

## Grundwissen über Nachtsicht

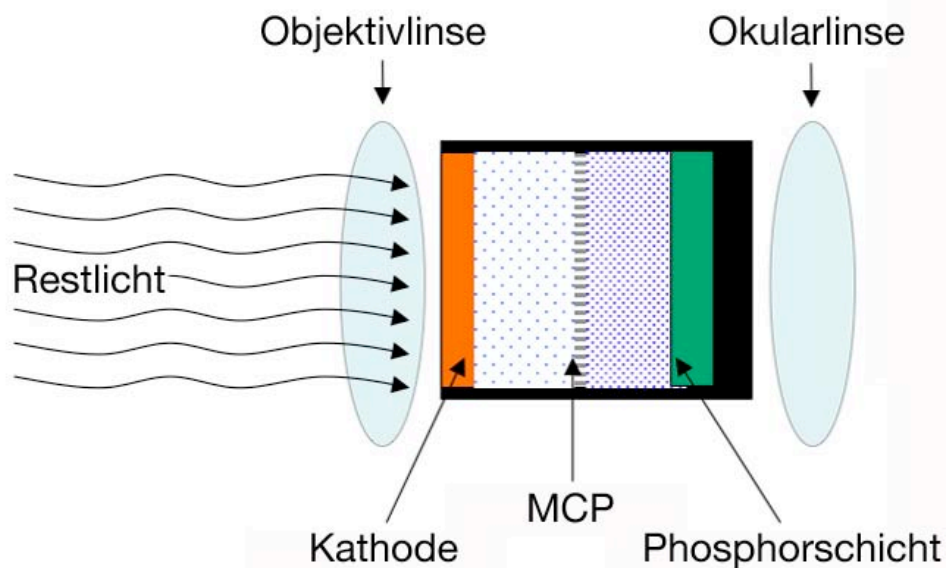
### Kauf eines Nachtsichtgerätes - Ratschläge für den Käufer.

Die Wahl für ein bestimmtes Nachtsichtgerät zu treffen ist keine einfache Aufgabe. Zurzeit gibt es auf dem Markt hunderte unterschiedliche Modelle von Nachtsichtgeräten verschiedener Hersteller. Einem unerfahrenen Käufer wird das Lesen all der Gebrauchsanweisungen samt ihrer mannigfaltigen technischen Informationen kaum einen Erkenntnisgewinn bringen. Mitunter wird ein uninformatierter Kunde von überhöhten, unrealistischen (nicht selten 5 – 100 Mal höheren) Leistungsangaben, die reinen Werbezwecken dienen irregeleitet.

Die nachfolgenden Informationen enthalten Grundwissen über die Nachtsicht und sollen dem Nachtsichtinteressierten eine Hilfestellung geben, um das Fachgebiet besser kennen zu lernen und eine richtige Wahl des für ihn am besten geeigneten Gerätes zu treffen. Selbstverständlich stehen wir für weitere technische Fragen sowie alle Fragen zum praktischen Einsatz der Geräte unseren Kunden gerne zur Verfügung.

Alle Nachtsichtgeräte (Restlichtverstärker) funktionieren auf Basis der vielfachen Lichtverstärkung im sichtbaren und nahen Wellenbereich des Infrarotlichtes. Das Nachtsichtgerät besteht aus einem Objektiv, Bildverstärkerröhre, Stromquelle und einem Okular. Das vorhandene Umgebungslicht (Restlicht) wird von dem beobachteten Objekt abgestrahlt und gelangt durch das Objektiv und weiter durch die Eingangsseite der Bildverstärkerröhre auf eine Platte mit lichtempfindlicher Schicht (Kathode) wodurch ein Abbild des beobachteten Objektes in der Bildverstärkerröhre entsteht. Dieses Abbild wird auf elektrische Weise verstärkt und in der Vakuumkammer auf der Ausgangsseite der Bildverstärkerröhre auf eine Phosphorschicht (Bildschirm) projiziert wodurch ein grün-gelbliches Bild entsteht, das durch ein Okular bis zum Auge des Beobachters dringt. Bei einigen High-tech Bildverstärkerröhren (*ONYX™* – Technologie) geschieht die Wiedergabe im natürlichen schwarz/weiß Bild.

**ONYX™** ist die alternative schwarz/weiß Nachtsichttechnologie von PHOTONIS. Studien haben gezeigt, dass das Nachtgeschehen erheblich natürlicher wirkt, wenn es in schwarz/weiß statt in dem üblichen Grünton dargestellt wird. Die schwarz/weiß Nachtsichttechnologie bietet sich insbesondere für jene an, die auf eine natürliche, das Auge weniger belastende Nachtsicht Wert legen. Schwarz/weiß Nachtsicht übermittelt darüber hinaus die Informationen bezüglich Kontrast, Formen und Schatten sehr viel klarer.



Im Wesentlichen werden die Qualitäten eines Nachtsichtgerätes anhand der Röhre und des optischen Systems festgestellt. Im Einklang mit den eingeführten Begriffen, unterscheidet man bei Bildverstärkerröhren zwischen Generation I, Gen. II und Gen. III (mit Unterteilung Gen. I+ und Gen. II+). Dabei unterliegen die Röhren aus europäischer Produktion (PHOTONIS) allerdings nicht in vollem Umfang der von den USA (ITT) eingeführten und in Anspruch genommenen Generationenunterschied (Gen. I, I+, II, II+, III). Die europäische Produktion sollte deshalb separat betrachtet werden, da die europäischen Entwickler in der Technologie eigene Wege eingeschlagen haben und sich eigener fortschrittlicher Technologien bedienen (*CommGrade*, *SuperGen*<sup>®</sup>, *XD-4*<sup>™</sup>, *XR5*<sup>™</sup>).

Um dem Leser die nachfolgend angeführten Beispiele anschaulicher zu machen, empfehlen wir, die Technologien annähernd wie folgt zu definieren:

**Gen. II, II+ = *CommGrade*, *SuperGen*<sup>®</sup>**

**Gen. III = *XD-4*<sup>™</sup>, *XR5*<sup>™</sup>**

Eine genauere Einteilung scheint uns nicht möglich zu sein, da sich die Grenzen der verwendeten Technologien überschneiden oder fließend sind. Zum besseren Verständnis bieten wir nachfolgend einen Direktvergleich an.

