WHITEPAPER

Oktober 2026

Inhalt

1 Zusammenfassung 3
2 Einführung 3
3 Warum sollte man Wärmebildkameras verwenden? 4
3.1 Bispektralkameras 4
4 Vorteile bei der Integration von Videoanalysefunktionen 5
5 Leistung der Wärmesensoren und NETD 6
5.1 Vergleich der NETD-Werte 6
5.2 NETD-Messungen bei Axis 7
6 Erfassungsreichweite laut Johnsons Kriterien 7
6.1 Nomogramme 8
7 Umgebungsbedingungen 8
7.1 Absorption 9
7.2 Streuung 9
7.2.1 Nebel, Smog und Dunst 9
7.2.2 Regen und Schnee 10
8 Überlegungen zur Installation 12

1 Zusammenfassung

- **Was können Wärmebildkameras?**
  Wärmebildkameras erkennen die Wärmestrahlung (Wärme), die alle Objekte mit einer Temperatur ungleich Null aussenden. Mit ihrer Fähigkeit, geringe Temperaturunterschiede zu erkennen und in ein sichtbares Bild umzuwandeln, können diese Kameras Personen und Fahrzeuge auf sehr große Entfernungen unterscheiden. Sie funktionieren sogar noch bei völliger Dunkelheit und unabhängig von Lichtbedingungen, Tarnung, Vegetation, schwierigen Wetter- oder anderen Bedingungen, in denen eine visuelle Kamera nicht ausreichen würde.

- **Wofür werden sie verwendet?**
  Wärmebildkameras werden häufig im Perimeterschutz eingesetzt. Live-Video von einer Wärmebildkamera kann Personen im Umfeld kritischer Orte erkennen, lange bevor eine visuelle Kamera etwas Ungewöhnliches erfasst. Die Wärmebilder werden automatisch direkt in der Kamera analysiert, und das Sicherheitssystem kann für unterschiedliche Reaktionen eingerichtet werden. Es kann automatische Audiowarnungen über Lautsprecher auslösen, um Eindringlinge aktiv abzuschrecken, E-Mail-Warnungen an das Sicherheitspersonal senden und die visuellen Kameras des Systems schwenken und zoomen, um normales Videomaterial zu erfassen und aufzuzeichnen, auf dem die Eindringlinge identifiziert werden können.

  Wärmebildkameras werden außerdem eingesetzt, um die Temperatur von industriellen Prozessen zu überwachen. Sie können Wärmelecks in Gebäuden finden oder erkennen, ob ein Fahrzeug vor Kurzem gefahren wurde.

  Personen können grundsätzlich nicht allein anhand von Wärmebildern identifiziert werden. Das macht Wärmebildkameras zu einer wertvollen Option für die Überwachung von Orten, an denen die Privatsphäre besonders wichtig ist, wie Schulen.

- **NETD ist ein Maß für die Genauigkeit von Wärmesensoren**
  Die Fähigkeit eines Wärmesensors, sehr kleine Unterschiede in der Wärmestrahlung zu erfassen, kann durch seinen NETD-Wert (*Noise Equivalent Temperature Difference*) gekennzeichnet sein. Je kleiner der NETD-Wert, desto besser ist der Sensor. Kameras sollten aber nicht nur durch einen Vergleich ihrer NETD-Spezifikationen bewertet werden, da es kein standardisiertes Messprotokoll gibt.

- **Erfahrungsregeln für die Installation**
  Johnsons Kriterien beschreiben die Beziehung zwischen der erforderlichen Mindestauflösung und der erwarteten Erfassungsreichweite, abhängig davon, ob Fahrzeuge oder Personen *erfasst, erkannt* oder *identifiziert* werden sollen. Ein weiteres Werkzeug ist das *Nomogramm,* das die Beziehung zwischen der Erfassungsreichweite und der Brennweite des Kameraobjektivs für bestimmte geforderte Auflösungen grafisch darstellt. Abhängig von den Wetterverhältnissen können die tatsächlichen Ergebnisse jedoch abweichen. Falls Analyseanwendungen eingesetzt werden, kann es sein, dass diese mehr Pixel benötigen, um zu funktionieren, als es diese Faustregeln nahelegen.

- **Umwelteinfluss auf die Erfassung**
  Regen, Nebel und Smog beeinträchtigen den Erfassungsbereich. Die Abschwächungsrate von Wärmestrahlung hängt von der Größe und Konzentration der Partikel oder Wassertröpfchen in der Luft ab. Doch die Reichweite einer Wärmebildkamera wird in den meisten Fällen deutlich weniger durch solche Phänomene eingeschränkt als die einer visuellen Kamera. Besonders bei leichtem Dunst oder Rauch erkennen Wärmebildkameras Objekte, die für eine visuelle Kamera völlig unsichtbar wären.

2 Einführung

Wärmebildkameras zeichnen Bilder auf der Grundlage der Infrarotstrahlen auf, die von allen Objekten abhängig von ihrer Temperatur abgegeben werden. Durch ihre Fähigkeit, winzige Temperaturunterschiede zu erkennen, eignen sich diese Kameras hervorragend, um von komplexen Hintergründen oder in dunklen Schatten verborgene Personen zu erkennen. Fahrzeuge und andere Objekte sind ebenso leicht zu erkennen, bei Tag und Nacht und unabhängig von den Lichtbedingungen.

