

2 Funktionsweise

Elektromagnetischen Wellen überstreichen einen weiten Bereich verschiedener Frequenzen. Das menschliche Auge kann nur einen Teil dieser Wellenstrahlung, das so genannte »sichtbare Licht« wahrnehmen. Daneben gibt es andere Arten der elektromagnetischen Wellenstrahlung wie Radiowellen, Mikrowellen, Gamma-, Röntgen-, Ultraviolett und Infrarot-Strahlen. Das Spektrum der Infrarot-Strahlen erstreckt sich über den Frequenzbereich von $3 \lambda 10^{11} \text{ s}^{-1}$ bis hinauf zu $4 \lambda 10^{14} \text{ s}^{-1}$, was den Wellenlängen l von $7,8 \lambda 10^{-5} \text{ cm}$ bis 10^{-1} cm entspricht (Bild 4). Der Bereich der Infrarot-Strahlen kann weiter in den Bereich des fernen, mittleren und nahen Infrarots unterteilt werden. Infrarot-Strahlen werden von Molekülen und heißen Körpern ausgesendet. Industrie, Medizin und Astronomie nutzen die Infrarotstrahlung für unterschiedliche Anwendungen [2].

Die Intensität der Wärmestrahlung ist von der Oberflächentemperatur des »strahlenden« Körpers abhängig. Eine Wärmebildkamera (Thermal Imaging Camera – TIC) kann die unterschiedliche Strahlungsintensität erfassen und sichtbar machen, indem sie die Infrarotstrahlung (Wärmestrahlung) in elektronische Signale und anschließend in ein für das menschliche Auge sichtbares Bild umwandelt. Wärmebildkameras benötigen kein Licht und erlauben ein Sehen auch bei völliger Dunkelheit. Die langwellige Infrarotstrahlung durchdringt auch dichten Rauch wesentlich besser

als das sichtbare Licht. Wärmebildkameras ermöglichen damit auch ein Sehen in verrauchten Räumen.

Damit ergeben sich enorme Möglichkeiten im Feuerwehreinsatz, die eine völlig andere Vorgehensweise bei den unterschiedlichsten Einsatzarten erlauben.



Bild 4: Ausschnitt aus dem Spektrum der elektromagnetischen Wellenstrahlung



Bild 5: Der Hund emittiert (entsendet) Wärmestrahlung. Diese Strahlung kann von einer Wärmebildkamera in ein sichtbares Bild umgewandelt werden (vgl. Bild 6).



Bild 6: Während das menschliche Auge Licht benötigt, um den Hund sehen zu können, liefert eine Wärmebildkamera das Bild auch bei völliger Dunkelheit und im dichten Rauch.

Eine Wärmebildkamera hat zur Darstellung des gesamten »Beobachtungsbereiches« allerdings nur eine begrenzte Anzahl von Graustufen oder Farben zur Verfügung. Je größer das abzubildende Spektrum ist, umso unschärfer wird die Darstellung. Die Abbildung kann kontrastreicher im Monitor der Kamera dargestellt werden, wenn nur ein begrenztes Temperaturspektrum abgebildet werden muss. Richtet man die Kamera auf einen Bereich, in dem sowohl relativ geringe Temperaturen von beispielsweise 20°C als auch hohe Temperaturen von 1000°C vorherrschen, kann die Darstellung mit den verfügbaren Graustufen nur eine ge-

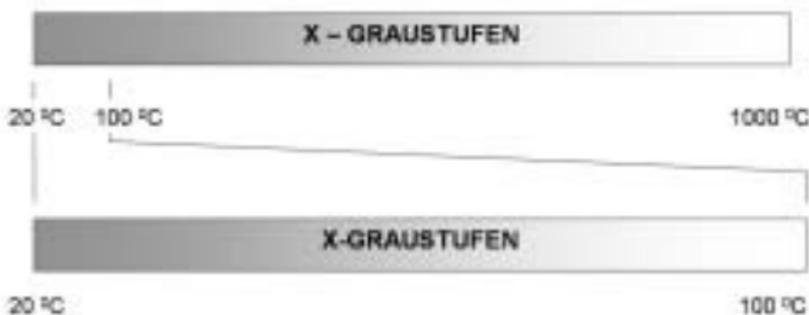


Bild 7: Die Grafik veranschaulicht die verbesserten Darstellungsmöglichkeiten durch Verteilung der verfügbaren Graustufen auf ein kleineres Temperaturspektrum, welches es im Monitor der Kamera abzubilden gilt.

ringe Präzision erreichen. Gelingt es dem Anwender, durch entsprechendes Ausrichten der Wärmebildkamera sich auf einen Bereich zu beschränken, in dem nur ein Temperaturspektrum von 20 bis 100 °C dargestellt werden muss, so kann bei gleicher Anzahl an Graustufen ein wesentlich detaillierteres Bild im Monitor dargestellt werden. Für die Praxis bedeutet dies, dass man sich zum Beispiel bei der Suche nach Personen im Brandfall bemühen sollte, die Kamera so zu führen, dass extrem heiße Bereiche oder offenes Feuer nicht abgebildet werden müssen. Auf diese Weise stehen die Graustufen zur Verfügung, um die Person möglichst kontrastreich vor dem relativ kalten Hintergrund abzubilden.