### **FOM, der Leistungswert einer Röhre**

Aus dem Englischen wörtlich übersetzt heißt FOM = Figure of merit: „Zahl des Wertes“ und dient zur Bestimmung der Leistungsfähigkeit einer Röhre. Dieser Wert lässt sich für alle Röhren mit bekannten Messwerten leicht errechnen und vermittelt einen sehr guten Einblick in Leistungsfähigkeit und Qualität moderner Röhren. Dieser Parameter wird von den US Behörden auch zur Definition der Exportierbarkeit einer Röhre benutzt. Das heißt, der US Export von Röhren mit hohem oder sehr hohem FOM wird reglementiert und beschränkt, da dieser Wert den militärischen Nutzen und somit die Leistungsfähigkeit einer Röhre sehr treffend definiert.

**Der FOM wird wie folgt berechnet:**  $S/R \times lp/mm$  ( $S/R = S/N$  Signal – Rauschabstand). Der FOM kann zurzeit\* bei Gen. II, Gen. II+, Gen. III, *XD-4*<sup>™</sup> und *XR5*<sup>™</sup> Werte von über 2300 erreichen, was extrem viel ist, doch noch nicht das absolute Maximum darstellt (PHOTONIS ist in der Lage *XR5*<sup>™</sup> Röhren mit FOM Wert bis 2500 herzustellen, was an sich zurzeit\* einen absoluten Spitzenwert darstellt. Ihr Erwerb bleibt sehr wenigen Staatssicherheitsinstitutionen vorbehalten, die über keinerlei Beschränkungen und ein unlimitiertes Budget verfügen). Der FOM ist fast immer von Röhre zu Röhre verschieden. Viele sehr gute Röhren liegen zurzeit\* mit dem FOM in etwa bei ca. 1600. Auch Röhren mit erheblich niedrigerem FOM können immer noch sehr gut sein. Der FOM ist allerdings nur einer von vielen Parametern. Wichtig ist daher, was immer wieder betont werden sollte, ob die Röhre den gewünschten Erfordernissen entspricht und die Beratung des Kunden fair ist. Somit haben Röhren mit sehr hohem  $S/R=S/N$  und sehr hoher Auflösung ( $lp/mm$ ) den höchsten FOM.

### **Einige FOM Beispielswerte für PHOTONIS Bildverstärkerröhren aus unserem Standardangebot:**

<b><i>CommGrade</i></b>	FOM: typisch 1344
<b><i>SuperGen</i><sup>®</sup></b>	FOM: typisch 1408
<b><i>XD-4</i><sup>™</sup></b>	FOM: typisch 1536
<b><i>XR5</i><sup>™</sup></b>	FOM: typisch 2016

(\* Stand: 2011-05-01)

### **Kontrast und Bildkontrastübertragung (MTF - modulation transfer function)**

Ein weitgehend objektiver Leistungsindikator ist die Bildkontrastübertragung (MTF - modulation transfer function). Bei einer niedrigen Anzahl von Linienpaaren per mm ( $lp/mm$ ) gewährleistet die Bildkontrastübertragung (kurz: MTF) den benötigten Kontrast um große Objekte wahrzunehmen. Im Unterschied dazu bietet MTF bei einer hohen Anzahl von Linienpaaren den Kontrast um kleine Objekte und Details zu erkennen. Die Grenzauflösung ist eng mit dem Kontrast bei vielen Linienpaaren verknüpft. Meistens überschneidet sich diese mit dem Kontrast um 5% – 10%, abhängig von der Messtechnik.

Eine hervorragende Bildkontrastübertragung (MTF) bietet bei einer niedrigen und einer mittleren Anzahl der Linienpaare (bis zu 30  $lp/mm$ ) ein klares Bild. Dagegen ist bei einer niedriger Bildkontrastübertragung (MTF) das Bild unscharf und nebelhaft. In diesem Fall kann der Benutzer es als ein unscharfes Bild empfinden. Jedoch kann die Grenzauflösung auch bei einer niedrigen Anzahl von Linienpaaren sehr hoch sein. Auf der Abbildung Venedigs bei Nacht sind die Unterschiede aufgeführt.

Die Bildkontrastübertragung (MTF) für den linken oberen Bereich der Abbildung ist relativ hoch bei einer niedrigen Anzahl der Linienpaare, jedoch fällt diese schnell auf einen Wert von ungefähr 30  $lp/mm$ . Somit ist das (auf dem Bild 10x vergrößerte) 60 $lp/mm$  Ziel nicht sichtbar. Die MTF für den rechten, unteren Bereich fällt auch bei einer niedrigen Anzahl der Linienpaare recht schnell (und wirkt etwas vernebelt), bleibt aber stabil auf

einem akzeptablen Wert von bis zu 60lp/mm. Das (auf dem Bild wiederum 10x vergrößerte) 60 lp/mm Ziel ist somit klar erkennbar, wie die Abbildung auf dem rechten unteren Bereich bestätigt.



Viele Benutzer würden jedoch den linken oberen Bereich der Abbildung bevorzugen!

Etwas Vorsicht ist beim Vergleichen der unterschiedlichen MTF Werte geboten. Beispielsweise tendieren die US-Messungen dazu für die gleichen Röhren einen höheren Wert zu vergeben als die ODETA (basierend auf europäischen Messungen). Es empfiehlt sich immer unterschiedliche Röhren an demselben Messgerät zu vergleichen!

### **Bildverstärkerröhre der Generation I**

Die Röhren der Generation I haben eine Glasvakuumkammer mit Lichtempfindlichkeit der Kathode 120 – 250  $\mu\text{A}/\text{Lm}$ , bei 2850K. Lichtverstärkung solcher Röhren liegt ca. um das 120 – 900fache, die Auflösung der Linienpaare zwischen 25 – 35 lp/mm (Entwicklung aus Mitte der 50er Jahre).

