

## Die richtige Beleuchtung für Video-Überwachungsanlagen

In Video-Überwachungsanlagen wird die Qualität eines Fernsehbildes durch zahlreiche Faktoren bestimmt. Die Beleuchtung ist in diesem Zusammenhang von ganz besonderer Bedeutung. Sie ist die Grundvoraussetzung für kontrastreiche u. wirklichkeitsgetreue Bilder. Bei zu wenig Licht wird die Szene verwaschen u. „Grau in Grau“ wiedergegeben. Dabei hat nicht nur die Intensität, sondern auch die spektrale Zusammensetzung des Lichtes qualitativen Einfluß auf die elektronische Reproduktion der Szene. Insbesondere bei Farbanwendungen wird das Ergebnis von der Art der Lichtquelle bestimmt. Unnatürliche Farben sind häufig die Folge unsachgemäßer Beleuchtung. Das Sonnenlicht bietet zweifelsohne die besten Voraussetzungen für gute Fernsehbilder. Auch die künstliche Beleuchtung in Innenbereichen liefert aufgrund der gesteigerten Empfindlichkeit heutiger CCD-Bildaufnehmer meist zufriedenstellende Ergebnisse.

Besonders kritisch sind Tag-, Nachtüberwachungen im Außenbereich. Hier muß mit extremen Beleuchtungsschwankungen von 100.000 lx Tagsüber bis hin zur totalen Dunkelheit bei Nacht gerechnet werden. Zusätzliche Lichtquellen sind dann unumgänglich! Nicht selten wird vom Betreiber eine diskrete Ausleuchtung der Szene vorgeschrieben. Dieses für das menschliche Auge „unsichtbare“ Licht stellt jedoch höchste Anforderungen an die verwendete Kameratechnik, denn nur wenige CCD-Bildaufnehmer verfügen über ausreichende Empfindlichkeit im nahen Infrarotbereich. Unter diesen Voraussetzungen entscheidet die spektrale Empfindlichkeit der Kamera, die Lichtstärke des Objektivs u. ganz besonders die Lichtquelle über die Qualität der Fernsehbilder.

Um die Bedeutung des Lichtes für unsere Anwendung besser verstehen zu können, sollen zunächst die allgemeingültigen Zusammenhänge erläutert werden, die das „menschliche Sehen“ überhaupt ermöglichen. Im Anschluß werden dann die speziellen Anforderungen an die Beleuchtung für Video-Überwachungsanlagen respektive Video-Kameras besprochen. Der zweite Teil dieser Serie beschreibt die besonderen Eigenschaften bzw. die Eignung handelsüblicher Lichtquellen unter Berücksichtigung von S/W- u. Farbkameras. Abschließend erhält der Leser in einer Zusammenfassung nützliche Projektierungshinweise für den praktischen Einsatz.

### **Sonnenlicht, die beste Lichtquelle**

Das Sonnenlicht ist unumstritten die beste Lichtquelle für menschliches Sehen. Bei Sonnenlicht nehmen wir Gegenstände in allen uns bekannten Farben wahr. In den Abendstunden u. auch bei bestimmten künstlichen Lichtquellen, sehen wir den gleichen Gegenstand u.U. andersfarbig bzw. blasser, u. bei sehr wenig Licht evtl. nur noch in Grautönen u. im schlimmsten Fall überhaupt nicht mehr. Die Erklärung ist einfach, u. in der Tatsache begründet, daß die meisten der uns bekannten Gegenstände selber nicht leuchten, sondern lediglich einen Teil des „Fremdlichtes“ reflektieren. Dieses Licht wird vom Auge empfangen u. dort in Helligkeit u. Farbe unterschieden. Wie hell u. in welcher Farbe das angestrahlte „Objekt“ wahrgenommen wird, ist von vielen verschiedenen Faktoren abhängig. Zunächst müssen dazu eine Reihe notwendiger Zusammenhänge erläutert werden. In der Physik wird das sichtbare Licht als Teil der elektromagnetischen Strahlung verstanden. An den sichtbaren Teil schließen sich unterhalb das ultraviolette u. oberhalb das infrarote Licht an. Die Strahlung selbst breitet sich wellenförmig aus; deswegen kann jeder Teilbereich anhand seiner Wellenlänge eindeutig definiert werden. Vom menschlichen Auge werden die elektromagnetischen Strahlen wahrgenommen, deren Wellenlänge etwa zwischen 380 u. 760nm liegen. Jede Wellenlänge entspricht dabei einer bestimmten Farbe. So empfinden wir Strahlen mit 450nm als Blau, 520nm als Grün u. 620nm als Rot. Die max. Empfindlichkeit des menschlichen Auges liegt bei 520nm (Grün) u. 560nm (Gelb).

Damit wir Gegenstände farblich unterscheiden können, müssen jedoch mehrere Bedingungen erfüllt werden. Zunächst wird der Gegenstand von einer elektromagnetischen Strahlung

## Die richtige Beleuchtung für Video-Überwachungsanlagen

angestrahlt. Abhängig vom Material u. der Oberflächenstruktur werden nur Strahlen bestimmter Wellenlängen zum Auge reflektiert. Die Farbe wird somit von der Art der Reflexion u. auch durch die Intensität der reflektierten Strahlen bestimmt. Weil ein Gegenstand jedoch nur die Strahlen reflektieren kann, die er empfängt, wird das farbliche Aussehen eines Gegenstandes wesentlich durch die Zusammensetzung der Lichtstrahlen definiert. Wenn z.B. nur der Wellenlängenbereich 450nm im Licht vorhanden ist, kann auch nur der Sinneseindruck Blau entstehen, sofern der beleuchtete Gegenstand dieses Licht reflektieren kann. Der Mensch hat sich im Laufe seiner Entwicklung optimal an das Lichtspektrum der Sonne angepaßt. Etwa 50% der von ihr ausgehenden elektromagnetischen Strahlen liegen im sichtbaren Bereich. Die restlichen 50% fallen in den ultravioletten bzw. infraroten Bereich. So ist die Sonne grundsätzlich als beste Lichtquelle anzusehen. Im Laufe eines Tages verändert sich jedoch die Zusammensetzung des Sonnenlichtes. Morgens ist der Blauanteil größer u. abends der Rotanteil höher. Aber auch in diesem Punkt hat sich der Mensch an die besonderen „Eigenschaften“ der Sonne angepaßt, wie die nachfolgende Grafik zeigt:

