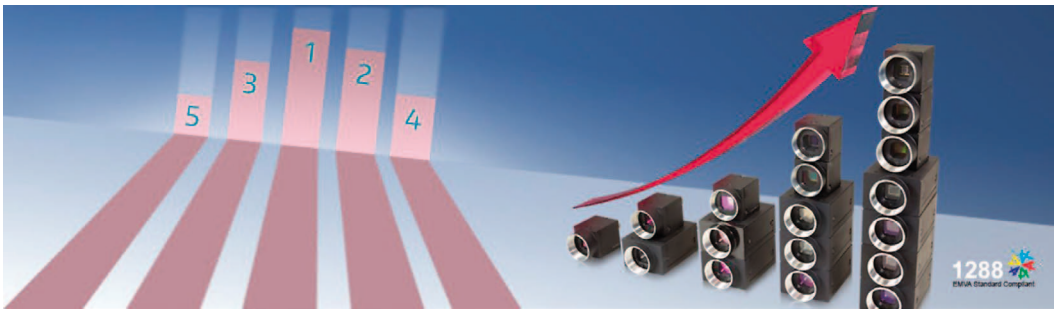
Mit der EMVA-Spezifikation die Kameraleistung objektiv vergleichen



Spezifikationen wie Megapixel und FPS sind zwar wichtig, liefern jedoch keine Hinweise auf die Bildqualität. Zu diesem Zweck wurden die EMVA 1288-Spezifikationen erstellt. Diese Anleitung hilft Ihnen dabei, die Spezifikationen besser zu verstehen und erklärt, wie man sie zur Erstellung der gewünschten Bilder verwenden kann.

Im folgenden Artikel werden bestimmte Begriffe und Spezifikationen, die sich auf die Bildqualität einer Kamera beziehen, beschrieben. Welche Eigenschaften werden getestet und was bedeuten sie?

Quanteneffizienz

(abgekürzt QE)

Maßeinheit: Prozent (%)
Definition: Die Quanteneffizienz (Bild 1) beschreibt das Verhältnis der Anzahl freier Elektronen zur Anzahl der Photonen mit einer bestimmten Wellenlänge, die diese freien Elektronen erzeugt haben.

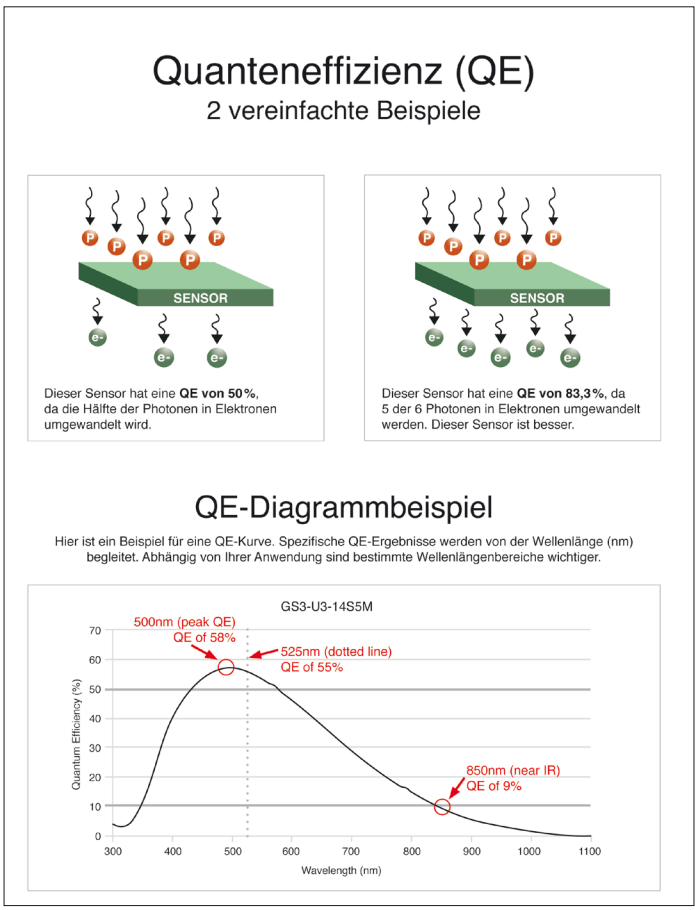


Bild 1: Die Quanteneffizienz ist ein Maß dafür, wieviele Photonen in Elektronen umgewandelt werden.

