

## Sensor-Vergleich: IMX gleich IMX?

Über die Sony Pregius-Sensoren wurde in den letzten Wochen und Monaten viel berichtet. In diesem White Paper soll dargestellt werden, was sich hinter den Bezeichnungen für diese CMOS-Sensoren, wie z.B. IMX174, IMX250, verbirgt, was die Ähnlichkeiten in dieser Modellreihe sind, aber auch, worin Unterschiede bestehen. Zudem möchten wir die Pregius-Sensoren von denen aus Sonys anderer großer CMOS-Reihe, den STARVIS-Sensoren, abgrenzen.

### Inhalt

1. Die Sensoren der Pregius-Reihe.....	1
1.1 Aufbau .....	1
1.2 Erste Generation .....	1
1.3 Zweite Generation.....	2
1.4 Funktionalitäten .....	2
2. Die Sensoren der STARVIS-Reihe .....	3
2.1 Aufbau .....	3
2.1.1 Back Illumination.....	3
2.1.2 Funktionalitäten.....	3
2.2 EMVA1288.....	3
3. Vergleich der Empfindlichkeit .....	4
4. Was sind die größten Unterschiede und was bedeuten diese für meine Anwendung? .....	4
5. Fazit.....	4

### 1. Die Sensoren der Pregius-Reihe

Die Sensoren der Pregius-Reihe von Sony sind zwar CMOS-Sensoren, basieren aber auf der über Jahrzehnte perfektionierten CCD-Sensor-Struktur, mit der Sony so erfolgreich war und noch immer ist. Auch Sony konnte sich nicht dauerhaft dem Trend zu CMOS-Sensoren in der industriellen Bildverarbeitung verschließen.

#### 1.1 Aufbau

Um jedoch die hervorragende Bildqualität ihrer CCD-Sensoren auch in den neuen CMOS-Sensoren zu bewahren oder noch zu steigern, entwickelte Sony für die Pregius-Reihe einen Global Shutter-Pixel, der mit ähnlich guten Rauscheigenschaften wie frühere CCD-Pixel punkten kann oder diese sogar übertrifft. Dafür nutzt Sony seine Exmor Technologie, bei der direkt beim parallelen Spaltenauslesen der Pixel das rauschreduzierte Analogsignal in ein digitales Signal umgewandelt wird. So kann nicht nur das Rauschverhalten verbessert, sondern gleichzeitig auch die Geschwindigkeit erhöht werden.

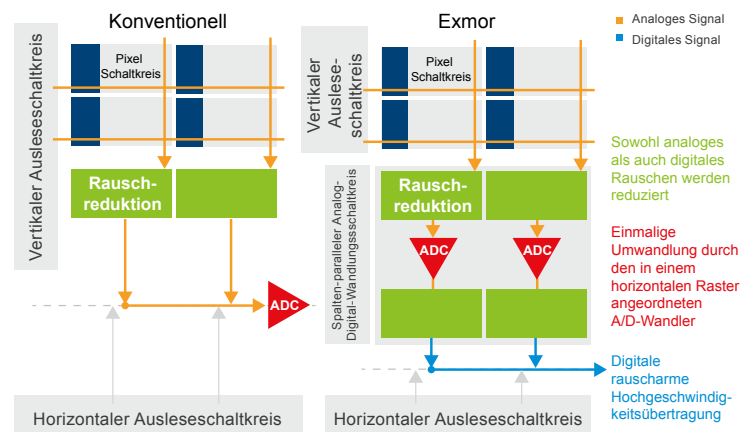


Abbildung 1: Konventionelle Auslesestruktur im Vergleich zur Exmor Auslesestruktur

Die Reihe ist für die industrielle Bildverarbeitung entwickelt worden und bietet daher kurze Belichtungszeiten, exaktes Triggern mit sehr geringen Delays sowie eine hervorragende Effizienz.