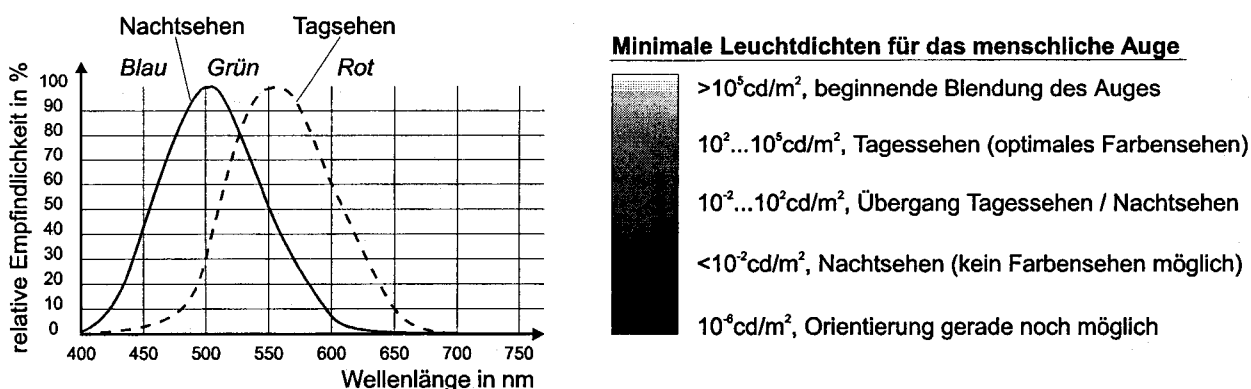


Bild 1: Empfindlichkeitsspektrum des menschlichen Auges

### Beleuchtung in Video-Überwachungsanlagen

Unter Berücksichtigung der bisherigen Ausführungen sollen nun die speziellen Belange der Beleuchtung für Video-Überwachungsanlagen besprochen werden. Die Video-Kamera hat die Aufgabe, das von der Szene reflektierte Licht in der Form in elektrische Signale umzuwandeln, so daß am Ende der Übertragungsstrecke aussagekräftige Fernsehbilder zur Verfügung stehen. Die reflektierten Lichtstrahlen treffen zunächst auf ein Objektiv, werden dort gebündelt u. auf einen lichtempfindlichen Bildaufnehmer projiziert. Ein CCD-Bildaufnehmer besteht aus einer Vielzahl lichtempfindlicher Halbleiterelemente, deren elektrische Ladung an die Intensität des auftreffenden Lichtes gekoppelt ist. Mit einer komplexen elektronischen Schaltung werden die Ladungsinformationen in regelmäßigen Abständen aus dem CCD ausgelesen u. in ein genormtes Videosignal gewandelt. Wir unterscheiden in der Praxis zwischen *SW*- u. *Farbkameras*. Wenngleich das Empfindlichkeitsspektrum von *Farbkameras* weitestgehend dem des menschlichen Auges entspricht, sind *SW-Kameras* im Gegensatz zum Auge auch noch bis in den Infrarotbereich empfindlich. Allerdings sind in Bezug auf spektrale Empfindlichkeit u. Mindestbeleuchtung für beide Kameratypen sehr starke Unterschiede zu verzeichnen. Auf das Objektiv fällt in diesem Zusammenhang eine besondere Bedeutung, weil es die einfallenden Lichtstrahlen im gesamten Lichtspektrum möglichst unverändert durchlassen soll. Die produktspezifischen Unterschiede bei *Kameras* u. *Objektiven* fallen bei Tageslicht, zumindest bei Standardanwendungen, nicht auf, sind bei Kunstlicht abhängig von der Art der Lichtquelle jedoch deutlich sichtbar. Insbesondere bei *Farbkameras* sollte der Wellenlängenbereich der künstlich erzeugten Lichtstrahlen weitestgehend dem breiten Spektrum des Sonnenlichtes entsprechen. Zusätzlich muß die Szene mit genügender „Intensität“ beleuchtet werden, damit die vom Objekt reflektierten Lichtstrahlen für den Bildaufnehmer „ausreichen“. Für die weiteren

## Die richtige Beleuchtung für Video-Überwachungsanlagen

Ausführungen sollten die im Kasten „Lichttechnische Grundgrößen“ beschriebenen Zusammenhänge bekannt sein.

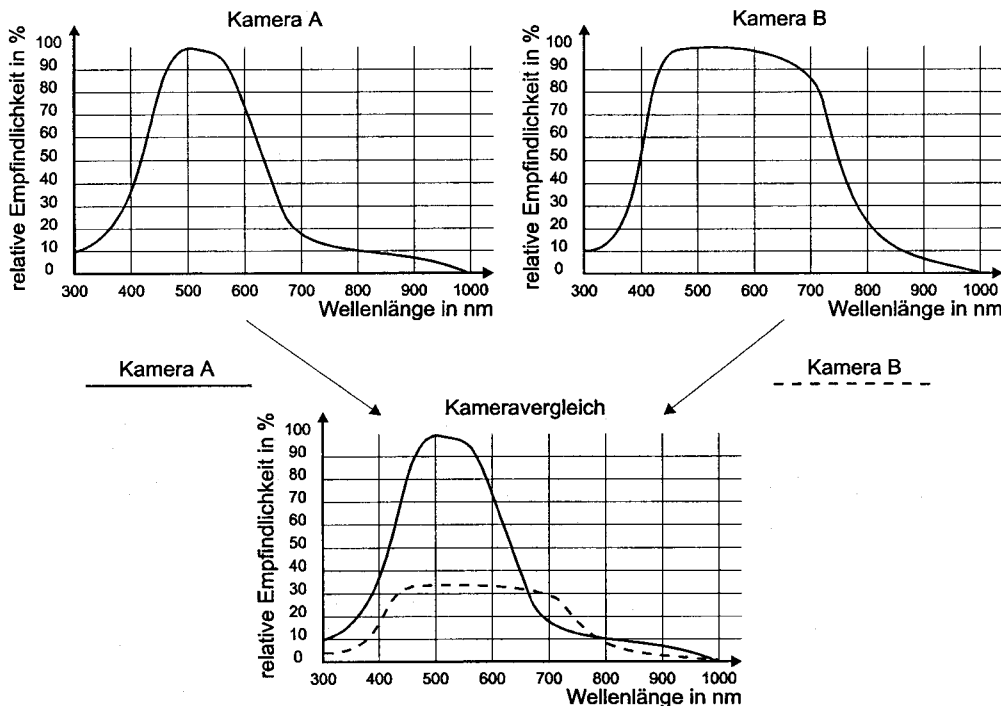


Bild 2: Die Abbildung zeigt die relative spektrale Empfindlichkeit von zwei verschiedenen S/W-Kameras. Vergleicht man lediglich die Kurven von Kamera „A“ u. „B“ wird der Eindruck erweckt, daß der CCD-Bildaufnehmer von Kamera „B“ eine nahezu ideale Empfindlichkeit im gesamten Wellenlängenbereich aufweist. Tatsächlich ist Kamera „A“ bis in den hohen Wellenlängenbereich empfindlicher. Nur im Bereich von 670 bis 780nm weist Kamera „B“ geringfügige Vorteile auf.