Vergleichbar ist diese Situation mit der Belichtungsproblematik bei Aufnahmen mit herkömmlichen Fotoapparaten oder Kameras, wenn man versucht, sonnige und schattige Bereiche gleichzeitig abzubilden. Auch hier erzielt man bessere Ergebnisse, indem man entweder nur sonnige oder nur schattige Bereiche in einem Bild festhält.



Bild 8a: Die Kamera hat freie Sicht auf die Wärmequelle und kann die Temperaturunterschiede im Monitor als Bild darstellen. [Fotos: Forschungsstelle für Brandschutztechnik an der Universität Karlsruhe, Fa. MSA Auer]



Bild 8b: Ein Hindernis (Wand) befindet sich zwischen der Wärmequelle und der Kamera. Die Beaufschlagung des Hindernisses mit Wärme reicht noch nicht aus, um eine Temperaturveränderung auf der der Kamera zugewandten Seite zu bewirken. Die Kamera kann keinen Hinweis auf die Wärmequelle liefern.



Bild 8c: Ein Wärmedurchgang durch das Hindernis hat teilweise (im Bereich einer Tür) stattgefunden. Auch die der Kamera zugewandte Seite des Hindernisses ist nun erwärmt und emittiert Wärmestrahlung, die von der Kamera abgebildet werden kann.



Bild 9: Oberhalb der Zwischendecke brennt es. Der Wärmedurchgang durch die Deckenplatten hat stattgefunden, so dass die Kamera Hinweise auf verborgene Glutnester und Brandherde liefern kann. Die hellen Punkte sind keine Glutnester, sondern besonders stark erwärmte Teile der Deckenunterseite. [Foto: Fa. Bullard]

Dem Anwender muss allerdings bewusst sein, dass die Wärmestrahlung feste Gegenstände nicht durchdringen kann. Eine Wärmequelle hinter einer Wand kann nur dann mit einer Wärmebildkamera aufgespürt werden, wenn sie intensiv genug ist, um die Wand derart zu erwärmen, dass ein Wärmetransport durch die Wand stattfindet (Wärmedurchgang), der auf der der Kamera zugewandten Seite der Wand ein verändertes Temperaturprofil erzeugt. Die der Kamera zugewandte Seite der Wand emittiert dann

in Abhängigkeit von ihrer Temperatur Wärmestrahlung, die von der Kamera sichtbar gemacht werden kann.

MERKE

Wärmebildkameras können Wärmestrahlung sichtbar machen. Sie vermitteln damit ein Bild, welches nicht von Lichtintensität und Farben, sondern vielmehr von den Temperaturprofilen der betrachteten Körper bestimmt ist.

Moderne Wärmebildkameras verfügen über ein Germanium-Objektiv, über welches das thermische Bild auf den Flächensensor (Focal Plane Array – FPA) des Detektors fokussiert wird. Es kommen derzeit Detektoren zum Einsatz, die sich in zwei große Gruppen einteilen lassen:

- BST-Chips, bestehend aus Barium Strontium Titanaten;
- Microbolometer-Chips, bestehend aus
 - amorphem Silicon (aSI-Chips) oder
 - Vanadium Oxyd (Vox-Chips).

Den Anforderungen der Feuerwehr genügen sicherlich beide Arten von Sensoren. Auffälligstes Merkmal der Microbolometer-Kameras dürfte die farbliche Darstellung heißer Stellen im Monitor sein, wohingegen BST-Kameras nur Schwarzweißbilder liefern.

Es empfiehlt sich allerdings, im Einzelfall und möglichst unter Ernstfallbedingungen zu prüfen, inwieweit die Einfärbung auch unter Realbrandbedingungen als tatsächlich hilfreich empfunden wird. BST-Chips liefern kontrastreichere Bilder mit mehr Tiefenschärfe. Vox-Microbolometer-Chips bieten ein schärferes Bild aufgrund einer höheren Bildwiederholungsrate.