Geräte, die mit Röhren der Gen. I ausgestattet sind, können Sie in Vielzahl auf dem Markt vorfinden für ca. 300 EUR. Besonderes Merkmal der Gen. I ist, dass das Bild nur im Zentrum scharf wiedergegeben wird und an den Rändern aufgrund wesentlich geringerer Auflösung verzerrt ist. Wenn außerdem im Blickfeld helle Lichtquellen wie Taschenlampen und beleuchtete Hausfenster auftauchen wird unweigerlich das gesamte Bild überbelichtet, was die Beobachtung schwierig oder gar unmöglich macht.

Nach ihrer Fertigung werden die Röhren in Ihrer Generationsklasse anhand ihrer Werte in Qualitätsstufen unterteilt (A,B,C und nicht ganz gelungene Röhren der Stufe D). Diese Unterteilung spiegelt sich im Preis der Röhren. Das erklärt, warum vergleichbare Geräte gleicher Generationsklasse von verschiedenen Herstellern zu unterschiedlichen Preisen angeboten werden. Die Unterteilung in verschiedene Qualitätsstufen findet meist anhand von Lichtempfindlichkeit der Kathode, Auflösung und der Klarheit des Bildes einer Röhre statt. Kleine schwarze Punkte (dots) stören dabei in der Regel nicht die Beobachtungsmöglichkeiten in der Dunkelheit, weshalb der Käufer das Gerät aufgrund dieses Kriteriums nicht bemängeln sollte. Geräte mit hellen ständig leuchtenden Punkten oder mit hellem Fleck im Zentrum des Bildes kauft man am besten nicht.

Nicht empfehlenswert ist es, ein Gerät mit kontrastschwachem, trüb wirkendem Bild zu kaufen. Die Fleckbelastung und Klarheit des Bildes kann der Käufer selbst nachvollziehen, während die Lichtempfindlichkeit des Gerätes - eines der wichtigsten Kriterien - nur ein geschultes Auge feststellen kann. Die Lichtempfindlichkeit wird unter realen Nachtbedingungen durch Vergleich mehrerer Geräte festgestellt.

Durch die niedrige Verstärkung sind die einstufigen (einstufig = 1 Röhre, mehrstufig = 1,2,3 Röhren hintereinander eingebaut) Geräte der Gen. I sehr von der Lichtstärke der Optik und der Röhrenleistung abhängig. Nur Geräte mit hochwertigen Röhren in Verbindung mit besonders Lichtstarker Optik (relative Öffnung nicht höher als F1.5) können das optimale Beobachten bei Dämmerung und in der Nacht mit ¼ Mondlicht gewährleisten. Bei noch niedrigerer Umgebungsbeleuchtung benötigt das Nachtsichtgerät (Restlichtverstärker) eine zusätzliche Lichtquelle, eine IR-Beleuchtung. Sehr gute Geräte der Gen. I haben eine automatische Schutzfunktion bei starker Erhöhung des allgemeinen Beleuchtungsniveaus, was vor einem Verschleiß der Röhre im Gerät bei plötzlich auftretenden starken Lichtquellen und bei unbeabsichtigtem Einschalten am Tage schützt.

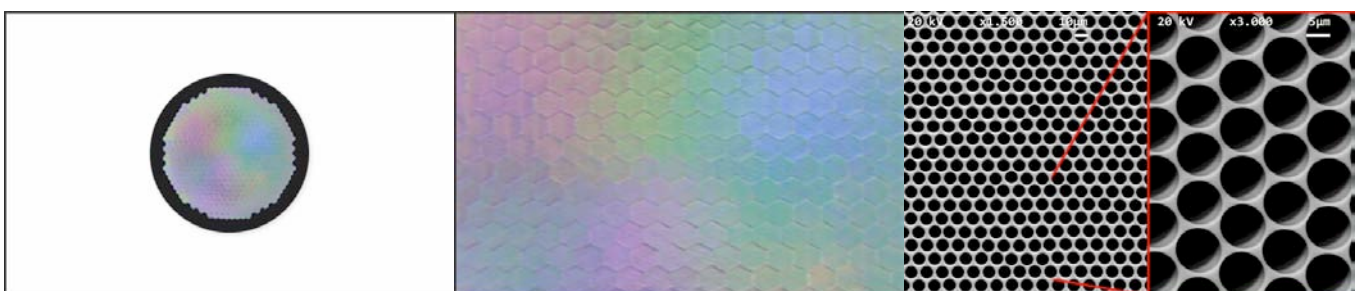
Um Leistungssteigerung zu erzielen werden mehrere Röhren in ein Gehäuse eingesetzt (mehrstufige Geräte). Die Lichtverstärkung eines dreistufigen Gerätes kann ca. das 20000 bis 50000fache betragen. Dennoch entstehen durch solche Verfahren starke Verzerrungen und die Auflösung an den Rändern nimmt stark ab. Mehrstufige Geräte sind unhandlich und schwer, solche Geräte sind fast vollständig von handlichen Geräten der Gen. I+ und Gen. II vom Markt verdrängt worden. Die Geräte der Gen. I+ und Gen. II liegen preislich von mehrstufigen Geräten der Gen. I nicht weit entfernt, besitzen jedoch höhere Leistung.

Gen. I+ Röhren sind eine Weiterentwicklung der ersten Generation (Entwicklung vom Ende der 60er Jahre). In der Bauweise der Gen. I+ Röhren wird anstatt des flachen Glases am Eingang (manchmal am Ausgang) eine Glasfaserscheibe angebracht, womit die Auflösung der Röhre erheblich gesteigert, die Formverzerrung des beobachteten Objektes gemindert und der Blendschutz vor seitlichen Blendeffekten und einzelnen direkten Lichtquellen erhöht wird.

Charakteristisch für solche Röhren ist eine Lichtverstärkung ca. um das 1000fache, die Lichtempfindlichkeit der Kathode beträgt mindestens 280  $\mu\text{A}/\text{Lm}$  bei 2850K und die Auflösung der Linienpaare im Zentrum des Bildes liegt zwischen 45 – 50 lp/mm. Die Geräte mit Röhren der Gen. I+ unterscheiden sich von den Geräten mit Gen. I Röhren durch ein klares und angenehmes Bild, niedrigem Eigenrauschen und größerer Beobachtungsbereich im passiven und aktiven (unter Verwendung der IR-Beleuchtung) Arbeitszustand. Geräte mit Gen. I+ Röhren arbeiten hervorragend unter Stadtbedingungen. Bei natürlichem Umgebungslicht (Restlicht) sind solche Geräte einsetzbar bis zu einem Grenzwert, der ¼ des Mondlichtes entspricht. Bei niedrigeren Lichtverhältnissen wird eine IR-Beleuchtung benötigt. Der Preis einer Gen. I+ Röhre ist 4 bis 9 Mal höher als einer Röhre der ersten Generation.