### Lichttechnische Grundgrößen

Die *Beleuchtungsstärke* wird in Lux (lx) angegeben, u. ist ein Maß für den Helligkeitseindruck, den ein bestimmter Lichtstrom pro Flächeneinheit erzeugt. Sie darf nicht mit der Leuchtdichte verwechselt werden, da die Beleuchtungsstärke lediglich den Helligkeitseindruck des menschlichen Auges widerspiegelt, den ein Lichtstrom an einer bestimmten Stelle im leeren Raum erzeugt.

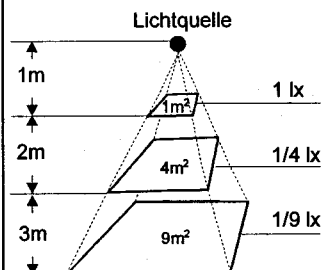


Bild 5: Die Beleuchtungsstärke mit zunehmender Entfernung quadratisch ab.

Die Farbtemperatur wird in Kelvin (K) angegeben u. ist in Verbindung mit Farbanwendungen von besonderer Bedeutung, denn zwischen Farbe u. Farbtemperatur besteht ein direkter Zusammenhang. Die Temperaturskala beginnt bei dem absoluten Nullpunkt, d.h. -273,15 °C. Für das menschliche Auge wird die Strahlung ab einer Farbtemperatur von 525 °C sichtbar u. als dunkelrot wahrgenommen. Würde man

## Die richtige Beleuchtung für Video-Überwachungsanlagen

einen „idealen“ schwarzen Körper erhitzen, so würde jede Temperatur ein bestimmtes Farbempfinden auslösen. Ein schwarzer Körper strahlt in Abhängigkeit der Temperatur in Rot, Orange, Gelb bis hin zu Weiß. Bei künstlichen Lichtquellen wird die Farbtemperatur mit angegeben. Die Farbe entspricht dann der Farbe, die ein „idealer“ schwarzer Körper bei der gleichen Temperatur haben würde. Das warmweiße Licht einer Glühlampe entspricht einer Farbtemperatur von 2.800 K. Die Farbtemperatur läßt aber keine Rückschlüsse auf die Temperatur des Wolframfadens zu, sondern beschreibt lediglich das farbliche Aussehen der Lichtquelle. Bei Farbkameras wird die Farbechtheit des Bildes wesentlich durch Farbtemperatur der Lichtquelle beeinflusst.

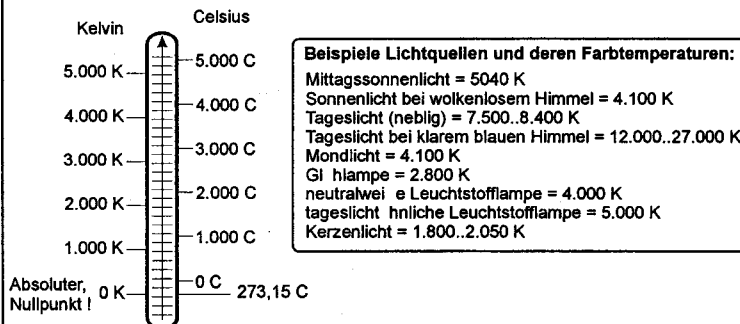


Bild 6: Farbtemperatur

Lichtstrom, ist ein Maß für die gesamte von einer Lichtquelle in alle Richtungen ausgehende (photometrisch bewertete) Lichtleistung; Die Einheit ist Lumen (lm).

$$\text{Lichtstrom} = \frac{\text{Lichtenergie}}{\text{Zeit in Sekunden}}$$

Die **Lichtstärke** ist ein Maß für den Teil des Lichtstroms, der sich in einer bestimmten Richtung ausbreitet. Die Lichtstärke ist somit in besonderem Maße von der Art der Lichtverteilung einer Lichtquelle abhängig. Von den meisten Leuchtenherstellern, werden dementsprechend produktspezifische Lichtverteilungskurven zur Verfügung gestellt. Die Lichtstärke wird in Candela (Cd) angegeben.

$$\text{Lichtstärke} = \frac{\text{Lichtstrom}}{\text{Raumwinkel}}$$

Die **Lichtmenge** ist die nach dem Helligkeitsempfinden des menschlichen Auges bewertete Lichtenergie, die von einer Lichtquelle ausgestrahlt wird. Sie entspricht dem Produkt aus dem von einer Lichtquelle ausgehenden Lichtstrom u. der Zeit. Die Einheit ist Lumensekunde (lm x s).

$$\text{Lichtmenge} = \frac{\text{Lichtstrom}}{\text{Zeit in Sekunden}}$$

Die **Lichtausbeute** ist das Maß für die Wirtschaftlichkeit einer Lichtquelle. Sie gibt an, wieviel Lichtstrom pro Leistung - bezogen auf die Lichtquelle- z.B. eine Lampe abgibt. Je größer das Verhältnis zwischen Lichtstrom (Lumen) / Leistung (Watt) desto wirtschaftlicher ist die Lampe.

$$\text{Leuchtausbeute} = \frac{\text{Lichtstrom}}{\text{Leistung in Watt}}$$

Die **Leuchtdichte** ist eine Größe zur Bewertung des Helligkeitseindrucks, den die Lichtstärke einer Lichtquelle auf einer bestimmten Fläche hervorruft. Sie wird in Candela pro m<sup>2</sup> (cd/m<sup>2</sup>) angegeben.

$$\text{Leuchtdichte} = \frac{\text{Lichtstärke}}{\text{Fläche in m}^2}$$

Umgebung / Bedingung	Beleuchtungsstärke
Sonnenlicht im Sommer	100.000 lx
Trüber Sommertag	20.000 lx
Sonnenlicht im Winter	10.000 lx
Bewölkter Himmel im Sommer	5.000..20.000 lx
Bewölkter Himmel im Winter	1.000..2.000 lx

## Die richtige Beleuchtung für Video-Überwachungsanlagen

Bürobeleuchtung	300..750 lx
Verkehrsstraße	5..25 lx
Anliegerstraße	3 lx
Vollmondnacht	0,2 lx
Klare Nacht	0,0003 lx

