WHITE PAPER

CoaXPress 2.0 als Alternative zu Camera Link – mehr Performance und geringere Systemkosten beim Wechsel der Kamera-Schnittstelle

CoaXPress ist eine mittlerweile etablierte Schnittstelle im Markt der industriellen Bildverarbeitung, wenn hohe Datenraten benötigt werden. Mit der Veröffentlichung des neuen CoaXPress 2.0 (CXP 2.0) Standards bietet diese Weiterentwicklung eine interessante Alternative zu der bewährten Schnittstelle Camera Link. Beide Interfaces erfordern einen ähnlichen Systemaufbau und spezielle Hardware im Host-PC. Sowohl Camera Link als auch CXP 2.0 benötigen einen Framegrabber für die Datenvorverarbeitung. Doch worin bestehen die Unterschiede bei allen technischen Ähnlichkeiten? Wir vergleichen beide Schnittstellen und stellen die Frage: Ist CXP 2.0 der ideale Nachfolger von Camera Link?

Inhalt

1. Camera Link und CoaXPress: Zwei Schnittstellen für hohe Datenraten 1

2. Detaillierter Vergleich von Camera Link und CXP 2.0 1

2.1 Bandbreite 1
2.2 Kabel 2
2.3 Datensicherheit 2
2.4 Echtzeitfähigkeit 2
2.5 Fazit des technologischen Vergleichs 3

3. Was ist beim Wechsel zu beachten? 3

3.1 Unterschiedliche Systemaufbauten 3
3.2 Anpassung der Software 4

4. Beispiel einer Kostenanalyse – Vergleich Camera Link mit CXP 2.0 5

5. Zusammenfassung 5

Camera Link und CoaXPress: Zwei Schnittstellen für hohe Datenraten

Im Bereich der industriellen Bildverarbeitung dominieren zwei Schnittstellen, die einen Framegrabber benötigen, Camera Link und CoaXPress. Beide Schnittstellen werden in Applikationen eingesetzt, bei denen meist hohe Geschwindigkeiten oder Auflösungen zum Einsatz kommen. Sie bieten auch Vorteile, wenn Datenvorverarbeitung auf dem Framegrabber benötigt wird, um die Datenlast im Host-PC zu reduzieren oder Prozesse zu beschleunigen. Diese Vorverarbeitungs-Prozesse können z. B. Debayering, Farbkorrekturen oder Deep Learning-Prozesse enthalten. Die Anwendungen, bei denen Framegrabber eingesetzt werden, sind sehr vielfältig und kommen somit in ganz unterschiedlichen Branchen vor, wie z.B. Automatisierung, Elektronikfertigung, Medizintechnik oder der klassischen Messtechnik.

Seit der Veröffentlichung des neuen CoaXPress 2.0 Vision Standards, befassen sich viele Anwender damit, bestehende Camera Link-Systeme mit dem neuen CoaXPress 2.0 Standard zu modernisieren.

Denn der neue Standard bietet überzeugende Vorteile, so dass sich ein Schnittstellenwechsel in vielen Fällen lohnt. Die wichtigsten Gründe, vom Camera Link-System auf ein CoaXPress-System zu wechseln sind:

- Die Bandbreite reicht im Camera Link-System nicht mehr aus, um aktuelle und zukünftige Anforderungen an das Bildverarbeitungssystem zu erfüllen, wie z.B. höhere Bildwiederholraten oder Auflösungen
- Flexiblere und vereinfachte Kabellösung
- Deutlich vereinfachter Integrationsaufwand und Inbetriebnahme
- Realisierung von Kosteneinsparungen und dadurch ein wesentlich besseres Preis-Leistungsverhältnis
- Präzisere Triggerung der Kamera
- Eine besseren Bildqualität ist gewünscht, die nur durch neuste Bildverarbeitungssensoren erzielt werden kann
- Größere Kabellängen von bis zu 40 m, bei maximaler Bandbreite

Detaillierter Vergleich von Camera Link und CXP 2.0

Doch wo liegen die wichtigsten Unterschiede zwischen den beiden Schnittstellen, was Bandbreite, Kabel, Bitfehler und Echtzeitfähigkeit angeht?