### **Bildverstärkerröhre der Generation II = CommGrade, SuperGen®**

Konstruktiv unterscheidet sich eine Röhre der Gen. II von Gen. I+ Röhre durch das Vorhandensein eines speziellen Elektronenverstärkers – Mikrokanalplatte (MCP), die sich zwischen der Kathode und der Phosphorschicht (Bildschirm) befindet (Entwicklung vom Ende der 60er Jahre). In einer solchen Röhre werden die Elektronen durch extrem hochwertige, allerfeinste Mikrotechnik (mit 8 – 12 Millionen Kanälen bei nur ca. 18mm Durchmesser der Nutzfläche) vervielfacht. Der Aufwand, eine solche Röhre zu produzieren, ist enorm und spiegelt sich entsprechend im Preis der Röhre wieder. In Gen. II, II+ Röhren wird ausschließlich eine Multi-Alkali Kathode\*\* verwendet.



Originalgröße d=25mm

15fache Vergrößerung

1500-3000fache Vergrößerung

Die Bilder zeigen eine 25mm Mikrokanalplatte (Durchmesser der Nutzfläche ca. 18mm) in Vergrößerung.

Charakteristisch für solche Röhren ist eine Lichtverstärkung ca. um das 25000 bis 50000fache, Lichtempfindlichkeit der Kathode mindestens 240  $\mu\text{A}/\text{Lm}$  bei 2850K und eine Auflösung der Linienpaare im Zentrum des Bildes zwischen 32 – 38 lp/mm. Die Lebenserwartung von Gen. II Röhren beträgt ca. 1000 bis 3000 Stunden. Gen. II Röhren werden in zwei Typen der Mikrokanalplatten (MCP) unterschieden: 25mm und 18mm. Aus Sicht des Beobachters sorgt ein größerer Durchmesser der Platte für angenehme Beobachtung (ähnlich wie bei großen Fernsehgeräten), erhöht aber die Ausmaße des Gerätes.

Die Geräte der Gen. II+ haben keine Beschleunigungskammer. Die Lichtverstärkung beträgt ca. das 25000 bis 35000fache, Lichtempfindlichkeit der Kathode mindestens 600  $\mu\text{A}/\text{Lm}$  bei 2850K und die Auflösung der Linienpaare im Zentrum des Bildes beträgt 39 – 45 lp/mm (Entwicklung aus Anfang der 80er Jahre). Die Lebenserwartung von Gen. II+ Röhren beträgt ca. 1000 bis 3000 Stunden. Durch Entfallen der Beschleunigungskammer ist die Lichtverstärkung bei Gen. II+ Röhren niedriger als bei Gen. II Röhren. Durch den Unterschied in der Lichtempfindlichkeit der Kathode und besonders durch höhere Empfindlichkeit für Infrarotlicht erweisen sich in den meisten Fällen Gen. II+ Geräte unter vorhandenem natürlichen Umgebungslicht (Restlicht) besser als Gen. II Geräte. Wenn die Hauptaufgaben des Nachtsichtsgerätes Foto- und Videoaufnahmen sein sollen, ist es ratsam, die Wahl bei einem Gen. II Gerät mit höherer Lichtverstärkung zu belassen. Alle Geräte der Gen. II und II+ besitzen eine automatische Helligkeitsregulierung (Automatic Brightness Control – ABC) für möglichst gleiche Bildhelligkeit bei wechselndem Umgebungslicht (Restlicht), Überstrahlungsschutz vor starken punktuellen Lichtquellen (Bright Source Protection – BSP) sowie eine hohe Bildqualität ohne Verzerrungen auf der gesamten Bildfläche.

Geräte der Gen. II und Gen. II+ gehören zur professionellen Nachtsichttechnik und werden in der Gegenwart vom Militär eingesetzt, da die Geräte unter besonders niedrigem Umgebungslicht (Restlicht) arbeiten, der einem Sternenhimmel und leicht bewölktem Sternenhimmel entspricht.

### **Bildverstärkerröhre der Generation III = XD-4™, XR5™**

Röhren der Gen. III unterscheiden sich von Röhren der Gen. II+ durch die Bauart der Kathode. Gen. III Röhren haben eine Gallium-Arsenid Kathode (GaAs)\*\* mit noch größerer Empfindlichkeit für Infrarotlicht. Die Lichtverstärkung beträgt ca. das 30000 bis 55000fache, die Lichtempfindlichkeit der Kathode erreicht Werte von 900 – 1600  $\mu\text{A}/\text{Lm}$  bei 2850K, die Auflösung der Linienpaare beträgt 32 – 64 lp/mm (Omnibus 1 und Omnibus 2 Entwicklung aus Ende der 70er Jahre, Omnibus 3 und Omnibus 4 Weiterentwicklung in späten 80er Jahren, Omnibus 7 ist zurzeit\* die leistungsstärkste Gen. III Röhre mit FOM Wert von ca. 2600). Die Leistung der Gen. III Röhren kann je nach Spezifikation (Omnibus 1 bis zurzeit\* 7 Pinnacle) um ca. 300% variieren. Die Lebenserwartung beträgt ca. 10000 bis 15000 Stunden, was 3 – 4 Mal höher ist als bei Gen. II Röhren. Geräte mit Gen. III Röhren arbeiten hervorragend sogar bei extrem niedrigem Umgebungslicht (Restlicht). Das Bild ist gesättigt, scharf, kontrastvoll und unterscheidet gut kleinste Details. Gen. III, XD-4™ und XR5™ Röhren mit *AUTO-GATING* Funktion eignen sich hervorragend für den Einsatz in der Stadt.