Was bedeutet das?

Eine höhere QE bedeutet höhere Lichtempfindlichkeit, was besonders dann hilfreich ist, wenn die Lichtverhältnisse schlecht sind. Darüber hinaus sind manche Sensoren auf eine erhöhte Empfindlichkeit bei verschiedenen Wellenlängen ausgelegt. Abhängig von ihrer Anwendung kann die Quanteneffizienz bei bestimmten Wellenlängen entscheidender sein als bei anderen Wellenlängen. Beispielsweise ist die Empfindlichkeit im Nah-Infrarot-Bereich (850 - 950 nm) für die Verkehrsüberwachung bei schwachem Licht wesentlich. Sehr gute Sensoren haben eine maximale QE von 70 bis 80 %. Allerdings erreicht kein Sensor eine QE von 100 %.

Was beeinflusst die QE-Ergebnisse?

Die Sensorgestaltung des Herstellers. Neuere Sensoren, wie die Sony Pregius-Sensoren, haben tendenziell eine größere QE.

Zeitliches Dunkelrauschen

(auch bekannt als Ausleserauschen)

Maßeinheit: Elektronen (e-)
Definition: Dunkelrauschen ist das Rauschsignal des Sensors ohne eingehendes Signal.

Was bedeutet das?

Niedrigeres zeitliches Dunkelrauschen führt zu klaren Bildern (Bild 2). Alle Sensoren weisen ein gewisses Maß an zeitlichem Dunkelrauschen auf, das durch die Sensorelektronik verursacht wird. Zeitliches Dunkelrauschen wird nicht durch die Belichtungszeit beeinflusst und schließt das Schrotrauschen nicht mit ein.

Was beeinflusst das zeitliche Dunkelrauschen?

Die Gestaltung von Sensor und Kamera durch die Hersteller. Neuere Sensoren nutzen die Vorteile bestimmter Techniken, um das zeitliche Dunkelrauschen zu reduzieren. Kamerahersteller können das Rauschen weiter verringern, indem sie die Taktung der Pixel verlangsamen und bestimmte Teile der Elektronik um den Sensor herum abschalten.

Sättigungskapazität

(auch bekannt als volle Aufnahmetiefe)

Maßeinheit: Elektronen (e-)
Definition: Die Sättigungskapazität beschreibt die Anzahl der Ladungsträger, die ein Pixel aufnehmen kann.

Was bedeutet das?

Jedes Pixel ist wie ein Brunnen oder ein Eimer, der anstatt Wasser Elektronen in sich aufnehmen kann

Bild 2: Das Bild zeigt, wie das Dunkelrauschen die Bildqualität beeinflusst. Je kleiner der Wert des Dunkelrauschens ist, desto schärfer ist das Bild.

