

WHITEPAPER

Beleuchtung für Netzwerk-Video

Design Guide Beleuchtung

November 2023

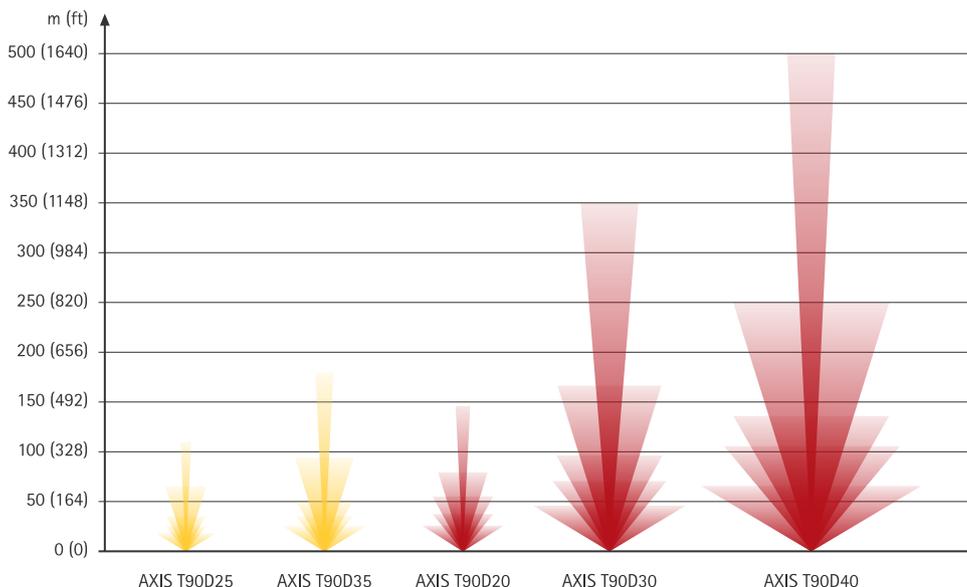
Zusammenfassung

Bei der Wahl der Netzwerk-Kamera für Sicherheitsanwendungen sind mehrere Punkte zu berücksichtigen, unter anderem die Beleuchtung. Die Lichtquelle des Bildbereichs sowie die Situation bestimmen die Leistung und Bildqualität der Kamera.

Heute sind Leuchtdioden (LEDs) eine gute Lichtquelle für die meisten Netzwerk-Videosysteme. Wegen ihrer günstigen Kosten, langen Lebensdauer und dem niedrigen Stromverbrauch sind sie so beliebt. Für Sicherheitsanwendungen bei Tageslicht sind etwas andere Punkte zu berücksichtigen als für die Sicherheit bei Nacht, weil dort verschiedene Arten der Beleuchtung erforderlich sind. So hilft zum Beispiel ein Strahler mit Farbkorrektur, bei Nacht farbechte Bilder zu erhalten.

Es sind noch weitere Lichtfaktoren zu berücksichtigen, die größtenteils vom Einsatzzweck der Kameras abhängen. Dazu gehören:

- **Lichteigenschaften:** Unterschiedliche Oberflächen können das Licht unterschiedlich abstrahlen und damit die Bildqualität beeinflussen. Das Material kann das Licht streuen oder reflektieren (Spiegelreflexion, diffuse Reflexion oder Retroreflexion).
- **Leuchtweite und Lichtmuster:** Jedes Beleuchtungssystem für Netzwerk-Videosicherheitsanwendungen muss für eine gleichmäßige Beleuchtung sorgen, um hohe Leistung zu gewährleisten. Der Lichtstrahl darf für das Sichtfeld der Kamera nicht zu schmal oder zu breit sein, außerdem ist der Abstand zwischen dem Strahler und dem Objekt zu beachten. Axis Strahler sind flexibel einsetzbar, da sie mehrere Winkel bieten, unter denen Sie den besten Beleuchtungswinkel für Ihr jeweiliges Sichtfeld auswählen können.



Diese und viele weitere werden in diesem Whitepaper näher erklärt.

Inhalt

1	Einführung	4
2	Was ist Licht?	4
3	Was ist Farbe?	4
4	Was ist Infrarotlicht?	5
5	Farb- oder Schwarzweißbilder?	6
6	Helligkeit und Blendung	6
7	Lichtquellen	8
8	Beleuchtung für Netzwerk-Video – welche Wellenlänge?	9
9	Licht und Sicherheit	9
10	Strahlmuster	10
11	Das Abstandsgesetz	11
12	Leuchtweite von Axis Produkten	11
13	Verwendung mehrerer Lichtquellen	12
14	Lichtmessung	13
15	Gleichmäßige Beleuchtung ist wichtig	13
16	Festlegung der passenden Kamera	14
17	Festlegung des passenden Objektivs	14

1 Einführung

Bei der Wahl der Netzwerk-Kamera für Sicherheitsanwendungen bei Tag oder Nacht sind mehrere Punkte zu berücksichtigen, die Auswirkungen auf die Bildqualität haben. In diesem Leitfaden wird einer dieser Punkte näher erläutert, nämlich, welchen Einfluss die Beleuchtung auf das Bild hat. Dies ist einer der wichtigen Faktoren, die bei der Herstellung günstiger Beleuchtung in dunklen Umgebungen zu beachten sind.

2 Was ist Licht?

Ohne Licht ist kein Netzwerk-Video möglich. Erst das von der Szene reflektierte Licht macht Bilder für das menschliche Auge und die Kamera sichtbar. Die Leistung eines jeden Netzwerk-Videosystems hängt also nicht nur von der Kamera und dem Objektiv ab, sondern auch von der Menge, Qualität und Verteilung des verfügbaren Lichts.