Dieses Whitepaper behandelt die Vorteile von Wärmebildkameras in der Videoanalyse und im Perimeterschutz. Es wird beschrieben, wie die Leistung von Wärmebildkameras gemessen werden kann und wie der Erfassungsbereich auf der Brennweite des Objektivs in Verbindung mit dem gewünschten Genauigkeitsgrad

beruht. Außerdem erklären wir kurz, wie die Wetterbedingungen die Leistung beeinflussen und was zu beachten ist, wenn Sie gerade eine Wärmebildkamera installieren.

3 Warum sollte man Wärmebildkameras verwenden?

Wärmebildkameras werden für ein breites Spektrum von Sicherheitsanwendungen eingesetzt, wie für den Perimeterschutz rund um Industrieanlagen, Flughäfen und Kraftwerke. Live-Videos einer Wärmebildkamera können beispielsweise einen Sicherheitsmitarbeiter informieren, wenn sich eine Person zwischen Autos auf einem Parkplatz bewegt, lange bevor eine visuelle Kamera die Bewegung entdeckt hat. Ihre hervorragenden Erfassungsmöglichkeiten machen Wärmebildkameras auch zu wertvollen Mitteln für Such- und Rettungseinsätze.

Aus Wärmebildern allein können Personen generell nicht identifiziert werden. Deshalb sind Wärmebildkameras eine gute Wahl in vielen Situationen, in denen die Privatsphäre geschützt werden muss. In vielen Ländern dürfen Videos von öffentlichen Bereichen nur mit Genehmigung aufgezeichnet werden. Genehmigungen für Wärmebildkameras sind oft leichter zu bekommen als für visuelle Kameras, weil die Personen in der Szene nicht identifiziert werden können.

Verglichen mit visuellen Kameras liefern Wärmebildkameras eine zuverlässigere Erfassung und Erkennung von Formen. Das wird erreicht, indem man hohen Bildkontrast mit Bewegungserkennung kombiniert. Auf diese Weise kann die Falschalarmquote gering gehalten werden und die Mitarbeiter müssen nicht mehr unnötig reagieren und eingreifen.

Die von einer Wärmebildkamera gelieferten Wärmedaten ermöglichen außerdem die Überwachung von Prozessen und Erkennung ungewöhnlicher Verhaltensweisen bei Temperaturänderungen. Mit Wärmebildkameras lassen sich zum Beispiel Lecks in Gebäuden finden oder feststellen, ob ein Auto kürzlich bewegt wurde.

Wärmebildkameras gibt es in verschiedenen Bauformen, die jeweils für unterschiedliche Schutzziele und Anwendungen konzipiert sind. Axis bietet Wärmebildkameras in verschiedenen Bauformen an, darunter Bullet-, Box-, PTZ-, bispektrale und modulare Modelle. Beispielsweise ist eine Wärmebildkamera mit modularer Bauform nützlich, wenn nur wenig Platz zur Verfügung steht oder eine unauffällige Installation erforderlich ist, da die Sensoreinheit getrennt von der Haupteinheit platziert werden kann.

3.1 Bispektralkameras

Eine bispektrale Kamera vereint einen Wärmesensor und einen optischen Sensor in einem einzigen Gerät. Die Sensoren erfassen separate thermische und visuelle Streams.

- **Sich ergänzende Stärken:** Die Wärmebildgebung detektiert Wärmesignaturen und ermöglicht eine zuverlässige Erfassung bei Dunkelheit und unter schwierigen Lichtverhältnissen. Die visuelle Bildgebung liefert Details der Szene zur Überprüfung, Klassifizierung und Identifizierung, sofern ausreichend Licht vorhanden ist.
- **Fusion von Wärmebildern und visuellen Bildern:** Einige bispektrale Wärmebildkameras können Wärmebilddaten als Überlagerung auf dem visuellen Bild darstellen. Dadurch erhalten die Bediener eine Verstärkung des Verständnisses der Szene, da thermische Informationen hinzugefügt werden, während der visuelle Kontext erhalten bleibt. Dies sollte als Fusion von Wärmebildern bezeichnet werden, nicht als Sensorfusion auf Hardware-Ebene oder als einzelner fusionierter Sensor.