**AUTO-GATING** ist eine spezielle Steuerelektronik, die mit hoher Frequenz für das menschliche Auge nicht wahrnehmbar die Röhre automatisch ein und ausschaltet. Diese Funktion erlaubt den Betrieb einer Röhre bei hohem Umgebungslicht, notfalls sogar bei Tageslicht. Der Verschleiß einer Röhre mit solcher Steuerelektronik wird unter widrigen Bedingungen stark vermindert, die Funktion reduziert aber nicht die Leistungsfähigkeit der Röhre, sondern eliminiert die Blendwirkung der Lichtquellen unter voller Leistung der Röhre. Diese Funktion kommt den Erfordernissen des Militärs entgegen, Geräte z.B. in Städten mit vielen Lichtquellen einsetzen zu können und dient außerdem der Vermeidung bzw. Unterdrückung von Blendeffekten und Abschattungen durch Lampen, Scheinwerfern und Feuer.

Die Preise für Gen. III Geräte sind in der Regel 1,5 bis 2,5 Mal höher als es die Preise für Gen. II+ Geräte sind und können zwischen 2700 EUR und 9500 EUR liegen. Bis vor kurzer Zeit sind Geräte der Gen. II+ und Gen. III ausschließlich für militärische Zwecke benutzt worden.

\*\*An dieser Stelle werden wir versuchen, den Unterschied zwischen den beiden führenden Technologien der US amerikanischen ITT (Gen. III) und dem von europäischen PHOTONIS Entwicklern eingeschlagenen Weg (XD-4™ und XR5™) etwas näher zu erläutern. Der wesentliche Unterschied besteht darin, dass die Gen. III Röhren eine Gallium-Arsenid Kathode (GaAs) besitzen und die XD-4™ und XR5™ Röhren eine Multi-Alkali Kathode. Hierbei hat PHOTONIS auf eine bewährte Technologie gesetzt und diese kontinuierlich weiter entwickelt, während bei der Gen. III auf eine sehr umständliche, im Zusammenhang mit vagabundierenden Ionen „Gallium-Arsenid Technologie“ gesetzt wird. Bei Gen. III Standart (filmed) Röhren wird zurzeit\* die sehr lichtempfindliche Kathodenbeschichtung aus Gallium-Arsenid durch eine Ionenbarriere (Film) vor vagabundierenden Ionen geschützt, was die effektive Lichtempfindlichkeit dieser lichtempfindlichen Schicht hinsichtlich ihrer Elektronenemission, sehr spürbar dämpft. So entspricht dann schon mal eine Gen. III mit 1800  $\mu\text{A}/\text{Lm}$  etwa einer Gen. II mit ungefähr 650  $\mu\text{A}/\text{Lm}$ . Die verursachte Dämpfung beträgt bis zu ca. 63%. Gerechterweise muss man erwähnen, dass sich die Gen. III Röhre durch die sehr lichtempfindliche Kathodenbeschichtung aus Gallium-Arsenid bei Bedingungen mit extrem niedrigem Umgebungslicht (Restlicht) unter 0,0001 Lux, wie es in der Praxis oft in geschlossenen Räumen, selten aber in freier Natur vorkommt, als besser geeignet zeigen. Die PHOTONIS XD-4™ und XR5™ Röhren erweisen sich im Gegensatz zu Gen. III besonders unter widrigen in freier Natur häufig vorkommenden Bedingungen wie Nebel, Schneefall und ähnlichen Wetterlagen als besonders Leistungsstark. Durch die lichtempfindliche Kathodenbeschichtung aus Gallium-Arsenid können Gen. III Röhren Lichtempfindlichkeit von ca. 900  $\mu\text{A}/\text{Lm}$  bis über 1600  $\mu\text{A}/\text{Lm}$  und mehr erreichen, die jedoch oft nur begrenzt ausgenutzt werden kann. Unter anderem ist solch eine hohe Lichtempfindlichkeit für die Qualität des wiedergegebenen Bildes nicht mehr relevant, da die Lichtempfindlichkeit nur ein Parameter von vielen ist und es eher auf deren Zusammenspiel ankommt (unter anderem muss beachtet werden, dass einige Parameterangaben der Röhren aufgrund verschiedener, von den Herstellern verwendeter Messeinheiten sehr

stark variieren können. Zum Beispiel; Angabe für die Lichtverstärkung 17500fach (bei  $2 \times 10^{-5}$  lx) ist gleich Angabe für Lichtverstärkung 55000fach/pi (bei  $2 \times 10^{-5}$  lx).

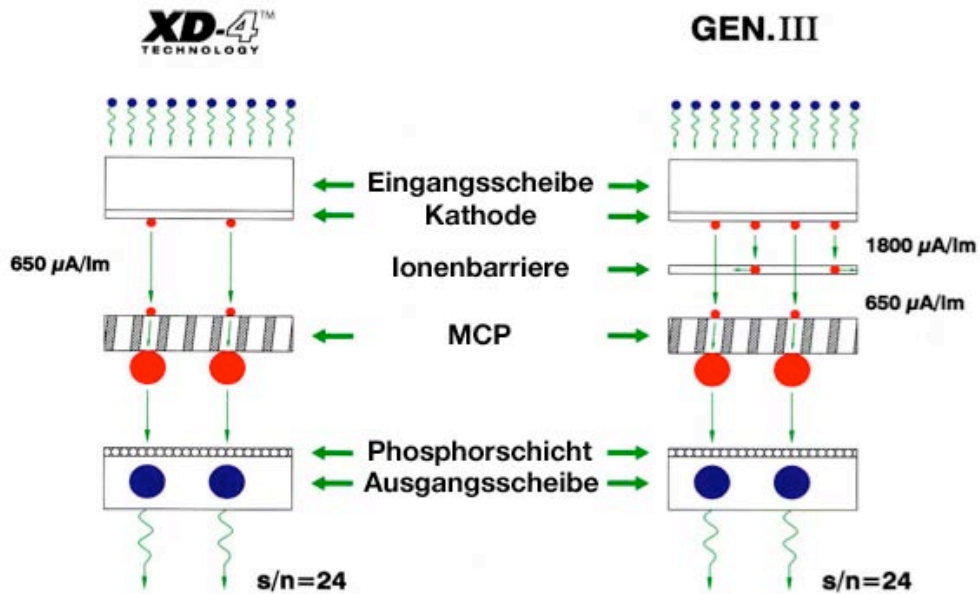
Ohne die oben schon erwähnte Barriere wäre die Röhre insoweit sie keine *AUTO-GATING* Funktion besitzt, oft schon nach ca. 2 Stunden verschlissen. Die Ionenbarriere schützt die lichtempfindliche GaAs Schicht (Kathode) der Röhre vor vagabundierenden Ionen, die Leistung und den Bildkontrast der Röhre allerdings vermindert. Bei den allerneuesten Gen. III Röhren (thinfilmed) beträgt die Dicke dieser Schicht nur noch ein Zehntausendstel des Durchmessers eines Haares und verursacht viel weniger störende Kontrastminderung, die Dämpfung aber immerhin noch ca. 20% beträgt. Diese Röhren bezeichnet man als Dünnfilm- (oder thinfilm) Röhren. Je dünner dieser Film ist, desto geringer ist auch die Ausprägung von störenden HALO's (ein HALO ist ein Phänomen, das ähnlich aussieht wie ein Heiligenschein um eine punktuelle Lichtquelle) durch Reflektierung oder Streuung von Elektronen durch den Film selbst. Es gibt auch filmlose (unfilmed bzw. filmless) Gen. III Röhren, bei denen auf die schützende Ionenbarriere ganz verzichtet wird. Der Verzicht auf die Ionenbarriere (Film) ist aber keine wesentliche technische Innovation, solche Bildverstärkerröhren können nicht als die IV Generation der Bildverstärkerröhren bezeichnet werden, wie es oft in der letzter Zeit gemacht wurde.