Licht ist Energie in Form elektromagnetischer Strahlung. Die Wellenlänge (oder Frequenz) des Lichtes bestimmt die Farbe und Art des Lichtes. Das menschliche Auge kann nur einen sehr kleinen Wellenlängenbereich sehen, von ca. 400 (violett) bis 700 nm (rot). Netzwerk-Videokameras können aber auch Licht außerhalb des Bereichs des menschlichen Auges erkennen, so dass sie nicht nur mit Weißlicht, sondern auch mit Nahinfrarotlicht (715–950 nm) für Sicherheitsanwendungen bei Nacht einsetzbar sind.

Je nachdem, auf welches Material bzw. welche Oberfläche Licht auftrifft, verhält sich unterschiedlich. Es wird reflektiert, gestreut, absorbiert oder (sehr oft) alles zusammen. Die meisten Oberflächen reflektieren einen bestimmten Teil des Lichtes. Je heller eine Fläche, desto mehr Licht reflektiert sie. Schwarze Flächen absorbieren sichtbares Licht, weiße Flächen reflektieren es fast vollständig. Infrarotlicht wird nicht immer auf die gleiche Weise reflektiert wie sichtbares Licht. Wie es reflektiert wird, hängt von der Art des Materials ab.

3 Was ist Farbe?

Der Ablauf des Farbsehens über das menschliche Auge und das Gehirn ist sehr komplex. Die folgende Definition von „Farbe“ ist daher stark vereinfacht.

Das Gehirn interpretiert Licht mit für das Auge sichtbarer Wellenlänge als Farben, von 400 (violett) bis 700 nm (rot). Die Farbwahrnehmung erfolgt über spezielle Netzhautzellen, die so genannten Zapfen. Zapfen enthalten verschiedene Arten von Pigmenten, die auf unterschiedliche Farben ansprechen. Das menschliche Auge enthält drei verschiedene Arten von Zapfen, so dass wir drei Farben sehen können (rot, blau und grün). Alle anderen sichtbaren Farben zwischen diesen primären Wellenlängen wie Indigo, Türkis, Gelb oder Orange werden als Mischung der Primärfarben erkannt.

Ein gleicher Anteil aus roten, blauen und grünen Wellenlängen wird zusammen als Weißlicht erkannt. Auf die gleiche Weise fängt auch die Kamera Licht auf und interpretiert Farben. Die meisten Digitalkameras arbeiten nach dem Bayer-Pattern, einem Farbfilter, der Farbfotografie über einen Bildsensor ermöglicht. Dieses Muster von Farbfiltern wird unter Verwendung der Primärfarben Rot, Blau und Grün auf den fertigen Siliziumsensor aufgetragen. Dieses Muster ist für einfaches Demosaicing optimiert, ein Interpolationsverfahren für die fehlenden Farben. Das Muster imitiert die Farbempfindlichkeit des menschlichen Auges, indem es die doppelte Anzahl grüner Pixel im Vergleich zu den blauen und roten Pixeln nutzt.

Ein grünes Blatt sieht grün aus, weil es die grünen Wellenlängen im Weißlicht reflektiert. Unter rotem Licht betrachtet erscheint es schwarz, weil Rotlicht keinen Grünanteil enthält. Das Gleiche passiert, wenn Sie ein farbiges Kleidungsstück kaufen. Am besten sehen Sie es sich in der Nähe der Tür oder an einem

Fenster an, um zu sehen, wie es im Tageslicht aussieht. Raumbelichtung enthält nämlich eine etwas andere Mischung aus Wellenlängen als das Außenlicht, was die Farbe des Kleidungsstückes verfälscht.

Genau dasselbe gilt auch für Netzwerk-Video. Die abgegebene Farbe eines Strahlers bestimmt, wie die Kamera die Farbe erkennt, wie etwa das gelbliche Licht von Natriumdampf-Straßenlaternen. Um Netzwerk-Videobilder in Echtfarben bereitzustellen, müssen Weißlicht-Strahler farbkorrigiertes Licht aussenden, das an das sichtbare Spektrum angepasst ist.

Farbige Objekte reflektieren nur bestimmte Wellenlängen des Lichtes. Sie reflektieren nur die Wellenlängen (=Farben), die Sie sehen können, die übrigen absorbieren sie. So enthält beispielsweise eine rote Blume Pigmentmoleküle, die alle außer den roten Wellenlängen im Weißlicht absorbieren und deshalb nur Rot reflektieren.

Bei kürzeren Wellenlängen als dem sichtbaren Spektrum spricht man von ultravioletter Strahlung (UV-Licht), die die Haut verbrennt (Bräunung) und deshalb aus Sicherheitsgründen für Netzwerk-Video nicht in Frage kommt. Strahlung mit einer größeren Wellenlänge als das sichtbare Spektrum ist Infrarot (IR).

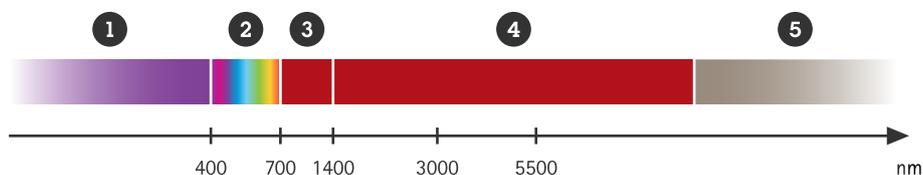


Figure 1. Teil des elektromagnetischen Spektrums mit den Wellenlängen für die verschiedenen Energiebereiche (in Nanometer). Die Energiebereiche von links nach rechts: (1) Ultraviolettes Licht (UV-Licht), (2) sichtbares Licht, (3) Nahinfrarotlicht, (4) Infrarotlicht und (5) Mikrowellen.

