

5. Beleuchtung

5.1 Allgemeines

Neben der Wahl der Kamera und des Objektivs stellt die richtige Beleuchtung das stärkste Instrument dar, um mit einem professionellen Videosicherheitssystem eine herausragende Leistung im Nachtbetrieb zu erzielen. Durch EU-Richtlinien zur Senkung des Energieverbrauches wurden Glühlampen und andere ineffiziente Leuchtmittel durch Leuchtdioden (LED) und Leuchtstofflampen ersetzt.

Während Glühlampen nur ca. 5 % der Energie in Licht umwandeln, liegt dieser bei LEDs um 30% und mehr. Auch die Lichtausbeute liegt bei Glühlampen um ca. 12 Lumen (lm) pro Watt, bei Fluoreszenzlampen bei ca. 80 lm/Watt und bei weißen LEDs bei 150 lm/Watt und mehr.

Die LED-Technologie hat sich in nahezu allen Anwendungen durchgesetzt und kann den Energieverbrauch um mehr als 80 % reduzieren. Dank der modernen LED-Technik und der innovativen IP-Technologie ist es heute möglich, Weiß- oder Infrarotlicht-Scheinwerfer per Netzwerk zu steuern. Auch die Hybrid-Funktion (Weiß- und Infrarotlicht in einem Scheinwerfer) ermöglicht es dem Benutzer, sein Objekt optimal auszuleuchten. Dadurch kann das VSS-System flexibler genutzt werden und einfacher den Verhältnissen vor Ort angepasst werden. Zudem ist es kostengünstiger und trägt einen Beitrag zur Energiereduzierung bei.

Die Beachtung der nachfolgend dargestellten Basisinformationen ist die Voraussetzung für eine optimale Beleuchtung der Videosicherheitsanlage.

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.

Die Performance eines jeden VSS-Systems hängt nicht nur von den wesentlichen Komponenten wie Kamera und Objektiv ab, sondern auch an der Quantität, Qualität und Verteilung des verfügbaren Lichts. Dank der heutigen lichtempfindlichen Kameras wird nicht mehr so viel Licht wie früher benötigt. Je mehr Pixel eine Kamera besitzt, desto mehr Licht benötigen sie für eine optimale Ausleuchtung.

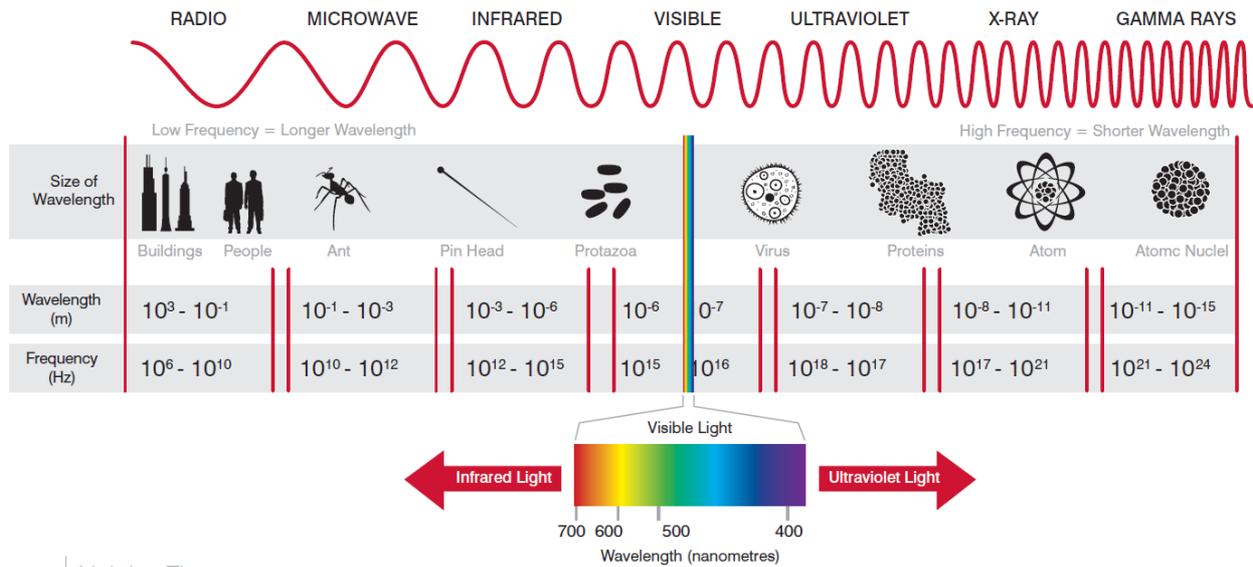
Licht bestimmt, ob ein Objekt überhaupt und aus welchen Entfernungen betrachtet werden kann und die Qualität und Richtung des Lichts bestimmt das Aussehen des Objekts. Das elektromagnetische Spektrum reicht von Funkwellen (lange Wellenlängen) bis hin zu Gammastrahlen (kurze Wellenlängen). Licht ist der Teil des elektromagnetischen Spektrums, der für das menschliche Auge sichtbar ist. Die Wellenlänge des Lichts entscheidet über die Farbe und die Art des Lichts und nur ein sehr schmaler Wellenlängenbereich ist für das menschliche Auge sichtbar, von ca. 400 Nanometer (violett) bis 700 Nanometer (rot). Dieses Band wird als sichtbares Licht bezeichnet.