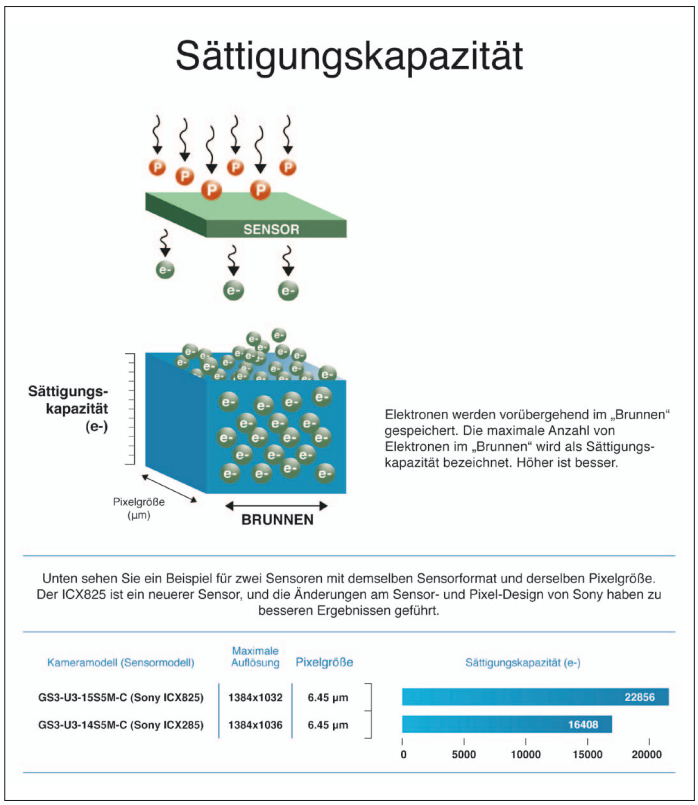


Bild 3: Die Elektronen werden temporär im sogenannten „Brunnen“ gespeichert. Die maximale darin enthaltene Anzahl Elektronen wird als Sättigungskapazität bezeichnet.

(Bild 3). Die Sättigungskapazität gibt die maximale Anzahl an Elektronen an, die ein einzelnes Pixel in der Lage ist, aufzunehmen. Sie hängt stark von der Pixelgröße ab. Je größer die Sättigungskapazität, desto größer ist der potenzielle Dynamikbereich. Je kleiner die Kapazität ist, desto eher wird das Pixel seine maximale Ladungskapazität erreichen. Würden bei einer Aufnahme alle Pixel ihre Sättigungskapazität erreicht haben, entstünde ein weißes Bild. Die Sättigungskapazität allein ist weniger geeignet, die Leistungsfähigkeit eines Sensors zu beurteilen, da das zeitliche Dunkelrauschen und die Quanteneffizienz den Dynamikbereich und das Signal-Rausch-Verhältnis ebenso beeinflussen.

Was beeinflusst das Ergebnis? Die Sensorgestaltung des Herstellers. Neuere Sensoren mit verbesserter Pixeltechnologie haben eine höhere Sättigungskapazität. Im Allgemeinen gilt, dass die Sättigungskapazität proportional zur Pixelgröße ist.

Signal-Rausch-Verhältnis

(abgekürzt als SNR oder SN)

Maßeinheit: Dezibel (dB) oder Bits
Definition: Das Signal-Rausch-Verhältnis ist da Verhältnis zwischen Signal und Rauschen am Sättigungspunkt. Das Rauschen bei Sättigung ist überwiegend das Schrotrauschen.

Was bedeutet das?
Je größer das Signal-Rausch-Verhältnis ist, desto mehr Kontrast und Klarheit und desto weniger Rauschen weist das Bild auf (Bild 4). Bei einem SNR von 1 ist ein aufgenommenes Objekt vor lauter Rauschen nicht mehr zu erkennen. Ein großes Signal-Rausch-Verhältnis ist ein wesentlicher Parameter für viele Anwendungen bei Schwachlicht, wie die Dunkelfeld-Mikroskopie und die Fluoreszenz-Analyse. Viele Sensoren haben ein SNR von über 35 dB. Die Besten erreichen Werte von über 40 dB.

Was beeinflusst das Ergebnis?
Die Gestaltung von Sensor und Kamera durch die Hersteller. Zeitliches Dunkelrauschen, Schrotrauschen, Quanteneffizienz und Sättigungskapazität beeinflussen das SNR.