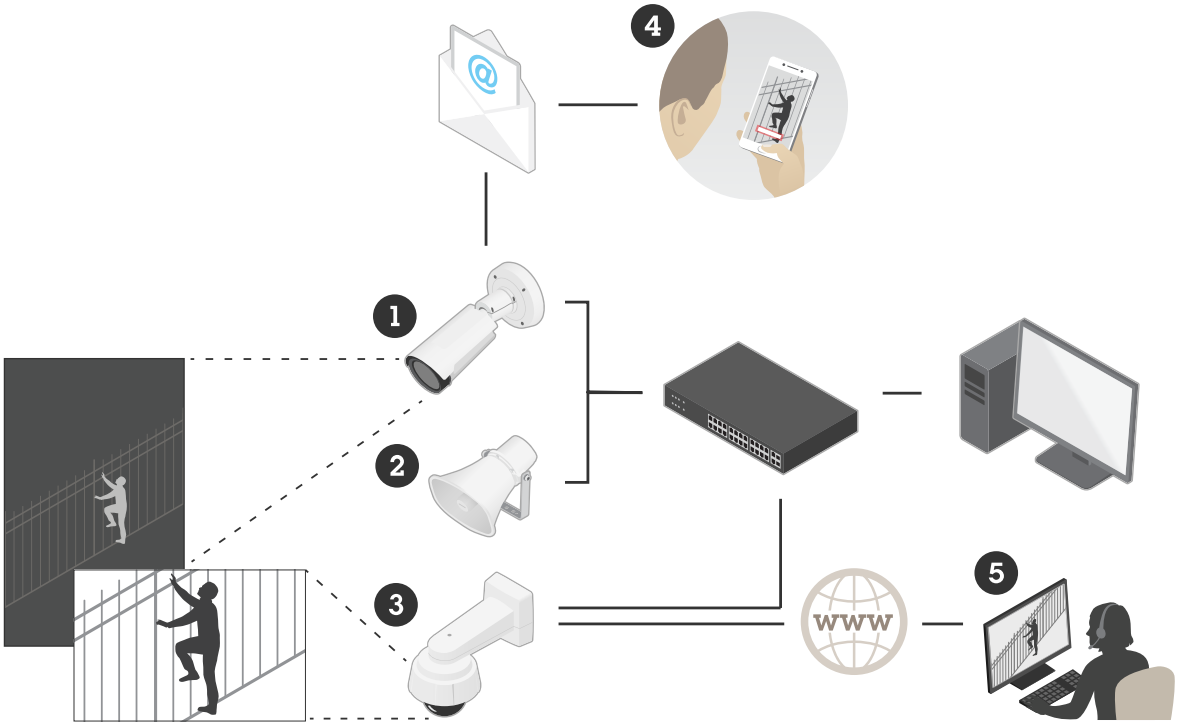
Abbildung 3.1 *Links: nur visuelles Bild. Rechts: Zusammengeführte Bilder von visuellen und thermischen Sensoren.*

- **Operativer Vorteil:** Die Kombination von Erfassung und visueller Überprüfung in einem Gerät kann eine schnellere Beurteilung von Ereignissen ermöglichen und den Bedarf an separaten Wärmebild- und visuellen Kameras am selben Einsatzort verringern.
- **Unabhängige Streams:** Der thermische und der visuelle Stream bleiben voneinander getrennt und können für unterschiedliche Zwecke genutzt werden.
- **Analytik:** Die Analyse der thermischen Stream-Umgrenzung kann die Erfassung von Einbrüchen unterstützen, während die visuelle Stream-Analyse – sofern unterstützt – die Objektklassifizierung oder andere visuelle Analysen ermöglichen kann.
- **Anwendungen:** Perimeterschutz, Grenzkontrolle, Kritische Infrastrukturen, Ports, Flughäfen und großflächige Videosicherheit, bei der sowohl die Erfassung als auch die Überprüfung eine wichtige Rolle spielen.

4 Vorteile bei der Integration von Videoanalysefunktionen

Axis Wärmebildkameras ermöglichen eine diskrete und kostengünstige Erfassung und können so die Gebäudesicherheit und das Notfallmanagement deutlich verbessern. Die integrierten intelligenten Funktionen der Kamera ergeben in Kombination mit der zusätzlichen Videoanalyse eine Lösung, bei der das Videoüberwachungssystem das aufgezeichnete Video automatisch analysiert. Wärmebildkameras helfen, diese Analyse an visuelle Kameras im IP-System zu verteilen, zum Beispiel beim Perimeterschutz.

Die Axis Analysefunktionen für den Perimeterschutz stellen ein hocheffektives System dar, das Eindringlinge automatisch erkennt und auf sie reagiert. Sie können entscheiden, wie es reagieren soll. Betritt jemand einen vordefinierten Bereich innerhalb des Sichtfelds der Kamera, kann eine Wärmebildkamera zum Beispiel automatisch Sicherheitsmitarbeiter per E-Mail alarmieren und gleichzeitig eine PTZ-Kamera (Schwenken/Neigen/Zoomen) so ausrichten, dass sie entsprechende Videobilder liefert. Nun können verdächtige Aktivitäten bereits vor dem Eindringen erkannt und es kann visuell überprüft werden, was vor sich geht, bevor entsprechende Maßnahmen ergriffen werden. Die Kamera kann auch über Edge-to-Edge-Technologie einen Lautsprecher aktivieren, um Eindringlinge abzuschrecken.



