

pco.
imaging

pco.camera

Benutzerhandbuch



www.pco.de

Dieses Benutzerhandbuch gilt für folgende Produkte:

- CMOS-cameras:
 - pco.1200 hs
- CCD-cameras:
 - pco.1600
 - pco.2000
 - pco.4000

Bei Problemen und Fragen wenden Sie sich bitte an uns. Sie erreichen uns auf folgenden Wegen:

Telefon	+49 (0) 9441 2005 55
Fax	+49 (0) 9441 2005 20
eMail	support@pco.de
Postanschrift	PCO AG Donaupark 11 93309 Kelheim

Die Erklärung über die Einhaltung der zutreffenden EG-Richtlinien (EG-Konformitätserklärung) finden Sie am Schluß dieses Handbuchs

Das Photo auf der Titelseite ist ein Beispiel für an pco.camera Kamerasystem, das Objektiv ist nicht Bestandteil der Lieferung.

Stand dieses Handbuchs: Dezember 2004

© PCO AG

Inhaltsverzeichnis

INHALTSVERZEICHNIS	3
1 EINFÜHRUNG	5
1.1 Zielgruppe dieses Handbuchs	5
1.2 Zeichenerklärung	5
1.3 Sicherheitshinweise	6
1.4 Betriebsvoraussetzungen	7
1.5 Kamera-Varianten	7
1.5.1 Lieferumfang	7
1.5.2 Verfügbare Daten-Schnittstellen	8
1.6 Installation der Applikationssoftware "camware"	8
1.6.1 Installation von CD	8
1.6.2 Installation nach Softwaredownload aus dem Internet	9
1.6.3 Installation der benötigten Hardware-Treiber	9
1.7 Hinweise zur abbildenden Optik	10
1.7.1 Objektivanschluß	10
1.7.2 Auflagemaß verändern	10
2 INBETRIEBNAHME DER KAMERA	11
2.1 Vorbereitung	11
2.2 PC einschalten	11
2.3 Kamera einschalten	11
2.4 Camware starten	11
3 FUNKTIONSBESCHREIBUNG	12
3.1 Funktionsmodule und interner Datenfluss	12
3.2 Primärer Bildspeicher (camRAM)	13
3.2.1 Struktur des primären Bildspeichers	13
3.2.2 Betriebsarten	15
3.3 Belichtungssteuerung	17
3.3.1 Betriebsarten "Einzelbild" und "Bildsequenz"	17
3.3.2 Zusammenhang zwischen Speicherbetriebsart, Zeitsteuerung und Auslöser-Signalen	17
3.3.3 Zeitablauf	18
3.3.4 Externe Belichtungssteuerung	22
3.3.5 Status-Signale	24
3.4 Diagnose-Schnittstelle	25
3.5 Live-View	25
3.6 CCD Auslesetaktzeiten	25

3.7	CCD Kühlung	26
3.8	Bestimmung der Farbwerte	26
4	DATEN-SCHNITTSTELLEN	31
4.1	Struktur der Schnittstellen	31
4.2	Firewire 400	33
4.3	Camera Link	34
4.4	Gigabit-Ethernet	34
5	SOFTWARE	35
5.1	pco.camware	35
5.2	Software Development Kit (SDK)	35
5.3	Treiber	35
5.4	Treiber für Software anderer Hersteller ..	35
5.5	Firmware-Update	36
6	WARTUNG UND PFLEGE	37
6.1	Wartung	37
6.2	Pflege und Reinigung der Kamera	37
6.2.1	Reinigung des Objektivs	37
6.2.2	Reinigung des Eingangsfensters des Sensors	38
7	ANHANG	39
7.1	Mechanische Abmessungen	39
7.2	Kundenservice	43
7.3	Fehlerbehebung	43
7.4	Endgültige Außerbetriebnahme	44

1 Einführung

Das Kamerasystem pco.camera besteht aus

- einer Kamera mit digitaler Bilddatenausgabe (Datenschnittstelle zum PC),
- einem separaten Netzteil (pco.power) sowie
- der Bildverarbeitungssoftware „Camware“. Die Software verfügt über eine Kontext sensitive Hilfe (F1 Taste).

Die Kamera ist in verschiedenen Varianten erhältlich. Je nach Variante können Sie mit der Kamera digitale monochrome oder farbige Bildaufnahmen in unterschiedlicher Bildauflösung und Belichtungszeit erstellen. Nähere Angaben zu der konkret von Ihnen erworbenen Kamera entnehmen Sie bitte dem kameraspezifischen Datenblatt am Ende dieses Handbuchs.

1.1 Zielgruppe dieses Handbuchs

Die Kamera ist für den Einsatz mit speziellen Anforderungen gedacht. Daher richtet sich dieses Handbuch an Techniker, Ingenieure und Wissenschaftler.

1.2 Zeichenerklärung

In diesem Handbuch werden folgende Zeichen und Symbole verwendet:



Mit diesem Symbol und Textformat sind Warnhinweise gekennzeichnet, bei deren Mißachtung eine Gefahr für Gesundheit oder Leben besteht.



Mit diesem Symbol und Textformat sind Warnhinweise gekennzeichnet, bei deren Missachtung Sachschäden oder Datenverlust drohen.



Mit diesem Zeichen und Textformat sind Tipps oder ergänzende Hinweise gekennzeichnet.

- Diese Zeichen markieren
- Aufzählungen.

Texte, die sich auf Auswahlmenüs einer Software-Oberfläche oder ähnliches beziehen, sind in dieser Schrift (Courier) mit gleicher Zeichenbreite dargestellt.

1.3 Sicherheitshinweise



Betreiben Sie die Kamera niemals in feuchter oder staubiger Umgebung oder an Standorten, an denen Röntgen-Strahlung auftritt. Eindringende Feuchtigkeit, Staub oder Röntgen-Strahlung können die Kamera beschädigen. Bei Eindringen von Feuchtigkeit besteht Lebensgefahr durch Stromschlag!

Schützen Sie die Kamera vor extremen Temperaturschwankungen (Gefahr von Kondenswasserbildung).



Die Standfläche für das Gerät muß stabil und gegen starke Erschütterungen geschützt sein. Andernfalls kann die Kamera Schaden nehmen.

Verwenden Sie zum Befestigen der Kamera ausschließlich den dafür vorgesehenen Sockel an der Kameraunterseite.



Die Öffnungsschlitze am Kameragehäuse (Seite und Rückseite) dienen der Wärmeableitung durch Ventilation. Achten Sie darauf, dass die Öffnungsschlitze stets frei sind, um einer Überhitzung der Kamera vorzubeugen. Vermeiden Sie wegen Überhitzungsgefahr auch direktes Sonnenlicht.



Stecken Sie keine Gegenstände durch die Öffnungsschlitze der Kamera, da die Kamera spannungsführende Teile enthält.

Bei Berührung spannungsführender Teile besteht Lebensgefahr durch Stromschlag!



Stellen Sie vor jedem Einsatz der Kamera sicher, dass das Netzkabel nicht beschädigt ist. Legen bzw. verlegen Sie es so, dass es nicht zur Stolperfalle werden kann.



Trennen Sie in folgenden Fällen die Kamera unverzüglich vom Netz und setzen Sie sich mit dem Kundenservice in Verbindung:

- Wenn Netzkabel oder Stecker abgenutzt oder beschädigt sind.
- Wenn Flüssigkeiten in das Gerät eingedrungen sind.
- Wenn das Gerät trotz Befolgen der Bedienungsanleitung nicht ordnungsgemäß funktioniert.
- Wenn die Kamera heruntergefallen oder das Gehäuse beschädigt worden ist.
- Wenn das Gerät auffällige Abweichungen vom Normalbetrieb zeigt.



Verwenden Sie beim Einschrauben des Objektivs nur eine geringe Kraft, um Gewindeschäden zu vermeiden.

1.4 Betriebsvoraussetzungen

Die Kamera ist an einen PC anzuschließen, der folgenden **Mindestanforderungen** erfüllt:

- Taktrate > 1.6GHz
- RAM > 256MB (bei pco.4000 >=512MB)
- Betriebssystem: Windows 2000 (ab Service Pack 4) und Windows XP (ab Service Pack 1)



Für Linux oder MacOS sind entsprechende Treiber in Vorbereitung. Falls Sie diese Treiber benötigen, informieren Sie sich bitte von Zeit zu Zeit auf unserer Webseite: www.pco.de oder nehmen Sie mit uns Kontakt auf (siehe Seite 2).

