dinge unter der Wasseroberfläche nicht mehr darstellen (siehe Abbildung 25).

Abb. 25: Hand in Wasser

4.2.5 Atmosphäre

Die Atmosphäre kann die Funktion der Wärmebildkamera unter Umständen stark beeinträchtigen. Sollte beispielsweise der Rauch zu Dicht sein, kann selbst die Infrarotstrahlung die Rauchpartikel nicht mehr durchdringen (siehe 2.1) und die Sicht wird stark eingeschränkt. Auch eine hohe Wasserdampfkonzentration kann die Sicht durch die Wärmebildkamera einschränken.

Bei der Personensuche im Freien können starker Regen und Schneefall dazu führen, dass die Reichweite der Wärmebildkamera stark eingeschränkt ist. Des Weiteren wird die Kleidung der Personen, die sich im Freien aufhalten durch den Niederschlag kälter und passt sich somit mehr der Umgebung an. Eine Person ist dadurch schwieriger zu erkennen. Nach Niederschlägen könnte sich jedoch eine vielleicht sogar trockene Person besser von der Umgebung abheben. Es lohnt sich in jedem Fall den Einsatz der Wärmebildkamera zu prüfen.

4.2.6 Rückwegsicherung

Die Wärmebildkamera ist ein technisches Hilfsgerät. Es kann jederzeit durch einen technischen Defekt, durch Überhitzung oder eine zu geringe Energieversorgung ausfallen. Wie das Handfunkgerät ist auch die Wärmebildkamera kein Ersatz für eine adäquate Rückwegsicherung. Schlauchleitung oder Leinensicherung sind im Brandeinsatz zwingend erforderlich. Mit Wasser gefüllte Schläuche sind durch die Temperaturdifferenz in der Wärmebildkamera sehr gut zu erkennen. Dies kann dabei helfen den Rückweg an der Schlauchleitung schneller zu finden. Gerade wenn zu viel Schlauchreserve mit in die Brandwohnung genommen wurde und der Schlauch in Buchten liegt, was den Rückweg verzögern würde.

4.3 Würfelblick

Der Führer der Wärmebildkamera hat die Aufgabe die Technik zu bedienen und zu interpretieren. Die Ziele des Einsatzes der Wärmebildkamera im Innenangriff sind:

- Gefahren zu erkennen,
- ggf. vermisste Personen zu erkennen,
- den Brand zu lokalisieren,
- den Löscherfolg zu kontrollieren und sich einen
- Überblick über die räumliche Situation zu verschaffen.

Der Führer soll auf keinen Fall zu einem Kameramann werden, der nicht mehr aktiv am Einsatz teilnimmt und somit ggf. sogar das Vorgehen verzögert. Eine Technik mit dem die oben genannten Ziele schnell erreicht werden, ist der Würfelblick. Hierbei werden alle Seiten des Raumes betrachtet (siehe Abbildungen 27 und 28). Jeder Blick auf eine neue Seite sollte ca. ein bis zwei Sekunden dauern. In dieser Zeit kann sich die Kamera auf die ggf. geänderten Bedingungen einstellen.

Beim Würfelblick wird folgende Reihenfolge empfohlen:

1. Decke
   Heiße, potenziell zündfähige Gase, Schäden an der Decke und herabhängende Gegenstände wie Kabel können erkannt werden
2. Boden
   Schäden und Vertiefungen, ausgetretene Flüssigkeiten, Personen und Hindernisse können erkannt werden
3. Wand links oder rechts
   Türen, Fenster, Treppen, Ausmaße, Hindernisse, Personen und die Brandstelle können erkannt werden
4. Wand voraus
   Siehe 3.
5. Wand rechts oder links
   Die Wand, die noch nicht gesichtet worden ist. Siehe 3.
6. rückwertiger Bereich
   Sicherung des Rückweges, sonst wie 3.