4 Was ist Infrarotlicht?

Infrarotlicht (IR) ist Licht längerer Wellenlänge außerhalb des sichtbaren Lichtspektrums, weshalb es für das menschliche Auge unsichtbar ist. Infrarotlicht für die Ausleuchtung von Netzwerk-Video hat eine nur geringfügig längere Wellenlänge als das sichtbare Spektrum, die zwischen 700 und 1.100 nm liegt. Dieser Infrarotbereich wird auch als nahes Infrarotlicht (NIR) bezeichnet. NIR wird in allen drei Pixeln erkannt, unabhängig vom Primärfarbfiler, so dass jedes NIR auch zum farbigen Licht gezählt wird. Das macht eine Farbdarstellung unmöglich, sofern die Kamera nicht mit einem IR-Filter ausgestattet ist, der alles NIR-Licht blockiert. Dieser Filter wird tagsüber vor den Sensor gelegt und nachts, wenn fast kein Umgebungslicht vorhanden ist, durch einen Versteller entfernt. Nun können alle Pixel NIR-Licht (in allen Pixeln) und sichtbares Licht in den entsprechenden farbigen Pixeln erkennen. Um dieses Mischlicht-Bild verwenden zu können, werden die (bereits zerstörten) Farbinformationen verworfen und das Bild wird in Schwarzweiß angezeigt.

Da die Kamera einen Teil des für das menschliche Auge unsichtbaren Infrarotlichts erkennen kann, gibt es verschiedene Möglichkeiten, um das Bild auf einem Computerbildschirm darzustellen. Normalerweise erscheint das Bild in Schwarzweiß, die Szene erscheint so, wie sie einem menschlichen Auge erscheinen würde, das in Schwarzweiß sehen kann. Die Infrarotlicht-Inhalte können auch mit Falschfarben sichtbarem Licht gegenübergestellt werden. Dies wird manchmal bei der wissenschaftlichen Bildverarbeitung eingesetzt.

Idealer Einsatzzweck für Infrarotlicht sind Anwendungen, die eine versteckte Überwachung erfordern oder bei denen sichtbares Licht aus anderen Gründen zu vermeiden ist.

5 Farb- oder Schwarzweißbilder?

Der erste wichtige Punkt bei der Einrichtung der Beleuchtung für nächtliche Sicherheitsanwendung ist die Frage, ob man Farb- oder Schwarzweißbilder benötigt. In vielen Fällen ist Farbe vorzuziehen, doch dabei muss darauf geachtet werden, dass man Echtfarben erhält, was mit einem farbkorrigierten Strahler erreicht werden kann. Denken Sie daran, wie das gelbe Licht von Natriumdampf-Niederdrucklampen einer Straßenlaterne wirkt. Wird die Szene mit falschem Weißlicht wiedergegeben, kann dies die Leistung mindern und die Farben verfälschen. Die Kamera ist nur so gut wie das Licht, mit dem sie arbeiten kann.

Infrarotlicht ist immer dann am besten, wenn weißes Licht zu aufdringlich wäre oder wo eine versteckte Überwachung erforderlich ist. Infrarotlicht beleuchtet außerdem eine größere Fläche als Weißlicht der gleichen Stärke.

6 Helligkeit und Blendung

Helligkeit ist die subjektiv empfundene Leuchtstärke eines bestimmten Bereichs. Blendung ist das Ergebnis eines zu hohen Kontrasts zwischen den hellen und dunklen Bereichen innerhalb des Sichtfelds. Dieses Problem verschärft sich bei Dunkelheit, weil sich das menschliche Auge (ebenso wie Netzwerk-Videokameras mit Infrarot) wegen des starken Kontrastes zwischen hellen und dunklen Bereichen nur schwer auf die Helligkeitsunterschiede einstellen kann.

Streuung:

Streuende Materialien streuen das Licht, das sie passiert. Richtung und Art des Lichtes ändern sich beim Durchqueren des Materials.

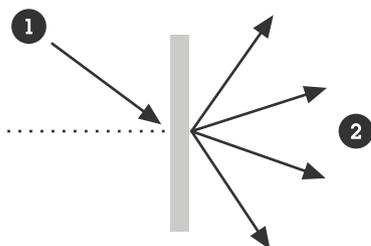


Figure 2. Lichtstreuung. Einfallendes Licht (1) und gestreutes Licht (2)

Reflexion:

Wenn Licht auf eine Oberfläche trifft, kann es davon zurückgeworfen (reflektiert) werden. Die Art der Oberfläche bestimmt die Art der Reflexion. Stark strukturierte Oberflächen streuen Licht aufgrund winziger Unregelmäßigkeiten des Materials, während eine flache Oberfläche wie ein Spiegel es gezielter reflektiert.

- Spiegelreflexion:

Reflektiert eine Oberfläche Licht wie ein Spiegel, wird dies als Spiegelreflexion bezeichnet. Bei spiegelnden Oberflächen ist der Einfallswinkel gleich dem Ausfallswinkel.

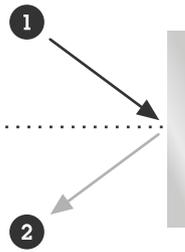


Figure 3. Spiegelreflexion. Einfallendes Licht (1) und reflektiertes Licht (2)

- **Diffuse Reflexion:**

Bei diffuser Reflexion wirft eine Oberfläche aufgrund winziger Unregelmäßigkeiten auf der reflektierenden Oberfläche das Licht in alle Richtungen zurück. So reflektiert beispielsweise eine granulierten Oberfläche das Licht in unterschiedliche Richtungen. Eine diffus reflektierende Oberfläche kann Licht zu gleichen Anteilen in alle Richtungen zurückwerfen.