Bandbreite

Beim Vergleich der Bandbreiten gilt es, die verschiedenen Konfigurationsmöglichkeiten der Camera Link-Schnittstelle zu berücksichtigen. Sie unterscheiden sich in Anzahl

und Beschaffenheit der Datenkabel. CXP 2.0 benötigt zum Beispiel nur ein einzelnes Kabel, um eine höhere Datenrate als Camera Link (full+ Konfiguration) zu erreichen:

Schnittstelle	Konfiguration	Bandbreite (MB/s)	Anzahl der Kabel
Camera Link	Base	255	1
	Medium	510	2
	Full	680	2
	Full+	850	2
CXP 2.0	CXP-12	1200	1
	CXP-12	2400	2
	CXP-12	4800	4

CXP bietet bereits in der einfachsten Konfiguration mit nur einem Kabel Vorteile gegenüber Camera Link. Darüber hinaus bietet CXP auch eine Skalierbarkeit und ist somit zukunftssicher, um bei Bedarf die Bandbreite zu steigern. Dies ist in vielen Applikationen ein großer Vorteil, wenn z.B. Sensoren mit höheren Auflösungen oder Geschwindigkeiten eingesetzt werden sollen und dadurch ein größeres Datenvolumen bewältigt werden muss. Durch die höheren Datenraten, die über eine geringere Anzahl an Kabeln übertragen werden können, ergibt sich nicht zuletzt auch ein ökonomischer Vorteil und eine Vereinfachung des gesamten Bildverarbeitungssystems. Davon wird in einem späteren Abschnitt des White Papers noch genauer die Rede sein.

Kabel

Kabel sind ein wichtiger Kostenfaktor im Bildverarbeitungssystem. Die benötigten Kabel und ihre Spezifikationen sind daher wesentliche Aspekte beim Vergleich der Schnittstellen Camera Link und CoaXPress:

	Camera Link	CXP 2.0
Abschirmung	Doppelte Abschirmung	Doppelte Abschirmung
Anschluss	Industrieller verschraubbarer Anschluss (MDR/SDR Stecker)	Industrieller Stecker mit robustem Bayonett Anschluss (Micro-BNC)
Flexibilität	0	++
Kosten	-	++
Kabellänge bei maximaler Bandbreite	10 m	40 m

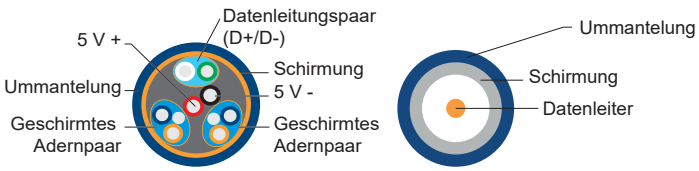

Abbildung 1: Vergleich des Kabelaufbaus Camera Link-Kabel mit CXP-Kabel

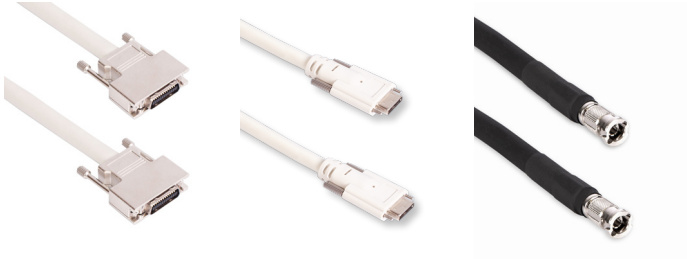

Abbildung 2: Camera Link-Kabel (MDR) , Camera Link-Kabel (SDR), CX P-Kabel (Micro-BNC)

Kabelaufbau bzw. einzelne Kabeltypen sind in den Abbildungen zu erkennen. Bei CXP-Kabeln ergeben sich folgende Vorteile gegenüber Camera Link-Kabeln:

- Größere Kabellänge von bis zu 40 m (bei maximaler Bandbreite)
- Vereinheitlichung vom Steckertyp -> Micro-BNC (HD-BNC)
- Erhöhte Flexibilität und dünneres Kabel, dadurch einfacheres Verlegen von Kabel im Bildverarbeitungssystem
- Kosteneinsparung

Datensicherheit

Um die Datenintegrität sicherzustellen, verwendet CXP eine CRC32-Prüfsumme für die Bilddaten. Diese stellt sicher, dass der Anwender erkennen kann, falls wider Erwarten Fehler auftreten.