Die Rolle einer Wärmebildkamera in einem Perimeterschutzsystem:

1. *Wärmebildkamera erkennt einen Eindringling.*
2. *Wärmebildkamera schreckt Eindringling über Edge-to-Edge-Technologie und einen Horn-Lautsprecher ab.*
3. *Wärmebildkamera aktiviert eine PTZ-Kamera, die auf den Eindringling gerichtet wird und ihn filmt.*
4. *Wärmebildkamera sendet sofort E-Mail-Benachrichtigungen, damit das Eindringen verifiziert werden kann.*
5. *PTZ-Kamera liefert Videobilder an eine Wachperson, die den Eindringling identifizieren kann.*

Die Analyseanwendungen von Axis für den Perimeterschutz sind Edge-basiert. Sie sind direkt in die Kameras integriert, wo auch die Analyse stattfindet. Weil das Video nicht zur Analyse an einen zentralen Server geschickt wird, ist das System flexibel und skalierbar, so dass die Kosten gering gehalten werden können.

5 Leistung der Wärmesensoren und NETD

NETD ist der am häufigsten verwendete Maßstab zur Einstufung der Leistungsfähigkeit eines Wärmesensors und sogar ganzer Wärmebildkamerasysteme. NETD ist die Abkürzung für *„Noise Equivalent Temperature Difference" (geräuschäquivalente Temperaturdifferenz*). Es legt die Rauschschwelle des Sensors fest. NETD repräsentiert also die erforderliche Temperaturdifferenz, um ein entsprechendes Signal für die Rauschschwelle zu erzeugen.

NETD gibt im Wesentlichen die Fähigkeit eines Sensors an, sehr geringe Unterschiede bei der Wärmestrahlung im Bild unterscheiden zu können. Je kleiner der NETD-Wert, desto besser ist der Sensor. Bei einer NETD von 50 mK (Millikelvin) beispielsweise kann ein Sensor nur Temperaturunterschiede von über 50 mK erkennen. Kleinere Unterschiede gehen im Rauschen unter.

5.1 Vergleich der NETD-Werte

Die angegebenen NETD-Werte unterschiedlicher Kameras sind nicht zuverlässig vergleichbar. Die Werte wurden möglicherweise mit unterschiedlichen Methoden oder unter unterschiedlichen Bedingungen ermittelt, also beispielsweise bei unterschiedlichen Umgebungstemperaturen, mit unterschiedlichen Integrationszeiten oder mit einer unterschiedlichen Blendenzahl. Außerdem enthalten die angegebenen NETD-Werte üblicherweise keinen räumlichen Rauschwert. Die NETD kann also gering sein, obwohl das Bild durch stetiges und quasi-stetisches räumliches Rauschen sehr verrauscht ist.

Die tatsächliche Kameraleistung wird von vielen anderen Faktoren als dem NETD-Wert ihres Sensors beeinflusst, und die beste Kamera weist nicht unbedingt den kleinsten NETD-Wert auf. Beispielsweise berücksichtigt der NETD-Wert nicht, wie gut eine Kamera fokussiert ist; auch eine unscharfe Kamera kann einen guten NETD-Wert aufweisen. Deshalb sollte eine Wärmebildkamera nicht ausschließlich anhand eines Vergleichs der angegebenen NETD-Werte ausgewählt werden.

5.2 NETD-Messungen bei Axis

Bei Axis messen wir die NETD von Wärmebildkameras nach einem gebräuchlichen Verfahren, das in diesem Abschnitt beschrieben wird.

Es wird ein Wärmebildkamerasystem mit F/1.0-Optik verwendet. Das Ziel ist ein Schwarzkörper guter Qualität. Die meisten Bildverarbeitungsschritte (z. B. lineare und nichtlineare Signalübertragung, Schärfung und lokale Bildverbesserung) werden übersprungen, es werden lediglich eine Korrektur ungleichmäßiger Bereiche, eine Flat-Field-Korrektur und eine Rauschfilterung durchgeführt.

Es werden verschiedene Datensätze bei einer Schwarzkörpertemperatur von 20 °C, 25 °C und 30 °C erfasst.

Bei 20 °C und 30 °C wird eine Sequenz von 100 Bildern aufgezeichnet. Für jedes Pixel wird der Durchschnittswert berechnet, so dass zwei Durchschnittsframes entstehen: eines bei 20 und eines bei 30 °C. Subtrahiert man nun diese beiden Frames voneinander und teilt sie durch die Temperaturdifferenz (Teilen durch 10 °C), erhält man die durchschnittliche Frame-Reaktion des Wärmebildkamerasystems.

Für 25 °C wird ein Datensatz von 200 aufeinanderfolgenden Bildern erfasst. Man berechnet die Standardabweichung für jedes einzelne Pixel dieser 200 Bilder und speichert diese in einem Frame. Dieser Frame von Pixel-Standardabweichungen wird durch den Frame mit durchschnittlicher Reaktion geteilt. Das Ergebnis wird gemittelt und mit 1000 multipliziert, woraus sich der NETD-Wert in mK (Millikelvin) ergibt.