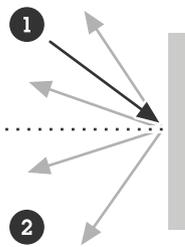


Figure 4. Diffuse Reflexion. Einfallendes Licht (1) und diffus reflektiertes Licht (2)

- **Retroreflexion:**

Bei dieser Art der Reflexion wirft die Oberfläche das Licht in die Richtung zurück, aus der es kam. Verkehrsschilder und die Nummernschilder von Fahrzeugen haben retroreflektierende Oberflächen.

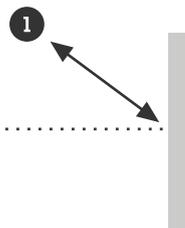


Figure 5. Retroreflexion. Einfallendes Licht (1)

Reflexionsgrad:

Der Reflexionsgrad gibt das Verhältnis zwischen der reflektierten und der einfallenden Leistung an. Objekte reflektieren Licht mit unterschiedlicher Intensität. Die nicht reflektierte Energie wird absorbiert

und in Wärme umgewandelt. Schwach reflektierende Gegenstände absorbieren viel Energie, weshalb sich beispielsweise eine Backsteinmauer in der Sonne warm anfühlt.

Man muss immer bedenken, dass die Kamera das Umgebungslicht einer Szene nicht so nutzt, wie es von einem Belichtungsmesser gemessen würde. Vielmehr nutzt es die von den Gegenständen in der Szene reflektierte Lichtmenge.

Absorption:

Manche Oberflächen absorbieren Licht. Farbige Oberflächen absorbieren ein bestimmtes Spektrum des Lichtes und reflektieren die übrigen, weshalb sie in einer bestimmten Farbe erscheinen. Eine schwarze Oberfläche absorbiert den Großteil des einfallenden Lichtes. Die Lichtenergie wird normalerweise in Wärme umgewandelt, weshalb sich dunkle Materialien schnell erwärmen.

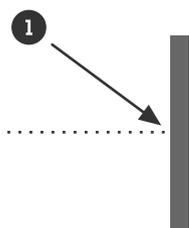


Figure 6. Lichtabsorption. Einfallendes Licht (1)

7 Lichtquellen

Glühlampen (einschließlich Halogen):

Glühlampen waren die erste elektrische Lichtquelle. Sie haben einen geringen Wirkungsgrad und strahlen 90 % der eingesetzten Energie als Wärme ab, weshalb sie heiß werden. Halogenlampen sind etwas effizienter, verschwenden aber immer noch 85 % der Energie als Wärme. Beim Einsatz für Netzwerk-Video haben Glühlampen eine kurze Lebensdauer und sind sehr ineffizient.

Leuchtstofflampen:

Diese Lampen werden kaum im Bereich Netzwerk-Video eingesetzt, weil sie beim Betrachten der Szene mit einer Netzwerk-Videokamera einen „Puls-Effekt“ erzeugen. Diese Lampen haben in der Regel eine geringe Leistung und werden hauptsächlich in Innenräumen eingesetzt. Da sie eine große diffuse Lichtquelle darstellen, lässt sich das abgegebene Licht nur schwer fokussieren und kontrollieren.

Xenon-Leuchten (HID-Lampen):

Diese effizienten Lampen haben eine gute Farbwiedergabe und eine lange Lebensdauer von bis zu 12.000 Stunden. HID-Lampen sind durchaus für Netzwerk-Video einsetzbar, doch sie haben eine lange Anlaufzeit (2–3 Minuten) und können nach dem Ausschalten nicht sofort wieder eingeschaltet werden.

LEDs:

Licht emittierende Dioden sind der am schnellsten wachsende Bereich von Beleuchtungslösungen für Netzwerk-Videoanwendungen. Ihr Wirkungsgrad liegt in der Regel bei 80 – 90 %, und rote LEDs sind am effizientesten. Diese LEDs bieten mehrere Vorteile, weshalb sie oft für Netzwerk-Videoanwendungen eingesetzt werden: extrem niedriger Stromverbrauch, niedrige Betriebstemperatur und gleichbleibende Farbe während der gesamten Nutzungsdauer eines Gerätes.

Im Gegensatz zu herkömmlichen Glühbirnen sind LEDs sehr langlebig, unempfindlich gegenüber Vibrationen und wegen ihres harten Gehäuses nur schwer zu beschädigen. Außerdem können Sie ohne Filter Licht einer bestimmten Wellenlänge abgeben und sind sehr schnell einzuschalten.

LEDs verursachen die geringsten Betriebskosten (die leistungsfähigsten Geräte benötigen weniger als 100 Watt) und haben die längste Betriebsdauer von bis zu 100.000 Stunden (10 Jahren). Leuchtstofflampen dagegen halten im Durchschnitt nur 10.000 Stunden, Glühlampen sogar nur 1.000 Stunden. Der Treiberstromkreis mancher LEDs hat eine andere Frequenz als das lokale Netz, was es unmöglich macht, ein flimmerfreies Bild zu erhalten. In den USA arbeiten alle LEDs bei 30, 60, 120, 240 Hz oder höher, in Europa bei 50, 100, 150, 200 Hz oder höher. Für flimmerfreies Video konfigurieren Sie Kamera und Anzeigebildschirm mit der gleichen Bildrate.

8 Beleuchtung für Netzwerk-Video – welche Wellenlänge?

Weißlicht: Eine Mischung aus Wellenlängen zwischen 400 und 700 nm liefert echtes weißes Licht.