Tests haben ergeben, dass die Leistungsfähigkeit filmloser US Röhren im Vergleich zu Röhren mit Film zurzeit\* um 20% höher ist, jedoch unweigerlich ein schnelleres Altern der Röhren durch Schädigung der Fotokathode zur Folge hat, was den schädlichen Ionen zu verdanken ist. Die Transmissionsrate beträgt somit bei Gen. III (filmed) ca. 37%, thinfilmed ca. 80% und bei filmlosen Gen. III (unfilmed) 100%. Die XD-4™ und XR5™ Röhren, welche alle eine Multi-Alkali Kathode besitzen, benötigen keine Ionenbarriere. Es tritt also folglich auch keine Dämpfung, keine Minderung des Bildkontrastes und keine Verstärkung der HALO's durch eine Ionenbarriere auf.

**Wissenswertes über Röhren aus USA.** Der Export von US Nachtsichttechnik wird vom U.S. Department of State (laut ITAR - International Traffic in Arms Regulations) reguliert. Für US Röhren allgemein gelten zurzeit\* Exportbeschränkungen, die sich an der Leistungsfähigkeit der jeweiligen Röhren sowie an der Zusammensetzung der lichtempfindlichen Röhrenkathode orientieren. Für den Röhrenexport außerhalb der NATO gilt zurzeit\* ein FOM von 1250 als Grenzwert, innerhalb der NATO 1600. Für die US Gen. III bestand und besteht zurzeit\* unabhängig vom FOM ein Exportverbot seitens der USA. Seien Sie also höchst skeptisch, wenn Ihnen auf dem zivilen Markt außerhalb der USA Gen. III US Röhren angeboten werden. Im Grunde kann es sich dabei nur um geschmuggelte, lange in Militärdepot eingelagerte, gebrauchte oder gar falsifizierte Röhren handeln. Gebrauchte und lange eingelagerte Röhren haben oft nur noch einen Teil ihres ursprünglichen Auflösungs- und Kontrastübertragungsvermögens. Bei falsifizierten Röhren handelt es sich um Röhren mit gefälschter Typenmarkierung, deren Leistung nicht der angegebenen entspricht (wobei für ein ungeschultes Auge der Unterschied nicht erkennbar ist).

### Gen. III / Omnibus 4 (ITT) Direktvergleich gegen XD-4™ und XR5™ (PHOTONIS)

Parameter	Gen. III / Omnibus 4 typische Werte	XD-4™ typische Werte	XR5™ typische Werte	Maßeinheit
FOM (Leistungswert der Röhre):	1536	1536	2016	
Grenzauflösung:	64	64	72	lp/mm
S/N (Signal-Rauschabstand) bei 108µlx:	24	24	28	
Empfindlichkeit der Kathode bei 2850K:	1800	700	800	µA/lm
IR-Wellenlängenarbeitsbereich:	550 – 900	350 – 900	350 – 900	nm
Lichtverstärkung, fach bei $2 \times 10^{-5}$ lx:	40850/pi	40850/pi	41500/pi	cd/m <sup>2</sup> /lx
MTTF (Lebenserwartung der Röhre):	10000	>15000	>15000	Stunden
MTF bei 2,5 lp/mm:	90	92	94	%
MTF bei 7,5 lp/mm:	80	80	85	%
MTF bei 15 lp/mm:	61	58	70	%
MTF bei 25 lp/mm:	38	45	50	%
MTF bei 32 lp/mm:		35	40	%
HALO Größe:	± 2,0	0,6	0,6	mm
E.B.I. (Eigenleuchten der Röhre):	0,25	0,15	0,15	Lux
Dynamikwerte der Helligkeit:	$1 \times 10^{-6} / 1 \times 10^{-1}$	$1 \times 10^{-6} / 5 \times 10^4$	$1 \times 10^{-6} / 5 \times 10^4$	Lux
Schockfestigkeit:	75	>500	>500	G
Überbelichtungsschutz:	ausreichend	gut	sehr gut	
Exportbeschränkungen:	US Export Verbot	keine Beschränkung	keine Beschränkung	



(\* Stand: 2011-05-01)

## Optik

Die Optik in einem Nachtsichtgerät besteht aus Objektiv und Okular. Die Anforderung an ein Objektiv liegt in der hohen Lichtdurchlässigkeit des sichtbaren und nahe sichtbaren Bereiches des infraroten Lichtes. Mit Zahlen der F-Nummern (für relative Öffnung) ausgedrückt F1.0, F1.4, F2.0, F2.8, F4.0 usw. Bei Erhöhung der Zahl um eine Stufe leitet das Objektiv 2 Mal weniger Licht durch. Hohe Lichtstärke (niedrigere Zahl der F-Nummer) ist ein sehr wichtiger Faktor für ein Nachtsichtgerät, im besonderem für Geräte der Gen. I und I+. Eine Absenkung der Lichtstärke bis zu einem Wert von F2.4 – 2.8 führt dazu, dass das bloße Auge mehr wahrnimmt als im Falle eines Nachtsichtgerätes der Gen. I mit eingeschalteter IR-Beleuchtung.