Tabelle: Richtwerte Beleuchtungsstärken

### Beleuchtungsstärke

Die Beleuchtungsstärke ist im Bereich der Videoüberwachungstechnik die am häufigsten genannte lichttechnische Grundgröße. Alle Empfindlichkeitsangaben für Kameras basieren auf dieser „Helligkeitsbewertung“. Ebenso kann die „Strahlungsleistung“ von Leuchten bzw. Scheinwerfern an einer beliebigen Stelle vor Ort eindeutig bewertet werden. Zur Messung eignen sich sogenannte Luxmeter. Heutige Farbkameras erreichen laut Hersteller mittlerweile 1 lx Lichtempfindlichkeit gemessen am Objektiv. Bei entsprechenden *SW* Kameras werden unter gleichen Bedingungen nur ca. 0,1 lx angegeben. Ganz abgesehen von der Tatsache, daß diese Angaben häufig keine Rückschlüsse auf die tatsächliche Empfindlichkeit einer Kamera zulassen, weil u.a. genaue Angaben zum Objektiv u. dem der Empfindlichkeit entsprechenden Wellenlängenbereich fehlen, werden wir bei den weiteren Ausführungen von diesen Empfindlichkeitsangaben ausgehen, denn bei näherer Betrachtung reichen selbst diese „guten Werte“ für manche Anwendungen nicht aus. Die Zusammenhänge sollen am Beispiel einer Außenhautüberwachung mit Kunstlicht erläutert werden. Unabhängig von der Art der Lichtquelle sollte der komplette Überwachungsbereich möglichst gleichmäßig ausgeleuchtet werden. Wir unterscheiden grundsätzlich zwischen „rundstrahlenden“ Lichtquellen, z.B. Straßenleuchten u. „richtungsgebundenen“ z.B. Scheinwerfer. Bei der Außenhautüberwachung werden häufig Scheinwerfer eingesetzt, die ausgehend vom Kamerastandort in Blickrichtung der Kamera montiert werden. Unter der Voraussetzung, daß der Abstrahlwinkel des Scheinwerfers annähernd dem Blickwinkel der Kamera entspricht, wird so der Erfassungsbereich der Kamera gezielt ausgeleuchtet. Tatsächlich nimmt die vom Scheinwerfer ausgehende Beleuchtungsstärke mit zunehmender Entfernung deutlich ab, so daß nur die Szene im Vordergrund u. nicht die Objekte im entfernten Hintergrund ausreichend ausgeleuchtet werden. Weil die Beleuchtungsstärke tatsächlich quadratisch abnimmt, messen wir ausgehend von z.B. 25.000 lx in 1m Entfernung nur noch 6250 lx in 2m u. 1562,5 lx in 4m Abstand. Unter gleichen Bedingungen würden in 20m Entfernung nur noch 62,5 lx gemessen werden. Eine Person, die sich in diesem Abstand zum Scheinwerfer aufhält, reflektiert jedoch nur einen Teil der Lichtstrahlen in Richtung Kamera zurück. Ausgehend von einem Reflexionsgrad von 0,55 werden ~34,4 lx(!) reflektiert.

Obwohl die in Richtung Kamera reflektierte Lichtmenge in gleichem Maße abnimmt, können wir an der Kamera mit ~34,4 lx rechnen, da auch die Objektgröße mit zunehmender Entfernung quadratisch kleiner wird, u. die Beleuchtungsstärke ja ein Maß für den Helligkeitseindruck ist, den ein Lichtstrom pro Flächeneinheit erzeugt.

$$\text{Beleuchtungsstärke am Objektiv} = \frac{\text{Beleuchtungsstärke „Szene“} \times \text{Reflexionsgrad}}{\text{Entfernung zur Kamera}^2}$$

## Die richtige Beleuchtung für Video-Überwachungsanlagen



Bild 3: Zusammenhang zwischen Beleuchtungsstärke, Entfernung u. Reflexion

Genaugenommen weichen die tatsächlichen Werte in der Praxis von den hier genannten ab. Sie würden nur dann zutreffen, wenn sich die Person in der Mitte des Lichtkegels u. genau im rechten Winkel zu den Lichtstrahlen bewegen würde. Dadurch, daß der Scheinwerfer in einem der Kamera entsprechenden Neigungswinkel montiert ist, nimmt die tatsächliche Beleuchtungsstärke mit zunehmender Entfernung nicht linear sondern abhängig vom Einfallswinkel der Lichtstrahlen ab. Weil die Lichtstrahlen aus dem gleichen Grund nicht im rechten Winkel auftreten, würde ein Teil der Lichtstrahlen in „andere Richtungen“ abgelenkt werden. Abschließend kann gesagt werden, daß die Lichtstrahlen bei den meisten Scheinwerfern in der Mitte des Lichtkegels am stärksten sind, u. in den Randbereichen zunehmend schwächer werden.

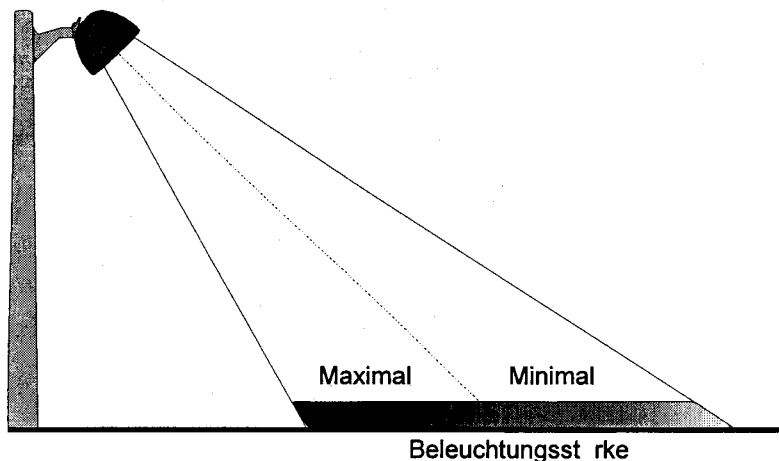


Bild 4: Abhängig vom Montagewinkel bzw. Abstrahlwinkel des Scheinwerfers reduziert sich die Beleuchtungsstärke im Überwachungsbereich

Wie dieses Beispiel aus der Praxis beweist, stellt die Beleuchtung höchste Anforderungen an die Technik. Nur bei gezielter Planung u. fachgerechter Projektierung erreichen wir das gesteckte Ziel. Grundvoraussetzung ist jedoch die richtige Lichtquelle, deren Lichtleistung u. Wellenlängenbereich den Anforderungen entspricht. Im allgemeinen unterscheiden wir zwischen sichtbarer, semidiskreter u. diskreter Beleuchtung. Lediglich bei sichtbarem Licht können Farbkameras eingesetzt werden. Semidiskrete Beleuchtung ist „besonders

## Die richtige Beleuchtung für Video-Überwachungsanlagen

empfindlichen“ S/W-Kameras u. die Verwendung von diskreten Scheinwerfern ausschließlich Kameras mit entsprechender spektraler Empfindlichkeit vorbehalten.