Praktischer Einsatz:

- Beleuchtung eines Bereichs für das Netzwerkvideosystem
- Allgemein helleres Licht für die Mitarbeiter
- Begrüßung autorisierte Mitarbeiter
- Abschreckung Krimineller durch Beleuchtung eines gesicherten Bereichs beim Eindringen
- Verwendbar mit Schwarzweiß-, Farb- oder Tag-/Nacht-Kameras

Infrarot:

- 715 – 730 nm: Offene IR-Strahlung erzeugt ein rotes Glühen, wie eine Verkehrsampel
- 815 – 850 nm: Halb-verdeckte IR-Strahlung leuchtet mit einem schwachen roten Glühen
- 940 – 950 nm: Verdeckte IR-Strahlung, unsichtbar für das menschliche Auge

Praktische Anwendungen für Infrarot-Strahlung:

- Bietet diskrete oder verdeckte Beleuchtung für Netzwerk-Video
- Minimiert Lichtverschmutzung
- Beleuchtet Bereiche bis in sehr große Entfernung
- Verwendbar mit Schwarzweiß-, Tag- oder Nacht-Kameras

9 Licht und Sicherheit

Weißes Licht ist für das menschliche Auge sichtbar, und wir verfügen über einen natürlichen Schutz vor Weißlicht. Iris und Augenlider werden geschlossen, um Schäden durch das Licht zu verringern. Reicht dies nicht aus, drehen wir uns einfach vom Licht weg. Doch bei Überexposition mit Infrarotlicht können sich unsere Augen nicht automatisch schützen, weil wir es nicht sehen können. Jedoch erzeugt Infrarotlicht Wärme, die als Anhaltspunkt für die Sicherheit dienen kann. Sehen Sie nicht in die Lichtquelle, wenn Sie die Wärme des Infrarotgerätes spüren.

10 Strahlmuster

Der Beleuchtungswinkel sollte so angepasst sein, dass die gesamte Szene ausreichend ausgeleuchtet wird und genug Licht für Netzwerk-Video vorhanden ist. Moderne Geräte mit adaptiver Beleuchtung ermöglichen eine Einstellung des Beleuchtungswinkels vor Ort, genau passend für die Anforderungen der jeweiligen Szene. Ein zu schmaler Lichtwinkel erzeugt White-Out- oder Blendungseffekte in der Mitte der Szene, während andere Bildbereiche nicht ausreichend beleuchtet sind.

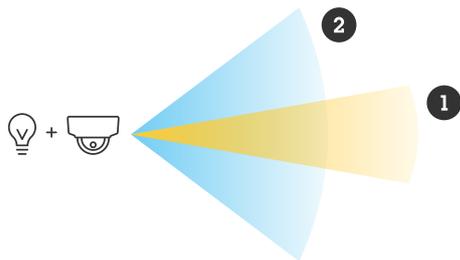


Figure 7. Der Lichtstrahl ist zu schmal (1) für das Sichtfeld der Kamera (2)

Ein zu breiter Lichtstrahl „verschwendet“ Licht und verkürzt die Betrachtungsentfernung.

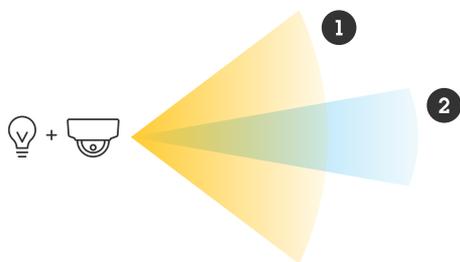


Figure 8. Der Lichtstrahl ist zu breit (1) für das Sichtfeld der Kamera (2)

Viele Installationen nutzen Variofokus-Objektive, und die Beleuchtung sollte idealerweise genauso flexibel sein, um eine optimale Systemleistung zu erhalten. Flexible Strahler für Videosicherheit, wie die im Portfolio von Axis, verfügen über mehrere Ausgabewinkel, unter denen Sie den Winkel auswählen können, der das Sichtfeld genau abdeckt und die besten Bilder liefert. Die Anpassung erfolgt schnell und einfach, und die verschiedenen Winkel lassen sich leicht einstellen.

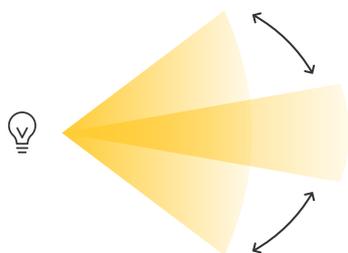


Figure 9. Adaptive Beleuchtung für unterschiedlichste Sichtwinkel

11 Das Abstandsgesetz

Die verfügbare Lichtmenge in einem bestimmten Abstand ist antiproportional zum Quadrat des Abstands von der Lichtquelle. Da Licht sich gemäß diesem Abstandsgesetz verhält, sehen wir uns nun an, wie man dieses Gesetz anwendet.

Während sich das Licht von der Punktquelle entfernt, breitet es sich horizontal und vertikal aus. Je größer die Entfernung, desto schwächer wird das Licht. In der Praxis bedeutet dies, dass ein Gegenstand, der von einem bestimmten Punkt an einen von der Lichtquelle doppelt so weit entfernten anderen Punkt gebracht wird, nur $\frac{1}{4}$ des Lichtes erhält ($(\text{Distanz} \times 2)^2 = 4$).

Dies bedeutet somit, dass ein Objekt, das im Abstand von 10 m von einer Lichtquelle 100 Lux empfängt, in einer Entfernung von 40 m nur noch $\frac{1}{16}$ des Lichtes empfängt ($(\text{Distanz} \times 4)^2 = 16$). Damit erreichen den Gegenstand nur noch 6,25 Lux. Das Abstandsgesetz gilt für Weißlicht und Infrarot gleichermaßen.

