

5. Beleuchtung

5.1 Allgemeines

Bei gewöhnlichen Kamera-Einsätzen sind die Lichtverhältnisse in aller Regel ausreichend, sodass keine zusätzliche Beleuchtung erforderlich ist. Nachts oder in anderen spezifischen Anwendungsfällen, z.B. falls bei schwacher Beleuchtung konkrete Personen oder Dinge identifiziert werden müssen, ist üblicherweise eine zusätzliche Lichtquelle zweckmäßig.

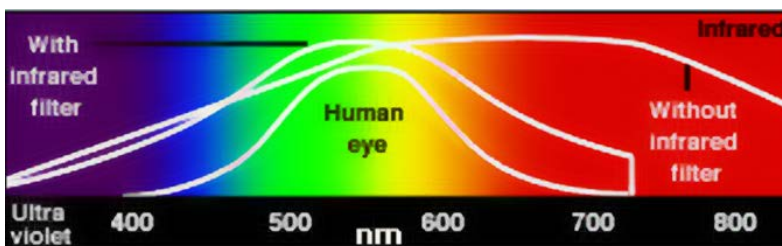
Eine optimale Beleuchtung für eine Videoüberwachungsanlage setzt die Beachtung der nachfolgend dargestellten Basisinformationen voraus.

5.2 Lichttechnische Grundlagen

5.2.1 Überblick

Das Wort Beleuchtung bezeichnet eine optische Ausleuchtung und Erhellung eines Raumes oder einer Szene mit Kunstlicht. Von einer Beleuchtung durch Sonnenlicht ist nur dann die Rede, wenn dieses mit technischen Hilfsmitteln (z.B. mit Spiegeln) gezielt auf eine bestimmte Stelle gerichtet wird.

Licht ist Energie in Form von elektromagnetischer Strahlung. Unter sichtbarem Licht versteht man den schmalen Teil des Gesamtspektrums dieser Strahlung, der im Empfindlichkeitsbereich des menschlichen Auges liegt. Das sichtbare Spektrum liegt im Wellenlängenbereich von 380 nm bis 780 nm. Hierbei entspricht jede Farbe einer ganz bestimmten Wellenlänge innerhalb dieses Spektralbereiches. Die Wellen des roten Lichtes sind beispielsweise länger (ca. 660 nm) als die des grünen Lichtes (ca. 500 nm). Das menschliche Auge bewertet diese einzelnen Wellenlängen und damit die einzelnen Farben als verschieden hell.



Vergleich Spektralempfindlichkeit Kamera/Mensch

Zusätzlich werden vom menschlichen Auge Farben bestimmter Wellenlänge, wie rot, grün und blau, bevorzugt. Sind die Anteile rot, grün und blau im Licht enthalten, dann empfindet das Auge das Licht als Weiß (unbunt). Fehlen einer oder zwei dieser Anteile, wird das Licht als farbig wahrgenommen.

5.2.2 Farbtemperatur

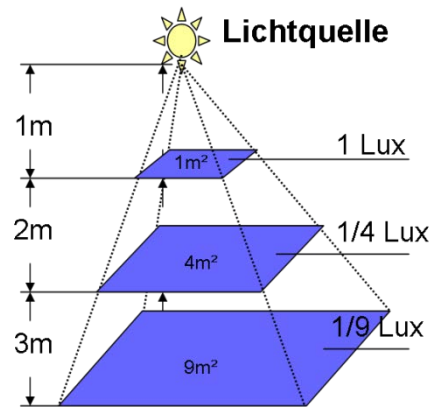
Die Lichtfarbe wird durch die Farbtemperatur beschrieben. Diese wird in Kelvin, bezogen auf den absoluten Nullpunkt der Temperaturskala, angegeben. Bei der Definition der Farbtemperatur geht man von einem idealisierten schwarzen Körper aus, der bei Raumtemperatur Licht absorbiert und keines reflektiert. Bei zunehmender Temperatur nimmt dieser Körper folgende Lichtfarben an:

1000 K = erste Rotglut; 3200 K = Weißglut; 100 000 K = Blauglut

Außerhalb der Spektralempfindlichkeit unseres Auges, im für das Auge Unsichtbaren (ab ca. 750 nm), gibt es Strahlung, die ein CCD-Kamerasensor noch registriert. Diese Möglichkeit wird für die semidiskrete und auch diskrete Überwachung genutzt. CCD-Sensoren weisen damit eine andere Empfindlichkeitskurve auf, als die des Auges. Daraus folgt zwingend, dass bei der Festlegung einer Objektbeleuchtung die Angabe der Farbtemperatur bei s/w-Kameras eine wesentliche Rolle spielt.