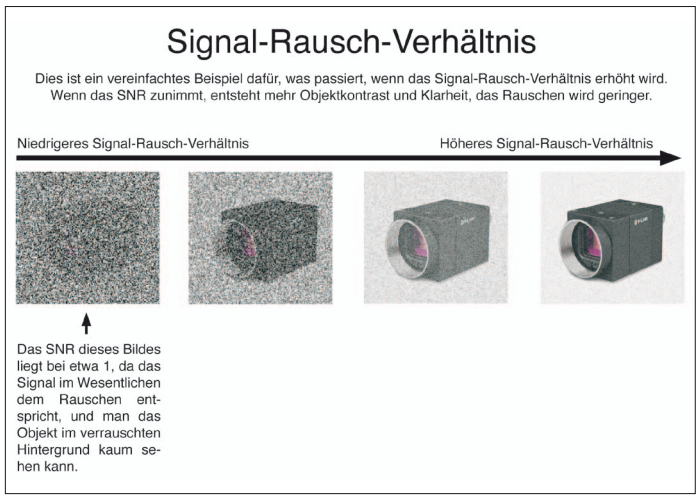


Bild 4: Diese Bilder zeigen, was passiert, wenn das Signal-Rausch-Verhältnis ansteigt. Je höher der Wert des Signal-Rausch-Verhältnisses ist, desto höher ist der Kontrast und die Bilder sind klarer.

Dynamikbereich

Definition: Der Dynamikbereich beschreibt das Verhältnis zwischen dem Signal bei Sättigung und dem minimalen Signal, das der Sensor noch messen kann.

Was bedeutet das?
Je höher die Zahl, umso mehr Details in Graustufen sind im Bild zu sehen (Bild 5). Anders gesagt, der Dynamikbereich ist die Fähigkeit der Kamera, die maximale und minimale Lichtintensität (Schatten und helle Bereiche) zu erfassen. Modelle mit größerem Dynamikbereich können mehr Details erkennen. Im Außenbereich, wo helle und dunkle Bereiche gleichzeitig aufgenommen werden oder Kameras schnell wechselnden Lichtbedingungen unterliegen, ist ein höherer Dynamikbereich von Vorteil.

Was beeinflusst das Ergebnis?
Die Gestaltung von Sensor und Kamera durch die Hersteller. Der Analog-Digital-Wandler (ADC) kann, in Abhängigkeit von seiner Bit-Tiefe, ebenfalls den Dynamikbereich reduzieren oder erhöhen.

Grenzempfindlichkeit

Maßeinheit: Photon (γ)

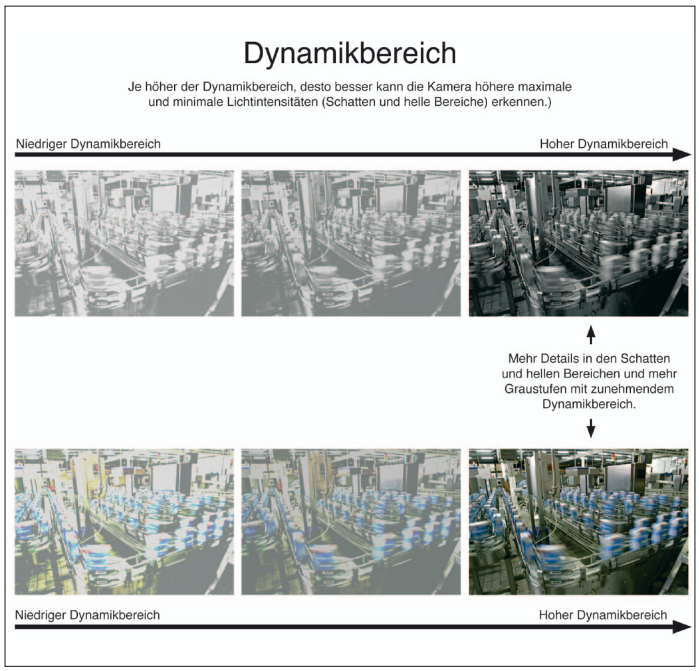


Bild 5: Je höher der Dynamikbereich ist, desto kontrastreicher und klarer wird das Bild.