- Graphikkarte und Bildschirm mit einer Auflösung von 1280x1024 Pixel
- 32-Bit-Graphikkarte (16.7Millionen Farben)

1.5 Kamera-Varianten

Die Kamerasysteme sind in folgenden Varianten erhältlich:

- pco.1200 hs mit Monochrom- oder Farb-CMOS-Bildsensor, camRAM (verschiedene Grössen), Schnittstellen wählbar
- pco.1600 mit Monochrom- oder Farb-CCD-Bildsensor, camRAM (verschiedene Grössen), Schnittstellen wählbar
- pco.2000 mit Monochrom- oder Farb-CCD-Bildsensor, camRAM (verschiedene Grössen), Schnittstellen wählbar
- pco.4000 mit Monochrom- oder Farb-CCD-Bildsensor, camRAM (verschiedene Grössen), Schnittstellen wählbar

Das Kamerasystem erzeugt je nach Variante Bilder mit 1024 (10 Bit) oder 16384 Graustufen (14 Bit). Die Darstellung der schwarzweiß-Bilder auf dem Monitor erfolgt jedoch unabhängig davon stets mit 256 Graustufen, die Farbdarstellung bei Farbkameras stets mit 16,7 Millionen Farben (3x8 Bit).



Es stehen in der Regel mehrere Graphikeinstellungen zur Verfügung. Wir empfehlen die Einstellung von 24 bzw. 32 Bit mit 16,7 Millionen Farben. Da im 256 Farbmodus 20 Farben von Windows intern verwendet werden, ist bei dieser Betriebsart nur eine Darstellung von maximal 236 Graustufen möglich. Deshalb werden für die schwarz/weiß Darstellung nur 7 Bit (128 Graustufen) verwendet. Manche Grafikkarten benützen jedoch im 256 Farbmodus generell nur 6 Bit, d.h. es können nur 64 Graustufen auf dem Monitor dargestellt werden.

1.5.1 Lieferumfang

Das Kamerasystem pco.camera wird mit folgenden Komponenten geliefert:

- Kamera (ohne Objektiv)
- Netzteil pco.power
- Verbindungskabel Kamera-Netzteil
- Datenkabel Kamera-PC
- Netzkabel für Netzteil
- CD mit Benutzerhandbuch, Anwendungssoftware "camware", Hardware-Treiber, Software-Development-Kit (SDK) und Beispielprogrammen in C++

1.5.2 Verfügbare Daten-Schnittstellen

Die Kameras können mit einer der folgenden Schnittstellen ausgerüstet sein:

- Firewire IEEE 1394a (Firewire 400), mindestens 400MBit Firewire-Schnittstellenkarte oder Firewire-Schnittstelle oder besser
- Camera Link; die pco.camera-Serie wurde mit den folgenden Camera Link Framegrabbern erfolgreich getestet:
 - microEnable III, Silicon Software, www.silicon-software.de
 - Matrox Helios XCL, Matrox, www.matrox.com
- Ethernet oder Gigabit Ethernet – 1000baseT

Weitere Informationen finden Sie auf unserer Webseite: www.pco.de

1.6 Installation der Applikationssoftware "camware"

Mit der Applikationssoftware camware können alle Kameraparameter eingestellt werden. Camware ist eine 32-Bit-Windows Applikation. Die Bilder werden auf dem Monitor dargestellt und können z.B. auf der Festplatte abgespeichert werden. Detaillierte Informationen zur camware finden Sie in der camware Bildschirmhilfe.

Die Software camware befindet sich auf der beigefügten CD. Sollten Sie diese CD nicht greifbar haben, können Sie die aktuelle Version aus dem Internet unter www.pco.de kostenlos herunterladen.



Sollten bei der Installation Probleme auftreten, helfen wir Ihnen gerne weiter unter der Telefonnummer +49 (0) 9441 2005 55, Fax +49 (0) 9441 2005 20 oder eMail support@pco.de.

1.6.1 Installation von CD

Sollte die CD nach dem Einlegen keinen automatischen Start durchführen, starten sie manuell die Datei starter.exe durch doppelklicken. Wählen Sie nun die verwendete Kamera und die Software camware.

1.6.2 Installation nach Softwaredownload aus dem Internet

Laden Sie camware aus dem Internet in ein gewähltes Verzeichnis. Die herunter geladene Datei muss mit einem geeigneten Programm (z.B. WinZIP) dekomprimiert werden. Anschließend starten Sie die Installation mit setup.exe. Aktuelle Informationen zur Installation von camware finden Sie in der Datei „readme.txt“. Zur Installation von camware unter Windows XP müssen Sie Administrator-Rechte haben.



Starten Sie nach der Installation von camware den Rechner neu!

Das Installationsprogramm überträgt alle notwendigen DLL-Dateien in die entsprechenden Windows-Verzeichnisse. Dabei wird automatisch geprüft, ob ältere Versionen vorhanden sind, die dann gegebenenfalls durch die neuen ersetzt werden. Vom Betriebssystem Windows werden alle "registry"-Eintragungen vorgenommen. Wenn zu einem späteren Zeitpunkt das Programm vom Rechner gelöscht werden soll, kann in

Start - Einstellungen - Systemsteuerungen - Software

eine De-Installation veranlaßt werden. Nach erfolgreicher Installation befindet sich die Programmgruppe 'Digital Camera Toolbox' im Programmverzeichnis. Von dort aus können Sie camware starten. Es werden in die gleiche Programmgruppe noch weitere nützliche Tools installiert.

1.6.3 Installation der benötigten Hardware-Treiber

FireWire 400

Treiber für Firewire 400 Schnittstellen oder Einsteckkarten werden entweder von Windows XP oder vom Board-Hersteller mitgeliefert. Eine zusätzliche Hardware-Treiber-Installation ist daher nicht erforderlich.



Wenn die Kamera zum ersten Male über Firewire angeschlossen wird, meldet Windows, dass es ein neues Gerät gefunden hat. Danach läuft die Windows übliche Hardware Treiber Installationsprozedur ab, bei der nach dem Ort der zugehörigen Informationsdatei (.inf) gefragt wird. Hier richten Sie die Suche entweder auf das Laufwerk, in dem sich die mitgelieferte CD befindet oder auf das Directory, in welches Sie zuvor die von unserer Webseite heruntergeladenen Treiber gespeichert und ausgepackt haben. Die weitere Installation und Systemregistrierung führt Windows dann selbstständig durch.*

Camera Link

Die notwendigen Hardware-Treiber für den Camera Link Framegrabber werden vom Hersteller des Camera Link Framegrabbers mitgeliefert. Hinweise zur Installation dieser Hardware-Treiber finden Sie daher in den Unterlagen zum Framegrabber.

Ethernet oder Gigabit Ethernet

Treiber für Ethernet Schnittstellen oder Einsteckkarten werden entweder von Windows XP oder vom Board-Hersteller mitgeliefert. Eine zusätzliche Hardware-Treiber-Installation ist daher nicht erforderlich.

1.7 Hinweise zur abbildenden Optik

1.7.1 Objektivanschluß

Die Kamerasysteme der Serie pco.camera haben wahlweise entweder einen genormten C-Mount Anschluß oder einen Nikon F-Mount Anschluß. Für Sensorformate von z. B. Drittelzoll, Halbzoll und bis zu 1 Zoll empfehlen wir C-Mount Objektive. Für den Bereich von 1–1,5 Zoll gibt es Nikon F-Mount Objektive oder besondere C-Mount Objektive. Bei Sensorformaten > 1.5 Zoll (pco.4000) kommen nur noch F-Mount Objektive in Frage. Das Auflagemaß des C-Mount (Distanz zwischen Objektivanschlag und CCD-Sensor) beträgt 17,52 mm. Es können handelsübliche C-Mount Objektive oder C-Mount Adapter verwendet werden.

1.7.2 Auflagemaß verändern

Um gegebenenfalls das Auflagemaß zu verändern, ist im Lieferumfang ein kleiner Innensechskant-Schlüssel enthalten. Eine Veränderung des Auflagemaßes kann zum Beispiel notwendig sein, wenn die Kamera nicht mehr auf „Unendlich“ scharf gestellt werden kann.

C-Mount-Anschluß

Lockern Sie die beiden Innensechskant-Schrauben am Stahleinsatz und justieren Sie den gerändelten Einsatz (M50 x 0,5 Gewinde) auf das gewünschte Auflagemaß. Wenn Sie auf „Unendlich“ einstellen wollen, muss das Objektiv auf „Unendlich“ eingestellt sein und der Stahleinsatz solange verändert werden, bis Sie ein scharfes Bild erhalten.

Nach der Justage müssen die beiden Innensechskant-Schrauben wieder fest angezogen werden.

F-Mount-Anschluß

Lockern Sie die Innensechskant-Schraube, welche sich im Loch durch den Rändelring (zum Kameragehäuse hin) des F-Mount Anschlusses befindet. Nach dem Lockern können Sie das Auflagemaß durch Drehen des gesamten F-Mount Anschluss bezüglich des Kameragehäuses verändern. Wenn Sie auf "Unendlich" einstellen wollen, muss das eingesetzte Objektiv auf "Unendlich" eingestellt sein und der Adapter solange gedreht werden, bis Sie ein scharfes Bild mit der Kamera erhalten.