5.2.3 Beleuchtungsstärke

Die Beleuchtungsstärke wird in Lux (lx) angegeben und ist ein Maß für den auf eine Fläche auftreffenden Lichtstrom. 1 Lux entspricht der Beleuchtung, die in einem völlig dunklen Raum von einer Kerze auf eine weiße Leinwand auftritt, die exakt im Abstand von 1 m zur Kerze aufgestellt ist und eine Abmessung von 1 m x 1 m hat. Bei näherer Betrachtung der physikalischen Zusammenhänge wird ersichtlich, dass die Beleuchtungsstärke vom Winkel abhängig ist, unter dem das Licht auf die zu beleuchtende Fläche auffällt. Zudem nimmt die Beleuchtungsstärke quadratisch zur Entfernung ab, d.h. eine Lichtstärke von 1000 lux in 1 m Entfernung reduziert sich auf nur noch 10 lux in 10 m Entfernung. Die jeweilige Beleuchtungsstärke lässt sich mit einem Beleuchtungsmesser (Luxmeter) leicht messen.



(„1 Lx = 1 lm/qm“. Vorgeschrieben ist die Lumen-Angabe „lm“ seit dem 1. September 2010. Der Lumen-Wert erleichtert die Vergleichbarkeit von Lampen.)

5.2.4 Reflexionsfaktor

Eine Kamera kann immer nur das „sehen“, was von einem Objekt an auftreffendem Licht zurückgestrahlt wird. Je nach Beschaffenheit und Farbe des Objektes wird ein Teil des Lichtes absorbiert und der restliche Teil reflektiert. Dies hat zur Folge, dass die Größe des Reflexionsfaktors auch die am Objektiv ankommende Beleuchtungsstärke beeinflusst.

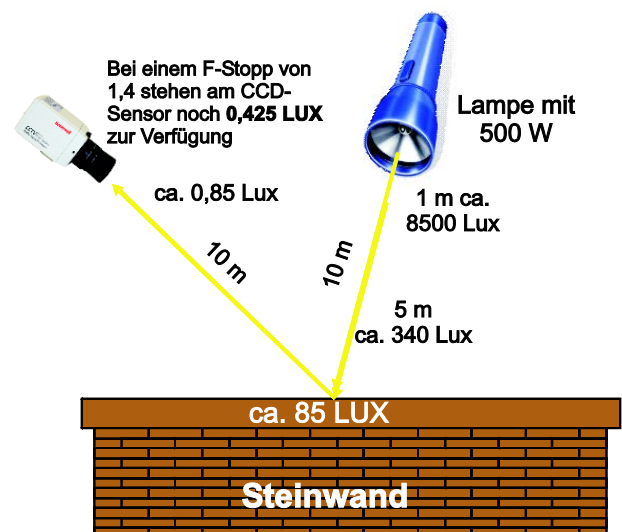
Material/ Gegenstand	Farbe	Reflexionsfaktor in %
Anstrich	neu, weiß	80 - 90
Anstrich	alt, weiß	75 - 85
Anstrich	elfenbein	75 - 80
Anstrich	gelb	60 - 75
Anstrich	hellgrün	50 - 75
Anstrich	hellblau	35 - 60
Anstrich	gelbbraun	30 - 45
Anstrich	grau	20 - 60
Anstrich	dunkelgrün	10 - 25
Email	weiß	65 - 75
Marmor	weiß	60 - 75

Material/ Gegenstand	Farbe	Reflexionsfaktor in %
Mörtel/Stein		50
Beton	Rauh	25 – 40
Beton	Glatt	15 – 35
Ziegel	Gleb	35
Sand	Gelb	20 – 30
Ziegel	Rot	25
Granit		10 – 20
Stahl	blank	55
Kupfer		50
Lehm		1 – 15
Gras	grün	1 - 15

Anhand der nebenstehenden Musterszene ist das Zusammenspiel von Beleuchtung, Reflektion und F-Stopp¹⁾ sehr gut zu erkennen. Ableiten lässt sich hieraus folgender Punkt:

„Je weiter eine Kamera von der Szene entfernt ist und je schlechter eine Szene reflektiert, desto höher muss die Beleuchtungsstärke sein“.