6 Erfassungsreichweite laut Johnsons Kriterien

Die für eine Erfassung nötige Auflösung wird in Pixeln angegeben und anhand von *Johnsons Kriterien* festgelegt. Dieses Verfahren wurde in den 1950er-Jahren für die Vorhersage der Leistung von Sensorsystemen entwickelt. Der amerikanische Wissenschaftler John Johnson untersuchte, wie gut Beobachter maßstabsgetreue Modelle unter verschiedenen Bedingungen identifizieren konnten, und entwickelte daraus Kriterien für die erforderliche Mindestauflösung. Diese Kriterien sagen mit einer Wahrscheinlichkeit von 50 % aus, dass ein Beobachter ein Objekt auf dem vorgegebenen Niveau erkennen kann.

Das Objekt kann eine Person sein (definiert meist mit einer kritischen Breite von 0,75 m (2,46 ft)) oder ein Fahrzeug (definiert typischerweise mit einer kritischen Länge von 2,3 m (7,55 ft)). Laut Johnsons Kriterien muss für Wärmesensoren der Temperaturunterschied zwischen Objekt und Hintergrund mindestens 2 °C (3,6 °F) betragen.

Axis Wärmebildkameras verwendeten folgende Stufen der Johnson-Kriterien:

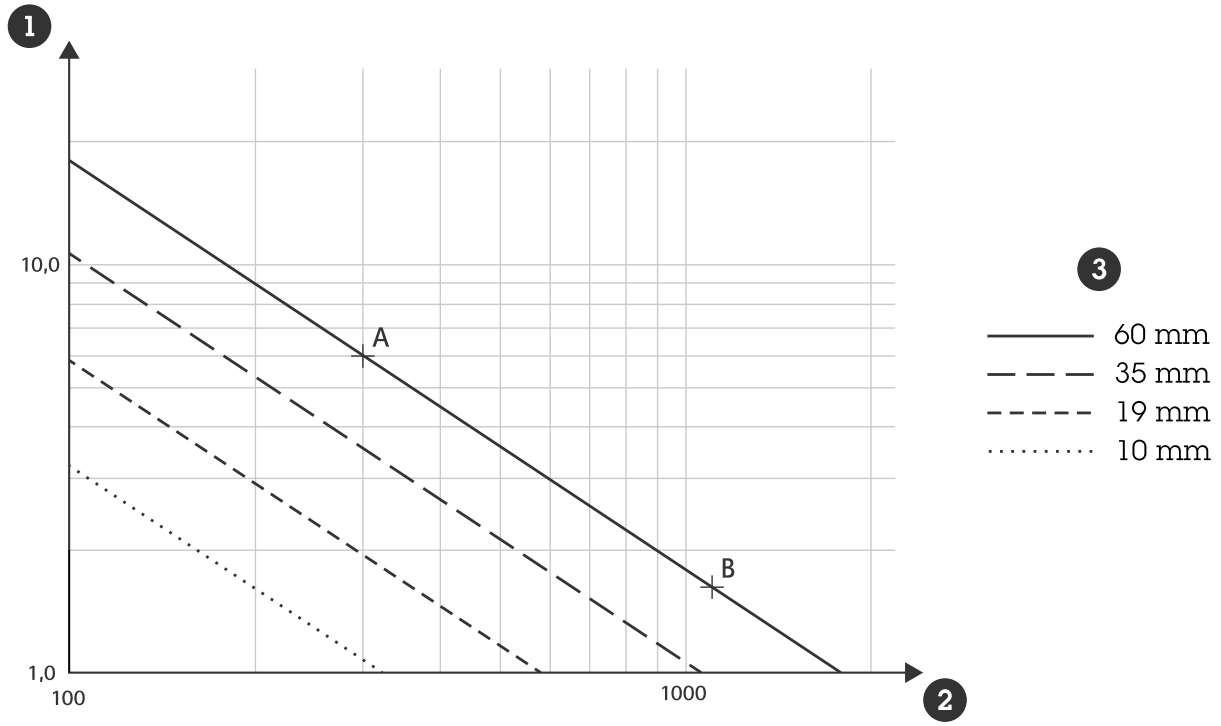
- Mindestens 1,5 Pixel für die *Erfassung,* damit ein Beobachter ein Objekt wahrnehmen kann.
- Mindestens 6 Pixel für die *Erkennung* (ein Beobachter kann ein Objekt unterscheiden, wie etwa eine Person vor einem Zaun).
- Mindestens 12 Pixel für die *Identifizierung* (ein Beobachter kann ein Objekt und Objekteigenschaften unterscheiden, wie etwa eine Person mit einer Brechstange in der Hand).

Johnson entwickelte seine Kriterien unter der Annahme, dass visuelle Informationen von einem menschlichen Beobachter verarbeitet werden. Werden die Informationen jedoch von einem Anwendungsalgorithmus verarbeitet, müssen für einen zuverlässigen Betrieb spezifische Vorgaben zur Anzahl der erforderlichen Pixel erfüllt sein. Man sollte bedenken, dass ein Anwendungsalgorithmus mehr Pixel benötigt, um verlässlich arbeiten zu können, auch wenn ein menschlicher Beobachter bei der gleichen Entfernung ein Objekt bereits erfassen könnte.

6.1 Nomogramme

Um die erforderliche Pixelanzahl für einen vorgegebenen Bereich zu finden, ist ein Nomogramm hilfreich. Dies ist ein zweidimensionales Diagramm, das die Beziehung zwischen der Brennweite des Objektivs, der Breite des Objekts in Pixeln und der Reichweite beschreibt.

