

Inhaltsverzeichnis

| | |
|---|----|
| Vorwort | 9 |
| Autoren | 13 |
| 1 Die Entwicklung der Wärmebildkamera | 15 |
| 1.1 Geschichtliche und technische Entwicklung | 17 |
| 1.2 Zubehör | 20 |
| 2 Physikalische Grundlagen | 23 |
| 2.1 Was ist Licht? | 23 |
| 2.1.1 Lichtgeschwindigkeit 300.000 km/s | 23 |
| 2.1.2 Von Wellen und Teilchen | 24 |
| 2.1.3 Sichtbare Strahlung heißt Licht | 24 |
| 2.1.4 Jede Spektralfarbe entspricht einer bestimmten Wellenlänge | 25 |
| 2.1.5 Infrarote (IR) und ultraviolette (UV) Strahlung | 25 |
| 2.1.6 Die Entdeckung der Infrarotstrahlung – Details zum Verständnis | 26 |
| 2.2 Wärme | 27 |
| 2.2.1 Warum wird der Kaffee kalt? – Grundlagen der Thermodynamik | 27 |
| 2.2.2 Wärmeleitung | 28 |
| 2.2.3 Wärmeströmung | 32 |
| 2.2.3.1 Versuch zur Wärmeströmung | 32 |
| 2.2.3.2 Natürliche Konvektion | 37 |
| 2.2.4 Wärmestrahlung | 37 |
| 2.2.5 Vom Leichten zum Schweren | 39 |
| 2.3 Elektromagnetische Strahlung – Licht, Infrarotstrahlung | 40 |
| 2.3.1 Emission, Transmission, Reflexion (ETR) | 42 |
| 2.3.2 Formaler Zusammenhang zwischen ETR | 42 |
| 2.3.3 Emission, Transmission, Reflexion im sichtbaren Bereich | 45 |
| 2.3.4 Emission, Transmission, Reflexion im Infrarotbereich | 45 |
| 2.3.5 Einfluss des Emissionswerts auf den Messwert bei der Thermografie | 48 |
| 2.4 Tipps und Tricks für die Messtechnik – Hinweise zur Thermografie | 50 |
| 2.4.1 Tipps für den Emissionswert | 50 |

| | | |
|----------|---|-----------|
| 2.4.2 | Die Entfernung zum Messobjekt | 50 |
| 2.4.3 | Die Größe des Messobjekts | 51 |
| 2.5 | Die Infrarotkamera | 53 |
| 2.5.1 | Hinweise aus der Gebäudethermografie – für unsere Einsatzes bei der Feuerwehr ebenfalls interessant?..... | 54 |
| 2.5.2 | Emission | 56 |
| 2.6 | Phänomene der Wärmeenergie..... | 56 |
| 2.6.1 | Absorption..... | 58 |
| 2.6.2 | Transmission | 58 |
| 2.6.3 | Reflexion an glatten Oberflächen – gerichtete Reflexion | 59 |
| 2.6.4 | Reflexion an unebenen Oberflächen – diffuse Reflexion | 62 |
| 2.6.5 | Bildsättigung..... | 65 |
| 2.6.6 | NETD (Noise Equivalent Temperature Difference) | 66 |
| 3 | Anforderungen und Gerätetechnik | 67 |
| 3.1 | Grundanforderungen an eine Wärmebildkamera entsprechend der NFPA 1801–2021 | 67 |
| 3.1.1 | Das Display und sein Aufbau | 69 |
| 3.1.2 | Explosionsschutz von Wärmebildkameras | 70 |
| 3.2 | Tücken der Technik – Einsatzgrenzen von Wärmebildkameras | 71 |
| 3.2.1 | Softwareunterstützung zur Bildverbesserung bei Wärmebildkameras | 74 |
| 3.2.1.1 | FLIR FSX® | 74 |
| 3.2.1.2 | FLIR MSX® | 74 |
| 3.2.1.3 | FOR-System | 79 |
| 3.2.2 | Temperaturdifferenzen sind das A und O | 79 |
| 3.2.3 | Wärmebilddämpfung durch Löschwasser | 85 |
| 3.2.4 | Aktive Beeinflussung von Temperaturdifferenzen durch den vorgehenden Trupp im Brändeinsatz | 88 |
| 3.2.5 | Warum erscheint das Wärmebild von Wärmebildkameras nachts schärfer?..... | 89 |
| 3.2.6 | Zusammenfassung – Anwendungsbereiche und Einsatzgrenzen der Wärmebildkamera | 92 |
| 3.3 | Kameramodi | 95 |
| 3.3.1 | Konvektionsströme | 96 |
| 3.3.2 | Unterschiedliche Farbpaletten der Displayanzeige | 98 |
| 3.3.2.1 | Standardmodus | 98 |
| 3.3.2.2 | Schwarz-Weiß-Feuerlöschmodus/White-Hot-Modus | 99 |
| 3.3.2.3 | Feuermodus | 100 |
| 3.3.2.4 | Such- und Bergungsmodus/Black-Hot-Modus | 100 |
| 3.3.2.5 | Wärmeerkennungsmodus | 102 |