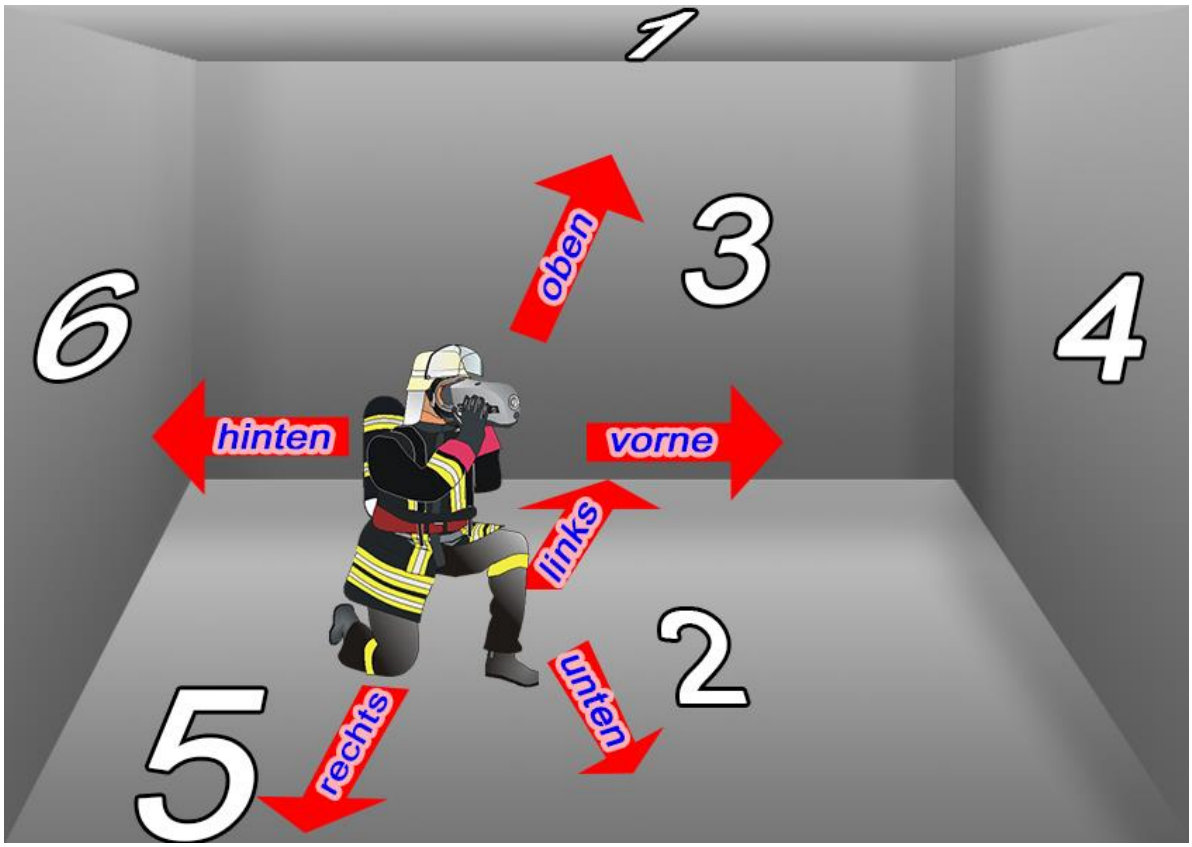


Abb. 27: Durchführung des Würfelblicks

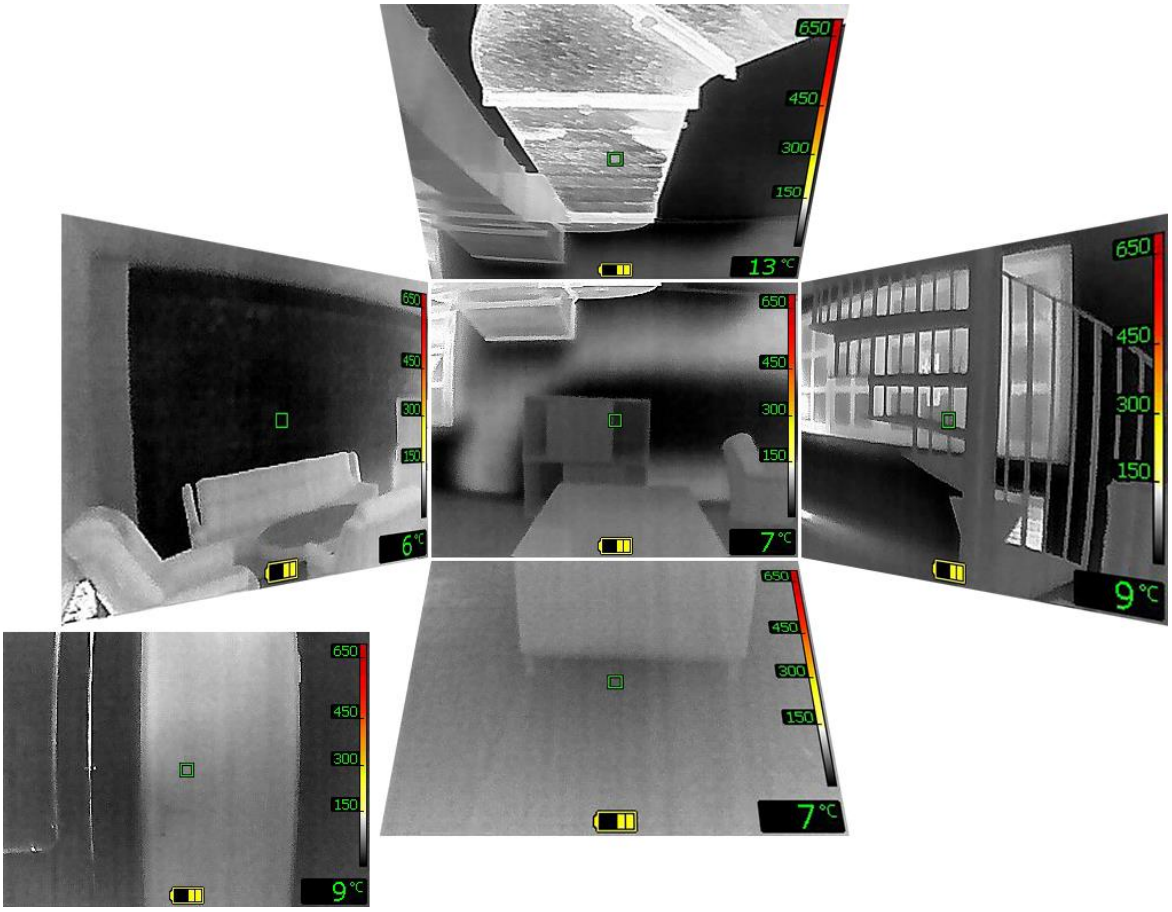


Abb. 26: Würfelblick durch die Wärmebildkamera

Der Würfelblick wird je nach Lage in regelmäßigen Abständen angewendet. Auf jeden Fall sollte der Würfelblick vor Betreten eines Raumes durchgeführt werden. Hierzu wird die Tür des Raumes wie beim Vorgehen ohne Wärmebildkamera geöffnet. Wenn der Bereich gesichert ist, wird der Würfelblick im Bereich des Türsturzes durchgeführt, da dies der sicherste Bereich ist. Sollte der Raum von der Tür aus nicht komplett einsehbar sein, muss mindestens die Decke und der Boden kontrolliert werden, um ein sicheres Vorgehen zu gewährleisten. Der komplette Würfelblick sollte dann zeitnah komplett durchgeführt werden. Je nach Lage und Auftrag muss der Würfelblick auch mehrmals in einem Raum durchgeführt werden, um z.B. den Bereich hinter Einrichtungsgegenständen zu kontrollieren. In der Abbildung 28 zeigen die roten Quadrate mögliche Orte für die Durchführung des Würfelblickes in einer Wohnung an.

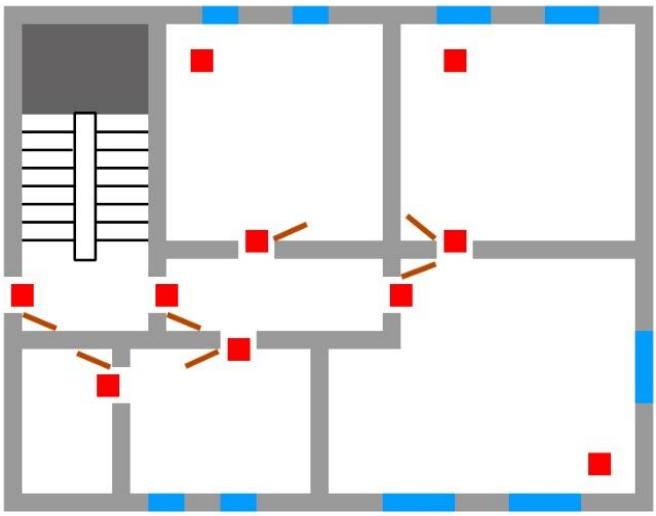


Abb. 28: Mögliche Anwendung des Würfelblicks

Nach dem Würfelblick wird die Wärmebildkamera wieder losgelassen und es wird wie ohne Wärmebildkamera vorgegangen. Hierzu muss die Wärmebildkamera am Bediener durch einen Tragegurt oder einen Karabiner gesichert sein.

4.4 Kommunikation

Auch wenn die Wärmebildkamera die Orientierung erleichtert und das Vorgehen beschleunigen kann, muss im Trupp klar kommuniziert werden. Das Truppmitglied führt in der Regel das Strahlrohr. Es blickt nicht durch die Wärmebildkamera und hat daher keine verbesserte Orientierung. Dies muss dem Führer der Wärmebildkamera bewusst sein. Daher müssen alle Feststellungen, die durch die Wärmebildkamera gemacht werden, klar mit dem Truppmitglied kommuniziert werden. Auch der Löschvorgang kann mit der Wärmebildkamera überwacht werden und dem Truppmitglied wertvolle Hinweise zur Strahlrohrführung gegeben werden.

Es muss darauf geachtet werden nicht zu schnell vorzugehen und als Trupp zusammenzubleiben. Die Gefahr ist groß, dass der Truppführer durch die verbesserte Orientierung zu schnell vorgeht und der Trupp getrennt wird. Das ist in jedem Fall zu verhindern.