Anhand dieser Prüfsumme können - im Unterschied zu Camera Link - während der Datenübertragung Fehler erkannt und jeweils den Bildern zugeordnet werden. Um jedoch die Komplexität auf der Empfangsseite zu verringern und keine zusätzliche Speicherkapazität in der Kamera installieren zu müssen, wird kein Mechanismus zum erneuten Senden der beschädigten Pakete am Framegrabber bereitgestellt.

Der CoaXPress Standard bietet dem Nutzer somit eine sichere und nachvollziehbare Qualität bei der Datenübermittlung.

Echtzeitfähigkeit

Als Echtzeitfähigkeit bezeichnet man bei Vision Systemen die Eigenschaft, Bilddaten ohne spürbare Verzögerung aufnehmen bzw. verarbeiten zu können.

Der technische Begriff für die Verzögerung bzw. die Verzögerungen, die im System auftreten, ist die sogenannte Latenzzeit bzw. die Latenzzeiten. Ein echtzeitfähiges System hat also geringe Latenzzeiten. Latenzen können an unterschiedlichen Stellen im Bildverarbeitungssystem auftreten. Die Latenzzeit des Systems ist dabei eine absolut messbare Verzögerung. Ist die Latenzzeit bei der

wiederholten Bearbeitung von Aufgaben oder Prozessschritten nicht konstant, sondern unterschiedlich, gibt es auch für diese Eigenschaft einen technischen Begriff: der sogenannte Jitter bezeichnet die Varianz in der Bearbeitungsdauer aufeinander folgender identischer Prozessschritte. Letzterer ist eine der wichtigsten Größen bei der Aufsetzung von deterministischer Prozessschritte. Die Abbildung veranschaulicht sowohl Jitter als auch die Latenz eines Systems.

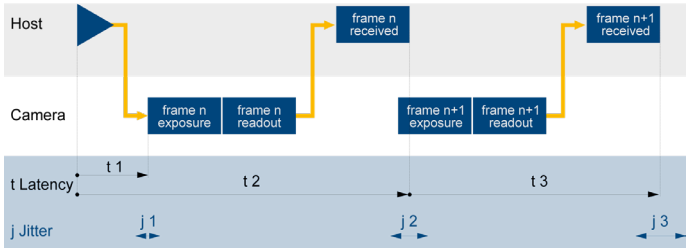

Abbildung 3: Latenzzeiten und Jitter eines Systems

Wichtig sind an dieser Stelle auch die Triggermöglichkeiten der Schnittstelle.

	Camera Link	CXP 2.0
Trigger-möglichkeiten	Hardware Trigger direkt an der Kamera oder über den Framegrabber	Hardware Trigger direkt an der Kamera oder über den Framegrabber
Jitter	Fast kein Jitter aufgrund der reinen Hardware-Schnittstelle	Fast kein Jitter aufgrund der neuen Software-Schnittstelle

Aus der Tabelle ist ersichtlich, dass es bei beiden Schnittstellen (Camera Link und CXP 2.0) ähnliche Spezifikationen hinsichtlich der Triggers bzw. des Jitters gibt, da diese beiden Schnittstellen sich technologisch sehr stark ähneln.

Fazit des technologischen Vergleichs

Die beiden Schnittstellen Camera Link und CoaXPress ähneln sich technologisch sehr. Ein Wechsel von Camera Link zu CXP 2.0 ist daher ohne große Probleme möglich. Mit CoaXPress 2.0 ergeben sich gegenüber Camera Link sogar deutliche Vorteile: so können dank der größeren maximalen Kabellängen auch größere Entfernungen bei den Applikationen überbrückt und durch die größere Bandbreite, eine höhere Auflösung genutzt werden oder größere Bildraten erreicht werden. CXP 2.0 bietet viele Möglichkeiten und Vorteile, das bestehende Bildverarbeitungssystem, das auf Framegrabber-Technologie basiert, zu verbessern.