| | | |
|----------|---|------------|
| 3.3.2.6 | Kälteerkennungsmodus | 102 |
| 3.3.2.7 | Gebäudeanalysemodus/Vielfarbpalette/Regenbo- genpalette | 103 |
| 3.3.2.8 | Alternative Einstellmöglichkeiten | 104 |
| 3.3.3 | Rot ist nicht gleich Rot – die größte Herausforderung für den vorgehenden Trupp? | 104 |
| 3.3.4 | Unterschiede zwischen Displayanzeige und gespeichertem Wärmebild | 106 |
| 4 | Einsatzbereiche und Anwendungsmöglichkeiten im Feuerwehralltag ... | 107 |
| 4.1 | Modul Taktik – für alle Einsatzsituationen | 110 |
| 4.1.1 | Beurteilung von Räumen und Gebäuden | 110 |
| 4.1.2 | Beurteilung von Räumen und Gebäuden – aus Sicht des Ein- satzleiters | 110 |
| 4.1.3 | Beurteilung von Räumen und Gebäuden – aus Sicht des Einheitsführers | 117 |
| 4.1.4 | Beurteilung von Räumen und Gebäuden – aus Sicht des Angriffstrupps | 118 |
| 4.2 | Die Wärmebildkamera im Brandeinsatz | 120 |
| 4.2.1 | Ich möchte auch bei Nullsicht alles sehen können | 120 |
| 4.2.2 | Ich möchte mich auch bei Nullsicht sicher im Innenangriff bewegen können | 122 |
| 4.2.3 | Ich möchte Menschen schnell finden, um sie schnell retten zu können | 126 |
| 4.2.4 | Idee einer veränderten Suchtechnik im verrauchten Woh- nungsbrand nach gelösctem Feuer | 128 |
| 4.2.5 | Ich möchte mich selbst vor den Gefahren des Brands durch frühzeitige Wahrnehmung schützen können | 131 |
| 4.2.6 | Ich möchte schnell, sicher und effektiv Türen bewerten können | 134 |
| 4.2.7 | Ich möchte weitere Gefahren der Gefahrenmatrix frühzeitig wahrnehmen und bewerten können | 135 |
| 4.2.8 | Ich möchte den Brandherd schnell auffinden, um den Scha- den gering zu halten | 136 |
| 4.2.9 | Ich möchte die Effektivität meines Löscherfolgs kontrollie- ren können | 136 |
| 4.2.10 | Ich möchte Glutnester finden, um den Brand umfänglich zu beenden | 139 |
| 4.2.11 | Ich möchte in einer Notsituation meinem Trupppartner hel- fen können | 140 |