4.5 Einsatzgrundsätze

Zusammenfassend lassen sich folgende Einsatzgrundsätze für den Einsatz der Wärmebildkamera festhalten:

- Wärmebildkamera zur Erkundung nutzen
  - Die vier Phasen der Erkundung trotzdem gewissenhaft durchführen.
  - Die Wärmebildkamera nach der Erkundung dem vorgehenden Trupp übergeben.
- Bei Ausfall der Technik darf der Einsatzerfolg nicht gefährdet werden
  - Die Basics müssen jederzeit sicher auch bei Ausfall der Technik beherrscht werden.
- Temperaturbestimmung nur relativ, nicht absolut
  - Messfehler durch falschen Emissionsgrad möglich
- Abschirmung und Reflexion erkennen, Handlampe benutzen
  - Eine Wärmebildkamera kann nicht durch Glas schauen.
  - Reflexionen ggf. durch Einsatz der Handlampe erkennen.
- 2-D-Sehen – Referenzobjekte nutzen
  - Entfernungen und Größen können nur schwer eingeschätzt werden.
- Würfelblick regelmäßig durchführen
  - Danach Vorgehen wie ohne Wärmebildkamera.
- Richtigen Farbmodus benutzen
  - Ziel ist Informationsgewinnung, keine Reizüberflutung.
- Kommunikation im Trupp sicherstellen
  - Das Truppmitglied hat ggf. „Nullsicht“.
  - Der Trupp muss jederzeit zusammenbleiben.
- Die Interpretation der Infrarotbilder erfordert regelmäßige Übung
  - Auch die Handhabung der Wärmebildkamera bedarf regelmäßige Übung.
  - Das Vorgehen ohne Wärmebildkamera muss weiterhin trainiert und beherrscht werden.
- Bei Personensuche erhöhten Standort nutzen
  - Löschfahrzeug oder Drehleiter benutzen.
- Die Wärmebildkamera ist kein Ersatz für eine Rückwegsicherung
  - Schlauchleitung oder Leine sind im Brandeinsatz zwingend erforderlich.

5. Vorschläge für praktische Übungen

Die Ausbildung sollte praxisnah stattfinden. Es sollte möglichst jeder Teilnehmer die Möglichkeit bekommen, die Wärmebildkamera zu bedienen und die Infrarotbilder zu interpretieren. Die vorgeschlagenen Übungen können mit wenigen, einfachen Hilfsmitteln durchgeführt werden. Um die Ausbildung interessant zu gestalten, bietet sich auch die Möglichkeit, diese Übungen zu kombinieren und als „Wärmebildkamera Erfahrungsparcours“ hintereinander abzuarbeiten (siehe 5.13). Die nachfolgenden Übungen dienen als Beispiel und können als Einzelseiten ausgedruckt und für die Übungsvorbereitung genutzt werden.

5.1 Erkennen des stromführenden Kabels

Die Teilnehmer sollen ein stromführendes Kabel von einem nicht stromführenden Kabel unterscheiden.

Benötigte Ausbildungsmittel:

- Wärmebildkamera
- zwei gleiche Leitungsroller,
- zwei 1000 Watt Strahler,
- Energieversorgung.

Aufbau:

Beide Leitungsroller vollständig ausrollen. An einem Leitungsroller zwei 1000 Watt Strahler anschließen und betreiben. Das zweite Kabel sollte das stromführende Kabel mehrmals kreuzen. Dieses Kabel wird nicht unter Spannung gesetzt.

Lernziel / Erkenntnisse:

Stromführende Kabel erwärmen sich, durch den Temperaturunterschied wird das stromführende Kabel im Display deutlich heller angezeigt.

Achtung: Das stromführende Kabel lässt sich in einigen Wärmebildkameras aufgrund der niedrigen Auflösung des Detektors oder einem hohen NETD-Wert nicht gut darstellen. Dies sollte vor der Ausbildung getestet werden. Sollte die vorhandene Wärmebildkamera verschiedene Farbmodi haben, sollten alle getestet werden, um zu sehen welcher am geeignetsten für diese Übung ist. Das linke Bild der Abbildung 31 ist mit dem Personensuchmodus einer Flir K55 aufgenommen. Mit diesem können im unteren Temperaturbereich auch geringe Temperaturunterschiede dargestellt werden. Diese Einstellung ist jedoch nicht zwingend nötig. Meist sieht man einige Minuten nach Inbetriebnahme der Strahler einen deutlichen Unterschied.

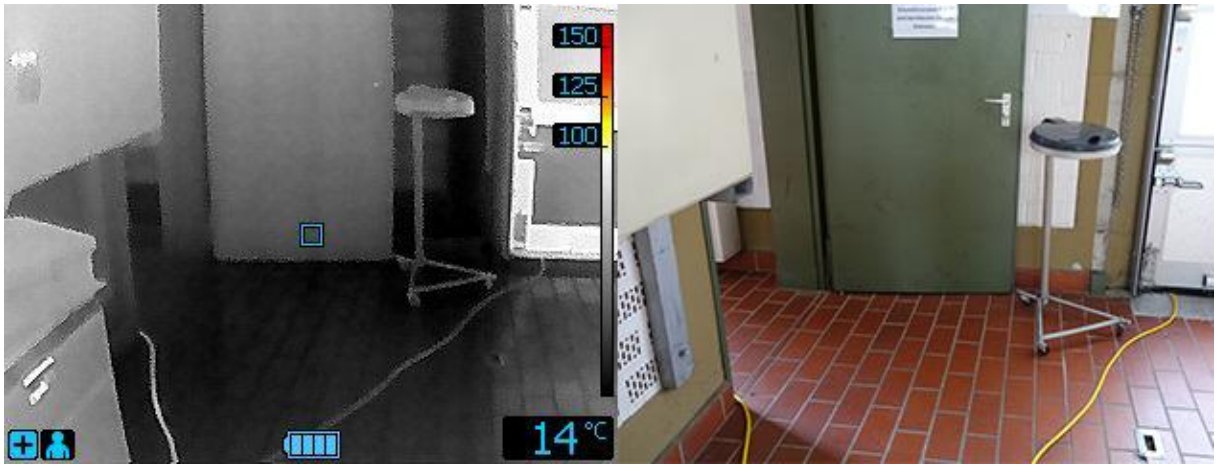


Abb. 29: Stromführendes und stromloses Kabel im Infrarotbild und bei normaler Sicht

5.2 Füllstandsbestimmung

Die Teilnehmer sollen die Füllstände von drei Behältern bestimmen. Hierfür können Kanister oder Flaschen, bei denen die Ermittlung des Füllstands mit dem bloßen Auge nicht möglich ist, benutzt werden. Für diese Übung sollen, wenn möglich, verschiedene Farbmodi der Wärmebildkamera ausprobiert werden.

Benötigte Ausbildungsmittel:

- Wärmebildkamera
- drei nicht transparente Behälter
- Wasser

Aufbau:

Die drei Behälter werden unterschiedlich mit Wasser gefüllt. Ein Behälter sollte komplett leer, ein Behälter halb voll und ein Behälter randvoll sein.

Lernziel / Erkenntnisse:

Füllstände können ggf. erkannt werden. Jedoch ist die Unterscheidung von ganz vollen und ganz leeren Behältern schwierig, da die Wärmebildkamera nicht die Füllstände, sondern nur die Temperaturunterschiede anzeigt.