Nach der Justage muss die Klemmschraube wieder fest angezogen werden (beachten Sie beim Krafteinsatz, dass es sich um eine kleine Schraube handelt!)

2 Inbetriebnahme der Kamera

2.1 Vorbereitung

1. Überprüfen Sie, ob folgende Kabelverbindungen bestehen:
 - Kamera ist über ein spezielles Kabel mit Netzteil verbunden
 - Kamera ist über ein entsprechendes Schnittstellen-Kabel mit dem PC verbunden
 - pco.power ist über Netzversorgungskabel mit dem Versorgungsnetz (Steckdose) verbunden
2. Überprüfen Sie, ob das Objektiv fest eingeschraubt (C-Mount) bzw. eingesetzt (F-Mount) ist.

2.2 PC einschalten

Schalten Sie den PC ein.

2.3 Kamera einschalten

Schalten Sie das Kamerasystem am Hauptschalter auf der Frontplatte vom Netzteil pco.power ein und beobachten Sie die „Power“- und „Status“-Leuchtanzeigen. Die „power“-Anzeige gibt Auskunft über den Betriebszustand von pco.power, die „Status“-Anzeige informiert über pco.camera. Die Anzeigen haben folgende Bedeutung:

„power“-Anzeige:

- | | |
|-----------------------|--------------------------|
| • oranges Blinklicht: | Selbsttest Netzteil |
| • grünes Dauerlicht: | normaler Betriebszustand |
| • rotes Blinklicht: | Fehler |

„status“-Anzeige

- | | |
|----------------------------|--------------------------|
| • oranges Blinklicht: | Selbsttest Kamera |
| • grünes Dauerlicht: | normaler Betriebszustand |
| • grün-oranges Blinklicht: | Belichtungsanzeige |
| • rotes Blinklicht: | Fehler |

2.4 Camware starten

Starten Sie das Programm „camware“ im Verzeichnis

Programme - Digital Camera ToolBox.

Informationen zu camware finden Sie in der Kontext sensiblen Hilfe (F1 Taste) von camware.

3 Funktionsbeschreibung

Im folgenden Kapitel wird das Kamerasystem pco.camera mit seinen vielfältigen Zeitsteuerungsoptionen und dem integrierten Bildspeicher mit den daraus resultierenden Betriebsarten näher erklärt.

3.1 Funktionsmodule und interner Datenfluss

Das Kamerasystem pco.camera besteht aus der Kamera und dem Netzteil pco.power, welches zugleich Versorgungs- und Zeitsteuerungseinheit ist:

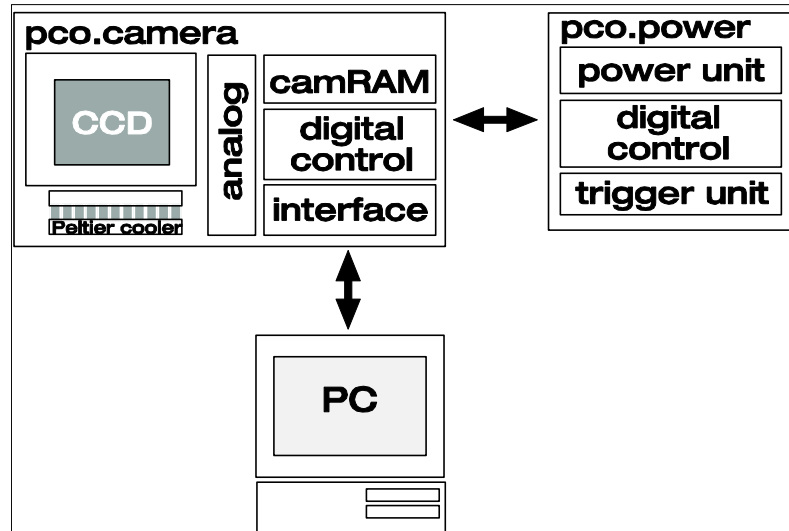


Abbildung 3.1: Strukturelle Darstellung der Funktionseinheiten des Kamerasystems pco.camera

In der Kamera befindet sich der Bildsensor (siehe Abbildung 3.1, „CCD“ oder „CMOS“) welcher die Lichtsignale oder Photonen in elektrische Ladungen umwandelt. Je nach Kamertyp ist dieser Bildsensor zusätzlich durch einen thermoelektrischen Peltier-Kühler gekühlt, um die Akkumulation von sogenannten Dunkelladungen (nur relevant für lange Belichtungszeiten) zu reduzieren und temperaturabhängige Schwankungen im Untergrund des ausgelesenen Bildes zu vermeiden.

Die erzeugten Ladungen werden nach mehreren Schiebeprozessen im Falle des CCD Bildsensors analog verarbeitet (siehe Abbildung 3.1, „analog“) und in digitale Werte umgewandelt. Anschließend werden sie mit einer hohen Datenrate in den Speicher der Kamera übertragen (siehe Abbildung 3.1, „camRAM“, CCD – 160MB/s). Dort werden sie dann in Form von Bilddaten gespeichert und in Abhängigkeit vom eingestellten Betriebszustand (siehe Abbildung 3.1, „pco.camera - digital control“) aufbewahrt oder über die Datenschnittstelle (siehe Abbildung 3.1, „interface“) an einen PC weitergeleitet.

Die dafür notwendige Energie wird vom zugehörigen Netzteil (siehe Abbildung 3.1, „pco.power“) bereitgestellt. Dieses Netzteil übernimmt aber noch weitere Aufgaben neben der Erzeugung der erforderlichen Versorgungsspannungen (siehe Abbildung 3.1, „power unit“):

- es enthält alle externen Anschlüsse zur Zeitsteuerung und deren Kontrolle (siehe Abbildung 3.1, „trigger unit“), und
- es regelt die vorgegebene Temperatur am Bildsensor (siehe Abbildung 3.1, „pco.power – digital control“).

Aufgrund der Struktur des Systems ist es möglich, die Kamera vom PC aus in einen Aufnahmemodus zu versetzen, den PC dann von der Kamera zu trennen und später wieder anzuschließen. Auch gestattet der vorhandene Bildspeicher in der Kamera (siehe Abbildung 3.1, „pco.camera – camRAM“) erweiterte Betriebsarten wie zum Beispiel einen Ringspeicherbetrieb. Dabei werden ständig Bilder aufgenommen und bei vollem Speicher die jeweils ältesten Bilddaten wieder überschrieben. Sobald ein erwartetes Ereignis eingetreten ist, kann man die Aufnahme stoppen und hat das Ereignis selbst sowie eine gewisse Zeit davor gespeichert.

In den nachfolgenden Abschnitten werden einzelne Funktionseinheiten wie Konzept und Struktur des Bildspeichers, Zeitsteuerung der Bildaufnahme, Live-View, das CCD-Ausleseverfahren, die CCD-Kühlung und die Farbdarstellung genauer beschrieben.

3.2 Primärer Bildspeicher (camRAM)

Der primäre Bildspeicher (camRAM) des Kamerasystems befindet sich in der Kamera.

3.2.1 Struktur des primären Bildspeichers

Der Bildspeicher unterteilt sich in 4 Speichersegmente, die die Bilder aufnehmen (siehe Abbildung 3.2). Die Größe der Segmente wird durch den Anwender festgelegt.



Angaben zur Größe des Bildspeichers in Ihrer Kamera finden Sie im kameraspezifischen Datenblatt am Ende dieses Handbuchs.



In der mitgelieferten Applikationssoftware camware wird eines der Segmente für Live-View und andere Anzeigezwecke verwendet, so dass dem Anwender dort nur 3 Segmente zur freien Verfügung stehen!

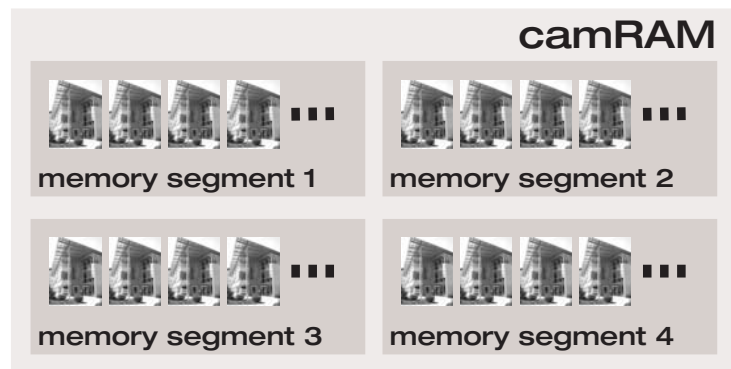


Abbildung 3.2: Schematische Darstellung des primären Bildspeichers (camRAM) in der Kamera. Der Bildspeicher unterteilt sich in 4 Speichersegmente (memory segment 1-4), in die die Bilder gespeichert werden.