Entwicklung und anschließende Produktion der Optik mit niedriger F-Nummer F1.5 (hoher Lichtdurchlässigkeit) ist eine sehr schwierige und kostenaufwendige Aufgabe, der nicht jedes Unternehmen gewachsen ist. Die Entwicklungs- und Produktionskosten schlagen sich anschließend im Preis des Nachtsichtgerätes nieder. Im Rennen um den uninformatierten Kunden verwenden nicht eben wenige Hersteller Objektive für weite Entfernungen mit 3,5 bis 5facher Vergrößerung aber mit niedriger Lichtstärke. Dabei muss man beachten, dass bei zwei baugleichen Geräten mit gleichen Röhren das Gerät mit vielfacher Vergrößerung ein schlechteres Bild liefern wird als das Gerät mit niedrigerer Vergrößerung. Die Reichweite im grenznahen Umgebungsbereich (Restlichtbereich) wird kürzer sein als bei dem Gerät mit niedrigerer Vergrößerung aber hoher Lichtstärke.

Besonders relevant ist die oben erwähnte Tatsache für Nachtzielgeräte. In einigen Fällen verwenden die Hersteller Spiegelobjektive, was die Abmessungen des Nachtsichtgerätes reduziert, aber erhebliche Nachteile mit sich bringt, da die Tarnung durch den Spiegel im Objektiv nicht mehr gewährleistet ist und die Lichtstärke der Spiegelobjektive unter gleichen Betriebsbedingungen niedriger ist.

## Okularkonstruktion

Die Okularkonstruktion hat keine Auswirkung auf die Reichweite des Nachtsichtgerätes, ist aber ausschlaggebend bei Beobachtungseigenschaften. Zum Beispiel hat eine Vereinfachung der Okularkonstruktion unweigerlich eine Formverzerrung des beobachteten Objektes sowie eine niedrigere Auflösung der Ränder im Sichtfeld zur Folge. In Okularen mancher Hersteller ist nur ein Teil des Sichtfeldes einer Röhre sichtbar, und dabei ist eine Röhre das Haupt und wertvollste Bauteil des Gerätes. Bei Nachtzielgeräten ist es von großer Bedeutung, dass die Okularkonstruktion einen Augenabstand von nicht weniger als 40mm vom Okularrand bis zum Auge berücksichtigt, um Verletzungen des Augenbereiches beim Rückstoß einer Waffe auszuschließen. Der ideale Augenabstand vom Okular eines Nachtzielgerätes sollte nicht weniger als 40 – 45mm betragen. Keineswegs irrelevant ist zudem die Tatsache, dass ein Okular mit einem Augenabstand von 40 – 45mm für bessere Foto- und Videoaufnahmen sorgt.

Die meisten Nachtsichtgeräte haben eine hochentwickelte Glasoptik. Die Ausnahmen bilden nur sehr preiswerte Gen. I Nachtsichtgeräte mit Kunststoffoptik und einige zivile Modelle einiger führender Hersteller. Die Qualität der Kunststoffoptik ist erheblich niedriger als bei solider Glasoptik.

## IR-Beleuchtung (Strahler/Aufheller)

Bei zivilen Nachtsichtgeräten erlaubt eine eingebaute IR-Beleuchtung die zusätzliche Möglichkeit das Beobachtungsobjekt zu erhellen, wenn das Umgebungslicht (Restlicht) nicht mehr ausreicht um im passiven Zustand (ohne IR-Beleuchtung) eine Beobachtung weiterzuführen. Infrarot Beleuchtungen werden als Laser, LED (Leuchtdioden) und spezielle Glühfadenlampen produziert. Es ist zu beachten, dass Laser Beleuchtungen Schäden am Auge verursachen können und in einigen hoch entwickelten Ländern der Verkauf vom Gesetzgeber reglementiert wird.

LED IR-Beleuchtungen sind für das Auge unbedenklich und haben im Gegensatz zu Laser IR-Beleuchtungen ein gleichmäßiges Beleuchtungsfeld. In der Gegenwart verwenden die meisten Hersteller 3 – 12mW LED IR-Beleuchtungen. LED IR-Beleuchtungen mit 75mW vergrößern die Beobachtungsbereichweite 1,5 – 2 Mal. Sollte ein Nachtsichtgerät keine eingebaute IR-Beleuchtung besitzen, ist es möglich, eine autonome IR-Beleuchtung zu benutzen. Die meisten Hersteller betonen bei der Leistungsangabe ihrer IR-Beleuchtungen jedoch nicht, dass es sich lediglich um Eingangsleistung handelt. Die Eingangsleistung eines Gerätes ist nicht gleich seiner Ausgangsleistung. So strahlt etwa eine IR-Beleuchtung mit 75mW Ausgangsleistung im Gegensatz zu einer IR-Beleuchtung mit 75mW Eingangsleistung physikalisch bedingt um bis zu 70% mehr IR-Lichtes aus. Dieser Unterschied ist ein sehr wesentlicher Faktor bei der Benutzung eines Nachtsichtgerätes (Restlichtverstärkers) im aktiven Zustand (mit IR-Beleuchtung).

In einigen Nachtsichtgeräten werden Beleuchtungen mit 940nm Infrarotlicht Wellenlänge benutzt, deren ausgestrahltes Licht bleibt für das menschliche Auge und die meisten Tierarten unsichtbar. Solche Geräte werden bei Militär- und Polizeioperationen eingesetzt, um die erforderliche Tarnung zu bewahren.

## Mechanik

Ein Nachtsichtgerät wirkt umso ansprechender für den Käufer je kleiner, leichter und größer seine Reichweite ist. Diese Anforderungen stehen aber im Widerspruch zu einander. Größere Reichweite bei zwei baugleichen und mit zwei baugleichen Röhren ausgestatteten Geräten erzielt jenes Gerät, das mit einem größeren Objektiv (im Durchmesser) ausgestattet ist. Die Wahl bleibt letztlich dem Käufer überlassen.