# Die richtige Beleuchtung für Video-Überwachungsanlagen

## Die richtige Beleuchtung für Video-Überwachungsanlagen, Teil 2

Im ersten Teil dieser zweiteiligen Abhandlung (W&S Ausgabe 7/97) wurden die lichttechnischen Grundlagen, die in direktem Zusammenhang mit der Beleuchtung in Video-Überwachungsanlagen stehen, besprochen. Für den praktischen Einsatz sind zusätzliche Kenntnisse über die speziellen Eigenschaften handelsüblicher Lichtquellen bzw. deren Eignung für videotechnische Anwendungen unumgänglich. Im Vordergrund muß dabei die mit der Lichtquelle erreichbare Bildqualität sprich Kompatibilität zur Anwendung u. die Wirtschaftlichkeit, d.h. der Stromverbrauch u. die Lebensdauer der in Frage kommenden Technik stehen. Die Qualität eines Fernsehbildes wird jedoch grundsätzlich durch eine Vielzahl von Parametern bestimmt. Deswegen hat der Autor die wichtigsten Zusammenhänge im anschließenden Kapitel „Projektierungshinweise für Videokamera, Objektiv u. Beleuchtung“ für Sie zusammengefaßt.

### Lichtquellen im Überblick

**Glühlampen** sind neben Leuchtstofflampen wohl die bekanntesten Lichtquellen. Der in einem luftdichten Glaskolben von Gas umgebene Glühdraht, setzt die durch einen Stromfluß hervorgerufene Wärme in Licht um. Da die Glühlampe den spektralen Eigenschaften der Sonne am nächsten kommt, ist sie für Farbkameras u. S/W Kameras gleichermaßen geeignet. Nachteilig ist die geringe Lebensdauer von 750 bis 1500 Stunden u. die schlechte Lichtausbeute von 9 bis 20 lm/W.

*Verwendbarkeit: Farbkameras JA, S/W-Kameras JA, Infrarot JA (kommt in der Praxis jedoch nicht vor)*

**Halogenlampen** unterscheiden sich von Glühlampen im wesentlichen durch einen etwas höheren Gasdruck u. der Zusammensetzung des Gases. Aufgrund des gesteigerten Gasdrucks kann der Glühdraht in Halogenlampen bei höheren Temperaturen betrieben werden. Dadurch wird eine höhere Lichtausbeute bei gleichzeitiger Einhaltung der Lichtcharakteristik erreicht. Die Halogenlampe ist somit ohne Einschränkungen für den Betrieb mit Farb-, u. S/W-Kameras geeignet. Außerdem liegt die Lebensdauer von Halogenlampen mit etwa 2000 Stunden über der von Glühlampen.

*Verwendbarkeit: Farbkameras JA, S/W-Kameras JA, Infrarot JA*

**Leuchtstofflampen** erzeugen ihr Licht, indem die auf der Innenseite der Glasröhre aufgebraute Leuchtstoffbeschichtung durch die bei einer Quecksilber-Niederdruckentladung erzeugte UV-Strahlung, in sichtbares Licht umgewandelt wird. Die Zusammensetzung dieser Leuchtschicht bestimmt den „spektralen Aufbau“ des Lichtes. Abhängig davon eignen sich Leuchtstofflampen für Farb- u. S/W-Kameras. Bei einer Lichtausbeute von etwa 30 bis 70 lm/W liegt die Lebensdauer zwischen 8.000 u. 12.000 Stunden.

*Verwendbarkeit, je nach Ausführung: Farbkameras JA, S/W-Kameras JA, Infrarot JA (kommt in der Praxis jedoch nicht vor)*

**Hochdruck-Metall-Halogen-Dampflampen** fallen in die Gruppe der Gasentladungslampen. Das in einem luftdichten Glaskörper befindliche Gas muß zunächst mit Hochspannung gezündet werden, um so das Gas „leitfähig“ zu machen. Die durch den Stromfluß entstehende Hitze sorgt für eine Verdampfung des im Glaskörper befindlichen quecksilberhaltigen Gasgemisches. Das Strahlungsverhalten wird zum einen durch das Gasgemisch u. außerdem durch die Beschichtung der äußeren Glasoberfläche bestimmt. Hochdruck-Metall-Halogen-Dampflampen stellen eine nennenswerte Weiterentwicklung im Lampenbereich dar. Je nach Ausführung entspricht die Lichtcharakteristik weitestgehend der von Glühlampen. Außerdem zeichnet sich

## Die richtige Beleuchtung für Video-Überwachungsanlagen

die Lampe durch eine hohe Lebensdauer von 10.000 bis 15.000 Stunden aus. Die Lichtausbeute liegt zwischen 75 u. 105 lm/W. Nachteilig ist jedoch die relativ lange Aufwärmphase von 2 bis 3 Minuten, die nach dem Einschalten bis zum Erreichen der vollen Helligkeit verstreicht. Wird die Lampe kurzzeitig ausgeschaltet, muß sie zunächst „vollständig“ abkühlen. Die Lampe erreicht bei kurzzeitigen Ausschalten erst nach mehreren Minuten wieder ihre „Nennhelligkeit“.

*Verwendbarkeit: Farbkameras **JA**, S/W-Kameras **JA**, Infrarot **JA***

**Niederdruck-Natrium-Dampflampen** sind ebenfalls Gasentladungslampen, die im Gegensatz zu den Hochdrucklampen mit einem geringeren Druck im Innern des Glaskörpers arbeiten. Das erzeugte Licht entspricht ziemlich genau einer Wellenlänge von 580 nm. Die Niederdruck-Natrium-Dampflampe zeichnet sich eindeutig durch ihre hohe Lichtausbeute von etwa 180 lm/W aus. Aufgrund des gelben Lichtes kann sie jedoch nicht mit Farbkameras kombiniert werden, weil nur die gelben Objekte in ihrer eigentlichen Farbe wiedergegeben würden. Alle anderen Farben würden entweder in braun oder schwarz erscheinen. Auch bei S/W-Kameras müssen aufgrund der spektralen Zusammensetzung Einbußen bei der wirklichkeitstgetreuen Wiedergabe einer Szene in Kauf genommen werden. Die Aufwärmphase beträgt ca. 15 Minuten. Bei kurzzeitigem Wiedereinschalten muß eine Wartezeit von ca. 2 Minuten eingerechnet werden. Die Lebensdauer liegt zwischen 16.000 u. 24.000 Stunden. Dieser Lampentyp wird insbesondere in der Verkehrstechnik z.B. an Kreuzungen eingesetzt.

*Verwendbarkeit: Farbkameras **NEIN**, S/W-Kameras **JA**, Infrarot **NEIN***

**Hochdruck-Natrium-Dampflampen** sind Gasentladungslampen, deren Lichtcharakteristik im Vergleich zu den Niederdruck-Natrium-Dampflampen verbessert werden konnte. Allerdings reichen diese Verbesserungen nicht für Farbanwendungen aus. Die Lichtstrahlen entsprechen den Farben gelb bis orange u. sind im Bereich blau bis grün nur sehr schwach vertreten. Die Lampe ist jedoch ohne Einschränkungen für S/W-Anwendungen geeignet. Wie alle Hochdrucklampen überzeugt sie mit 120 bis 150 lm/W durch ihre hohe Lichtleistung, bei einer Lebensdauer von 15.000 bis 18.000 Stunden. Die Aufwärmphase beträgt zwischen 6 u. 8 Minuten. Bei kurzzeitigem Ausschalten muß eine Wartezeit von ca. 1 Minute in Kauf genommen werden.