Die Größeneinteilung der einzelnen Segmente ist frei (siehe Abbildung 3.3). Es können auch einzelne Segmente zu Null gesetzt werden. Zwischen den Segmenten darf das Format der abzuspeichernden Bilder verschieden sein, nur innerhalb eines Speichersegments ist das Bildformat gleich, d. h., dass Gesamtbilder, Bildausschnitte oder zusammengefasste Bilder (Binning) immer in verschiedene Segmente gespeichert werden müssen:

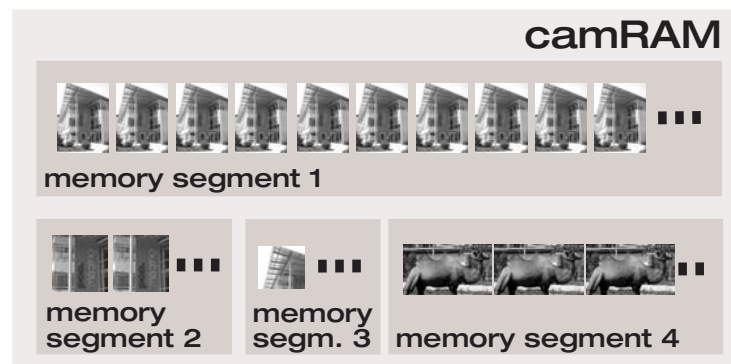


Abbildung 3.3: Schematische Darstellung einer möglichen Einteilung des primären Bildspeichers (camRAM) in der Kamera. Die 4 Bildspeichersegmente können verschieden konfiguriert werden, so dass z. B. verschiedene Bildformate, Binning-Zustände oder ROIs aufgenommen werden können. Nur innerhalb eines Segments ist das Bildformat festgelegt.

Die Größe eines Bildspeichersegments orientiert sich einerseits an der Anzahl der Bilder, die es aufnehmen soll und andererseits an der kleinstmöglichen Speichereinheit, der Seite oder „page“. Diese „page“ ist bei CCD-Bildsensoren 1280 Pixel und bei den CMOS-Bildsensoren 3584 Pixel groß.

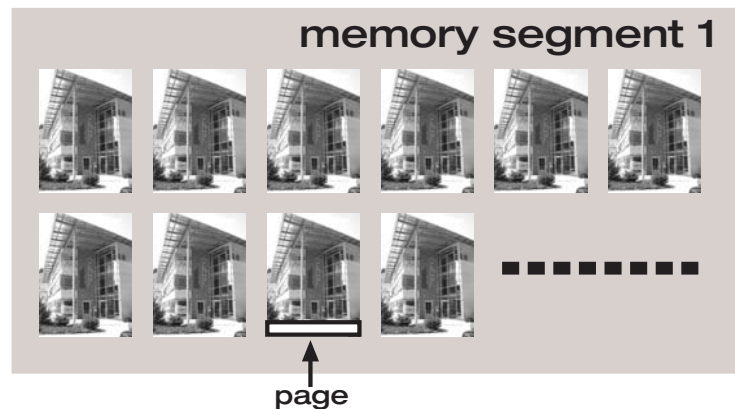


Abbildung 3.4: Schematische Darstellung eines Bildspeichersegments (z.B. memory segment 1). Hier werden die Bilder abgespeichert, wobei die kleinste Speichereinheit eine „Seite“ (page) ist, d.h. jedes Bild entspricht einem ganzzahligen Vielfachen der Grundspeichereinheit page.

Somit bestimmt sich der Speicherbedarf für ein ganzes Bild als ein ganzzahliges Vielfaches dieser Grundeinheit.

3.2.2 Betriebsarten

Es werden zwei Grundbetriebsarten des camRAM unterschieden:

- FIFO-Buffer
- Recorder-Betrieb

Betriebsart „FIFO-Buffer“

In der Betriebsart „Buffer“ oder „FIFO-Buffer“ (FIFO – first in first out) werden von der Kamera Bilddaten gleichzeitig aufgenommen und abgespeichert sowie Bilddaten vom PC ausgelesen.

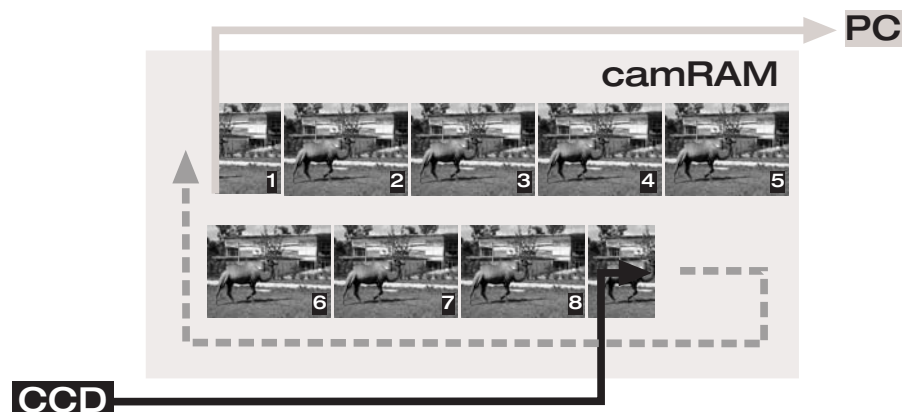


Abbildung 3.5: Schematische Darstellung der Speicherbetriebsart FIFO-Buffer.

Wenn die Kamera das Ende des Speichersegments erreicht hat, beginnt sie, den durch Auslesen freigewordenen Speicherplatz am Anfang wieder zu beschreiben (siehe Abbildung 3.5). Sollte sie den Ausleseprozess dabei einholen, verlangsamt sie automatisch die Aufnahme-frequenz. Einmal gespeicherte Aufnahmen werden also nicht überschrieben, bevor sie nicht ausgelesen sind.

Betriebsart „Recorder“

In der Betriebsart „Recorder“ können Bilder von der Kamera nur aufgenommen und abgespeichert werden. Erst wenn die Aufnahme beendet ist, können die Bilddaten an den PC übertragen werden. Es ist allerdings über die Funktion Live-View (siehe Abschnitt 3.5) möglich, die aufgenommenen Bilder im Rahmen der Geschwindigkeit der verwendeten Schnittstelle auf dem Bildschirm darzustellen und sie so "mitzuschauen".

In der Betriebsart „Recorder“ gibt es zwei Varianten:

- sequentieller Betrieb
- Ringspeicher Betrieb

1. Sequentieller Betrieb (camware: sequence)

Im sequentiellen Recorder-Betrieb wird das Speichersegment fortlaufend beschrieben, und zwar solange, bis entweder vom Anwender die Aufnahme gestoppt wird oder bis das Speichersegment voll geschrieben ist (siehe Abbildung 3.6, full).

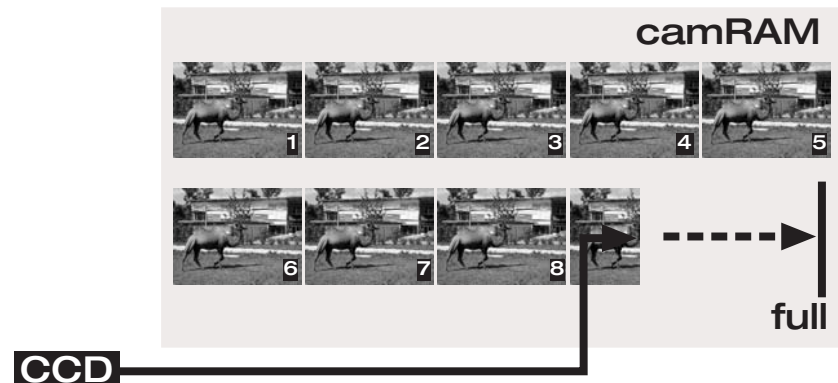


Abbildung 3.6: Schematische Darstellung der Speicherbetriebsart Recorder – sequentieller Betrieb.

2. Ringspeicher Betrieb (camware: ring buffer)

Im Ringspeicher Betrieb, wird das Speichersegment ebenfalls fortlaufend voll geschrieben, nur wird beim Erreichen des Speichersegment-Endes angefangen, die ältesten Bilder zu überschreiben, so dass das Speichersegment zyklisch beschrieben wird (siehe Abbildung 3.7).

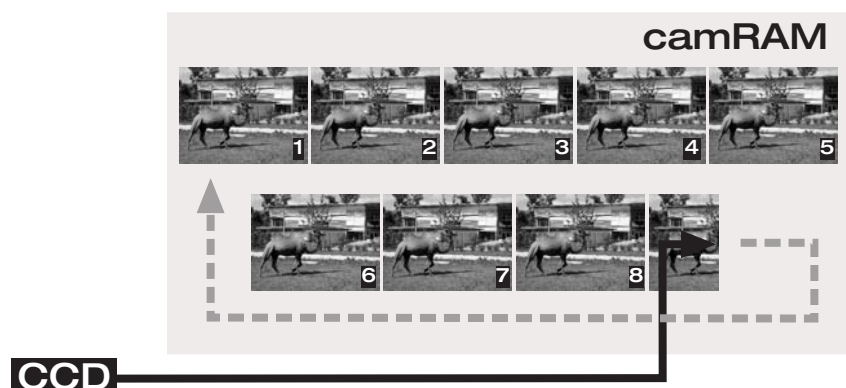


Abbildung 3.7: Schematische Darstellung der Speicherbetriebsart Recorder – Ringspeicher Betrieb.