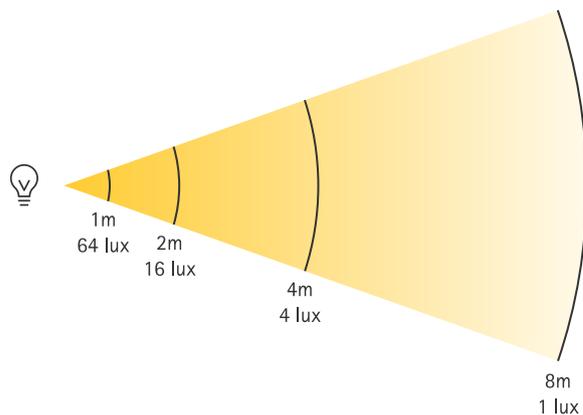


Figure 10. Das Abstandsgesetz

12 Leuchtweite von Axis Produkten

Die folgende Abbildung gibt Hilfestellung zur Wahl eines passenden Axis Infrarotstrahlers entsprechend des Abstands des Strahlers zum Objekt. Die vollfarbigen Flächen zeigen den optimalen Nutzungsbereich an, die schattierten Flächen weniger optimale Entfernungen. Der Winkel bzw. der abgebildete Lichtkegel

hängt auch vom gewählten Objektiv ab. So verfügt beispielsweise der AXIS T90D20 IR-LED über eine Standard-Zerstreuungslinse (10°) und bietet weitere Zerstreuungslinsen (35°, 60°, 80°, 120°) zur Auswahl.

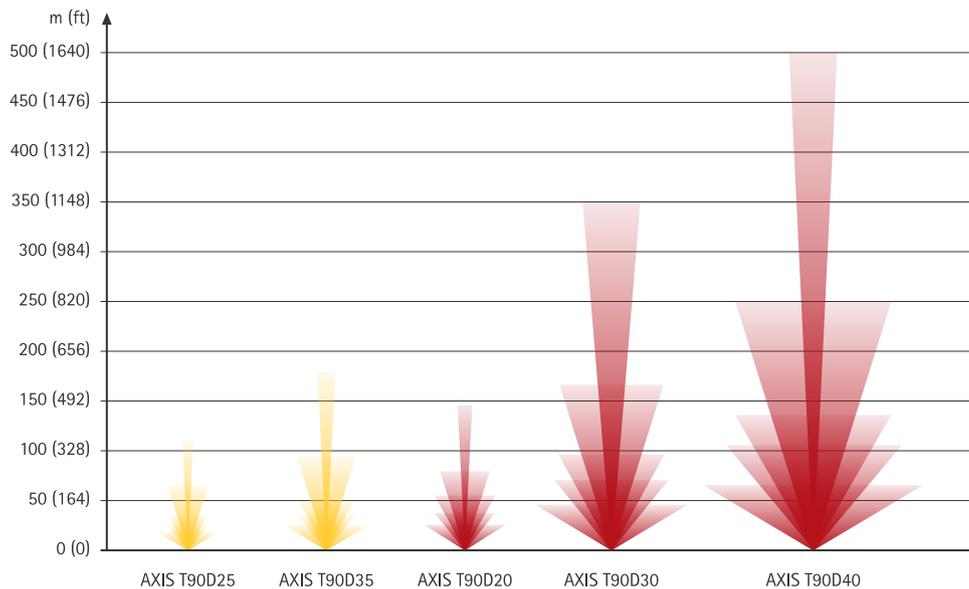


Figure 11. Auswahltabelle IR-Strahler

13 Verwendung mehrerer Lichtquellen

Das Abstandsgesetz erklärt, wie sich die Lichtmenge mit wachsender Entfernung verringert, doch damit lässt sich auch berechnen, wie viele zusätzliche Lichtquellen man benötigt, um den Abstand um eine bestimmte Strecke zu vergrößern.

Verdoppelt man den Abstand zu einer Lichtquelle, verringert sich die Lichtmenge auf 25 %. Um die Entfernung zu verdoppeln, die man mit einem Strahler abdecken kann (bei gleichbleibender Leistung in der Szene), benötigt man vier Strahler ($2^2 = 4$). Um die Entfernung gegenüber einem einzelnen Strahler zu verdreifachen, benötigt man neun Strahler ($3^2 = 9$) und so weiter.

Mithilfe des Abstandsgesetzes kann man auch berechnen, wie sich eine größere Anzahl an Strahlern auswirkt. Dazu zieht man die Quadratwurzel aus der neuen an der Quelle verfügbaren Lichtmenge. So erreicht man mit vier Strahlern eine Verdoppelung der Distanz ($\sqrt{4} = 2$) und mit 25 Strahlern die fünffache Distanz ($\sqrt{25} = 5$).

Nicht immer müssen mehrere Strahler verwendet werden, um die Distanz zu erhöhen. Auch Strahler mit schmalere Winkel oder höherer Leistung können für die zusätzliche Reichweite sorgen.

Muss man lediglich ein einzelnes Objekt in einem bestimmten Abstand sichern, z. B. mit einem Zoom-Objektiv, kann man auch einfach eine schwache Lichtquelle in der Nähe des Objektes aufstellen. Das könnte zum Beispiel ein Tor oder eine Tür an der Außengrenze des Geländes sein, das/die relativ weit von den Gebäuden und der übrigen Infrastruktur der Anlage entfernt ist.