#### 1.2 Erste Generation

Die erste Generation dieser neuen Sensorreihe umfasst die Sensoren IMX174 und IMX249. Diese verfügen über eine Pixel-Pitch von 5,86 µm mit einer Auflösung von 1920 x 1200 Pixeln und haben somit keinen Eins-zu-eins-Verwandten bei den alten CCD-Sensoren von Sony.

Bei diesen beiden Sensoren zeigt sich bereits der Ansatz von Sony, jeweils zwei verschiedene Sensoren auf Grundlage des gleichen Pixeltyps anzubieten, die sich in Geschwindigkeit und einigen Sensorfeatures unterscheiden. Die jeweils einfachere Version bietet Sony dann zu einem günstigeren Preis an. Sie unterscheidet sich in Bezug auf die Verfügbarkeit einiger Sensorfeatures, allerdings nur marginal in Bezug auf die Bildqualität.

Sensor	IMX174/IMX249
Auflösung	2,3 MP
Auflösung	1920*1200
Sensorformat	1/1,2 "
Pixelgröße	5,86 µm
max fps @ Basler	164/40 fps

Sensor	IMX174/IMX249
Quanteneffizienz	70 %
Dunkelrauschen	6,8 e <sup>-</sup>
Sättigungskapazität	32500 e <sup>-</sup>
Dynamik	73,6 dB
Signal-Rausch-Verhältnis	45,10 dB

Bei der ersten Generation der Pregius Sensoren ist die sehr große Sättigungskapazität von über 32 ke<sup>-</sup> besonders hervorzuheben.

### 1.3 Zweite Generation

Mit der zweiten Generation der Pregius-Reihe etablierte Sony einen 3,45 µm großen Pixel.

Sensor	IMX174/IMX249	IMX252/IMX265	IMX250/IMX264	IMX255/IMX267	IMX253/IMX304
Auflösung MP	2,3 MP	3 MP	5 MP	9 MP	12 MP
Auflösung	1920*1200	2048*1536	2448*2048	4112*2176	4112*3008
Sensorformat	1/1,2 "	1/1,8 "	2/3 "	1 "	1,1 "
Pixelgröße	5,86 µm	3,45 µm	3,45 µm	3,45 µm	3,45 µm
max fps @ Basler	164 fps	120 fps	75 fps	40 fps	30 fps

Dieser hat ein anderes Verhalten in der Umwandlung von Licht zu Elektronen. Seine QE-Charakteristik unterscheidet sich stark von derjenigen der ersten Generation.

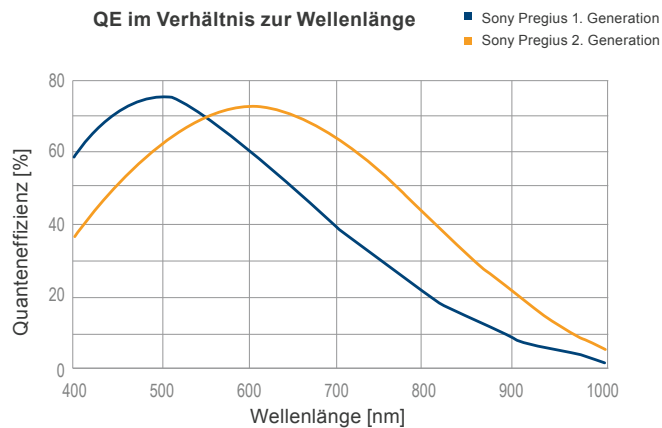


Abbildung 2: Quanteneffizienz zweier PREGUIS-Sensor-Generationen im Vergleich; acA1920-50gm (IMX174) beispielhaft für die 1. Generation und acA2440-20gm (IMX264) für die 2. Generation

Gerade die leichte Verschiebung in den höheren Wellenlängenbereichen beim Maximum der Kurve zeigt, dass es sich hier um unterschiedliche Pixeltypen handelt, die sich entsprechend in der Bildgebung unterscheiden.