3.3 Belichtungssteuerung

3.3.1 Betriebsarten “Einzelbild” und “Bildsequenz”

Bei der Bildaufnahme werden generell zwei wesentlich verschiedene Betriebsarten voneinander unterschieden:

- die Einzelbildaufnahme, auch asynchroner oder „still“ Betrieb genannt
- die Bildsequenzaufnahme, auch video, sequentieller oder synchroner Betrieb genannt

Bei der Einzelbildaufnahme benötigt jedes einzelne Bild ein Auslöser-Signal (Trigger).

Bei der Bildsequenzaufnahme bestimmt die Kamera in Abhängigkeit von den eingestellten Verzögerungs- und Belichtungszeiten und von der notwendigen Auslesezeit die schnellstmögliche Bildaufnahmefolge. Nur Start und Stop der Bildsequenz werden über Trigger gesteuert.

Die Grenzen zwischen diesen Betriebsarten sind allerdings fließend, denn auch mit einer Serie von Einzelbildaufnahmen kommt man letztendlich zu einer Bildsequenz. Man kann beispielsweise die Bestimmung der Zeitsteuerung für die optimal schnellste Bildsequenzaufnahme der Kamera überlassen, oder man steuert selbst eine optimale „sequentielle“ Bildaufnahme, indem man mit Hilfe richtig gesetzter Einzelbild-Trigger-Signale eine Sequenz aufnimmt.

3.3.2 Zusammenhang zwischen Speicherbetriebsart, Zeitsteuerung und Auslöser-Signalen

Die Belichtungszeitsteuerung der Kamera (trigger mode) ist abhängig von der eingesetzten Speicherbetriebsart, der Zeitsteuerung und den Auslöser-Signalen (siehe auch Abb. 3.17).

Für Bildsequenzaufnahmen wird die Belichtungszeitsteuerungsart „auto sequence“ eingesetzt.

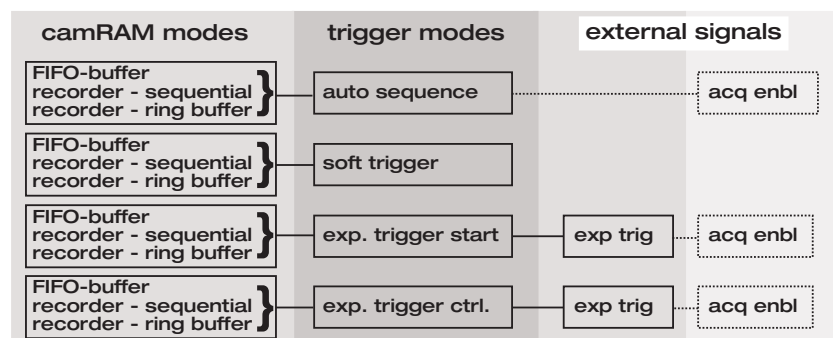


Abbildung 3.8: Zusammenhang zwischen Speicherbetriebsart, Zeitsteuerung und Auslöser-Signalen

Für Einzelbildaufnahmen bietet die Kamera die Belichtungszeitsteuerungsarten „soft trigger“, „exposure trigger start“ und „exposure trigger control“.

auto sequence

Bei der Belichtungszeitsteuerungsart „auto sequence“ wird vom Kamerasystem in Abhängigkeit von den eingestellten Verzögerungs- und Belichtungszeiten und von der notwendigen Auslesezeit die schnellstmögliche Bildaufnahmefolge bestimmt und nach dem Startbefehl aufgenommen, solange bis ein Stopp-Befehl erfolgt. Während die Bildsequenzaufnahme läuft, kann die Bildaufnahme durch ein negatives externes Signal [acq. enbl.] (acquire enable) unterbrochen werden. Vor jedem einzelnen Bild der Bildsequenz, prüft die Kamera, wenn [acq. enbl.] initialisiert ist, ob ein gültiges [acq.enbl.] Signal anliegt oder nicht.

soft trigger

Bei der Belichtungszeitsteuerungsart „soft trigger“ wird eine Einzelbildaufnahme durch einen Softwarebefehl erzwungen. In der Applikationssoftware camware geschieht dies durch Mausklick auf den Record Knopf. Die Betriebsart kann durch externe Signale nicht beeinflusst werden.

exp. trigger start

Bei der Belichtungszeitsteuerungsart „exp. trigger start“ wird die Aufnahme eines einzelnen Bildes - je nach Einstellung mit positiver oder negativer Flanke des gewählten Spannungspegel-Signals am BNC Eingang [exp trig] (siehe Abbildung 3.17 auf Seite 23) gestartet. Zusätzlich wird vorher, wenn [acq. enbl.] initialisiert ist, überprüft, ob das [acq. enbl.] Signal an der zugehörigen BNC-Buchse gültig.

exp. trigger ctrl.

Bei der Belichtungszeitsteuerungsart „exp. trigger ctrl.“ wird die Aufnahme eines einzelnen Bildes über die Dauer des Signals am BNC Eingang [exp trig] (siehe Abbildung 3.17 auf Seite 23) gesteuert, d.h. die Belichtungszeit wird durch das Signal bestimmt (je nach Einstellung mit positivem oder negativem Spannungspegel). Zusätzlich wird vorher, wenn [acq. enbl.] initialisiert ist, überprüft, ob das [acq. enbl.] Signal an der zugehörigen BNC-Buchse gültig ist.

Abbildung 3.8 verdeutlicht die Zusammenhänge zwischen den verschiedenen Speicherbetriebsarten (camRAM modes), den Zeitsteuerungen (trigger modes) und den Möglichkeiten der Steuerung durch externe Spannungssignale (external signal options).

3.3.3 Zeitablauf

In diesem Abschnitt werden die Zusammenhänge der Zeitabläufe beschrieben. Dabei werden die folgenden Kurzformen von Begriffen verwendet:

t_{exp} Belichtungszeit für 1 Bild (einstellbar)

t_{read}	Auslesezeit für 1 Bild aus dem CCD-Sensor (systembedingt)
t_{delay}	Verzögerungszeit zwischen Start-Signal und Belichtungszeit (einstellbar)
t_{sys}	Interne Verzögerungszeit bei der Bildsequenz-aufnahme (systembedingt)
t_{id}	Interne Verzögerungszeit vor dem Start der Belichtung (systembedingt)

Einzelbildaufnahme

Bei der Einzelbildaufnahme wird jede Bildaufnahme durch ein eigenes Start- oder Trigger-Ereignis, welches durch die Software (trigger mode - „soft trigger“) oder durch externe Trigger-Signale (trigger modes - „ext. trigger start“ oder „ext. trigger ctrl.“) erzeugt werden kann, gestartet. Bei der Zeitsteuerung gibt es zwei Möglichkeiten:

- Verzögerungszeit $t_{\text{delay}} = 0$ oder
- Verzögerungszeit $t_{\text{delay}} > 0$

1 Verzögerungszeit $t_{\text{delay}} = 0$

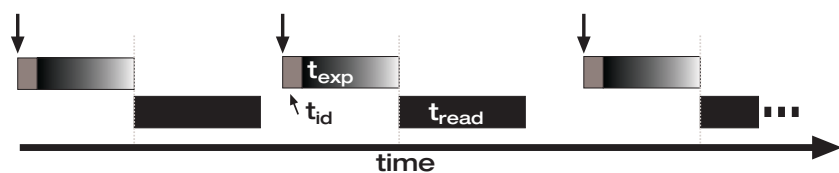


Abbildung 3.9: Schematische Darstellung der Zeitabläufe bei der Bildaufnahme für die Einstellung: asynchrone Bildaufnahme und Verzögerungszeit $t_{\text{delay}} = 0$. Die Pfeile geben den zeitlichen Start der Bildaufnahme an (die Zeiten sind nicht maßstäblich dargestellt).

Nach einem entsprechenden Startsignal vergeht die interne Zeit t_{id} (siehe Abbildung 3.9, die Zeiten sind nicht maßstäblich dargestellt), bis die eigentliche Belichtung für die Zeitdauer t_{exp} gestartet wird. Nach t_{exp} wird das Bild in der Zeit t_{read} ausgelesen. In Abhängigkeit von der gewünschten Bildaufnahme kann nach t_{read} eine neue Bildaufnahme gestartet werden. Die interne Verzögerungszeit und die Auslesezeit sind systembedingte Größen.