1) Die Blendenzahl, die in der Regel auf der Objektivaußenseite aufgedruckt ist, gibt das Verhältnis zwischen Brennweite und Objektivdurchmesser an und wird mit einem vorangestellten „f“ (englisch: f-stop) gekennzeichnet. Je kleiner die Blendenzahl ist, desto größer ist die Öffnung und somit die auf den CCD-Bildaufnehmer auftreffende Lichtmenge.



5.3 Künstliche Lichtquellen

Da bei Farbkamerasystemen eine hohe Anzahl von Farbtönen unterschieden werden muss, ist bei der Auswahl der geeigneten künstlichen Lichtquelle auf die richtige Beleuchtung zu achten. Die spektrale Energieverteilung der zur Beleuchtung verwendeten Lampen muss hierbei mit dem Empfindlichkeitsspektrum der verwendeten Farbkamera in möglichst hohem Maße übereinstimmen.

Folgende Arten von künstlichen Lichtquellen stehen im Handel zur Verfügung:

Künstliche Lichtquelle	Eigenschaften	Vorteil
Natriumdampf-Niederdrucklampen	<ul style="list-style-type: none"> • auffällig gelbe Lichtfarbe • hohe Lichtausbeute • Farberkennung schwierig 	Helligkeitsunterschiede vom menschlichen Auge leicht wahrnehmbar
Natriumdampf-Hochdrucklampen	breites Spektrum an Lichtfarben	Größere Farbwiedergabe als bei Natriumdampf-Hochdrucklampen
Quecksilberdampf-Hochdrucklampen	Verteilung der Lichtenergie vorwiegend auf blau, grün und gelb	Weitere Erhöhung der Farbtreue gegenüber Natriumdampf-Hochdrucklampen
Halogen-Metall-dampflampen	Energie ist über das gesamte Spektrum nahezu konstant	sehr gute Farbwiedergabe
Leuchtstofflampen	<ul style="list-style-type: none"> • gleichmäßige Verteilung der Energie über das gesamte Spektrum • Qualität nicht so hoch wie bei Halogen-Metall-dampflampen 	gute Farbwiedergabe
LED-Lampen a) IR b) weiß	zu a) hohe Lichtausbeute zu b) sehr natürliche Farbwiedergabe; hohe Lichtausbeute	sehr gute Farbwiedergabe sowie hoher Wirkungsgrad geringe Betriebskosten

Für den Betrieb von Kameras mit Farbe werden daher vorwiegend Glüh-, Halogen- oder Metall-dampflampen eingesetzt. Auf Grund von Wirtschaftlichkeitsberechnungen und der sehr guten Farbwiedergabe geht der Trend zunehmen in Richtung LED-Lampen. Es ist sinnvoll, bei Planung und Projektierung einer Beleuchtungsanlage den Hersteller zu den jeweiligen Lampen zu befragen.

5.4 Beleuchtungsverhältnisse vor Ort

Ergänzung vorhandener Beleuchtung

Um eine bereits vorhandene Beleuchtung effektiv zu optimieren, sollten vorab folgende Punkte abgeklärt werden:

- **Gute und gleichmäßige Ausleuchtung des zu überwachenden Bereiches**
Durch Nachvollziehen der Kamerablickrichtung mit dem menschlichen Auge erhält man einen visuellen Eindruck, ob eine gleichmäßige Ausleuchtung im Bereich des Kamerabildes vorhanden ist.
- **Kontrolle der Beleuchtungsstärke vor dem Objektiv**
Mit Hilfe eines Beleuchtungsstärkemessers („Lux-Meters“) kann das am Objektiv vorhandene, vom Objekt reflektierte Licht gemessen werden.
- **Feststellen der in der Beleuchtungsanlage vorhandenen Lampentypen**
Wichtig hierbei ist, dass die eingesetzten Lampen mit der Kamera (CCD-Sensor) harmonisieren.
- **Evtl. nachträgliche Installation**
Beim Einsatz von Farbkameras können zusätzliche Glüh-, Leuchtstoff- oder Quecksilberdampf-Hochdrucklampen die Farbwiedergabe deutlich verbessern.