Was ist beim Wechsel zu beachten?

Betrachten wir die Unterschiede zwischen zwei typischen Systemaufbauten – jeweils mit Camera Link und CXP 2.0, um die Unterschiede zu erläutern und relevante Hardwarekomponenten herauszustellen. Außerdem betrachten wir die Besonderheiten der jeweiligen Softwarearchitektur.

Unterschiedliche Systemaufbauten

Im folgenden Absatz sehen wir einen typischen Systemaufbau, der in der Elektronikfertigung, Medizintechnik oder bei verschiedenen Automatisierungsaufgaben zum Einsatz kommen kann. In diesem Setup ist die Kamera auf einen bestimmten Prüfling, d.h. ein Einzelteil oder Werkstück, ausgerichtet. Nehmen wir an, die Arbeitsdistanzen sind bereits berechnet und eingestellt, insbesondere wurden auch zu den entsprechenden optischen Parametern (Sensorgröße, Arbeitsabstand und Field of View) ein passendes Objektiv und Beleuchtung ausgewählt.

In der Abbildung wird eine Prüfaufgabe mit der Schnittstelle Camera Link visualisiert (in diesem Beispiel wird die schnellste Camera Link-Version, nämlich die CL Full+ verwendet). Die Kamera ist mit zwei Kabeln verbunden, die zum im Host-PC verbauten Framegrabber führen. Die erwähnten zwei Kabel sind nötig, um eine Bandbreite von 850 MB/s zu erreichen. Der Framegrabber ist mit einer PCI Express-Schnittstelle mit dem Mainboard im PC verbunden. Der Software-Trigger erfolgt in diesem Fall über das Camera Link-Kabel.

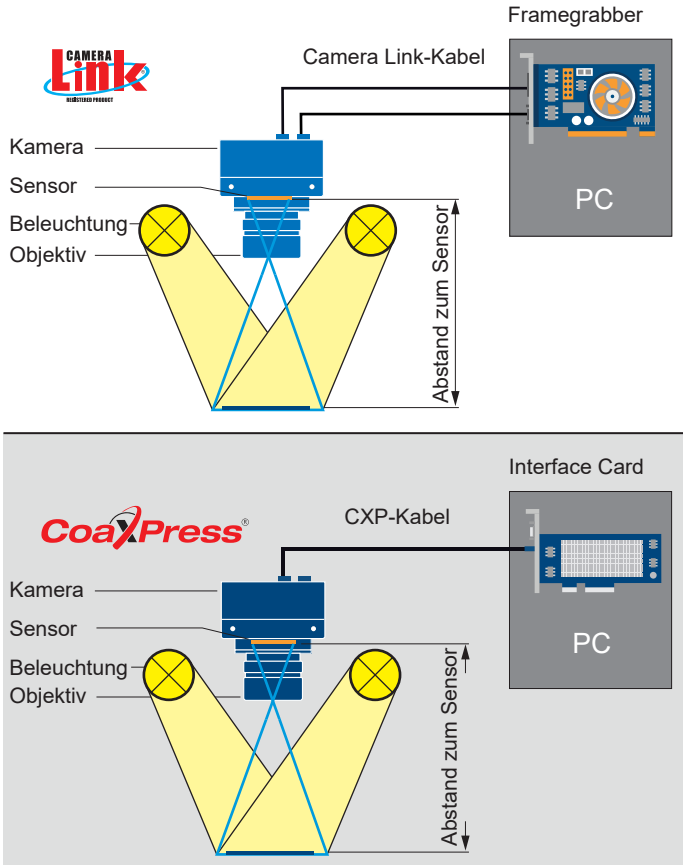

Abbildung 4: Prüfaufgabe mit Camera Link-System im Vergleich zu einer Prüfaufgabe mit CXP-System