2. Verzögerungszeit $t_{\text{delay}} > 0$

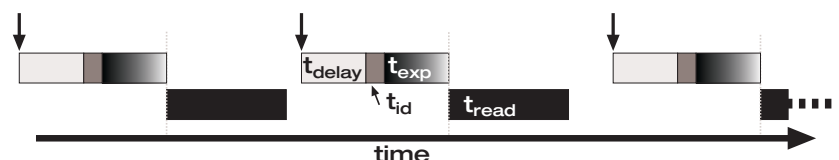


Abbildung 3.10: Schematische Darstellung der Zeitabläufe bei der Bildaufnahme für die Einstellung: asynchrone Bildaufnahme und Verzögerungszeit $t_{\text{delay}} > 0$. Die Pfeile geben den zeitlichen Start der Bildaufnahme an (die Zeiten sind nicht maßstäblich dargestellt).

Sollte vor der eigentlichen Belichtung eine Verzögerungszeit t_{delay} benötigt werden, wird mit dem Startsignal der

Ablauf der Verzögerungszeit gestartet, dann vergeht die interne Zeit t_{id} (siehe Abbildung 3.10, die Zeiten sind nicht maßstäblich dargestellt) und anschließend wird mit t_{exp} belichtet. Hierauf erfolgt das Auslesen mit t_{read} . Danach kann eine erneute Bildaufnahme gestartet werden.

Bildsequenz

Im Gegensatz zur Einzelbildaufnahme wird bei der Bildsequenz die Sequenz einmal durch ein Software-Startsignal angestoßen (trigger mode - „auto sequence“) und danach werden best- und schnellstmöglich Bilder hintereinander aufgenommen. Die optimale Zeitsteuerung hierfür wird von der Kamera in Abhängigkeit von den einstellbaren Größen Belichtungszeit t_{exp} und Verzögerungszeit t_{delay} bestimmt. Die Sequenzaufnahme muss durch ein entsprechendes Stopp-Signal angehalten werden.

Bei der Bildsequenz-Zeitsteuerung gibt es sechs unterschiedliche Fälle:

- $t_{delay} = 0$ mit
 - $t_{exp} = t_{read}$
 - $t_{exp} > t_{read}$
 - $t_{exp} < t_{read}$
- $t_{delay} > 0$ mit
 - $t_{exp} = (t_{read} + t_{delay})$
 - $t_{exp} > (t_{read} + t_{delay})$
 - $t_{exp} < (t_{read} + t_{delay})$

{ t_{delay} - Verzögerungszeit, t_{exp} - Belichtungszeit, t_{read} - Auslesezeit}

Bei einer Verzögerungszeit $t_{delay} = 0$ können die Bilder unmittelbar hintereinander aufgenommen werden. Jedoch ist zu unterscheiden, ob die Belichtungszeit kleiner, größer oder genauso groß wie die Auslesezeit ist.

Ist eine Verzögerungszeit $t_{delay} > 0$ bei der Bildsequenzaufnahme gewünscht, muss man im Falle der Bildsequenzaufnahme beachten, dass die Verzögerungszeit nicht wie im asynchronen Betrieb vor der Belichtungszeit t_{exp} sondern nach der Auslesezeit t_{read} eingefügt wird. Auch hier ist zu unterscheiden, ob die Belichtungszeit kleiner, größer oder genauso groß wie die Auslesezeit ist.

Verzögerungszeit $t_{delay} = 0$
Belichtungszeit t_{exp} = Auslesezeit t_{read}

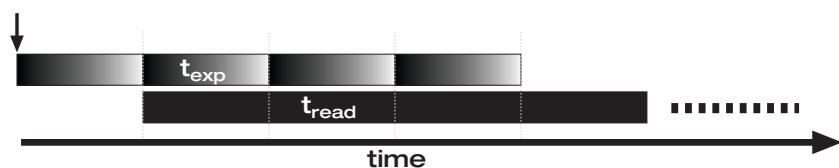


Abbildung 3.11: Schematische Darstellung der Zeitabläufe bei der Bildaufnahme für die genannte Einstellung: Der Pfeil gibt den zeitlichen Start der Bildsequenz an (die Zeiten sind nicht maßstäblich dargestellt).

Wenn die Belichtungszeit t_{exp} gleich der systembedingten Auslesezeit t_{read} ist, kommt es zur optimalen Zeitsteuerung und zur schnellstmöglichen Bildaufnahme (siehe Abbildung 3.11).

Verzögerungszeit $t_{\text{delay}} = 0$
Belichtungszeit $t_{\text{exp}} >$ Auslesezeit t_{read}

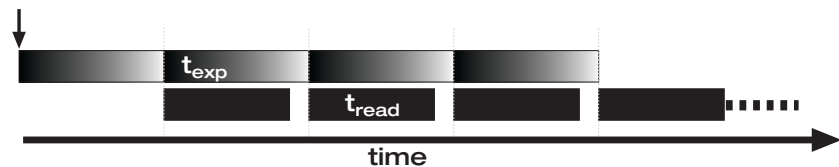


Abbildung 3.12: Schematische Darstellung der Zeitabläufe bei der Bildaufnahme für die genannte Einstellung: Der Pfeil gibt den zeitlichen Start der Bildsequenz an (die Zeiten sind nicht maßstäblich dargestellt).

Ist die Belichtungszeit t_{exp} länger als die Auslesezeit t_{read} , gibt die Belichtungszeit die Wiederholrate für die Bildsequenz vor.

Verzögerungszeit $t_{\text{delay}} = 0$
Belichtungszeit $t_{\text{exp}} <$ Auslesezeit t_{read}

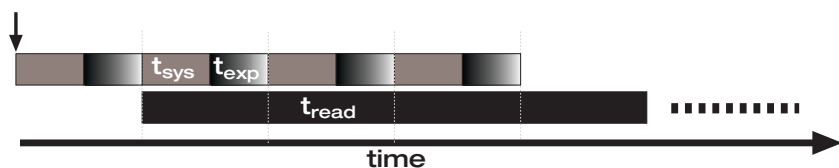


Abbildung 3.13: Schematische Darstellung der Zeitabläufe bei der Bildaufnahme für die genannte Einstellung: Der Pfeil gibt den zeitlichen Start der Bildsequenz an (die Zeiten sind nicht maßstäblich dargestellt).

Ist die Belichtungszeit t_{exp} kürzer als die Auslesezeit t_{read} (siehe Abbildung 3.13), wird vom System eine Verzögerungszeit t_{sys} vor der eigentlichen Belichtungszeit eingefügt, so dass t_{sys} und t_{exp} die Auslesezeit ergeben. Hier bestimmt die Auslesezeit die Bildwiederholrate.

Verzögerungszeit $t_{\text{delay}} > 0$
Belichtungszeit $t_{\text{exp}} = (\text{Auslesezeit } t_{\text{read}} + \text{Verzögerungszeit } t_{\text{delay}})$

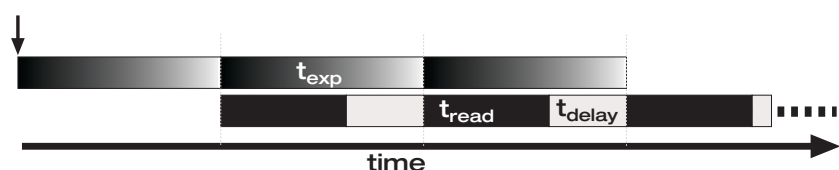


Abbildung 3.14: Schematische Darstellung der Zeitabläufe bei der Bildaufnahme für die genannte Einstellung: Der Pfeil gibt den zeitlichen Start der Bildsequenz an (die Zeiten sind nicht maßstäblich dargestellt).

Die schnellstmögliche Bildwiederholrate mit Verzögerungszeit ergibt sich wenn die Belichtungszeit t_{exp} gleich der Summe aus Auslesezeit t_{read} und eingestellter Verzögerungszeit t_{delay} ist (siehe Abbildung 3.14).

Verzögerungszeit $t_{delay} > 0$

Belichtungszeit $t_{exp} > (\text{Auslesezeit } t_{read} + \text{Verzögerungszeit } t_{delay})$

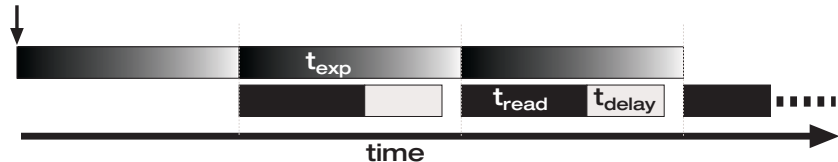


Abbildung 3.15: Schematische Darstellung der Zeitabläufe bei der Bildaufnahme für die genannte Einstellung: Der Pfeil gibt den zeitlichen Start der Bildsequenz an (die Zeiten sind nicht maßstäblich dargestellt).

Ist die Belichtungszeit t_{exp} größer als die Summe aus Auslesezeit t_{read} und Verzögerungszeit t_{delay} , bestimmt sie die maximale Wiederholrate (siehe Abbildung 3.15).