Kennt man zum Beispiel die erforderliche Anzahl von Pixeln und die Distanz, auf die ein Objekt erkannt werden muss, kann man berechnen, welche Kamera dafür benötigt wird. Ebenso gibt das Nomogramm an, in welchem Abstand ein Objekt mit einer bestimmten Kamera und Pixelzahl erfasst werden kann.



Beispiel für ein Langstrecken-Nomogramm

1 *Pixelzahl des Objekts*
2 *Distanz zum Objekt in Metern*
3 *Focal length (Brennweite):*

Das Beispiel-Nomogramm zeigt, dass bei 60 mm Brennweite der Kamera das Objekt in 300 m (328 yd) Entfernung (Punkt A) *erkennbar* sein wird (Pixelzahl des Objekts 6). Wird nur eine *Erfassung* benötigt (Pixelzahl 1,5), ist die Reichweite stattdessen 1.200 m (1.312 yd) (Punkt B).

7 Umgebungsbedingungen

Man darf nicht vergessen, dass Johnsons Kriterien nur unter idealen Bedingungen gelten. Die Wetterbedingungen vor Ort beeinflussen gleichermaßen die Erfassungsreichweite des menschlichen Auges, einer visuellen und einer Wärmebildkamera. Die Erfassungsreichweite einer Wärmebildkamera wird in der Regel weniger durch das Wetter (z. B. Nebel) beeinträchtigt als bei einer visuellen Kamera.



Bilder einer Wärmebildkamera (links) und einer visuellen Kamera (rechts) an einem nebligen Tag. Eine Person (Kreismarkierung) kann mit der Wärmebildkamera gesehen werden, nicht aber mit der visuellen Kamera.

Die Erfassungsreichweite im Beispiel-Nomogramm im vorigen Abschnitt setzt im Idealfall eine Temperaturdifferenz von 2 °C (3,6 °F) zwischen dem Zielobjekt und dem Hintergrund voraus. Das Wetter kann das Wärmebild beeinträchtigen, indem es Temperaturunterschiede verschwimmen lässt. Mit einer fortschrittlichen Bildverarbeitung wie z. B. lokaler Kontrastverstärkung kann die Kamera aber auch bei geringer Temperaturdifferenz Objekte vom Hintergrund unterscheiden.

Die beiden wichtigsten Umweltfaktoren, die das Bild eines Objekts in der Kamera beeinflussen, sind Absorption und Streuung. Sie reduzieren die auf die Kamera auftreffende Wärmestrahlung und damit auch die Entfernung, in der die Kamera ein Objekt erfassen kann. Durch Streuung geht mehr Wärmeenergie verloren als durch Absorption.

7.1 Absorption

Wasserdampf (H_2O) und Kohlendioxid (CO_2) in der Luft sind die hauptsächlichen Ursachen für Absorption. Bei der Absorption wird die vom Objekt abgestrahlte Wärme von Wasserdampf und Kohlendioxid aufgenommen, so dass sie einen Teil ihrer Energie verliert, bevor sie die Kamera erreicht. Der Wasserdampfgehalt der Luft beeinflusst die Bildqualität auch bei sonnigem und klarem Wetter, wenn der Wasserdampfgehalt hoch sein kann.

An Tagen mit geringem Wasserdampfgehalt absorbieren die Wassermoleküle weniger Wärmestrahlung, so dass mehr Strahlung die Wärmebildkamera erreicht. Dann ist die Bildqualität besser als an Tagen mit mehr Wasserdampf in der Luft.

7.2 Streuung

Bei der Streuung wird die Wärmestrahlung vom Objekt verteilt, wenn sie auf Partikel in der Luft trifft. Der Strahlungsverlust hängt direkt von der Größe und Konzentration der Partikel, Tröpfchen oder Kristalle in den Schmutzpartikeln, Kondenswasser oder dem Niederschlag in Form von Nebel, Smog, Dunst, Regen oder Schnee ab.

7.2.1 Nebel, Smog und Dunst

Nebel tritt auf, wenn Wasserdampf in der Luft zu Wassertröpfchen kondensiert. Verschiedene Arten von Nebel haben unterschiedliche Tröpfchengrößen. Dichter Nebel besteht aus größeren Wassertröpfchen und streut daher die Wärmestrahlung stärker als schwacher Nebel. Außerdem streut Nebel Wärmestrahlung stärker als Smog und Dunst, weil Nebel aus mehr und größeren Wassertröpfchen besteht.

Axis Wärmebildkameras arbeiten hauptsächlich im langwelligen Infrarotbereich (LWIR). LWIR-Wellenlängen werden unter Bedingungen mit Schwebstoffteilchen in der Luft wie Nebel und Rauch generell besser übertragen als die Wellenlängen von sichtbarem Licht. Die „kurzen" Wellenlängen des sichtbaren Lichts werden in den meisten Fällen von den Partikeln stärker absorbiert und gestreut als die LWIR-Wellenlängen. Das verkürzt die

Erfassungsreichweite visueller Kameras im Vergleich zu Wärmebildkameras. Eine Person, die bei Nebel mit einer Wärmebildkamera deutlich zu sehen ist, kann für eine visuelle Kamera unsichtbar sein.