Es ist in jedem Fall zu empfehlen, nach Möglichkeit eine Kamera vor Ort aufzubauen und das Kamerabild mit den vorhandenen Beleuchtungsverhältnissen zu überprüfen. Jede Berechnung ist nur so gut, wie die Daten, die ihr zu Grunde liegen.

5.5 Wichtige Faktoren bei der Zusatzbeleuchtung

Bei nicht ausreichender Beleuchtung müssen zusätzliche Lichtquellen eingerichtet werden. Ziel ist das Erreichen einer gleichmäßigen Beleuchtung des zu überwachenden Objektes. Hierbei sind verschiedene Punkte zu berücksichtigen, die in den Datenblättern der Hersteller nachzulesen sind:

- **Lebensdauer**
Reicht von ca. 2.000 Std. bei Halogenstäben bis zu über 50.000 Std. bei LED.
Geht man von einer Betriebszeit von 9 Std./Tag aus, müssten ca. alle 7,4 Monate die Halogenstäbe getauscht werden, wohingegen die LEDs eine 25-fach höhere Betriebszeit haben.
- **Betriebskosten**
Hier sind Stromverbrauch und Ersatzlampen zu berücksichtigen.
Die Betriebskosten z.B. für einen 500 W Strahler belaufen sich bei einer Laufzeit von 9 Std./Tag auf mehr als 350 €/Jahr (ohne Leuchtmittel).
- **Abstrahlwinkel**
Muss in den Bereich des Objektivs passen, auf gleichmäßige Lichtverteilung ist zu achten.
- **Reichweite**
Sollte genau wie der Abstrahlwinkel im Bereich des Objektivs liegen.
- **Spektrale Strahlungsverteilung**
Spektralbereich der Kamera und der Leuchten müssen harmonisieren.

5.6 Projektierungshinweise

Bei der Installation und Auswahl der geeigneten Beleuchtungseinrichtung können zwei verschiedene Anwendungsfälle unterschieden werden:

- a) Ist eine Personenidentifizierung erforderlich, sind die notwendigen Beleuchtungsanlagen selbstverständlich aufwendiger und damit teurer. Der Abstand zwischen einzelnen Lichtmasten sollte nicht größer als die dreifache Masthöhe sein. Die Auswahl des Objektivs ist in Bezug auf einen korrekten, der Aufnahmesituation angepassten Blickwinkel sehr wichtig.
- b) Bei einer Gebäude- und Geländeüberwachung reicht es üblicherweise aus, nur Umrisse und Silhouetten erkennen zu können, um damit gegebenenfalls geeignete Maßnahmen veranlassen zu können.

Allgemein gilt:

- Lichtquellen sind außerhalb des Blickfeldes der Kamera zu installieren, da sonst dunklere Bildteile im Monitor durch die hohe Lichtintensität unkenntlich werden.
- Unter den gleichen Gesichtspunkten ist eine Kamera so anzuordnen, dass sie von Fahrzeugscheinwerfern weder seitlich noch direkt angestrahlt wird.
- Es empfiehlt sich eine zur Kamera versetzte Installation der Lampe an der zu überwachenden Tür. Dies hat den Vorteil, dass Menschen beim Betreten des Sicherungsbereiches von der Seite beleuchtet werden und so besser zu identifizieren sind.
- Von der Verwendung so genannter Rundstrahlleuchten ist abzuraten. Besser eignen sich Lampen mit seitlich abgedeckter Lichtquelle, die nur nach unten strahlen.
- Nach Möglichkeit sollten die Leuchten in die gleiche Richtung strahlen, in die auch die Kamera blickt, um zu verhindern, dass Gegenlichtsituationen die Bildqualität negativ beeinflussen
- Bei Videoüberwachungsanlagen mit Videosensoren ist auf ausreichenden Abstand zwischen Kamera und Leuchte zu achten. Ansonsten besteht die Gefahr, dass fliegende Tiere, die durch das Licht angezogen werden, den Videosensor auslösen.

5.7 Überwachung von Zugängen und Einfahrten

Das nebenstehende Bild zeigt die wesentlichen Aspekte bei der Projektierung der Beleuchtung von Zugängen und Einfahrten:

- Positionierung des Scheinwerfers zwischen Kamera und Zaun
- Kamera steht seitlich zur Fahrtrichtung eines auf das Grundstück ein- oder ausfahrenden Wagens
- Vorbeifahrende Autos strahlen mit ihren Scheinwerfern nicht in die Kamera