Andere Wellenlängen, insbesondere im nahen Infrarot- und ultravioletten Licht werden manchmal als Licht bezeichnet, wenn die Sichtbarkeit für den Menschen nicht das Hauptkriterium ist (z.B. Beleuchtung von Kameras). Die meisten VSS-Kameras können Licht außerhalb der Reichweite des menschlichen Auges erfassen, so dass sie nicht nur mit Weißlicht, sondern auch mit Infrarot für die Nachtüberwachung verwendet werden können. Typischerweise können Kameras Infrarot im Bereich von 715-950nm sehen - längere Wellenlängen von IR bis zu 1.100 nm erfordern spezielle Kameras.

Das Licht bewegt sich mit einer erstaunlichen Geschwindigkeit von 300.000.000.000 m pro Sekunde von einer Quelle wie der Sonne, einer elektrischen Lampe oder einer Infrarotlampe. Licht bewegt sich in geraden Linien und verursacht Schatten, wo sie blockiert werden.

5. Beleuchtung

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.



Vergleich Spektralempfindlichkeit

5.2.2 Farbtemperatur

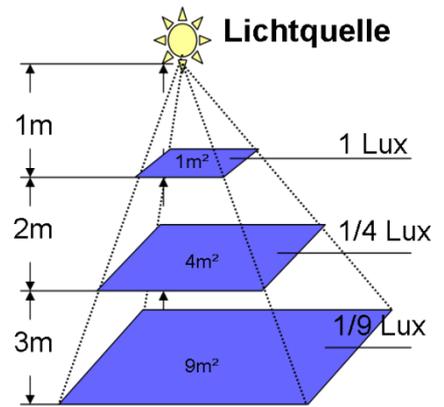
Die Lichtfarbe einer Beleuchtung wird durch die Farbtemperatur in Kelvin (K) dargestellt. Gebräuchliche Leuchtmittel haben Farbtemperaturen in den Größenordnungen von unter 3.300 K (Warmweiß), 3.300 - 5.300 K (Neutralweiß) bis zu 5.300 K (Tageslichtweiß).

Die Farbtemperatur der Farbe einer Lichtquelle wird durch den Vergleich mit der Farbe eines „Schwarzen Strahlers“ bestimmt. Dieser ist ein „idealisiert“ Körper, zum Beispiel aus Platin, der alles auf ihn fallende Licht schluckt und dadurch dessen Reflexionsstrahlung gleich Null ist. Wenn ein „Schwarzer Strahler“ langsam erhitzt wird, durchläuft er eine Farbskala von Dunkelrot, Rot, Orange, Gelb, Weiß bis zum Hellblau. Je höher die Temperatur ist, desto weißer wird die Farbe. Die Temperatur des „Schwarzen Strahlers“, bei der mit der zu bestimmenden Lichtquelle Farbgleichheit besteht, ist die ähnlichste Farbtemperatur des Leuchtmittels.