Tabelle 13.1 Größerer Abstand durch mehr Strahler

Anz. Strahler	Distanzmultiplikator
1	1

Tabelle 13.1. Größerer Abstand durch mehr Strahler (Fortsetzung)

2	1,4
3	1,7
4	2
5	2,2
6	2,4
7	2,6
8	2,8
9	3

Zur Verdoppelung der Leuchtweite benötigt man die vierfache Leistung. Die Verdoppelung der Anzahl von Strahlern ermöglicht die 1,4-fache Leuchtweite.

14 Lichtmessung

Weißlicht:

Sichtbares Weißlicht wird im internationalen Einheitensystem (SI) in Lux gemessen. Dabei wird auch der Bereich berücksichtigt, auf den das Licht verteilt wird (1 Lux = 1 Lumen pro Quadratmeter). Im angloamerikanischen Raum ist auch Foot-candle (Foot Candle, Footcandle) weiterhin als Einheit für Messungen gebräuchlich: 10 Lux \approx 1 Foot-candle. Weißes Licht in der Szene kann einfach mit einem Belichtungsmesser gemessen werden. Typische Lichtstärken in Lux sind:

Tabelle 14.1 Lichtstärke für verschiedene Szenarien

Tag, hell und sonnig	10.000 – 100.000 Lux
Tag, bewölkt	1.000 – 10.000 Lux
Dämmerung	1 – 100 Lux
Straßenbeleuchtung	5 Lux
Vollmond	0,1 Lux
Heller, klarer Sternenhimmel	0,01 – 0,0001 Lux

Infrarotlicht:

Da Lux eine Maßeinheit für sichtbares Licht ist und Infrarot laut Definition unsichtbar ist, kann Infrarotlicht nicht in Lux gemessen werden. Die üblichste Form einer Messung von Infrarot-Licht ist in mW pro Quadratmeter; eine einfache Angabe der Energiemenge, die von einer Quelle über einen bestimmten Bereich abgegeben wird.

15 Gleichmäßige Beleuchtung ist wichtig

Der wichtigste Aspekt bei der Projektierung eines Beleuchtungssystems ist eine gleichmäßige Ausleuchtung. Sowohl das menschliche Auge als auch Netzwerk-Kameras bzw. Objektive müssen mit unterschiedlichen Lichtmengen innerhalb eines Sichtfelds zurechtkommen.

Bei Nacht auf einer leeren Straße kann man klar sehen, wenn die Straße nur durch die Scheinwerfer des eigenen Autos beleuchtet wird. Doch bei Gegenverkehr sieht man schlechter, obwohl die Szene eigentlich sogar besser beleuchtet ist als vorher. Leider ist nun die Mitte der Szene sehr hell erleuchtet, so dass sich die Iris des Auges zusammenzieht. Dasselbe geschieht in einer Netzwerk-Videokamera. Ein heller Punkt im Bild sorgt dafür, dass das Objektiv geschlossen wird, was die Leistung bei Nacht verschlechtert. Um optimale Nachtbilder zu erhalten, muss das Licht mithilfe von speziell dafür ausgelegten Beleuchtungsprodukten gleichmäßig verteilt werden.

OptimizedIR:

Axis OptimizedIR sorgt für eine gleichmäßige Beleuchtung des Sichtfelds der Kamera. Diese wird speziell auf die jeweilige Kamera abgestimmt. So wird beispielsweise der Infrarotstrahl einer Axis PTZ-Kamera (für Schwenken/Neigen/Zoomen) mit OptimizedIR beim Zoomen automatisch verbreitert bzw. verschmälert, um eine gleichmäßige Beleuchtung zu erzielen.

Kameras mit OptimizedIR leuchten die Szene nicht nur gleichmäßig aus, sondern sie enthalten zusätzlich hochwertige LEDs und ein wirkungsvolles Wärmemanagement.

16 Festlegung der passenden Kamera

Empfindlichkeit:

Dies beschreibt die Lichtempfindlichkeit einer Kamera und misst im Grunde die minimale Lichtstärke, die für die Erzeugung akzeptabler Bilder erforderlich ist. Dieser Wert ist allerdings sehr subjektiv. Ein Bild kann für eine Person akzeptabel, für eine andere völlig unannehmbar sein.

Die Axis Lightfinder Technologie eliminiert Rauschen und sorgt für detailreiche Bilder bei schwachem Licht. Deshalb können Kameras mit Lightfinder auch in dunklen Bereichen vollfarbige Bilder und Videos erfassen.

Die Lichtempfindlichkeit wird üblicherweise in Lux gemessen. Die Kamerahersteller geben die minimale Lichtstärke an, die für akzeptable Bilder benötigt wird. Dabei fehlt aber meist die Angabe, ob sich der Lux-Mindestwert auf die minimale Lichtstärke in der ganzen Szene, am Objektiv oder am Kamerachip bezieht. Bei Axis Kameras bezieht sich dieser Wert immer auf das Licht der Szene.

Obwohl die Lux-Angaben meist etwas zu großzügig angesetzt sind und der Lux-Mindestwert nur die Leistung einer Kamera bei sichtbarem Licht angibt, ist der Lux-Wert trotzdem eine Möglichkeit, um die Empfindlichkeit einer Kamera einzuschätzen, wenn die Mindestbeleuchtung auf die gleiche Weise subjektiv beurteilt wird.