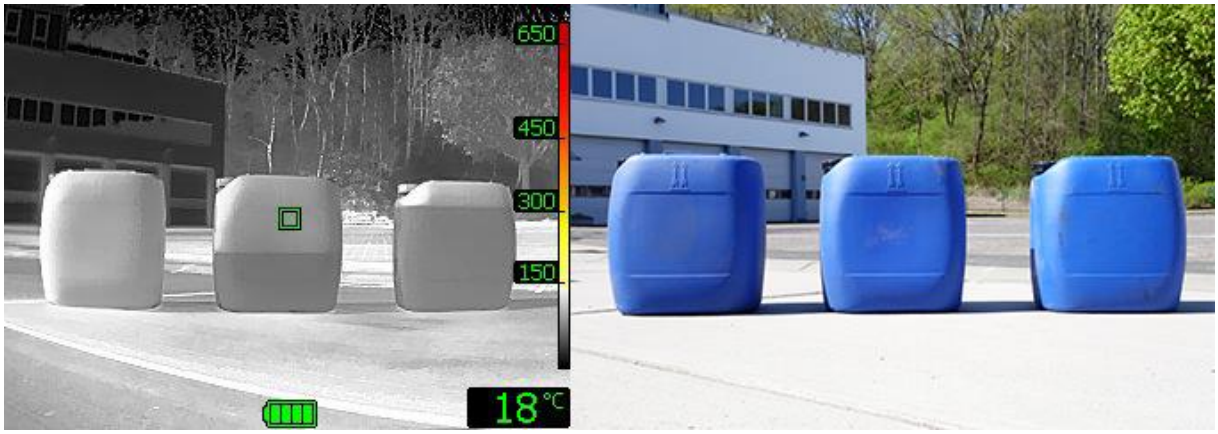


Abb. 30: Füllstandsbestimmung im Infrarotbild und bei normaler Sicht

Hinweis: In Abbildung 31 kann noch ein Temperaturunterschied im oberen Bereich des Behälters festgestellt werden, dass auf den Füllstand schließen lässt. Wäre dieser Bereich komplett mit Flüssigkeit gefüllt, würde der Behälter komplett in einer Farbe dargestellt werden. Dies könnte die Füllstandsbestimmung mit der Wärmebildkamera erschweren oder sogar unmöglich machen.

5.3 Gegenstand in Wassereimer

Die Teilnehmer sollen einen Gegenstand mit der Hand aus einem mit Wasser gefüllten Eimer holen und dabei durch die Wärmebildkamera schauen.

Benötigte Ausbildungsmittel:

- Wärmebildkamera
- Eimer
- wasserfester, nicht schwimmfähiger Gegenstand (z.B. Übergangsstück B-C)
- Wasser

Aufbau:

In einem Eimer wird ein Gegenstand (Übergangsstück B-C) komplett mit Wasser bedeckt.

Lernziel /Erkenntnisse:

Mit einer Wärmebildkamera kann nicht unter die Wasseroberfläche geschaut werden. Der Gegenstand ist unter Wasser mit dem bloßen Auge sichtbar, jedoch nicht mit der Wärmebildkamera. Diese stellt nur die Temperatur der Wasseroberfläche dar. Sobald das Übergangsstück an der Wasseroberfläche ist, wird dessen Wärmesignatur angezeigt. Personen im Wasser können also nur erkannt werden solange sie sich an der Wasseroberfläche befinden.

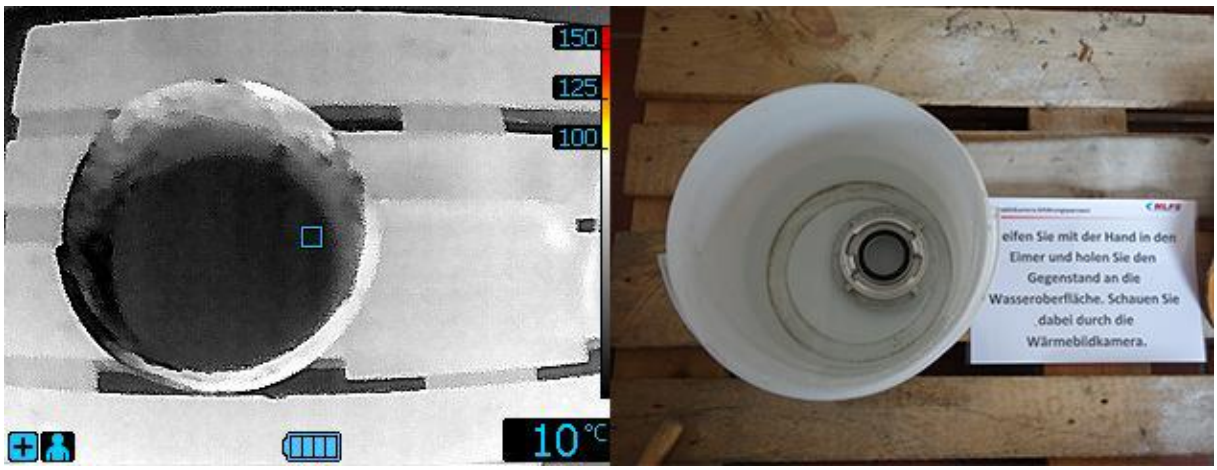


Abb. 31: Gegenstand im Wassereimer im Infrarotbild und bei normaler Sicht

5.4 Reflexion

Die Teilnehmer sollen an einer glatten, reflektierenden Oberfläche die Reflexion ihrer Wärmesignatur erkennen und beobachten.

Benötigte Ausbildungsmittel:

- Wärmebildkamera
- glatte Oberfläche

Aufbau:

Es sollte vor Beginn der Ausbildung mit der Wärmebildkamera geprüft werden, welche Oberflächen in der Ausbildungsstätte gut reflektieren (ggf. auch mehrere reflektierende Oberflächen aus unterschiedlichen Materialien). Dies könnten Hallentore, Fenster oder Glastüren oder Metallschränke sein. Sollte sich an dem gewünschten Ort keine reflektierende Oberfläche finden, könnte alternativ auch eine Holzplatte mit Alufolie bespannt werden.

Lernziel / Erkenntnisse:

Es soll erkannt werden, an welchen Oberflächen sich die eigene Wärmesignatur reflektieren kann. Im Einsatz muss überprüft werden ob es sich um eine Person, einen anderen Trupp oder die eigene Reflexion handelt. Dies kann mit dem Einsatz der Handlampe kontrolliert werden oder in dem man seine Bewegungen, mit denen der gesehenen Wärmesignatur vergleicht.