*Verwendbarkeit: Farbe **BEDINGT**, S/W-Kameras **JA**, Infrarot **NEIN***

**Hochdruck-Quecksilber-Xenon-Dampflampen** sind ebenfalls Gasentladungslampen, mit relativ hohen Anteilen im ultravioletten (UV) u. im infraroten (IR) Bereich. Ansonsten entsprechen die von ihr ausgehenden Lichtstrahlen im wesentlichen den Farben blau, grün, gelb u. anteilig orange. Alle anderen „Farben“ sind nur schwach vertreten, wodurch diese Lampe nur bedingt für Farbanwendungen geeignet ist. In Verbindung mit S/W-Kameras liefert sie zufriedenstellende Ergebnisse. Unter Berücksichtigung entsprechender Sperrfilterscheiben eignet sie sich besonders für Infrarotanwendungen. Die durchschnittliche Lichtleistung beträgt ca. 50 bis 60 lm/W bei einer Lebensdauer von 15.000 bis 24.000 Stunden. Die Aufwärmphase beträgt zwischen 4 u. 6 Minuten. Bei kurzzeitigem Ausschalten erreicht die Lampe nach ca. 2 bis 4 Minuten wieder ihre Nennhelligkeit.

*Verwendbarkeit: Farbkameras **NEIN**, S/W-Kameras **JA**, Infrarot **JA***

## Die richtige Beleuchtung für Video-Überwachungsanlagen

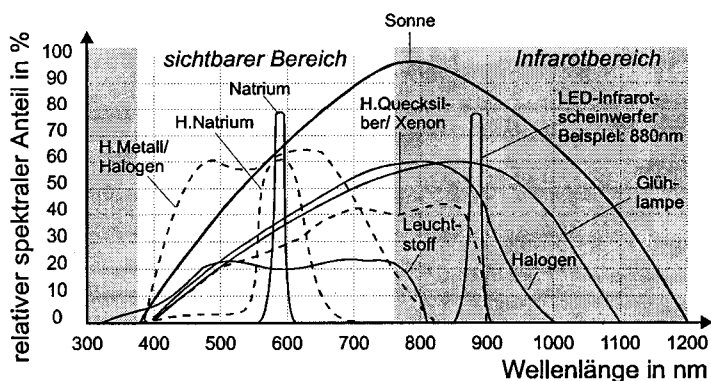


Bild 1: Die Grafik zeigt in einer Gegenüberstellung die spektrale Energieverteilung verschiedener Lichtquellen. Die Angaben sind als grobe Richtwerte zu verstehen.

### Infrarotscheinwerfer

In manchen Anwendungen ist die sichtbare Ausleuchtung des Überwachungsbereiches nicht gewünscht. Ungeachtet der Beweggründe bietet sich die Verwendung von Lichtquellen an, deren spektrale Anteile im infraroten Bereich der elektromagnetischen Strahlen liegen. Dieser Bereich schließt sich ab 760nm unmittelbar an die sichtbaren Strahlen (380nm...760nm) an. Das menschliche Auge nimmt Strahlungen im Infrarotbereich, abhängig von der Wellenlänge, mit immer schwächer werdendem Rot wahr. Bis etwa 900nm sprechen wir von semidiskretem u. ab 900nm von diskretem, d.h. von einem für den Menschen unsichtbarem Licht. Im Gegensatz dazu liegen diese Strahlen noch im Empfindlichkeitsbereich bestimmter S/W-Kameras. Wir unterscheiden hier zwischen den besonders empfindlichen CCD-Bildaufnehmern, die sich im gesamten Spektrum durch eine erhöhte Lichtempfindlichkeit auszeichnen u. denen, deren spektrale Eigenschaften speziell für den Infrarotbereich bis etwa 950nm optimiert sind, u. somit tatsächlich eine diskrete Videoüberwachung zulassen. Die besonders empfindlichen Kameras können im allgemeinen bis 880nm eingesetzt werden, wobei mit zunehmender Wellenlänge sichtbare Verschlechterungen, d.h. immer stärker werdendes Rauschen, in Kauf genommen werden müssen.

Als „infrarote Lichtquellen“ bieten sich zwei Lösungen an. Zunächst können „konventionelle“ Lampen, deren Energieverteilung auch im infraroten Bereich liegt, verwendet werden. Hier bieten sich insbesondere Hochdruck-Metall-Halogen-Dampflampen u. auch Hochdruck-Quecksilber-Xenon-Dampflampen an. Weil eine diskrete Beleuchtung gewünscht ist, müssen die sichtbaren Lichtstrahlen „unsichtbar“ gemacht werden. Dies geschieht mit sogenannten Sperrfiltern, die im Strahlengang der Lampe bzw. am Scheinwerfer befestigt werden. Aufgrund der Beschaffenheit des Glases werden nur die Lichtstrahlen durchgelassen, die oberhalb einer bestimmten Wellenlänge liegen. Abhängig vom Sperrfilter ist das Licht dann entweder mit dunklen Rot (715nm) oder nur schwach bis überhaupt nicht mehr zu sehen. Infrarotscheinwerfer dieser Art werden von mehreren Herstellern u.a. mit folgenden Sperrfiltern angeboten: 715nm, 830nm, 880nm u. 950nm. Weil ein großer Teil der Lichtstrahlen von der Filterscheibe zurück in das Lampeninnere reflektiert wird, ist die Wärmentswicklung bei diesen Infrarotscheinwerfern deutlich höher als bei vergleichbaren Scheinwerfern ohne Sperrfilter. Damit die überhöhte Temperatur keine negativen Auswirkungen auf die Lebensdauer hat, muß seitens der Hersteller ein vergleichsweise hoher Aufwand bei der Wärmeableitung betrieben werden.

Alternativ dazu werden spezielle Infrarotscheinwerfer mit Leuchtdioden (LED) angeboten. Im Gegensatz zu konventionellen Lichtquellen mit Filterscheiben strahlen entsprechende LEDs mit einer fest definierten, im Infrarotbereich liegenden Wellenlänge u. einem relativ genauen Abstrahlwinkel. LED-Infrarotscheinwerfer werden u.a. mit folgenden Wellenlängen angeboten:

## Die richtige Beleuchtung für Video-Überwachungsanlagen

830nm, 850nm, 880nm u. 950nm. Die Abstrahlwinkel liegen je nach Hersteller bei etwa 15°, 25°, 40° u. 50°. Aufgrund der optimalen Lichtcharakteristik, bzw. weil die LEDs grundsätzlich mit einer ganz bestimmten Wellenlänge strahlen, ist eigentlich kein zusätzliches Filterglas erforderlich. Um jedoch den Blick ins Lampeninnere auf die „Elektronik“ zu verhindern, wird auch dieser Scheinwerfertyp von den meisten Herstellern mit einem nahezu undurchsichtigen Filterglas ausgestattet.