Um diesen Camera Link-Systemaufbau in ein CXP 2.0-System umzuwandeln, ist seitens der Hardware nur ein sehr geringer Aufwand notwendig, da in einem CXP-System ebenfalls ein Framegrabber verwendet wird. Es ist zu beachten, dass für den Wechsel des Framegrabbers eine PCI Express 3.0-Schnittstelle auf dem Mainboard vom Host-PC benötigt wird. Außerdem sind oft bei Camera Link-Systemen ältere Sensoren verwendet worden, deshalb muss hier ggf. eine Anpassung des Objektivs durchgeführt werden. Häufig haben neuere Generationen von Sensoren kleinere Pixel, wodurch sich die optischen Rahmenbedingungen bei gleicher Auflösung gegenüber dem alten System ändern können. Dabei bieten die Sensoren häufig oft höhere Geschwindigkeiten und bessere Bildqualität. Somit können in der Anwendung in vielen Fällen schnellere Durchsatzmengen bei höhere Inspektionsqualität realisiert werden Somit können kleine Einzelteile mit sogar höheren Geschwindigkeiten inspiziert werden und eine höhere Produktionsmenge verschiedener Bauteile ist möglich.

Neben der gestiegenen Qualität durch die Verwendung neuartiger Sensoren besteht ein wesentlicher Vorteil im Hardware-Setup bei CXP 2.0 in der Nutzung besserer Kabeltechnologie. Unter anderem kann im neuen Bildverarbeitungssystem bei gleichbleibenden oder nur minimal gestiegenen Anforderungen hinsichtlich der Bandbreite mindestens ein Kabel eingespart werden, was den gesamten Systemaufbau vereinfacht. Weitere Vorteile sind:

- Höhere Bandbreite mit bis zu 1200 MB/s je Kabel
- Standardisierter Micro-BNC (HD-BNC) Stecker
- Kabellängen von bis zu 40 m möglich (bei voller Bandbreite von 1200 MB/s)
- Dünnere und flexiblere Kabel, dadurch kleinerer minimaler Biegeradius
- Zusätzliche Einsparung eines Kabels und somit Kostenersparnis

Anpassung der Software

Systemumstellungen, die die Software betreffen, können umfangreicher sein und wesentlich mehr Arbeitsaufwand bedeuten. Dieser Aufwand ist davon abhängig, auf welche Weise das bisherige Setup konfiguriert und ausgelesen wurde. Bei der Camera Link-Technologie erfolgt die Parametrisierung unter anderem über die serielle Schnittstelle des Framegrabbers, was einen großen Zeitaufwand erzeugen kann. In den letzten Jahren erfolgte dann eine Vereinfachung durch die Einführung des GenICam-Standards.

Im folgenden stellen wir zwei mögliche Szenarien für eine Softwaremigration vor:

Variante 1:

Anwender, deren bisherige Software-Lösung nicht dem GenICam-Standard folgt und die keine für CoaXPress anwendbare Bildverarbeitungsbibliothek nutzen, müssen ihre Software anpassen, um dem GenICam-Standard gerecht zu werden. Dies enthält die Kommunikation zur Kamera und der Bildakquise. Die Basler pylon Camera Software Suite bietet dabei ein umfangreiches kostenfreies Software-Komplettpaket mit einem sehr leistungsfähigen Software Development Kit (SDK), mit dem auch weniger erfahrene Software-Entwickler die Portierung zu GenICam problemlos bewältigen können. Nach der einmaligen Portierung ist der Anwender auch für andere aktuelle und künftige Machine Vision Software-Schnittstellen gerüstet, da alle Schnittstellentechnologien dem GenICam-Standard gerecht werden müssen.

Variante 2:

Für Anwendungen, bei denen bereits eine GenICam-basierte Softwareumgebung im Einsatz ist, ist der Aufwand deutlich geringer. Dennoch muss die aktuelle GenICam-Version für CoaXPress angepasst werden, um die Funktionalität der Software sicherzustellen. Dieses kann unter anderem die unterschiedliche Bennenung der Kamera-Features enthalten. Idealerweise umfasst die Softwareumgebung die Möglichkeit eines Updates aller Treiber für CXP 2.0. Dies wird zum Beispiel durch die Basler pylon Camera Software Suite und bei vielen Image Library Herstellern geboten.