Besonders erwähnenswert ist die Konstruktion des Nachtzielgerätes. Die Konstruktion muss schockfest über 500G sein, dabei darf sich das Absehen nicht aus seiner ursprünglich fixierten Lage verschieben und muss gut sichtbar bleiben unter verschiedenen Umständen. Eine ganze Reihe ziviler Geräte für die Jagd, die in den letzten Jahren auf dem Markt erschienen sind, entsprechen nicht der Schockfestigkeit bei großen Kalibern .375H&H, .50, .416Rigby. Die Konstruktion der erwähnten Geräte läßt eine Montage auf verschiedene Jagdgewehre oftmals nicht zu und ein unglücklich konstruierter Korrektur-Mechanismus oder nicht fachgerechte Montage verursacht oft eine Verschiebung der Treffpunktlage. Es gibt so viele Besonderheiten in der Konstruktion und Anwendung von Nacht-Zielfernrohren, dass es unmöglich erscheint, sie alle in einer kurzen Beschreibung zusammenzufassen. Wir empfehlen Ihnen, sich an uns zu wenden, wenn Sie Fragen zu diesem Fachgebiet haben. Wir beraten Sie gerne ausführlicher.

## Beobachtungsbereichweite

Der Anwender der Nachtsichttechnik sollte berücksichtigen, dass die Beobachtungsbereichweite und die Erkennung des zu beobachteten Objektes vom Umgebungslicht (Restlicht), der Atmosphäredichte und dem Kontrast zwischen beobachtetem Objekt und seinem Hintergrund abhängen. Bei erhöhtem Umgebungslicht (Restlicht) in einer Mondnacht oder unter Verwendung anderer zusätzlicher Lichtquellen steigt die Beobachtungsbereichweite und Erkennungsbereichweite wenn der Hintergrund des beobachteten Objektes hell ist (Sand, Schnee). Unter niedrigem Umgebungslicht (Restlicht), höherer Atmosphäredichte und dunklerem Hintergrund (Lehmfeld, Baumstämme usw.) sinkt die Beobachtungsbereichweite - Erkennungsbereichweite.

**In der Tabelle werden die durchschnittlichen Beobachtungsbereichweiten und Erkennungsbereichweiten einer menschlichen Figur auf einem kontrastreichen Hintergrund angegeben:**

	Vollmond 0,1 Lux	½ des Mondes 0,05 Lux	¼ des Mondes 0,01 Lux	Nachthimmel mit Sternen 0,001 Lux	Bewölkter Nachthimmel 0,0001 Lux
Ohne Nachtsichtgerät	230m	130m	45m	—	—
Generation I	300m	200m	150m	100m	50m
Generation II ----- CommGrade, SuperGen®	630m	630m	590m	390m	145m
Generation III ----- XD-4™, XR5™	>810m	>810m	>770m	>530m	>200m

Vor dem Kauf eines Gerätes muss man sich als erstes in Rücksicht auf diese Werte darüber im Klaren sein, welche Generation der Geräte für welche erforderlichen Aufgaben angewendet werden sollen. Mit höher entwickelten Technologien werden die Leistung sowie die Einsatzmöglichkeiten des Nachtsichtgerätes wachsen, aber auch die Anschaffungskosten des Gerätes erhöhen sich entsprechend.

**Bei der Wahl für ein Nachtsichtgerät empfehlen wir folgende einfache Regeln zu beachten:**

- Wenn Sie an das Gerät keine bestimmten Leistungsanforderungen und keine bestimmten Bildanforderungen in der dunklen Tageszeit stellen, können Sie nur vom Äußeren und dem Preis des Gerätes ausgehen.
- Für anspruchsvolle Beobachtungstätigkeit und professionellen Einsatz, im Besonderen bei Gen. I Geräten, wählen Sie ein Gerät mit lichtstarkem Objektiv, wobei die relative Öffnung des Objektivs sollte nicht höher als F1.5 sein.
- In Ihrer Wahl des Nachtsichtgerätes raten wir Ihnen bekannte Hersteller mit großer Erfahrung in der Herstellung und im Verkauf der Nachtsichttechnik. Der Hersteller sollte in der Lage sein, einen ordentlichen technischen Service während und nach Ablauf der Garantiezeit für seine Geräte anzubieten.
- Für professionellen leistungsorientierten Einsatz kommen nur Geräte mit von uns näher beschriebenen Röhren einiger weniger Hersteller in Betracht (Gen. II, II+, *CommGrade*, *SuperGen*<sup>®</sup>, Gen. III, *XD-4*<sup>™</sup> und *XR5*<sup>™</sup>), die wir bei vorhandenem Interesse gerne noch weiter umschreiben und auslegen werden.
- Nutzen Sie ihr Warenrückgaberecht, wenn das Gerät nicht die erworbenen Leistungsmerkmale aufweist. Vergleichen Sie in der Praxis, ob die angegebenen Leistungsangaben auch den Tatsachen entsprechen. Oft werden die Leistungsangaben für Werbezwecke wie schon erwähnt zu hoch angesetzt oder variieren je nach verwendeten Messmethoden der Hersteller. Geräte ohne Leistungsangaben vom Hersteller oder mit unvollständigen Angaben, ohne Datenblatt der Röhre (Ausweis), und ohne Parameterangaben erwerben Sie am besten nicht.
- Überprüfen Sie das Gerät vor dem Kauf auf seine einwandfreie Funktionsfähigkeit.

Wir hoffen, Sie mit dieser einfachen Anleitung bei Ihrer Wahl für ein Nachtsichtgerät unterstützt zu haben. Nach der richtigen Wahl und dem Erwerb eines für Ihre Aufgaben am besten geeigneten Gerätes werden Sie mit Faszination die Möglichkeiten entdecken, die Ihnen diese moderne Technik bieten kann.

Bei weiteren Fragen wenden Sie sich bitte an **Alpha Photonics**. Wir beraten Sie ausführlich und fair.

(\* Stand: 2011-05-01)