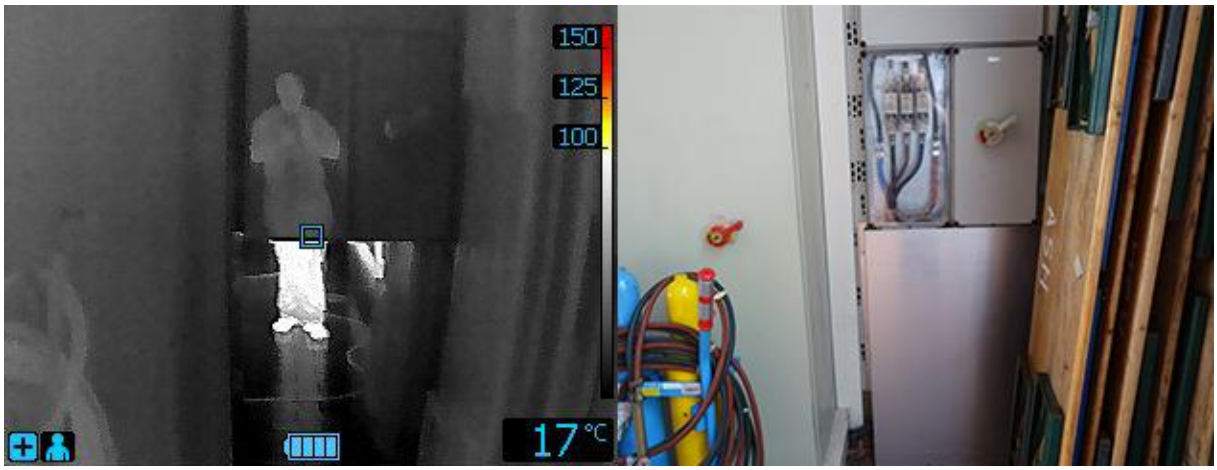


Abb. 32: Reflexion im Infrarotbild und bei normaler Sicht

5.5 2D-Sehen

Die Teilnehmer sollen einen Türgriff betätigen und den Raum betreten. Hierbei sollen Sie nur durch die Wärmebildkamera schauen.

Benötigte Ausbildungsmittel:

- Wärmebildkamera
- Tür

Aufbau:

Entfällt.

Lernziel / Erkenntnisse:

Die Wärmebildkamera erzeugt nur ein 2D-Bild. Entfernungen und Größen können ohne Referenzobjekt schlecht eingeschätzt werden.

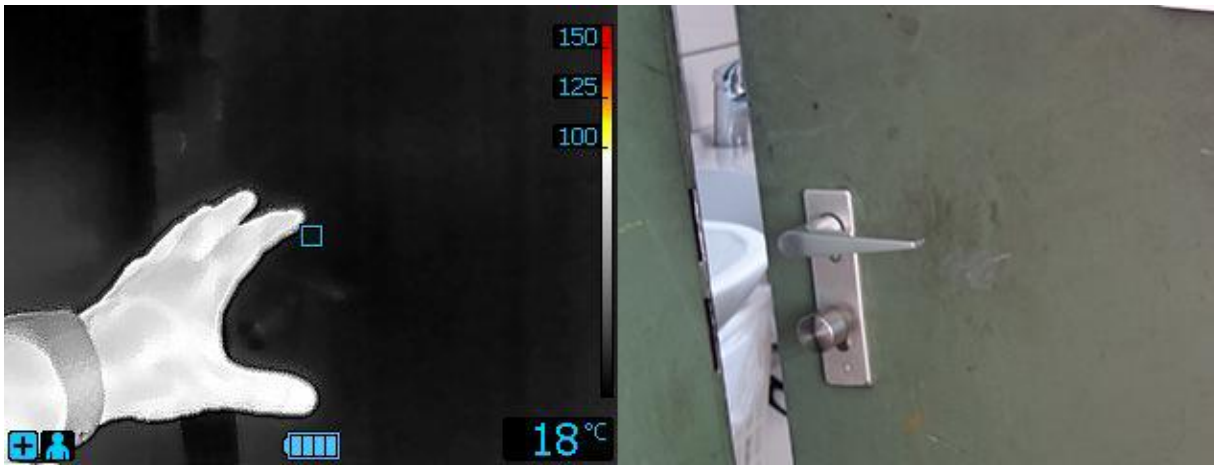


Abb. 33: Türgriff im Infrarotbild und bei normaler Sicht

5.6 Warm- und Kaltwasserbestimmung

Die Teilnehmer sollen Wasser im Waschbecken laufen lassen. Hierbei soll von kalt auf warm gewechselt werden und die Darstellung in der Wärmebildkamera beobachtet werden. Hierbei können, wenn möglich, verschiedene Farbmodi ausprobiert werden. Im Nachhinein kann ggf. an den Wasserleitungen bestimmt werden, welches die Kalt- und welches die Warmwasserleitung ist.

Benötigte Ausbildungsmittel:

- Wärmebildkamera
- Waschbecken
- ggf. Durchlauferhitzer

Aufbau:

Entfällt.

Lernziel / Erkenntnisse:

Die Darstellung der unterschiedlichen Temperaturen in der Wärmebildkamera sollen erkannt werden. In Abbildung 34 ist die Warmwasserleitung links deutlich heller (wärmer) dargestellt.

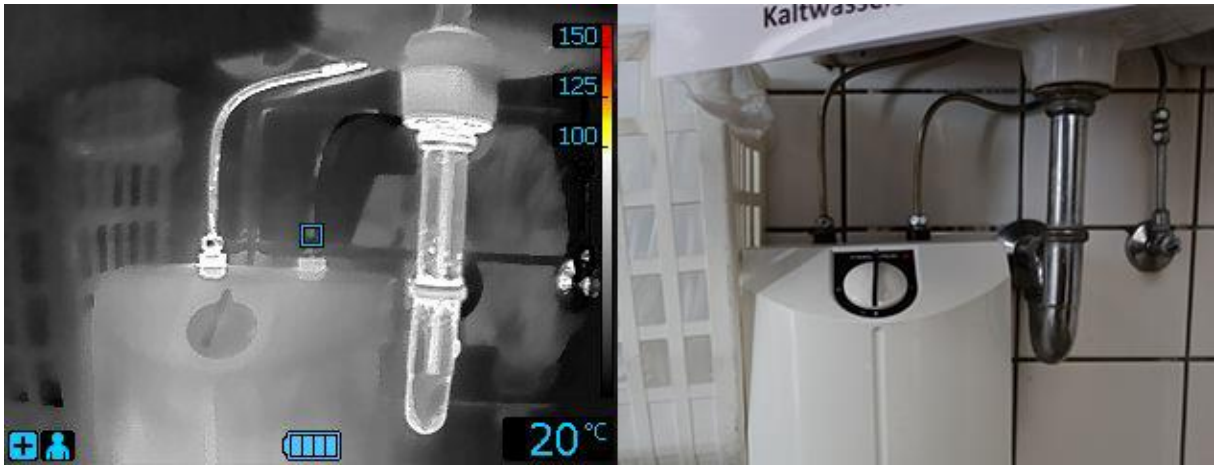


Abb. 34: Wasserleitungen im Infrarotbild und bei normaler Sicht

5.7 Würfelblick

Die Teilnehmer sollen in einem komplett abgedunkelten Raum den Würfelblick anwenden. In dem Raum wird (wenn möglich) ein aufgeheizter Dummy oder ein Verletztendarsteller und ein Karton mit einem Gefahrenzettel (oder Aufschrift „Explosiv“) positioniert. Die Gefahr und die Person in dem Raum sollen erkannt werden.

Benötigte Ausbildungsmittel:

- Wärmebildkamera
- Dummy oder Verletztendarsteller
- Karton mit Gefahrenzettel oder Aufschrift
- ggf. Permanentmarker für Aufschrift
- ggf. Handlampe

Aufbau:

Der Raum sollte komplett abgedunkelt werden. Der Dummy oder der Verletzten-darsteller soll im Raum halb verdeckt liegen. Der Karton soll mit der gut sichtbaren Aufschrift im Raum positioniert werden. Die Teilnehmer sollen den Raum betreten, die Tür schließen, den Würfelblick anwenden und den Raum wieder verlassen.