| | | |
|---------|---|-----|
| 4.3 | Lagebeurteilung – Die Wärmebildkamera in den vier Phasen der Erkundung | 141 |
| 4.3.1 | Würfelblick und praktische Umsetzung im Innenangriff | 142 |
| 4.3.1.1 | Der Deckenbereich – 1. Seite | 144 |
| 4.3.1.2 | Der Bereich vor dem vorgehenden Trupp – 2. Seite .. | 144 |
| 4.3.1.3 | Die Bereiche rechts – 3. Seite und links – 4. Seite vom vorgehenden Trupp | 144 |
| 4.3.1.4 | Der Bodenbereich unmittelbar unter/vor dem vorgehenden Trupp – 5. Seite | 145 |
| 4.3.1.5 | Der rückwärtige Bereich – 6. Seite | 145 |
| 4.3.2 | Neue Entwicklungen – die Zeit bleibt nicht stehen | 147 |
| 4.4 | Der Einsatz der Wärmebildkamera im CBRN-Einsatz | 149 |
| 4.4.1 | Einsatz der Wärmebildkamera im CBRN-Einsatz durch den Einsatzleiter | 149 |
| 4.4.2 | Einsatz der Wärmebildkamera im CBRN-Einsatz durch den vorgehenden Trupp | 150 |
| 4.4.3 | Füllstandsmessung | 151 |
| 4.4.3.1 | Füllstandsmessung an Metalltanks mit glatter Oberfläche | 155 |
| 4.4.3.2 | Füllstandsmessung an Metallbehältern mit lackierter Oberfläche | 158 |
| 4.4.4 | Gefahrstoffe auf der Gewässeroberfläche | 160 |
| 4.4.5 | Einsatz der Wärmebildkamera bei chemischer Reaktion | 166 |
| 4.4.5.1 | Energieentzug aus der Umgebung – Beispiel einer endothermen Reaktion | 166 |
| 4.4.5.2 | Exotherme Reaktion | 167 |
| 4.5 | Technische Hilfeleistung PKW | 171 |
| 4.5.1 | Insassenkontrolle | 171 |
| 4.5.2 | Patientenversorgung – Kontrolle Wärmeerhalt | 173 |
| 4.5.3 | Photovoltaik | 174 |

| | | |
|----------|--|------------|
| 5 | Einsatz der Wärmebildkamera außerhalb des Feuerwehralltags | 177 |
| 5.1 | Such- und Rettungseinsätze | 177 |
| 5.1.1 | Die Wärmebildkamera im Einsatz bei Personensuche und Rettung | 178 |
| 5.1.2 | Personensuche und Rettung an Gewässern | 180 |
| 5.1.3 | Einsatzabschnitt Land am flusseitigen Ufer | 181 |
| 5.1.4 | Einsatzabschnitt Luft | 181 |
| 5.1.5 | Einsatzbeispiel und Vorgehensweise – Feuerwehr und Rettungsdienst der Bundesstadt Bonn | 182 |
| 5.1.6 | Personensuche und Unterstützung anderer BOS-Einheiten ... | 184 |

| | | |
|-------|--|-----|
| 5.2 | Vegetationsbrandbekämpfung | 187 |
| 5.3 | Anwendungs- und Einsatzgebiete der Wärmebildkamera an Flughäfen | 193 |
| 5.4 | Einsatz der Wärmebildkamera in großen und unübersichtlichen Objekten und Einsatzstellen | 195 |
| 5.5 | Wärmebildkamera im Einsatz für industrielle Anlagen | 196 |
| 5.6 | Einsatzgebiet der Wärmebildkamera in der Landwirtschaft und bei der Tierrettung | 198 |
| 5.6.1 | Rehkitz-Suche mit Unterstützung der Wärmebildkamera | 198 |
| 5.6.2 | Unübersichtliche Einsatzgebiete | 201 |
| 5.7 | Schiffsneubauten und Werften | 202 |
| 5.8 | Einsatz der Wärmebildkamera beim Verkehrsunfall speziell mit alternativ angetriebenen Fahrzeugen | 205 |

6 Zusammenfassung einsatztaktische Anwendung der Wärmebildkamera 211

| | |
|----------------------------|-----|
| Literaturverzeichnis | 213 |
|----------------------------|-----|