Verzögerungszeit $t_{delay} > 0$

Belichtungszeit $t_{exp} < (\text{Auslesezeit } t_{read} + \text{Verzögerungszeit } t_{delay})$

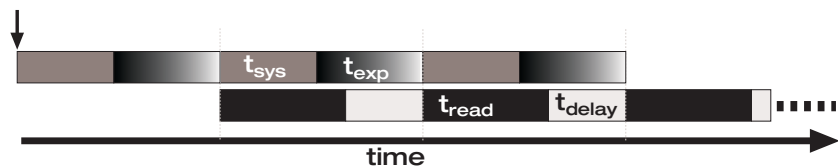


Abbildung 3.16: Schematische Darstellung der Zeitabläufe bei der Bildaufnahme für die genannte Einstellung: Der Pfeil gibt den zeitlichen Start der Bildsequenz an (die Zeiten sind nicht maßstäblich dargestellt).

Ist die Belichtungszeit t_{exp} kleiner als die Summe aus Auslesezeit t_{read} und Verzögerungszeit t_{delay} , wird die Bildwiederholrate von der Summe aus Auslesezeit t_{read} und eingestellter Verzögerungszeit t_{delay} bestimmt (siehe Abbildung 3.16) und die Kamera fügt die systembedingte Verzögerungszeit t_{sys} vor der Belichtungszeit t_{exp} ein.

3.3.4 Externe Belichtungssteuerung

Drei der vier möglichen Belichtungszeitsteuerungsarten (siehe Abschnitt 3.3.2) können durch externe Signale beeinflusst werden. Diese Signale müssen in die Buchsen [control in] auf der Rückwand des Netzteils eingespeist werden. Nachfolgend wird beschrieben, wie diese Signale aussehen müssen und wie sie wirken.

Unter [control in] auf der Rückwand des Netzteils befinden sich zwei Signal-Eingänge (BNC-Buchsen).

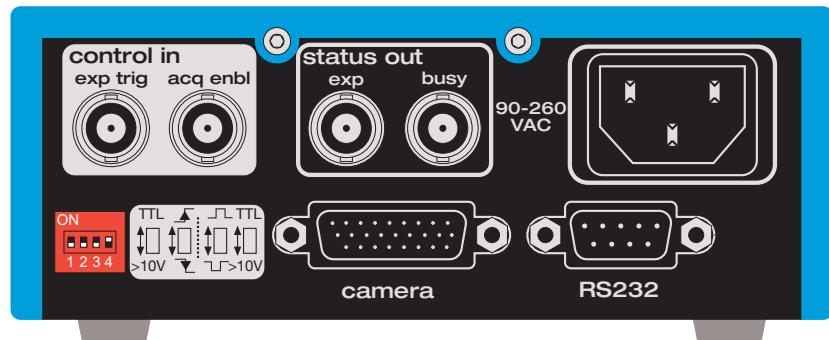


Abbildung 3.17: Rückwand des Netzteils:

Signaleingänge BNC-Buchsen: control in mit [exp trig] und [acq enbl]

Signalausgänge BNC-Buchsen: status out mit [exp] und [busy],
DIP-Schalter: Spannungspegel-Wahl, Polaritätswahl und
Flankenwahl für Signaleingänge, Verbindungsbuchse zur
Kamera, Verbindungsbuchse zur Diagnose-Schnittstelle: RS232
und Kaltgeräte-Netzstecker: 90-260 VAC

exposure trigger

Über [exp trig] (exposure trigger) wird das Belichtungszeit-Start- oder Steuersignal eingespeist. Dies ist ein dynamisches (flankengesteuertes) Signal. Der Eingang ist intern mit einem Widerstand von $R_i = 10k\Omega$ abgeschlossen. Der DIP-Schalter 1 stellt den zulässigen Spannungspegel des [exp trig] Signalein: TTL-Pegel oder 10-15V. Über den DIP-Schalter 2 kann ausgewählt werden, ob nach Initialisierung der [exp. trig. start] Betriebsart eine positive oder negative Flanke für den Start der Belichtung verwendet wird, bzw. bei der Betriebsart [exp. trigger ctrl] ein positives oder negatives Signal die Belichtung steuert.

acquire enable

Über [acq enbl] (acquire enable) wird das Bildaufnahme-Steuersignal eingespeist. Dies ist ein statisches (pegelgesteuertes) Signal. Der Eingang ist intern mit einem Widerstand von $R_i = 10k\Omega$ abgeschlossen. Der DIP-Schalter 4 stellt den zulässigen Spannungspegel des [acq enbl] Signals ein: TTL-Pegel oder 10-15V. Über den DIP-Schalter 3 kann ausgewählt werden ob nach entsprechender Software-Initialisierung das [acq enbl] HIGH oder LOW-Pegel aktiv ist. Dies entspricht dann je nach Spannungspegel-einstellung einem anderen Spannungswert (siehe Abbildung 3.17). Wenn das [acq enbl] initialisiert ist wird, vor jeder Belichtung der Zustand des [acq enbl] Signals überprüft, so dass dieses Signal auch ein Belichtungsstart-Signal überstimmt, bzw. die Belichtungssteuerung „enabled“ oder „disabled“.

Das nachfolgende Bild zeigt schematisch, wie die eingespeisten Signale intern verarbeitet werden.

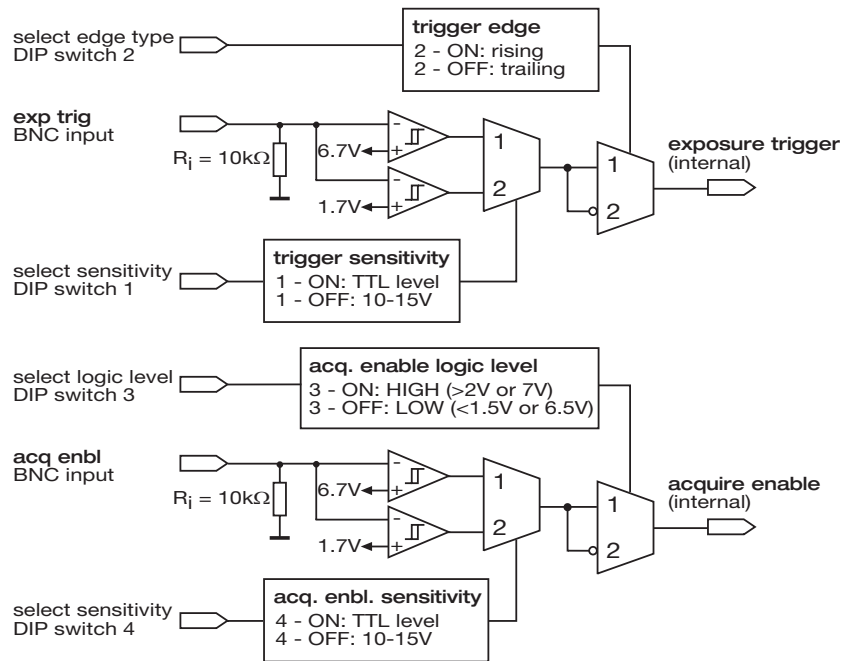


Abbildung 3.18: Schematische Darstellung der Signalverarbeitung der Eingangssignale [control in] und ihrer Einstellmöglichkeiten

In der internen Abfolge der Verarbeitung der Signale steht das [acq enbl] Signal vor dem [exp trig] und somit vor der eigentlichen Aufnahme, so dass über ein ungültiges [acq enbl] eine Aufnahme verhindert werden kann. Zudem liefert das [acq enbl] die einzige Möglichkeit eine Bildsequenzaufnahme im Zeitsteuerungsmodus „auto sequence“ zu unterbrechen.

3.3.5 Status-Signale

Die Kamera erzeugt Signale, die zur Synchronisation mit anderen Geräten verwendet werden können, sogenannte Status-Signale.

Das Signal [exp] ist nur während der aktiven Belichtung HIGH und ansonsten LOW.

Das Signal [busy] ist aktiv (HIGH), wenn die Kamera gerade belichtet oder auch beim Einschalten, wenn sie noch nicht parametrisiert ist. Wenn die Kamera aufnahmebereit ist, aber noch kein Start- oder Trigger-Signal erhalten hat, ist dieses Signal LOW.



Beim Einschalten des Kamerasystems ist das [busy] Signal während der Initialisierungsphase kurzzeitig auf HIGH.

Die Signale [status out] gehen als +5V TTL-Signale über einen 27-Ω-Kurzschlusswiderstand an die beiden BNC-Ausgangsbuchsen (siehe Abbildung 3.18).

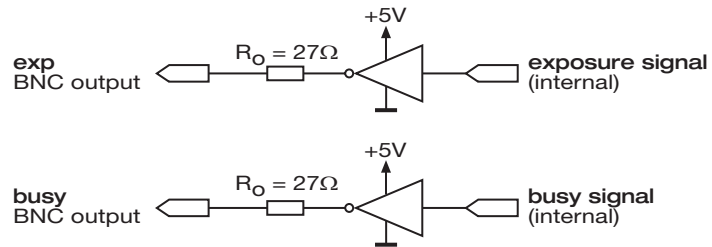


Abbildung 3.19: Schematische Darstellung der technischen Struktur der Ausgangssignale [status out].