Weiterhin zeigt sich das etwas andere Pixeldesign in den leicht unterschiedlichen EMVA1288-Werten:

	1. Generation		2. Generation		
Sensor	IMX174/IMX249	IMX252/IMX265	IMX250/IMX264	IMX255/IMX267	IMX253/IMX304
Quanteneffizienz	70 %	66%	67%	65%	65%
Dunkelrauschen	6,8 e <sup>-</sup>	2,3 e <sup>-</sup>	2,3 e <sup>-</sup>	2,4 e <sup>-</sup>	2,3 e <sup>-</sup>
Sättigungskapazität	32,5 ke <sup>-</sup>	10,7 ke <sup>-</sup>	10,7 ke <sup>-</sup>	10,7 ke <sup>-</sup>	10,6 ke <sup>-</sup>
Dynamik	73,6 dB	73 dB	73 dB	72,8 dB	73,5 dB
Signal-Rausch-Verhältnis	45,10 dB	40 dB	40 dB	40,3 dB	40,2 dB

Durch die kleineren Pixel bei Sensoren der 2. Generation verkleinert sich deren Sättigungskapazität deutlich und nimmt damit eher die für CMOS-Sensoren typischen Werte an.

Allerdings basieren auch diese Sensoren auf der Exmor Technologie und bieten somit, wie in obiger Tabelle ersichtlich, hervorragendes Rauschverhalten.

### 1.4 Funktionalitäten

Die Pregius-Reihe ist auch was ihre Features angeht, auf die industrielle Bildverarbeitung zugeschnitten. So bietet sie die in diesen Anwendungen weit verbreitete Möglichkeit, kleinere Regions of Interest (ROIs) zu setzen, um die Geschwindigkeit zu erhöhen und die Datenlast zu reduzieren. Dies wird gerade in Anwendungen häufig herangezogen, in denen besonderes Interesse der Inspektion kleinerer Bildausschnitten gilt, so z.B. bei Leiterplatten. Bei der Leiterplatteninspektion sind oft bestimmte Bauteile von erhöhter Bedeutung für die Funktionalität der Baugruppe.

## 2. Die Sensoren der STARVIS-Reihe

Die STARVIS-Reihe ist eine komplett andere Sensorfamilie. Sensoren dieser Reihe enthalten allerdings, da es sich auch um CMOS-Sensoren handelt, ebenso die Buchstabenkombination IMX in der Typenbezeichnung.

Die STARVIS-Sensorfamilie besteht bereits seit geraumer Zeit und wurde vornehmlich im Surveillance-Bereich eingesetzt. Daher gab es sie auch zunächst nur als Farbsensoren. Dies hat sich nun geändert: mit den neueren monochromen Modellen werden die Sensoren zunehmend interessant auch für Anwendungen in der Fabrikautomation. Daher beschäftigt sich nun auch die industrielle Bildverarbeitung mit dieser Sensorreihe.

## 2.1 Aufbau

Bei der STARVIS-Reihe handelt es sich um Rolling Shutter- Sensoren mit sehr kleinen Pixeln von bis zu 1,85  $\mu$  m. Vertreter dieser Reihe sind zum Beispiel die Sensoren IMX178 und IMX226:

	IMX178	IMX226
Auflösung	6,4 MP	12,4 MP
Auflösung	3096 x 2080	4072 x 3046
Sensorformat	1/1,8 "	1/1,7 "
Pixelgröße	2,4 $\mu$ m	1,85 $\mu$ m
Max. fps @ Basler	59 fps	31 fps

Ein wichtiger Aspekt dieser Sensorreihe ist, dass es sich hierbei um sogenannte Back-Illuminated Sensoren handelt.