Hinweis: Der Einsatz der Handlampe wird nicht verboten. Die Teilnehmer sollen aber auch nicht darauf hingewiesen werden.

Lernziel / Erkenntnisse:

Personen sollen durch das Erkennen der Körpersignatur erkannt werden. Durch die Wärmebildkamera werden nur die Temperaturunterschiede erkannt. Die Aufschrift bzw. der Gefahrenzettel auf dem Karton ist durch die Wärmebildkamera nicht sicht-bar. Zur Ergänzung der Wärmebildkamera sollte immer die Handlampe eingesetzt werden. Der Karton kann am Ende der Ausbildungseinheit gezeigt werden. Die Teilnehmer sollen darauf hingewiesen werden, dass ggf. Gefahren nicht erkannt werden, wenn nur durch die Wärmebildkamera geschaut wird.

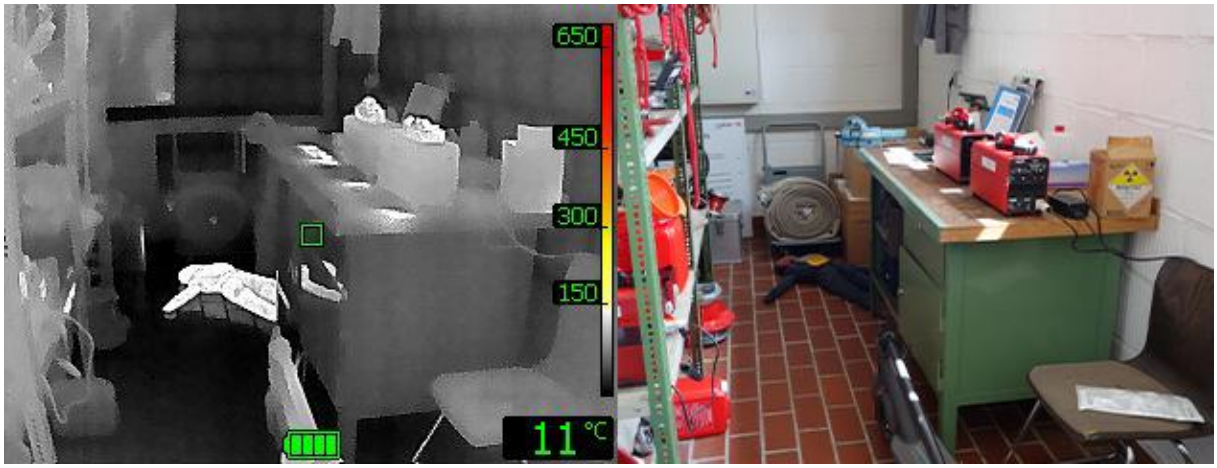


Abb. 35: Blick in den Raum im Infrarotbild und bei normaler Sicht

5.8 Kerze hinter Glas

Die Teilnehmer sollen die Flammen von zwei Kerzen mit der Wärmebildkamera beobachten, wovon eine hinter einer transparenten Fläche steht (Glasscheibe oder ein Sturmlicht).

Benötigte Ausbildungsmittel:

- Wärmebildkamera
- zwei Kerzen
- Glasgefäß für Kerze oder transparente Fläche (z.B. Glasscheibe)
- Feuerzeug

Aufbau:

Beide Kerzen entzünden. Eine Kerze frei aufstellen, eine Kerze in einem Glasgefäß oder hinter einer Scheibe aufstellen. Alternativ kann hierfür auch ein Sturmlicht benutzt werden.

Achtung: Brandgefahr beachten!

Lernziel / Erkenntnisse:

Die Flamme der Kerze hinter der transparenten Fläche ist zwar mit dem Bloßen Auge zu erkennen, jedoch nicht mit der Wärmebildkamera. Es wird nur die Temperatur der transparenten Fläche angezeigt, Objekte dahinter werden abgeschirmt und nicht angezeigt.

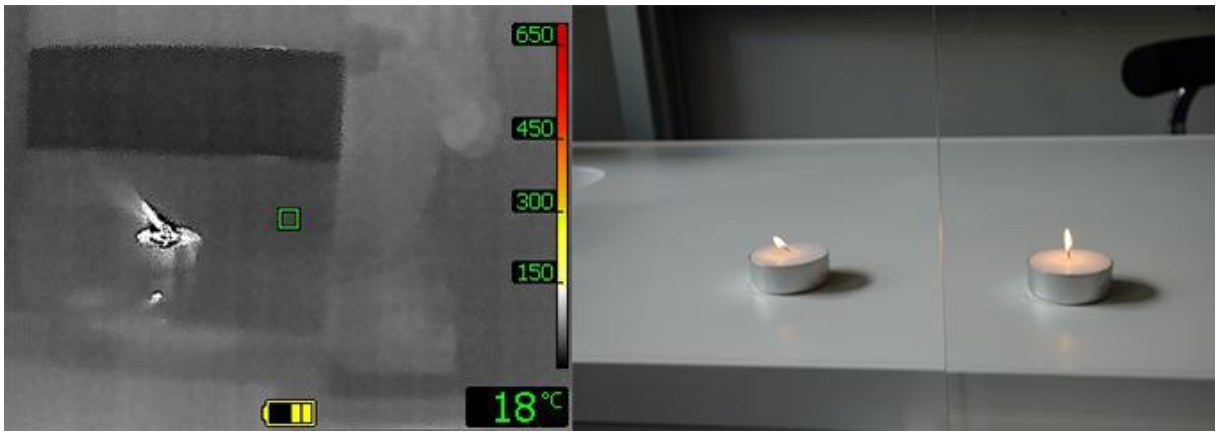


Abb. 36: Abschirmung durch Glas im Infrarotbild und bei normaler Sicht

5.9 Wärmesignatur an der Wand

Die Teilnehmer sollen sich mit ihrer Hand ca. 30 Sekunden an eine Wand oder einen Baum lehnen. Anschließend soll die Wärmesignatur an der Wand beobachtet werden.

Benötigte Ausbildungsmittel:

- Wärmebildkamera
- Wand oder Baum

Aufbau:

Entfällt.

Lernziel / Erkenntnisse:

Die Wärmesignatur bleibt auch nach dem Entfernen der Hand an der Wand/ dem Baum. Die Dauer, in der die Wärmesignatur nachweisbar ist, ist stark von der Witterung abhängig.

Abb. 37: Handabdruck im Infrarotbild und bei normaler Sicht

5.10 Wärmesignatur auf dem Autositz

Die Teilnehmer sollen sich ca. eine Minute auf den Fahrersitz eines PKW setzen. Danach soll der Fahrersitz mit der Wärmebildkamera beobachtet werden.

Benötigte Ausbildungsmittel:

- Wärmebildkamera
- PKW

Aufbau:

Der PKW wird gut erreichbar mit offener Fahrertür geparkt. Sollte in dem Fahrzeug eine Sitzheizung vorhanden sein kann diese auf der Beifahrerseite eingeschaltet werden.