Die Lichtleistung einer einzigen LED ist viel zu gering, so daß in einem LED Infrarotscheinwerfer je nach Aufgabenstellung bis zu mehrere hundert LEDs zur Anwendung kommen. Die tatsächliche Strahlungsleistung errechnet sich dann linear aus der Summe aller Einzelleistungen. Mit dem Einsatz von LED Scheinwerfern sind zusätzliche Vorteile verbunden. Mit einer Lebensdauer von bis zu 100.000 Stunden haben sie eindeutig die Nase vorn, wodurch regelmäßige Wartungen u. natürlich auch die mit dem Lampenaustausch verbundenen Materialkosten entfallen. Allerdings darf an dieser Stelle nicht verschwiegen werden, daß die Strahlungsleistung der LEDs in Abhängigkeit der „aufaddierten Einschaltzeit“, d.h. der gesamten Betriebsdauer, abnimmt. Die Einbußen sind jedoch nicht so stark wie bei „Standardlampen“ u. erst nach vielen tausend Stunden sichtbar. Aufgrund des „hohen“ Wirkungsgrads zeichnen sich LED Scheinwerfer zusätzlich durch einen deutlich geringeren Stromverbrauch aus.

Die angebotenen LED-Scheinwerfer unterscheiden sich abgesehen von den Strahlungseigenschaften u.a. durch integrierte bzw. externe Stromversorgungen u. durch die Möglichkeit der automatischen Ein- Ausschaltung, abhängig von der am Scheinwerfer gemessenen „Helligkeit“. Dadurch entfallen zusätzliche Schaltvorrichtungen innerhalb des Überwachungssystems. Des weiteren ist darauf zu achten, daß bei dem Ausfall einer LED nicht der komplette Scheinwerfer ausfällt. Dies ist bei den Geräten der Fall, bei denen alle LEDs in Reihe geschaltet. Eindeutig besser sind die Produkte, bei denen die LEDs in sinnvollen „kleinen“ Gruppen organisiert werden, wodurch sich bei einem Defekt die Strahlungsleistung nur anteilig reduziert.

Bei allen Vorzügen, die ein LED Infrarotscheinwerfer bietet, ist der gewünschte Erfolg in besonderem Maße von der fachgerechten Durchführung bei Planung, Produktauswahl u. Installation abhängig. Weil die Strahlungsleistung von LEDs exakt den jeweiligen Vorgaben entspricht, müssen Blickwinkel u. Wellenlängenbereich von Scheinwerfer u. Kamera „genau“ übereinstimmen.

Verwendbarkeit: **Farbkameras NEIN, Standard SW- Kameras NEIN, Besondere Infrarot JA**

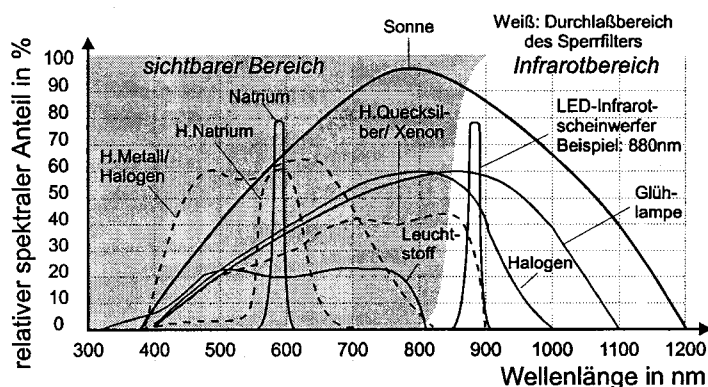


Bild 2: Die Grafik zeigt die Arbeitsweise eines Sperrfilters. In diesem Beispiel werden „alle“ Lichtstrahlen unterhalb 830nm gesperrt. Im 880nm Bereich ist die Lichtcharakteristik eines LED IR-Scheinwerfers zu sehen. Die Leistung von IR-Scheinwerfern wird nicht in Lux, sondern Watt angegeben.

## Die richtige Beleuchtung für Video-Überwachungsanlagen

### Projektierungshinweise

Abschließend folgt nun eine stichpunktartige Zusammenfassung der Kriterien, die grundsätzlich in Verbindung mit künstlicher Beleuchtung zu berücksichtigen sind. Die Qualität eines Fernsehbildes wird wesentlich durch die Empfindlichkeit der verwendeten Kamera, der Lichtstärke des Objektivs u. der Ausleuchtung der Szene beeinflusst. Im allgemeinen stellen kritische Beleuchtungsverhältnisse, wie das Arbeiten mit Kunstlicht höchste Anforderungen an die Technik. Ein direkter Vergleich, basierend auf Datenblättern, ist in jedem Fall kritisch u. läßt nur selten eine zuverlässige Planung ohne praktische Erfahrung bzw. Tests vor Ort zu. Die Anforderungen u. die örtlichen Gegebenheiten sind zu unterschiedlich, als das an dieser Stelle eine pauschale Produktempfehlung gegeben werden könnte.