### 2.1.1 Back Illumination

Bei geringen Pixelgrößen wird es mit der üblichen Herstellungsweise von Sensoren sehr schwer, genügend Licht einzusammeln. Das liegt daran, dass diejenigen Teile des Pixels, die nichts zum Einsammeln von Licht beitragen, wie etwa Verstärker oder A/D-Wandler üblicherweise auf der dem Licht zugewandten Seite des Sensors angebracht sind und somit einen Flächenanteil neben der lichtempfindlichen Fläche jedes Pixels beanspruchen. Je kleiner der Pixel wird, desto größer wird der prozentuale Anteil dieser Fläche, der nicht für die Elektronengeneration genutzt werden kann. Bei den Pixel-Größen der Sensoren der STARVIS-Reihe ist der Anteil dieser quasi „blinden“ Strukturen so groß, dass die Quanteneffizienz bei normaler Bauweise extrem niedrig wäre. Daher nutzt Sony hier einen Trick, der vornehmlich durch die Nachfrage nach immer höheren Auflösungen in der Smartphone-Industrie perfektioniert wurde: Back Illumination (sinngemäß: Belichtung der Rückseite). Bei einem Sensor, dessen „Rückseite“ belichtet wird, wird der Sensor zwar ganz normal gefertigt, sprich die Chipfläche wird mit den benötigten elektronischen Strukturen bestückt, dann wird der Sensor jedoch umgedreht, sodass die reine Verstärker- und Auswerteelektronik auf die Rückseite des Sensors wandern. Auf der Vorderseite wird nun der lichtempfindliche Teil des Sensors untergebracht. Dadurch konkurrieren lichtempfindliche Chip-Strukturen und unterstützende Chip-Strukturen nicht mehr um gemeinsame Fläche und der lichtempfindliche Teil kann größer ausfallen ohne die Auswerteelektronik zu stören. Tatsächlich kann mit diesem Trick nahezu die gesamte Fläche des Pixels zur photoelektrischen Reaktion genutzt werden.

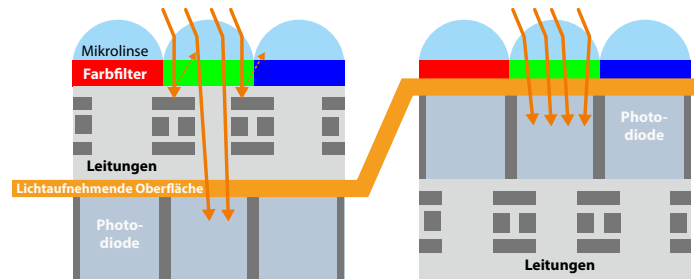


Abbildung 3: Front-illuminated im Vergleich zu back-illuminated

Diese Technologie kombiniert Sony mit den Vorteilen des rauscharmen Auslesens und hohen Geschwindigkeiten der Exmor Reihe und nennt die Kombination dann Exmor R.

Bei den Modellen der STARVIS-Reihe handelt es sich ausschließlich um Sensoren, die auf dieser Technologie aufsetzen und zusätzlich für die Wellenlängen des nahen infraroten Bereichs leicht optimiert wurden, um auch bei Nacht noch gute Überwachungsaufnahmen liefern zu können.

### 2.1.2 Funktionalitäten

Die Sensoren IMX178 und IMX226 sind für den Surveillance-Bereich konzipiert worden. Das bedingt einige funktionale Einschränkungen aus Sicht der industriellen Bildverarbeitung. So sind die Sensoren an sich nur für den Freerun bzw. das kontinuierliche Aufnehmen von Bildern konzipiert. Das Triggern einzelner Bilder, wie in der Fabrikautomation üblich, ist hier ursprünglich nicht vorgesehen.

Ebenso sind die Sensoren, gerade der 12 MP IMX226 nur für den Betrieb mit voller bzw. nahezu voller (4k) Auflösung entwickelt worden. Somit lässt sich hierbei nicht der in der industriellen Bildverarbeitung übliche Geschwindigkeitszuwachs bei Verkleinerung der auszulesenden ROI realisieren.