Bilder einer Wärmebildkamera (links) und einer visuellen Kamera (rechts) an einem nebligen Tag. Eine Person (in der Kreismarkierung) ist mit der Wärmebildkamera zu erkennen, nicht aber mit der visuellen Kamera.

Eine Möglichkeit zur Klassifizierung von Nebel ist das System der Internationalen Zivilluftfahrtorganisation (ICAO). Diese teilt Nebel abhängig vom sichtbarem Bereich in verschiedene Kategorien ein. Die folgende Tabelle zeigt diese Kategorien und zusätzlich die ungefähre Erfassungsreichweite von LWIR-Wellenlängen für die verschiedenen Klassen.

Tabelle 7.1 *Sichtbarkeitsklassen und Erfassungsreichweiten für visuelle und Wärmebildkameras.*

Klasse	Sichtbar	LWIR
I	1220 m / 4000 ft	5,9–10,1 km / 19.000–33.000 ft
II	610 m / 2000 ft	2,4 km / 7.800 ft
IIIa	305 m / 1000 ft	293 m / 960 ft
IIIb	92 m / 300 ft	87 m / 280 ft

Die Tabelle zeigt, dass bei schwächerem Nebel (Klasse I und II) die Reichweite im LWIR-Bereich viel größer ist als im sichtbaren Bereich. Bei dichterem Nebel (Klasse I) werden jedoch auch die LWIR-Wellenlängen absorbiert und gestreut. Hier gibt es praktisch keinen Unterschied zwischen der Reichweite einer visuellen und einer Wärmebildkamera.

Die Tabelle soll lediglich als Anhaltspunkt dienen. Die tatsächliche Erfassungsreichweite einer Kamera hängt noch von anderen Faktoren ab, wie festen Objekten in der Szene, dem Temperaturunterschied zwischen dem Objekt und dem Hintergrund sowie der physischen Installation.

7.2.2 Regen und Schnee

Regentropfen sind zwar größer als Nebeltröpfchen, aber sie treten in geringerer Konzentration auf. Deshalb streut Regen Wärmestrahlung auch nicht so stark wie Nebel. Die Streuung bei Schneefall liegt zwischen Nebel und Regen. Graupel und Nassschnee streuen ähnlich wie Regen, während trockener Schnee sich eher wie Nebel verhält. Die Tabelle zeigt Beispiele für die ungefähre Abschwächung unter verschiedenen Wetterbedingungen.

Tabelle 7.2 *Abschwächung bei unterschiedlichen Wetterbedingungen*

Starker Regen	Leichter Regen	Luftverschmut-zung	Dichter Nebel	Nebel
11 dB/km	4 dB/km	0,5 dB/km	80 dB/km	10 dB/km
17,6 dB/Meilen	6,4 dB/Meilen	0,8 dB/Meilen	128 dB/Meilen	16 dB/Meilen

So hat etwa eine Wärmebild-Netzwerkkamera mit 60-mm-Objektiv (wie im Beispiel-Nomogramm weiter oben in diesem Dokument) an einem klaren Tag 300 m (328 yd) Reichweite, wenn ein Objekt 6 Pixel breit ist. Bei Nebel ergibt sich eine Abschwächung von 10 dB/km bzw. 1 dB/100 m, also insgesamt 3 dB. Die 3 dB Abschwächung bedeuten, dass nur 50 % der vom Objekt abgestrahlten Energie den Wärmesensor erreichen, das Eingangssignal ist entsprechend schwächer. Ein schwächeres Eingangssignal führt zu einem verrauschten Bild, da sich das Signal-Rausch-Verhältnis verringert. Durch die Bildverarbeitung kann dies teilweise kompensiert werden, aber das Bild wird weniger Informationen enthalten und somit flacher aussehen. Es wird weniger kontrastreich sein, so dass man beispielsweise im Bildhintergrund schwerer zwischen Blättern und flachen Oberflächen unterscheiden kann. Die Signalabschwächung reduziert die Leistung der Kamera und die Zuverlässigkeit der integrierten Videoanalyseanwendungen.

Deshalb sollte nicht nur eine einzige Kamera installiert werden, die nahe ihrer maximalen Leistung arbeitet. Besser ist es, die Strecke durch mehrere Kameras abzudecken. Dies sorgt für einen zuverlässigeren Betrieb, weil die benötigte Pixelzahl des Ziels erreicht wird; außerdem wird so sichergestellt, dass die vom Objekt abgestrahlte Energie ausreicht.