- Verwenden Sie bei kritischer Beleuchtung, z.B. Nachtanwendung mit IR-Scheinwerfer besonders infrarotempfindliche Video-Kameras.
- Je größer der CCD-Bildaufnehmer desto empfindlicher ist die Kamera. Dies wird jedoch teilweise durch moderne Kameraschaltungen u. Verbesserungen heutiger CCDs bei den kleineren „Formaten“ kompensiert.
- Aktivieren Sie die ggfs. AGC (Automatic Gain Control) der Kamera.
- Farbkameras sind für Anwendungen mit kritischer Ausleuchtung nur bedingt geeignet. Zusammen mit IR-Beleuchtung können sie nicht verwendet werden, da sie im IR-Wellenlängenbereich vollkommen unempfindlich sind.
- Der Abstrahlwinkel des Scheinwerfers muß dem Blickwinkel der Kamera möglichst entsprechen.
- Wählen Sie den Überwachungsbereich (Entfernung) nicht zu groß. Bei größeren Entfernungen verwenden Sie entsprechend mehrere Scheinwerfer.
- Verwenden Sie wenn möglich ein dem CCD-Bildaufnehmer entsprechendes Objektivformat (2/3" Objektiv auf 2/3" CCD, 1/2" Objektiv auf 1/2" CCD usw.)
- Empfehlenswert sind besonders lichtstarke Objektive, da damit das Endergebnis deutlich verbessert werden kann. In diesem Zusammenhang seien die asphärischen Objektive zu nennen, die aufgrund Ihrer besonderen Bearbeitung extrem lichtempfindlich sind, u. deswegen je nach Aufgabenstellung sinnvoll eingesetzt werden können.
- Verwenden Sie im hohen IR-Bereich (ab 900nm) wenn möglich infrarotkorrigierte Objektive, da Standardobjektive bei IR-Licht einen abweichenden Brechungsindex aufweisen. Ansonsten müssen Sie die Schärfeeinstellung (Tag / Nacht) mitteln, d.h. Kompromisse eingehen, um „brauchbare“ Ergebnisse zu erzielen.
- Bei IR-Beleuchtung bis 900nm stellen Sie die Schärfe entweder bei Dunkelheit u. eingeschalteter Beleuchtung oder tagsüber mit einem ND-Filter ein (Blende offen).
- Die Außenhautüberwachung stellt extrem hohe Anforderungen an die Regelung der Kamera bzw. des Objektivs. Wenngleich die Beleuchtungsstärke nachts unter 1 lx liegt, erreicht sie an hellen Sonnentagen Werte von bis 100.000 lx. Aufgrund dessen muß das Objektiv neben einer guten Lichtdurchlässigkeit nachts, im Tagesverlauf entsprechend kleine Blendenöffnungen einstellen. Demzufolge sind Objektive mit ND-Spotfilter u. entsprechend großem Regelbereich ( $\geq f.360$ ) vorzuziehen.
- Das Reflektionsverhalten bei IR-Beleuchtung weicht teilweise von dem mit sichtbarem Licht ab. So wird Infrarotlicht z.B. besonders stark von grünen Flächen wie Rasen, Blattgrün etc. reflektiert. Dieser Effekt kann auch tagsüber bei Verwendung von infrarotempfindlichen Kameras auftreten, die aufgrund des relativ starken IR-Anteils im Sonnenlicht diese Flächen heller abbilden. Aufgrund der geringen Empfindlichkeit für IR-Licht nimmt das menschliche Auge die gleiche Fläche mit einer anderen Helligkeit wahr.
- Extrem kritisch sind Nachtanwendungen mit fernsteuerbaren Kameras. Dies hängt zum einen mit dem großen Erfassungsbereich der Kamera u. den schlechteren Lichtstärken der Zoom Objektive bei langen Brennweiten zusammen. Eine entsprechende Ausleuchtung mit mehreren Scheinwerfer ist unter diesen Voraussetzungen unumgänglich.

## Die richtige Beleuchtung für Video-Überwachungsanlagen

- Das Endergebnis hängt u.a. von der Szene, d.h. dem jeweiligen Reflektionsgrad des Überwachungsbereiches ab. Eine Konstellation, die eine helle Häuserfront deutlich abbildet, bringt bei offener Landschaft deutlich schlechtere Ergebnisse.
- Bei Verwendung von Mischlicht -sichtbares Licht u. IR-Licht- kann es bei Kameras, die auch im IR Bereich besonders empfindlich sind, zu Unschärfen im Bild kommen (Abhilfe: infarrotkorrigierte Objektive)
- Für Messungen im IR-Bereich stehen bis heute kaum geeignete Meßgeräte zur Verfügung. Sogenannte Luxmeter messen entsprechend dem menschlichen Sehvermögen die Beleuchtungsstärke im „sichtbaren“ Wellenlängenbereich.
- Montieren Sie den Scheinwerfer möglichst oberhalb oder in ausreichender Entfernung seitlich von der Kamera. Von dem Licht u. der Wärme des Scheinwerfer werden Insekten angelockt, die sich ansonsten mit an Sicherheit grenzender Wahrscheinlichkeit genau vor der Kamera aufhalten.
- Achten Sie bei der Ausrichtung der Kameras bzw. der Scheinwerfer darauf, daß der Lichtkegel eines Scheinwerfers nicht in die Blickrichtung einer anderen Kamera fällt. Dies würde abhängig von der Strahlungsleistung zu sichtbaren Übersteuerungen im Bild führen.
- Aus dem gleichen Grund sind „rundstrahlende“ Lichtquellen nur bedingt zu empfehlen. Ggfs. muß die betreffende Lampe an entsprechender Stelle „abgeschottet“ werden.
- Testen Sie die in Frage kommenden Produkte an Ort u. Stelle, wenn möglich vor der Installation!

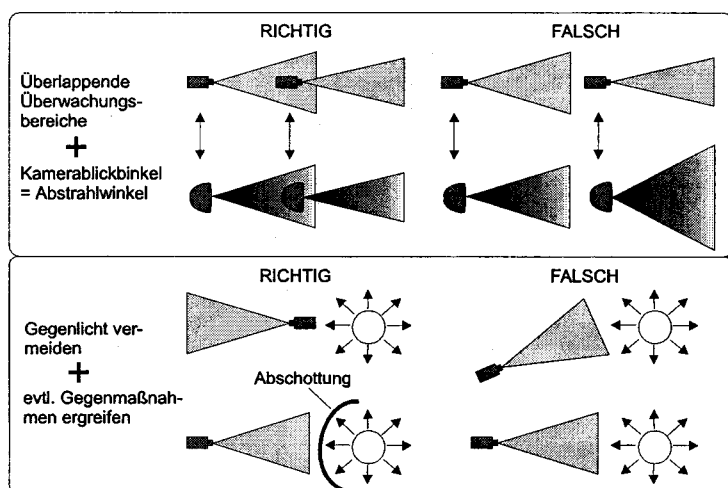


Bild 3: Projektierung bzw. Installation von Scheinwerfer u. Kamera

### Das Thema in Kürze

**Thema:** Die richtige Beleuchtung für Video-Überwachungsanlagen

**Problemstellung:** Der Begriff Beleuchtung ist mit vielen Unklarheiten u. Mißverständnissen behaftet, so daß in Video-Überwachungsanlagen häufig auf ein Optimum an Bildqualität verzichtet werden muß. Besonders kritisch sind Nachtanwendungen mit diskretem, d.h. einem für das menschliche Auge „unsichtbarem“ Licht. Nicht selten sind zu dunkle u. verrauschte Bilder die Folge von unzulänglicher Beleuchtung. In Farbanwendungen ist Art der Lichtquelle zusätzlich für die Farbtreue eines Bildes verantwortlich.

**Lösung:** Ein Optimum an Bildqualität wird dann erreicht, wenn die spektrale Zusammensetzung des Lichtes im Empfindlichkeitsbereich der Kamera liegt, u. die von der Lichtquelle ausgehende

## Die richtige Beleuchtung für Video-Überwachungsanlagen

Beleuchtungsstärke den individuellen Eigenschaften von Kamera, Objektiv u. Reflexionsgrad der Szene entspricht. Die dazu erforderlichen lichttechnischen Grundlagen u. die besondere Eignung handelsüblicher Lichtquellen werden an dieser Artikelserie eingehend besprochen.