## 2.2 EMVA1288

Durch die Back Illumination -Technologie konnte Sony für derart kleine Pixel allerdings herausragende EMVA-Werte erzielen:

	IMX178	IMX226
Quanteneffizienz	81 %	80%
Dunkelrauschen	3,2 e <sup>-</sup>	3,2 e <sup>-</sup>
Sättigungskapazität	14,3 ke <sup>-</sup>	11 ke <sup>-</sup>
Dynamik	72,8 dB	71 dB
Signal-Rausch-Verhältnis	41,6 dB	40,4 dB

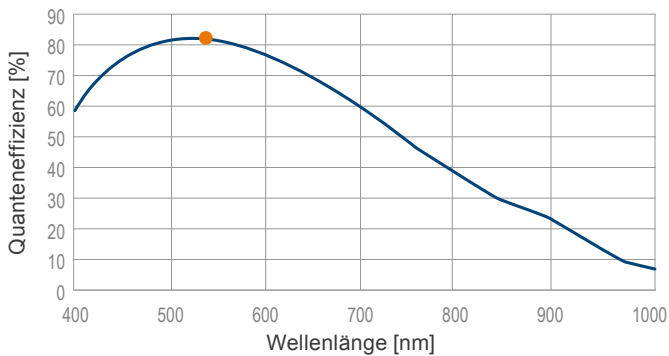


Abbildung 4: Quanteneffizienz der acA3088-16gm (IMX178), aufgetragen über der Wellenlänge

### 3. Vergleich der Empfindlichkeit

Ein besonderes Augenmerk soll auf die Empfindlichkeit der Sensoren gelegt werden, da Sony diese bei der STARVIS-Reihe besonders hervorgehoben hat. Unter Empfindlichkeit soll hierbei verstanden werden, wie viel Licht, also Photonen, die Sensoren benötigen, um ein sich vom Rauschen abhebendes Signal zu erzeugen. Der EMVA1288 Standard bietet hierfür den Messwert des „absoluten Empfindlichkeitsschwellwertes“. Dieser gibt die durchschnittlich benötigte Anzahl an Photonen an, sodass das Signal-Rausch-Verhältnis genau 1 ist.

	STARVIS	Pregius 1. Gen	Pregius 2. Gen
Absoluter Empfindlichkeitsschwellwert	4	10	3

Übersicht des absoluten Empfindlichkeitsschwellwertes für die STARVIS- und Pregius-Reihe

Es lässt sich hieraus ableiten, dass die Sensoren der zweiten Generation der Pregius-Reihe am empfindlichsten sind, dicht gefolgt von der STARVIS-Reihe.

### 4. Was sind die größten Unterschiede und was bedeuten diese für meine Anwendung?

Der erste Unterschied, der auch einen großen Einfluss auf die potenziell passenden Anwendungen hat, ist wohl der unterschiedliche Shutter zwischen STARVIS und Pregius. Durch den Rolling Shutter, sind viele Anwendungen, in denen sich das zu prüfende Objekt oder die Kamera bewegt, nicht möglich, da es zu Verzerrungen kommen kann, die eine Bildverarbeitung unmöglich machen. Bestes Beispiel hierfür sind Anwendungen im Verkehrswesen, wie etwa automatische Nummernschilderkennung (ANPR) bei Mautsystemen (Tolling) oder beim Speed- oder Red-Light-Enforcement.

Darüber hinaus, liegt ein Hauptunterschied in der Trigger-Geschwindigkeit der Kameras. Das Triggern geschieht bei den Pregius-Sensoren deutlich schneller und genauer als bei der STARVIS-Reihe, wodurch Anwendungen möglich werden, bei denen ein exaktes Ausführen des Triggers, wie etwa bei 3D-Anwendungen oder anderen Multi-Kamera-Anwendungen bei denen Bilder nachträglich zusammengeschnitten werden. Beispiele hierfür können die Flascheninspektion sein, Sportanalysen oder die automatische optische Inspektion (AOI) von Leiterplatten.