Lernziel / Erkenntnisse:

Wärmesignaturen von Personen sind auf Autositzen auch einige Zeit nach Verlassen des Sitzes nachweisbar. Die Dauer ist stark Witterungsabhängig. In einem Versuch (bei ca. 23°C Außentemperatur) war die Wärmesignatur auf dem Sitz bereits nach drei Minuten komplett verschwunden. Eine Sitzheizung kann zu Fehlinterpretationen führen. Bei der Beurteilung des Wärmebildes soll auf die Kopfstütze geachtet werden. Eine fehlende Wärmesignatur auf Autositzen ersetzt keine umfassende Erkundung!

Abb. 38: Wärmesignatur auf dem Autositz im Infrarotbild und bei normaler Sicht

5.11 Ausbilderdemonstration: Brennender Spiritus

Beobachtung von brennendem Spiritus durch die Wärmebildkamera.

Benötigte Ausbildungsmittel:

- Wärmebildkamera
- Spiritus
- feuerfestes Gefäß
- Feuerzeug oder Streichhölzer

Aufbau:

Eine kleine Menge Spiritus wird in dem feuerfesten Gefäß entzündet.

Achtung: Brandgefahr beachten!

Lernziel / Erkenntnisse:

Spiritus brennt fast unsichtbar. Durch die Wärmebildkamera kann die Flamme jedoch sehr gut dargestellt werden.

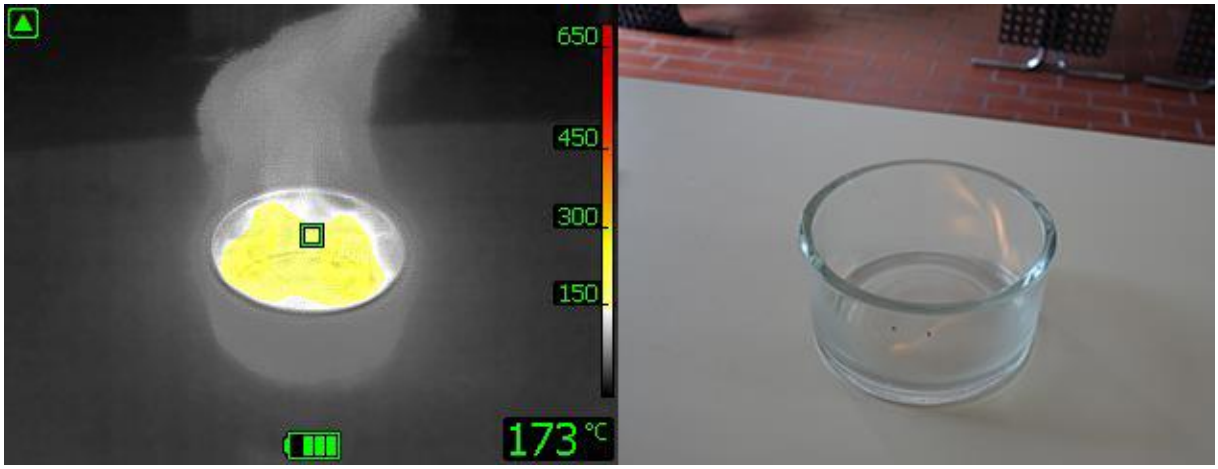


Abb. 39: Brennender Spiritus im Infrarotbild und bei normaler Sicht

5.12 Ausbilderdemonstration: Spiritus und Speiseöl auf Wasser

Beobachtung des Verhaltens wasserlöslicher und nicht wasserlöslicher Flüssigkeiten auf der Oberfläche von Wasser durch die Wärmebildkamera.

Benötigte Ausbildungsmittel:

- Wärmebildkamera
- Gefäß (möglichst transparent)
- Wasser
- Spiritus
- Speiseöl

Aufbau:

Ein Gefäß wird mit Wasser gefüllt. Nach kurzer Einweisung der Teilnehmer gießt der Ausbilder Spiritus in das Wasser. Danach gießt der Ausbilder eine kleine Menge Speiseöl in das Wasser. Hinweis: Der Effekt kann mit der Wärmebildkamera nur von oben (direkt auf das Wasser) erkannt werden. Das transparente Gefäß dient dazu, den Teilnehmern ohne Wärmebildkamera den Blick auf die Flüssigkeit zu ermöglichen.

Lernziel / Erkenntnisse:

Spiritus ist wasserlöslich und kann somit nicht dargestellt werden. Es kann ggf. eine Temperaturänderung des Wassers festgestellt werden, jedoch kann das Spiritus nicht direkt erkannt werden. Öl ist nicht wasserlöslich und schwimmt an der Oberfläche. Das Öl kann an der Wasseroberfläche mit der Wärmebildkamera erkannt.

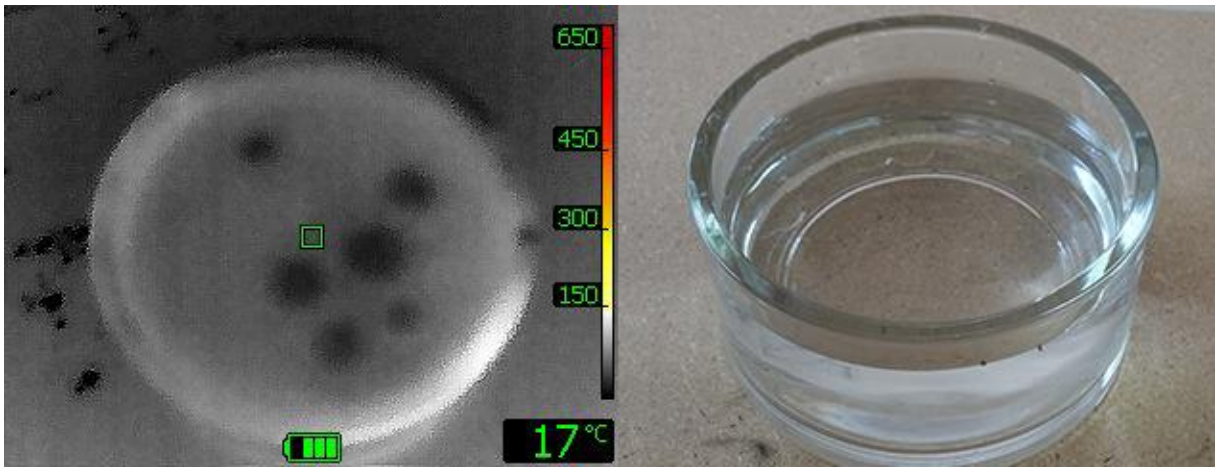


Abb. 40: Öl auf Wasser im Infrarotbild und bei normaler Sicht

5.13 Wärmebildkamera Erfahrungsparcours

Die oben genannten Übungen können sowohl einzeln, aber auch nacheinander als Wärmebildkamera Erfahrungsparcours aufgebaut werden. Der Parcours kann von den Teilnehmern selbstständig abgearbeitet werden. An jeder Station sollte sich ein Zettel mit der Aufgabenstellung auf der Vorderseite und Hinweisen oder Ergänzungen zur Übung auf der Rückseite befinden. Alternativ kann auch an jeder Station ein Ausbilder stationiert werden, der die Teilnehmer in die Übung einweist und Erläuterungen zu der Übung gibt. Der Parcours sollte im Idealfall von jedem Teilnehmer allein begangen werden, um den besten Lernerfolg zu erzielen. Alternativ kann der Parcours auch in Kleingruppen begangen werden. Hierbei sollte sich mit der Bedienung der Wärmebildkamera abgewechselt werden, um jeden Teilnehmer die Möglichkeit zu bieten selbst die Erfahrung an der Wärmebildkamera zu sammeln.