Außerhalb der Spektralempfindlichkeit unseres Auges, im das für Auge Unsichtbaren (ab ca. 750 nm), gibt es Strahlung, die ein CCD-Kamerasensor noch erkennt. Diese Möglichkeit wird für die semidiskrete (850 nm) und auch diskrete Überwachung (940 nm) 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. Das umgekehrte quadratische Gesetz wird auch als Abstandsgesetz oder Entfernungsgesetz beschrieben. Es wird empfohlen eine minimale Beleuchtung am Einsatzort von 0,35 $\mu\text{W}/\text{cm}^2$ (Mikrowatt pro Quadratzen-timeter) für Infrarot- und 3 Lux für Weißlicht zu benutzen.



5.2.4 Lichtstrom

Mit Lumen (lm) ist eine Einheit zur Messung des gesamten sichtbaren Lichtstroms gemeint. Mit Lu-men wird angezeigt, wie viel Licht, das von einer Lampe oder einem Leuchtkörper ausgesendet wird, zur Beleuchtung notwendig ist.

Bei den klassischen Glühlampen entsprach die emittierte Lichtmenge in etwa der Leistung (W). Die Wattleistung, die auf der Produktverpackung angegeben wurde, war die entsprechende Lichtstärke. Mit den modernen Leuchtmitteln – LED, Leuchtstoffröhren und Halogenlampen – ist die Lichtaus-beute zwar immer höher geworden, trotzdem bestehen große Unterschiede zwischen den verschie-denen Anbietern. Denn je nach Technik der neuen Lampen genügt es leider nicht mehr, sich anhand der Leistung (Watt) einen Anhaltspunkt über die Lichtausbeute zu machen. Für diese Information muss man nun den Wert der emittierten Lumen beachten. Diese Angabe ist obligatorisch auf den Verpackungen aufgedruckt, aber in der Regel nicht auf den Lampen selbst angegeben.

5.2.5 Reflexionsfaktor

Eine Kamera kann immer nur das „sehen“, was von einem Objekt an auftreffendem Licht zurückge-strahlt 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	Weißlichtreflexionsfaktor in % bei 6500k	Infrarotreflexionsfaktor in % bei 850nm
Ziegelstein	5	7
Beton	6	5
Holz	3	10
Rasen	30	40
Aluminium	75	65
Kunststoff schwarz	1	25
Baumwolle schwarz	1	30

5. Beleuchtung

Baumwolle weiß	40	30
Nylon schwarz	1	10
Laub	3	30

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“.

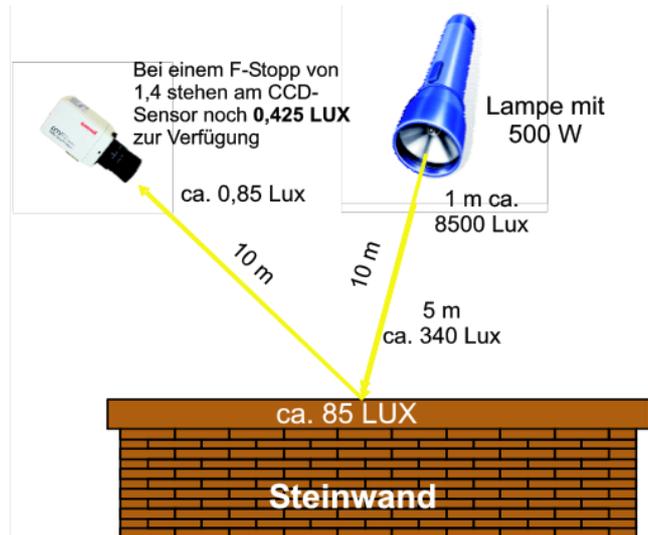
- 1) Die Blendenzahl, die in der Regel auf der Objektivaußenseite aufgedruckt ist, gibt das Verhältnis zwischen Brennweite und Objektivdurchmesser an und wird mit einem vorangestellten „f“ (englisch: f-stop) gekennzeichnet. Je kleiner die Blendenzahl ist, desto größer ist die Öffnung und somit die auf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

Im Allgemeinen gilt: Je heller die Oberfläche, desto mehr Licht reflektiert sie (die Oberfläche erscheint tatsächlich blass, weil sie mehr reflektiert).

Schwarze Oberflächen absorbieren sichtbares Licht, so dass sie schwarz aussehen, weil sie sehr wenig Licht reflektieren, während weiße Oberflächen nahezu das gesamte sichtbare Licht reflektieren. Infrarot wird nicht immer in der gleichen Weise reflektiert wie sichtbares Licht. Es ist die Materialzusammensetzung eines Objekts, das sowohl den Reflexionsgrad beeinflusst als auch die Wellenlängen des Lichts reflektiert.