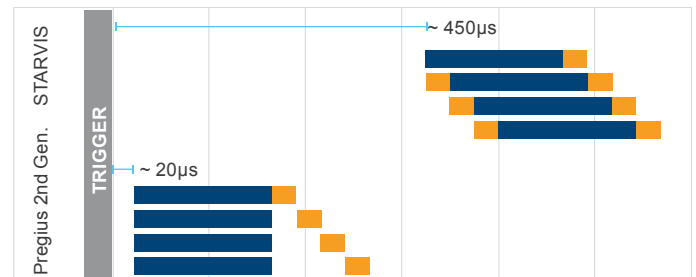


Abbildung 5: Unterschiede in der Auslesezeit

Grundsätzlich dienen die Pregius-Sensoren verstärkt als zukunftsweisender Ersatz alter CCD-Sensoren. So können die 5 MP Varianten IMX264 und IMX250 als Ersatz für den CCD-Sensor ICX625 genutzt werden, oder die 8,9 MP-Versionen IMX267 und IMX255 für den ICX824 als Ersatz herangezogen werden. Die daraus entstehenden Kameras können demnach für diverse Upgrades oder auch als Austauschkamera genutzt werden, ohne dass das optische Setup des Systems stark angepasst werden muss.

Die STARVIS-Sensoren hingegen bieten einen klaren Kostenvorteil gegenüber der Pregius-Reihe. Bei Anwendungen, für die die oben genannten Nachteile nicht zum Tragen kommen können von der sehr guten Bildqualität bei wenig Bewegung zu einem geringen Preis profitieren. Die Sensoren erzielen durch ihre kleineren Pixel zudem höhere Auflösungen bei kleinerem Sensor. Dies muss allerdings bei der Wahl der Optik beachtet werden.

### 5. Fazit

IMX ist definitiv nicht gleich IMX. Selbst innerhalb der Pregius-Sensorreihe gibt es größere Unterschiede in Bezug auf die Art und Weise, wie die unterschiedlichen Generationen konzipiert und umgesetzt sind. Noch größer sind die Unterschiede, wenn man die Pregius-Reihe mit den STARVIS-Sensoren vergleicht. Sorgfältiges Abwägen hinsichtlich Anforderungen der Anwendung und Leistungsspektrum der verschiedenen Sensoren ist daher zwingend erforderlich.

Eines haben jedoch alle IMX-Sensoren gemein: sie besitzen alle eine herausragende Bildqualität, die Sony als Qualitätsführer nun auch im CMOS-Markt bestätigt.



## Autor

### Dominik Lappenküper

Dominik Lappenküper ist bei Basler für die ace, Basler beat und racer Kameraserien verantwortlich und betreut Kameramodelle während der Markteinführung. Darüber hinaus ist er Ansprechpartner für die Einführung neuer Features auf diesen Kamerafamilien. Außerdem ist er zuständig

für das Sammeln von Marktanforderungen.

Dominik begann 2011 sein Duales Studium des Wirtschaftsingenieurwesens bei Basler und schloss mit einem Bachelor of Engineering ab. Danach folgte ein (berufsbegleitendes) Master-Studium an der FH Wedel, das er 2016 als Master of Science abgeschlossen hat.

## Über Basler

Basler ist ein international führender Hersteller von hochwertigen digitalen Kameras und Zubehör für Anwendungen in Fabrikautomation, Medizin, Verkehr und einer Vielzahl von weiteren Märkten. Das Produktportfolio umfasst Flächen- und Zeilenkameras in kompakten Gehäusegrößen, Kameramodule als Boardlevel-Varianten für Embedded Vision-Lösungen sowie 3D-Kameras. Abgerundet wird das Angebot durch unser bedienerfreundliches pylon SDK sowie ein breites Spektrum von teils eigens entwickeltem Zubehör, das optimal auf unsere Kameras abgestimmt ist. Basler verfügt über drei Jahrzehnte Erfahrung im Bereich der Computer Vision. Das Unternehmen beschäftigt rund 500 Mitarbeiter an seinem Hauptsitz in Ahrensburg sowie in Niederlassungen und Vertriebsbüros in Europa, Asien und Nordamerika.

## Kontakt

Dominik Lappenküper – Product Market Manager

Tel. +49 4102 463 409

Fax +49 4102 463 46409

E-Mail: [dominik.lappenkueper@baslerweb.com](mailto:dominik.lappenkueper@baslerweb.com)

An der Strusbek 60-62

22926 Ahrensburg

Germany