Wenn die Wärmebildkamera ein stromführendes Kabel bildlich von einem stromlosen Kabel unterscheiden kann (siehe 5.1), kann der Parcours entlang eines stromführenden Kabel aufgebaut werden. Ein identisches, stromloses Kabel kann dieses Kabel im Verlauf des Parcours einige Male kreuzen. So ist für die Teilnehmer mit bloßem Auge nicht zu erkennen welchen Weg sie gehen müssen. Stattdessen müssen sie die Wärmebildkamera benutzen, um den richtigen Weg zu finden.

Die vorgeschlagenen Ausbilderdemonstrationen könnten im Anschluss der Ausbildungseinheit mit allen Teilnehmern zeitgleich durchgeführt werden.

6. Fazit

Die Wärmebildkamera ist ein sehr gutes Hilfsmittel und kann maßgeblich zum Einsatzerfolg beitragen. Sie ist nicht nur ein Hilfsmittel für den vorgehenden Trupp, sondern kann dem Gruppenführer oder Einsatzleiter bei der Erkundung unterstützen. Dieses technische Hilfsmittel setzt das Wissen über die physikalischen Grundlagen und die sich dadurch ergebenen Einsatzmöglichkeiten und Einsatzgrenzen voraus. Der Anwender muss den Umgang mit der Wärmebildkamera regelmäßig trainieren. Die fehlerfreie Bedienung des Gerätes und ggf. die richtige Wahl des Farbmodus muss auch in Stresssituationen gewährleistet sein. Der Anwender benötigt viel Erfahrung um Infrarotbilder schnell und fehlerfrei Interpretieren zu können. Die Wärmebildkamera sollte regelmäßig in den Ausbildungsdienst auf Standortebene eingebunden werden, um den Anwendern die Möglichkeit zu bieten diese Erfahrungen zu sammeln. Auch wenn diese Technik viele Vorteile bietet muss auch weiterhin das Vorgehen ohne Wärmebildkamera trainiert werden, um bei einem Ausfall der Technik den Einsatzerfolg nicht zu gefährden.

7. Quellenverzeichnis

1. Hessische Landesfeuerwehrschule Abb. 1, Abb. 3 bis 5, Abb. 8 bis 26, Abb. 28 bis 40

2. Hessische Landesfeuerwehrschule mit Cliparts von Firegrafics.ch Abb. 2, Abb. 6, Abb. 7 und Abb. 27

8. Abbildungsverzeichnis

Abb. 1: Elektromagnetisches Spektrum 6
Abb. 2: Vergleich von Infrarotstrahlung und sichtbarem Licht 7
Abb. 3: Temperatur Dosen unlackiert 8
Abb. 4: Temperatur Dosen lackiert 9
Abb. 5: Temperatur Dosen unlackiert / lackiert 9
Abb. 6: Radiometrische Kette 10
Abb. 7: Aufbau der Wärmebildkamera 11
Abb. 8: Farbmodus weiß = heiß 13
Abb. 9: Farbmodus Hotspot 13
Abb. 10: Farbmodus Hitzemarker 13
Abb. 11: Farbmodus Vollfarbmodus 13
Abb. 12: Vergleich Hoch- und Niedrigempfindlichkeitsmodus 14
Abb. 13: Lagebeurteilung normale Sicht 19
Abb. 14: Lagebeurteilung Infrarotbild 20
Abb. 15: Vergleich normale Sicht und Infrarotbild bei Verrauchung während der Menschenrettung 21
Abb. 16: Atemschutztrupp im Infrarotbild 21
Abb. 17: Personensuche normale Sicht 22
Abb. 18: Personensuche Infrarotbild 22
Abb. 19: Atemschutztrupp während der Brandbekämpfung 23
Abb. 20: Füllstandsbestimmung mit der Wärmebildkamera 24
Abb. 21: Öl auf Wasser 24
Abb. 22: Kerze hinter Glas 25
Abb. 23: Reflexion der Wärmesignatur einer Person 26
Abb. 24: Größenabschätzung Karton 27
Abb. 25: Hand in Wasser 28
Abb. 26: Würfelblick durch die Wärmebildkamera 30
Abb. 27: Durchführung des Würfelblicks 30
Abb. 28: Mögliche Anwendung des Würfelblicks 31
Abb. 29: Stromführendes und stromloses Kabel im Infrarotbild und bei normaler Sicht 34
Abb. 30: Füllstandsbestimmung im Infrarotbild und bei normaler Sicht 35
Abb. 31: Gegenstand im Wassereimer im Infrarotbild und bei normaler Sicht 36
Abb. 32: Reflexion im Infrarotbild und bei normaler Sicht 37
Abb. 33: Türgriff im Infrarotbild und bei normaler Sicht 38

Abb. 34: Wasserleitungen im Infrarotbild und bei normaler Sicht 39
Abb. 35: Blick in den Raum im Infrarotbild und bei normaler Sicht 40
Abb. 36: Abschirmung durch Glas im Infrarotbild und bei normaler Sicht..... 41
Abb. 37: Handabdruck im Infrarotbild und bei normaler Sicht..... 42
Abb. 38: Wärmesignatur auf dem Autositz im Infrarotbild und bei normaler Sicht 43
Abb. 39: Brennender Spiritus im Infrarotbild und bei normaler Sicht 44
Abb. 40: Öl auf Wasser im Infrarotbild und bei normaler Sicht 45

9. Tabellenverzeichnis

Tab. 1: Vergleich der Zoneneinteilung der europäischen und amerikanischen Richtlinien (Praxishandbuch Brandschutz) 17

10. Literaturverzeichnis

Flir Systems (2011): Thermographie/Erklärung. URL: https://www.youtube.com/watch?v=Oj9X9HL7lJU (30.04.2020).

Keller, Philipp et al. (2012): WBK-Ausbilderhandbuch Feuerwehr. Ein Handbuch über den effektiven Einsatz von Wärmebildkameras im Feuerwehr-Einsatz.

Kern, Hannes: Wärmebildkameras im Feuerwehreinsatz.

Raab, Wolfgang (2003): Schadenverhütung mit Wärmebildkamera - eine Zwischenbilanz. In: Schadenprisma Zeitschrift für Schadenverhütung und Schadenforschung der Öffentlichen Versicherer (4), S. 30–34.

Reichard, Marcus (2013): 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. Fachhochschule Köln, Köln. Institut für Rettungsingenieurwesen und Gefahrenabwehr. URL: http://www.wbk-einsatz.de/webpage/wp-content/uploads/2014/03/BA_Reichard_Kurzfassung_V2.pdf (15.04.2020).

Wienecke, Friedrich (2013): Nutzung von Wärmebildkameras zur Personensuche und Lageerkundung im Feuerwehreinsatz über größere Entfernungen. In: Brandschutzforschung der Bundesländer, Forschungsbericht Nr. 172.