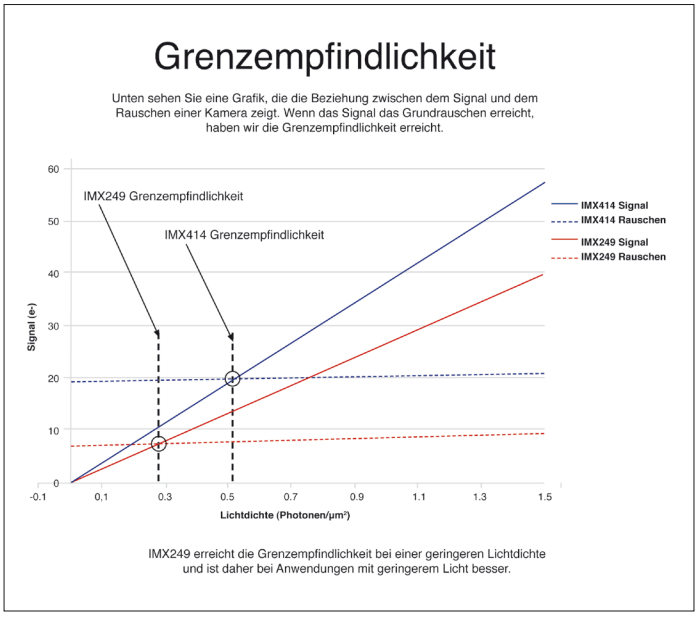
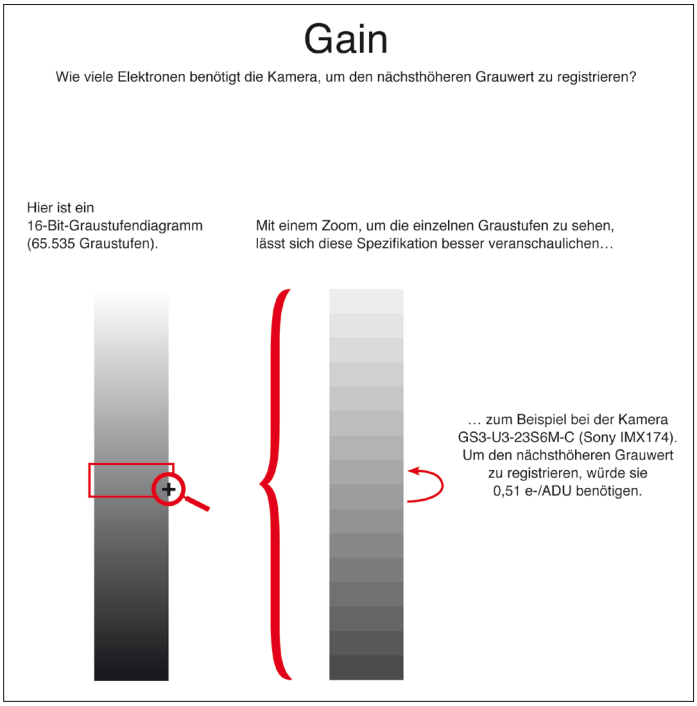


Bild 6: Die Grenzempfindlichkeit ist erreicht, wenn das Signal das Grundrauschen der Kamera erreicht hat.



Der Parameter Gain zeigt an, wieviele Elektronen benötigt werden um den nächsthöheren Grauwert zu erreichen.

Definition: Die Grenzempfindlichkeit ist die Anzahl an Photonen, die nötig sind, um ein Signal zu erzeugen, das gleich dem Rauschen ist.

Was bedeutet das?