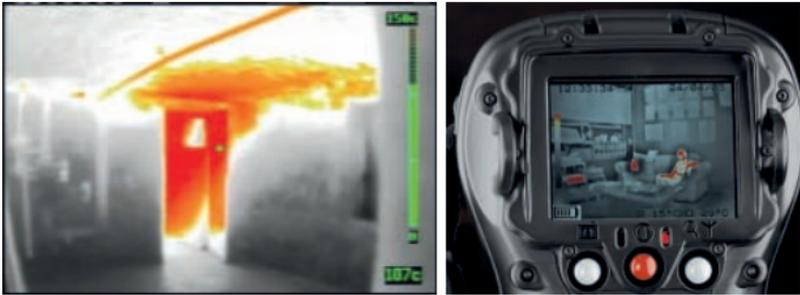


Bild 10: Wärmebildkameras mit Microbolometer-Chips sind in der Lage, heiße Stellen farbig darzustellen. [Foto links: Fa. MSA Auer, Foto rechts: Fa. Rosenbauer]

Je nach verwendetem Sensor unterliegen Wärmebildkameras strengen Ausfuhrbeschränkungen seitens der USA, was beim Kauf einen zusätzlichen Bürokratismus verursacht und zu langen Lieferzeiten führen kann.

Wärmebildkameras liefern inzwischen recht hoch auflösende Bilder, die im Wesentlichen auch ohne Training bewertet werden können. In der Regel werden wärmere Flächen hell und kältere Flächen dunkel dargestellt. Gelegentlich kann es zu Irritationen kommen, wenn kalte Gegenstände hell und warme Gegenstände dunkel dargestellt werden. Derartige Probleme lassen sich in der Regel durch einfache Plausibilitätskontrollen kompensieren. Sofern die Sichtverhältnisse es erlauben, empfiehlt es sich, das Normalbild mit dem Wärmebild zu vergleichen, um bestimmte Dinge im Monitor der Kamera besser zuordnen zu können.

Darüber hinaus liefert die Kamera natürlich nur zweidimensionale Bilder, was gelegentlich dazu führt, dass Entfernungen zu einem Hindernis falsch eingeschätzt werden.

3 Leistungsmerkmale und Ausstattungsvarianten

Beim Kauf einer Wärmebildkamera werden von den Anbietern die unterschiedlichen Vorzüge angepriesen und umfangreiche Ausstattungsvarianten angeboten. Wie bei jeder Neuanschaffung gilt es in dieser Situation zu entscheiden, welche Prioritäten man setzen möchte, und welche Ausstattung man tatsächlich benötigt und auch einsetzen kann. Erfahrungsgemäß sind die Hersteller gerne bereit, die Wärmebildkamera dem Kunden vor Ort vorzuführen. Somit hat man vor dem Kauf die Möglichkeit, zum Beispiel die Darstellung im Monitor, den Tragekomfort usw. zu vergleichen und subjektiv aufgrund eigener Empfindungen entscheiden zu können. Bei der Bewertung der Darstellung im Monitor geht es insbesondere darum, wie sicher und eindeutig das Bild vom Träger interpretiert werden kann. Es ist im Einzelfall zu prüfen, inwieweit hier eine farbliche Darstellung im Monitor oder eine manuelle Blendenregelung hilft, Irritationen des Anwenders zum Beispiel durch Reflexionen vermeiden zu können. Diese Vorgehensweise erscheint sinnvoller, als ausschließlich auf der Grundlage von technischen Daten zu entscheiden. Entscheidendes Kaufkriterium ist sicherlich auch der Preis, zu dem an dieser Stelle nur eine Fragestellung empfohlen wird: Ist zur Erreichung der wesentlichen Ziele die Beschaffung einer Super-Kamera mit Top-Ausstattung besser als ein eventuell möglicher Kauf von zwei einfacheren Kameras mit Grundausstattung?



Bild 11:
Kleine Bauarten erleichtern das Mitführen der Kamera im Innenangriff.
[Foto: Fa. Bullard]

Beim Ausprobieren der Kamera sollten unbedingt Einsatzbedingungen möglichst realitätsnah nachgestellt werden. So ist mitunter nicht das Handling aufrecht stehend bei Sonnenschein auf dem Hof des Feuerwehrhauses entscheidend. Vielmehr sollte geprüft werden, wie tauglich das Gerät in kriechender Gangart bei aufgesetztem Atemschutzgerät unter Mitnahme der üblichen Ausrüstung ist und wie es sich z. B. beim Besteigen einer Leiter handhaben lässt. Ideale Voraussetzungen für einen Vergleich ergeben sich natürlich, wenn die Möglichkeit besteht, die Kameras in realen Brandszenarien zu testen.

Da bei Feuerwehrgeräten die ständige Verfügbarkeit ebenfalls wichtig ist, sollte auch die Frage von Ausfallzeiten und die Stellung eines Ersatzgerätes bei etwaigen Reparaturen geklärt werden.