So etwas wie eine „Null-Lux-Kamera“ gibt es nicht: Jede Kamera benötigt Licht, um hochwertige Bilder zu liefern. Sogar die lichtempfindlichsten Kameras liefern umso stärkere Signale und rauschärmere Bilder, je besser die Beleuchtung. Die Ausnahme hierzu bilden Wärmebildkameras. Diese erzeugen Bilder auf der Grundlage der abgestrahlten Wärme von Fahrzeugen oder Personen, so dass sie sogar bei völliger Dunkelheit Bilder erzeugen können. Manche Kameras enthalten einen zusätzlichen Nahinfrarot-Sender und geben an, Null Lux zu benötigen, doch dabei gehen alle farbigen Wellenlängen verloren, so dass alle Objekte schwarzweiß erscheinen und gleich aussehen.

Weitere Informationen zur Lichtempfindlichkeit finden Sie im Axis Whitepaper [Lightfinder](#) unter *Whitepaper | Axis Communications*

17 Festlegung des passenden Objektivs

Öffnungsverhältnis des Objektivs:

Die Blendenöffnung eines Objektivs bestimmt, wie viel Licht es zum Kamerachip durchlässt. Einfach ausgedrückt: Je kleiner die Blendenzahl, desto mehr Licht wird durchgelassen. Allerdings haben auch die Produktionsweise und Qualität des Objektivs Einfluss darauf, wie viel Licht durchgelassen werden kann. Die Tabelle zeigt die Auswirkung unterschiedlicher Blendenöffnungen in einem Netzwerk-Videosystem (= volle Blendenöffnung):

Tabelle 17.1 Blendenöffnung und erforderliche Lichtstärke, um 1 Lux am Sensor zu erhalten

Blendenzahl	Durchgelassenes Licht in %	Erforderliche Lichtmenge, um 1 Lux am Sensor zu erreichen
f/1	20 %	5 Lux
f/1,2	15%	7,5 Lux
f/1,4	10 %	10 Lux
f/1,6	7.5%	13,3 Lux
f/1,8	6.25%	16 Lux
f/2	5%	20 Lux
f/2,4	3.75%	30 Lux
f/2,8	2.5%	40 Lux
f/4	1.25%	80 Lux

Bei den meisten Kamerasensoren gilt: Je kleiner die Blendenzahl, desto mehr Licht erreicht den Sensor. Ein Zoom-Objektiv hat bei der breitesten Einstellung die beste Blendenzahl. Beim Heranzoomen schließt sich die Blende. Dies bestimmt die erforderliche Ausleuchtung der Szene, um bei schwachem Licht gute Bilder zu erhalten.

Lichtdurchlässigkeit:

Die Effizienz eines Objektivs wird anhand seiner Lichtdurchlässigkeit gemessen. Beim Durchqueren des Objektivs geht ein Teil des Lichtes aufgrund des Materials, der Stärke und Merkmale der Beschichtung des Objektivs verloren. Ein effizienteres Objektiv lässt einen größeren Anteil des Lichtes durch. Die Blendenzahl gibt zwar an, wie viel Licht ein Objektiv durchlässt, ist aber kein Maß für die allgemeine Effizienz des Objektivs.

Die Lichtdurchlässigkeit eines Objektivs ändert sich mit der Wellenlänge. So könnte ein Objektiv 95 % des sichtbaren Lichtes und 80 % Infrarotlicht mit 850 nm durchlassen, ein anderes hingegen 95 % des sichtbaren Lichtes und nur 50 % Infrarotlicht bei 850 nm. Beachten Sie bei der Spezifizierung des Objektivs die Wellenlänge des Lichtes, bei dem es eingesetzt werden soll. Beachten Sie außerdem, dass Objektive aus Glas tendenziell effizienter sind als solche aus Kunststoff.

Objektive mit Korrektur:

- Infrarot-korrigierte Objektive:

Infrarot-korrigierte Objektive sollen mithilfe von Spezialglas und spezieller Beschichtungen das Problem der Fokusveränderung zwischen Tag- und Nachtlicht eliminieren. Eine Fokusveränderung wird durch die unterschiedlichen Wellenlängen des Lichtes verursacht. Jede Wellenlänge wird nach dem Passieren des Objektivs auf einen anderen Punkt gebündelt.

- Farbkorrigierte Objektive:

Lichtquellen, einschließlich der Sonne, erzeugen ein breites Spektrum an Lichtwellen. Sichtbares Weißlicht ist einfach die Kombination des für den Menschen sichtbaren Lichtspektrums. Deshalb muss ein Objektiv kontrollieren, welches Licht zur Kamera durchgelassen wird, damit das resultierende Bild dem, was das menschliche Auge sieht, möglichst nahe kommt. Viele billige Objektive lassen das durchgelassene Licht nicht gut genug an das sichtbare Spektrum an, so dass sie Bilder mit verfälschten Farben erzeugen. Farbkorrigierte Objektive lassen nur sichtbares Licht durch und fokussieren sämtliche Einzelfarben auf den gleichen Punkt. Dadurch können sie scharfe Bilder in Echtfarben liefern.

Mit nur wenigen Ausnahmen eignen sich farbkorrigierte Objektive meist nicht für Infrarotlicht.

Über Axis Communications

Axis ermöglicht eine intelligente und sichere Welt durch Lösungen zur Verbesserung der Sicherheit und Geschäftsperformance. Als Unternehmen für Netzwerktechnologie und Branchenführer bietet Axis Lösungen in den Bereichen Videosicherheit, Zutrittskontrolle sowie Intercoms und Audiosysteme. Sie werden verstärkt durch intelligente Analyseanwendungen und unterstützt durch gute Schulungen.

Axis beschäftigt rund 4.000 engagierte Mitarbeiter in über 50 Ländern und arbeitet weltweit mit Technologie- und Systemintegrationspartnern zusammen, um den Kunden Lösungen anbieten zu können. Axis wurde 1984 gegründet und der Hauptsitz befindet sich in Lund, Schweden