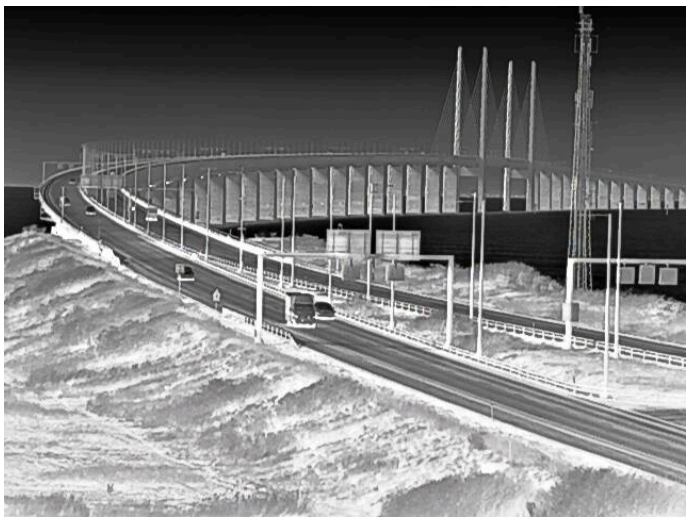
Regen und Nassschnee streuen nicht nur die Strahlen, sondern verwischen auch Temperaturunterschiede im Bildhintergrund. Eine gleichmäßige Hintergrundtemperatur bedeutet für eine Wärmebildkamera weniger Hintergrundkontrast.

Wegen der Streuung erreicht zwar weniger Energie den Kamerasensor, aber die verwischte Hintergrundtemperatur stört den Sensor nicht. Weil das Bild aber weniger kontrastreich ist, sind Details im Hintergrund schwerer zu unterscheiden und das Bild sieht flacher aus. Eine Wärmebildkamera kann Personen trotzdem einfacher erkennen, weil der Kontrast zwischen der warmen Person und dem kalten Hintergrund größer sein wird.



Bilder einer Wärmebildkamera (links) und einer visuellen Kamera (rechts) an einem regnerischen Tag. Die Personen (in der Kreismarkierung) sind mit der Wärmebildkamera leicht zu erkennen.

An einem wolkigen Tag wäre der Hintergrundkontrast geringer, an einem sonnigen Tag höher. Die Temperaturunterschiede verstärken sich, weil sich die Oberflächen von Gegenständen aus unterschiedlichem Material unterschiedlich schnell aufheizen.



Scharfer Kontrast im Hintergrund an einem sonnigen Tag.

8 Überlegungen zur Installation

Bei der Installation einer Wärmebild-Netzwerkkamera sind verschiedene Punkte zu beachten. Um Personen gut zu erkennen, sollte der Hintergrund des überwachten Objekts eine möglichst gleichmäßige Temperatur haben und kälter oder wärmer sein als eine typische Person in der Szene. Dadurch hebt sich die Person deutlich vom Hintergrund ab.

Zwischen der Kamera und dem Bereich von Interesse sollte möglichst freie Sicht herrschen, nichts sollte die Ansicht stören oder blockieren. Die Szene sollte ein oder mehrere leicht erkennbare Objekte enthalten, z. B. einen Schornstein vor dem Himmel oder ein Gebäude. Ein Schornstein in Benutzung ist warm, und aus Gebäuden dringt fast immer Wärme aus dem Inneren heraus.

Achten Sie darauf, dass die Szene keine Äste, Fahnen oder ähnliche Objekte enthält, die bei Wind in das Bild wehen und wieder verschwinden. Die Kamera sollte möglichst sicher befestigt sein, klare und scharfe Kanten sollten möglichst weit von der gewünschten Szene entfernt sein. Eine scharfe Kante knapp außerhalb der Szene könnte einen falschen Bewegungsalarm auslösen, wenn die Kamera im Wind schwankt und das Bild über die Kante streicht. Das geänderte Bild wird als Bewegung in der Szene interpretiert, obwohl sich eigentlich nur die Kamera bewegt hat.

Wärmebildkameras mit Unterstützung für elektronische Bildstabilisierung werden weniger durch Vibrationen beeinflusst. Diese Faktoren sollten bei der Installation einer Wärmebildkamera aber trotzdem berücksichtigt werden, um die Kameraleistung zu optimieren.



Sichtstörung durch eine Fahne.

Über Axis Communications

Axis ermöglicht eine smartere und sichere Welt durch die Entwicklung von Lösungen zur Verbesserung von Sicherheit, betrieblicher Effizienz und Geschäftsperformance. Als Technologieführer im Bereich Netzwerk-Video bietet Axis Produkte für die Videosicherheit und Zutrittskontrolle sowie Intercoms und Audiosysteme. Diese werden durch intelligente Analyseanwendungen erweitert und durch hochwertige Schulungen unterstützt.

Axis hat rund 5.000 engagierte Mitarbeiter in über 50 Ländern und arbeitet weltweit mit Technologie- und Systemintegrationspartnern zusammen, um kundenspezifische Lösungen zu liefern Axis wurde 1984 gegründet, der Hauptsitz befindet sich in Lund, Schweden.

© 2021 – 2026 Axis Communications AB. AXIS COMMUNICATIONS, AXIS, ARTPEC und VAPIX sind in verschiedenen Jurisdiktionen eingetragene Marken von Axis AB. Alle anderen Marken sind Eigentum ihrer jeweiligen Inhaber.Wir behalten uns das Recht auf Änderungen ohne Vorankündigung vor.