Je kleiner die Photonenzahl, umso besser kann man mit der Kamera brauchbare Bildsignale aus dem Rauschen herausfiltern (Bild 6). Dieser Wert ist vor allem für Anwendungen bei sehr geringen Lichtverhältnissen entscheidend. Anders als nur bei der Betrachtung der Quanteneffizienz oder des zeitlichen Dunkelrauschens, ermöglicht die absolute Grenzempfindlichkeit ein besseres Verständnis der Leistung bei geringen Lichtstärken, weil es die Quanteneffizienz bereits berücksichtigt, ebenso wie das zeitliche Dunkelrauschen des Sensors gemeinsam mit dem Schrotrauschen.

Was beeinflusst das Ergebnis?

Die Gestaltung von Sensor und Kamera durch die Hersteller. Die absolute Grenzempfindlichkeit wird beeinflusst vom zeitlichen Dunkelrauschen, vom Schrotrauschen und der Quanteneffizienz des Sensors.

Gain

Maßeinheit: Elektronen über 16 bit ADU (e-/ADU)

Definition: Parameter, die anzeigen, wie viele Elektronen nötig sind, um bei einer 16-Bit AD-Wandlung den nächsthöheren Grauwert zu erreichen.

Was bedeutet das?

Stellen Sie sich ein 16-Bit-Grauwertdiagramm vor, um diese Definition besser zu verstehen. 16 Bits Grau entsprechend 65,535 eindeutigen Graustufen (siehe Bild 7). Damit ein Pixel während der Bilderfassung den nächst-höheren Grauwert erreicht, benötigt es mehr freie Elektronen in seinem Ladungsspeicher. Das beschreibt diese Spezifikation.

Was beeinflusst das Ergebnis?

Die Gestaltung von Sensor und Kamera durch die Hersteller. Die Sättigungskapazität und die spezifische AD-Wandlung (in diesem Fall 16 Bit) wirken sich auf das Ergebnis aus.

■ *Flir*
www.flir.com

EMVA 1288

Der EMVA 1288 ist ein Standard für die Qualitätsbewertung von Kamera- und Bildsensoren. Er ermöglicht eine objektive Charakterisierung von Kameras und Bildsensoren. So können die Bildsensoren unterschiedlicher Hersteller und Kameraherstellers neutral und objektiv miteinander verglichen werden. Dazu definiert der Standard Methoden zur Durchführung der Messungen und gibt Richtlinien zur Auswertung und Vereinheitlichung der Darstellung der Ergebnisse. Der Standard wird von einem Konsortium aus Herstellern von Kameras und Bildsensoren, Distributoren und wissenschaftlichen Instituten erarbeitet und gepflegt. Hier werden die Messgrößen zur Qualitätsbewertung festgelegt.

Dazu zählen:

- spektrale Empfindlichkeit (Spectral Sensitivity) (300 - 1700 nm)
- Quanteneffizienz / Systemübertragungsfaktoren
- Linearität: digitaler Grauwert als Funktion der Bestrahlungsstärke
- Photon-Transfer Kurve, Sättigungskapazität
- Signal-Rausch Verhältnis
- Dunkelrauschen
- temperaturabhängiger Dunkelstrom
- Rauschen: zeitliches Rauschen als Funktion des Grauwerts
- Ungleichförmigkeit Hell/Dunkelsignal (PRNU/DSNU)
- Charakterisierung defekter Pixel

Der EMVA-Standard beschreibt die benötigten Berechnungsmethoden, die alle durch simulierte Datensätze verifiziert wurden. Die Messungen können in einem Wellenlängenbereich von 300 bis 1700 nm durchgeführt werden. Dafür stehen verschiedene Strahlungsquellen zur Verfügung, wie beispilsweise Laserquellen, LEDs, Monochrometer (Xe-Quellen).

Link zum Standard: https://www.emva.org/standards-technology/emva-1288/
Quelle: https://www.tu-ilmenau.de/fileadmin/media/qualitaetssicherung/Dokumente/EMVA1288.pdf