Die folgende Abbildung verdeutlicht den Aufbau und den Inhalt der pylon Camera Software Suite:

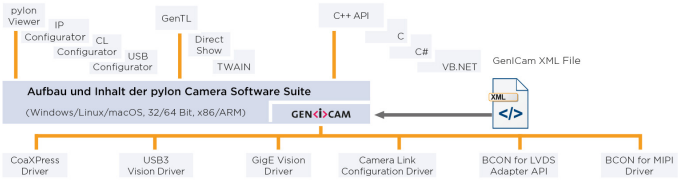

Abbildung 5: Aufbau und Inhalt der pylon Camera Software Suite

Eine universell einsetzbare Software bietet damit bei jedem Migrations-Projekt deutliche Zeit- und somit Kosteneinsparungen in der Softwareentwicklung.

Beispiel einer Kostenanalyse – Vergleich Camera Link mit CXP 2.0

Im folgenden Schaubild möchten wir genauer auf den Kostenvorteil eingehen, der für einen Wechsel zu CXP 2.0 spricht.

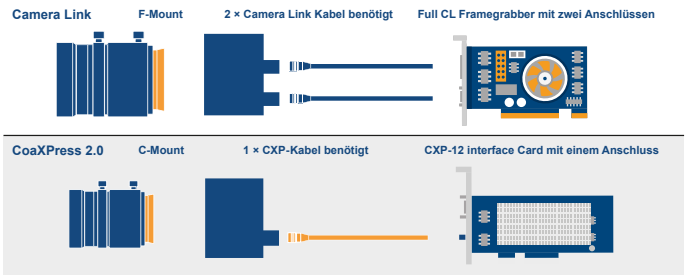

Abbildung 6: Camera Link-System verglichen mit einem CXP 2.0-System

Wir betrachten den Vergleich zwischen der Konfiguration von Camera Link Full und CXP-12. Bei den Kameras handelt es sich um typische Industriekameras mit einer Auflösung von 12 Megapixel und eine Bildwiederholrate von ca. 60 fps. Im System ist bei der Camera Link-Version ein Framegrabber verbaut. Bei CXP sind mittlerweile CXP-Framegrabber in einfachen Versionen verfügbar, dadurch erfolgt eine Komplexitätsreduzierung ggü. Camera Link und auch Kostenvorteile können erzielt werden.

Die folgende Tabelle vergleicht die Kosten beider Setups:

	Camera Link – System Sensor CMV12000		CXP – System Sensor IMX 253	
Objektiv	F-Mount	600 EUR	C-Mount	300 EUR
Industrie-kamera	Camera Link Full+	2800 EUR	CXP-12	3.000 EUR (bundle)
PC Einsteck-karte	Frame-grabber	1200 EUR	Interface Card	
Kabel	2 x 10 m	300 EUR	1 x 10 m	80 EUR
Gesamtkosten		**4.900 EUR**		**3.380 EUR**
Kosten je Megapixel	12 MP	408 EUR je Megapixel	12 MP	281 EUR je Megapixel
Kosten je Megabyte	850 MB/s	5,76 EUR je MB/s	1200 MB/s	2,80EUR je MB/s

**Wir gehen von handelsüblichen Listenpreisen aus*

Aus der Gegenüberstellung der Kosten kann man sehr gut erkennen, dass ein großer Preisvorteil bei einem System mit der neuen CXP 2.0-Schnittstelle besteht. In diesem Rechenbeispiel ergibt sich ein Kostenvorteil von ca. 1500 EUR oder 45 % für ein Bildverarbeitungs-System mit allen typischen Komponenten, die man für die Bildaufnahme benötigt.