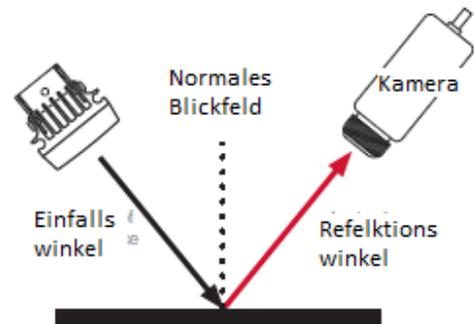
Betrachtet man die beiden obigen Bilder ist erkennbar, dass das Bild auf der linken Seite (beleuchtet von Weißlicht) zeigt, dass beide Personen schwarze Kleidung tragen. Allerdings lässt das Bild auf der rechten Seite, beleuchtet mit Infrarot, den Anschein erwecken, dass eine Person eine helle Kleidung und die andere eine dunkle Kleidung trägt. Obwohl beide Kleidungsstücke mit dem Weißlicht Schwarz aussehen zu scheinen, reflektiert eines eine große Menge von IR-Licht und erscheint dadurch als Weiß.



Optimale Position von Scheinwerfer und Kamera

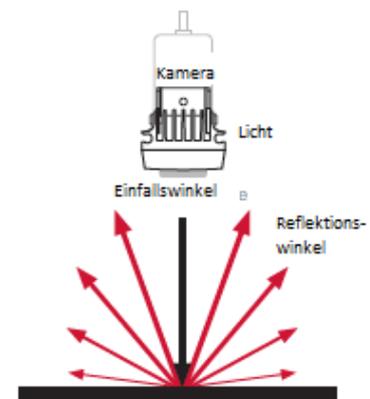
Spiegel

Spiegelreflexion ist nicht sehr verbreitet und wird nur bei ungewöhnlicheren Anwendungen wie der Beleuchtung von nicht reflektierenden Nummernschildern beobachtet.



Diffus

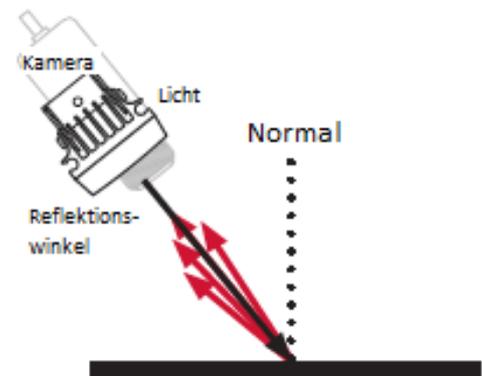
Diffuse Oberflächen reflektieren Licht in alle Richtungen, aber die Reflexion ist tendenziell stärker, wenn das Licht auf das Objektfeld trifft und der Bereich reflektiert. Aus diesem Grund wird empfohlen, dass der Scheinwerfer neben der Kamera angebracht wird, die direkt auf das Ziel gerichtet ist. Dadurch wird auch vermieden, dass die Kamera Schatten auf der Szene sieht.



Retroreflexion

Die Kameraposition ist entscheidend für retroreflektierende Materialien, da einfallendes Licht weitgehend unabhängig von der Einfallrichtung sowie der Ausrichtung des Reflektors größtenteils in die Richtung reflektiert, aus der sie gekommen sind. Bei LPR-Anwendungen (Kennzeichenerkennung) muss die Kamera am Straßenrand positioniert werden und die Beleuchtungseinrichtung muss parallel mit der Kamera positioniert werden.

Tipp: Die Position einer Kamera in Bezug auf die Position eines Scheinwerfers ändert sich stark in Abhängigkeit von den Reflexionseigenschaften der Zielfläche.



5.3 Künstliche Lichtquellen

Aufgrund der Wirtschaftlichkeit von LED-Leuchten und der europaweiten Abschaffung von anderen Lichtquellen, werden in der Videosicherheit fast nur noch LED-Lichtquellen eingesetzt. 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.

Vergleich verschiedener LED-Technologien

Niedrigleistungs-LEDs sind typischerweise als Dioden-Variante erhältlich. Sie sind in der Regel sehr einfach und erzeugen geringe Lichtmengen bei begrenztem Wärmemanagement.