Wenn keine Vorverarbeitung erforderlich ist, ist eine einfache technische Version des Framegrabbers vollkommen ausreichend. Auch günstigere Objektive können verwendet werden. Das liegt an der Sensorgröße, in diesem Beispiel ein IMX 253 mit 1.1" Sensorgröße (siehe auch Kapitel „Unterschiedliche Systemaufbauten"). Dieser Sensor bietet zudem auch Vorteile in Bezug auf Bildqualität und Empfindlichkeit. Eine weitere Kosteneinsparung gibt es bei den Kabeln. Hier ist schon der Stückpreis des CXP-2.0-Kabels deutlich geringer als der des Camera-Link-Pendants. Zusätzlich wird nur ein Kabel verwendet, was die Kosten für Kabel nahezu auf ein Viertel im Vergleich zum CameraLink-System reduziert.

Zusammenfassung

Camera Link, im Zusammenspiel mit einem Framegrabber, ist seit Jahren eine bevorzugte Schnittstelle im Bereich der industriellen Bildverarbeitung, wenn hohe Auflösungen und Geschwindigkeiten verlangt werden. Durch die technologische Weiterentwicklung und den bestehenden Kostendruck auf dem Bildverarbeitungsmarkt ist CXP 2.0 ein perfektes Upgrade, um die neuste state-of-the-art-Technologie zu nutzen und somit das Gesamtsystem zu verbessern. Kunden werden durch den zeitlich niedrigen Integrationsaufwand der neuen Schnittstelle profitieren und daher einfacher den Schnittstellenwechsel vornehmen können. CXP 2.0 bietet die Möglichkeit, langfristig für wechselnde Marktbedingungen gewappnet zu sein und den steigenden Kundenanforderungen gerecht zu werden. Im folgenden Schaubild werden abschließend die wesentlichen Eigenschaften von beiden Schnittstellen gegenübergestellt:

	Camera Link	CXP 2.0
Bandbreite	Max. Bandbreite 800 MB/s	Max. Bandbreite 1200 MB/s
Höhere Bandbreite für Anwendungen mit anspruchsvollen Bildverarbeitungsaufgaben		
Kabellänge	10 m	40 m
Das Vierfache der Kabellänge, bei größerer Bandbreite Weniger sperrige und flexiblere Kabel verfügbar		
Sensor	😐	☺
Neueste CMOS Sensoren verfügbar für eine bessere Bildqualität und höhere Geschwindigkeit		
Steckertyp	MDR / SDR	Micro-BNC
Standardisierter Steckertyp bei CoaXPress 2.0 vereinfacht die Auswahl der Framegrabber und Kabel		
Systemkosten	$$$	$
Durch den technologischen Fortschritt sind bei einem Hardwarewechsel Kosteneinsparungen möglich		

Autor

Thomas Karow ist seit 2018 als Product Market Manager bei der Basler AG tätig und ist verantwortlich für die Produktsparte des Performance Segments. In dieser Funktion betreut er die Markteinführung von neuen Kameramodellen. Darüber hinaus beobachtet und bewertet er im Rahmen von Marktanalysen kontinuierlich Trends und Anforderungen in der Kameratechnik und hat dadurch die Kundenwünsche fest im Blick.

Thomas Karow besitzt ein Diplom in Betriebswirtschaft. Vor seinem Einstieg bei Basler arbeitete er bereits mehr als 8 Jahre im internationalen Vertrieb für Industriekameras und bringt somit viele Erfahrungen und Marktkenntnisse aus der industriellen Bildverarbeitung mit.

Kontakt

Thomas Karow – Product Market Manager

Tel. +49 4102 463 611
Fax +49 4102 463 46611
E-Mail: thomas.karow@baslerweb.com

Basler AG
An der Strusbek 60-62
22926 Ahrensburg
Deutschland

Über Basler

Basler ist ein international führender Hersteller von hochwertigen Kameras und Kamerazubehör 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. Der Basler Konzern beschäftigt rund 800 Mitarbeiter an seinem Hauptsitz in Ahrensburg sowie an weiteren Standorten in Europa, Asien und Nordamerika.

©Basler AG, No. 3, 05/2020

Informationen zu Haftungsausschluss und Datenschutzerklärung finden Sie unter www.baslerweb.com/haftungsausschluss