3.4 Diagnose-Schnittstelle

Auf der Rückwand des Netzteils befindet sich ein serieller Datenanschluss (siehe Abbildung 3.17) für Diagnosezwecke. Er ist mit „RS232“ beschriftet. Hier können Betriebszustände oder Einstellungen durch den PCO Service abgerufen werden. Dieser Anschluss ist für den Anwender ohne Bedeutung.

3.5 Live-View

Die Kamera bietet die Möglichkeit, zur Kontrolle des Aufnahmeprozesses die Bildaufnahme am Monitor anhand von Kopien des aktuellsten Bildes auf dem Monitor mitzuverfolgen. Diese Möglichkeit wird als „Live-View“ bezeichnet.

In den im Abschnitt 3.3.2 vorgestellten generellen Speicherbetriebsarten FIFO-Speicher und Recorder-Betrieb, gibt es die Live-View Beobachtung nur für den Recorder-Betrieb. Im FIFO-Betrieb ist Live-View nicht möglich, da hier unter Umständen alle Bilder mit Verzögerung an den PC übertragen werden. Somit ist kein Zeitfenster für „Vorschau“-Bilder bei der Übertragung zum PC vorhanden.

Ist das Kamerasystem hingegen im Recorder-Betriebszustand, d.h. es werden Bilder aufgenommen und in Abhängigkeit der Speicherbetriebsart „Sequentiell“ oder „Ringspeicher“ in das aktive Speichersegment geschrieben, können Sie über die Funktion „Live-View“ die Bildaufnahme am Monitor mitverfolgen. Hierfür wird immer eine Kopie des aktuellsten Bildes über die Schnittstelle an den PC zur Darstellung übertragen (mit maximal 200MB/s).

Die Geschwindigkeit der Bildaufnahme wird durch die Verwendung von Live-View nicht beeinflusst, da die Aufnahme Priorität hat.

3.6 CCD Auslesetakraten

Das CCD Kamerasystem kann bei drei verschiedenen Auslesetakraten betrieben werden, die im Anhang im Datenblatt zu finden sind. Dabei müssen Sie sich entscheiden, ob die Bilderfassung besonders rauscharm und dafür etwas langsamer geschehen soll, oder ob eine schnellstmögliche Bilderfassung gewünscht wird, bei der niedrige Rauschwerte nicht so wichtig sind.

Die Auslesetakrate (Pixelclock), muss vor der Bildaufnahme eingestellt werden, entweder über die Applikati-

onssoftware camware oder über die entsprechenden Befehle des SDK.

3.7 CCD Kühlung

Der CCD Bildsensor im Kamerasystem wird über einen thermoelektrischen Kühler gekühlt (Peltier-Kühler). Dieser Kühler schafft je nach Bildsensorgröße maximal einen bestimmten Temperaturunterschied gegenüber der Umgebungstemperatur. Diese kameraspezifische Temperaturdifferenz können Sie im kameraspezifischen Datenblatt am Ende dieses Benutzerhandbuchs nachschlagen.

Die CCD Bildsensortemperatur und eine mittlere Kameraelektroniktemperatur können sowohl mit der Applikationssoftware camware als auch über entsprechende Funktionen des SDK ausgelesen werden. Zusätzlich können Sie eine Soll-Temperatur für den CCD Bildsensor einstellen, auf die das Kamerasystem versucht, hinzuregeln. Gelingt der Regelprozeß wegen der äußeren Gegebenheiten (Umgebungstemperatur - Temperaturdifferenz) nicht, gibt das Kamerasystem eine Fehlermeldung zurück.

Um einen Betrieb ohne Temperaturfehlermeldung zu gewährleisten, sollte man bei der Wahl der Kühltemperatur ϑ_{cool} nicht die maximal mögliche Temperaturdifferenz $\Delta\vartheta_{\text{max}}$ einstellen,

$$\vartheta_{\text{cool}} = \vartheta_{\text{ambient}} - \Delta\vartheta_{\text{max}}$$

sondern etwa 5°C Reserve lassen, damit die Regelung die Möglichkeit hat Schwankungen in der Umgebungstemperatur auszugleichen:

$$\vartheta_{\text{cool}} = \vartheta_{\text{ambient}} - \Delta\vartheta_{\text{max}} + 5^{\circ}\text{C}$$

Nach dem Einschalten des Kamerasystems bzw. nach dem Ändern der Kühl-Soll-Temperatur kann es bis zu 10 Minuten dauern, bis das System seinen Betriebszustand erreicht.

3.8 Bestimmung der Farbwerte

In den frühen 70er Jahren erkannte der Wissenschaftler Bryce Bayer, dass es mit einem Bildsensor mit aufgebrachtem Farbfilterfeld (CFA – color filter array) möglich ist, über eine Grauwertaufnahme eines Bildes die Farbinformation zu rekonstruieren. Dieses spezifische Farbfilterfeld, welches nach ihm Bayer-Filter benannt wurde, ist die Grundlage für alle modernen Farb-CCD-Bildsensoren.

Die kleinste Filtereinheit des Bayer-Filters besteht aus einer 4x4 Pixelgruppe (Cluster), wobei 2 Pixel wegen der erhöhten Sensitivität des menschlichen Auges im grünen Teil des sichtbaren Spektrums einen Grün-Filter haben und je 1 Pixel ein Rot und ein Blau-Filter hat (siehe Abbildung 3.20). Somit misst jeder Pixel einen Helligkeitswert, welcher über das Farbfilter einer Farbe zugeordnet wird. Von daher werden örtlich versetzt 3 Farbbilder aufgenommen, wobei das Grün-Bild die doppelte Auflösung verglichen mit dem Rot- und dem Blau-Bild hat.

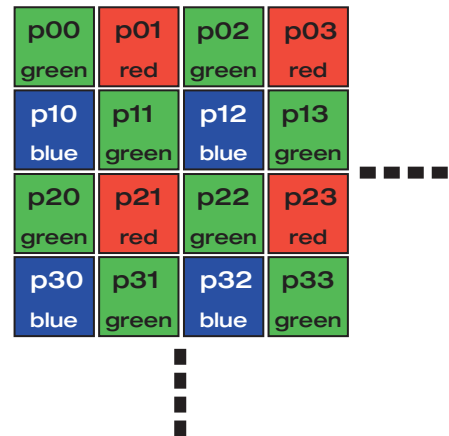


Abbildung 3.20: Ausschnitt aus einem mit Farbfilttern beschichteten CCD-Bildsensor.

Demzufolge nimmt auch eine Kamera mit Farb-Bildsensor in erster Linie Grauwertbilder auf. Es ist dann die Aufgabe der Applikationssoftware, über die FarbfILTERposition die aufgenommenen Bilder in RGB oder andere Farbbilder umzurechnen. Hierfür gibt es eine Vielzahl von Lösungen und Algorithmen, die versucht, die eigentlich verringerte örtliche Auflösung der Farb-Bildsensoren durch entsprechende Interpolationen auszugleichen.

Ein einfacher Ansatz ist das Auffüllen der fehlenden Farb-informationen pro Bildpunkt durch die entsprechenden Helligkeitswerte aus den Nachbarbildpunkten mit den entsprechenden Farbfilttern. Dieser 2x2 Operator läuft pixelweise durch das Bild. Die Anweisung lautet: Nimm die vorhandenen Farbkomponenten, ohne sie mit dem Nachbarbildpunkt zu verrechnen (siehe Abbildung 3.20):

$$R_{00} = p01$$

$$\text{Farbpixel (0,0): } G_{00} = p00 \text{ oder } \frac{(p00+p11)}{2}$$

$$B_{00} = p10$$

$$R_{01} = p01$$

$$\text{Farbpixel (0,1): } G_{01} = p00 \text{ oder } \frac{(p00+p11)}{2}$$

$$B_{01} = p10$$

$$R_{10} = p01$$

$$\text{Farbpixel (1,0): } G_{10} = p11 \text{ oder } \frac{(p00+p11)}{2}$$

$$B_{10} = p10$$

$$R_{11} = p01$$

$$\text{Farbpixel (1,1): } G_{11} = p11 \text{ oder } \frac{(p00+p11)}{2}$$

$$B_{11} = p10$$

Und das Ganze wiederholt sich dann in dieser 2x2 Größe. Bei dieser Methode werden die blau bzw. rot gefärbten Bildpunkte vervierfacht und die grünen verdoppelt. Als Resultat haben im Ergebnisbild immer 4 Pixel den gleichen RGB-Wert. Das Verfahren ist zwar schnell, hat aber nur ein Viertel der tatsächlichen Auflösung.

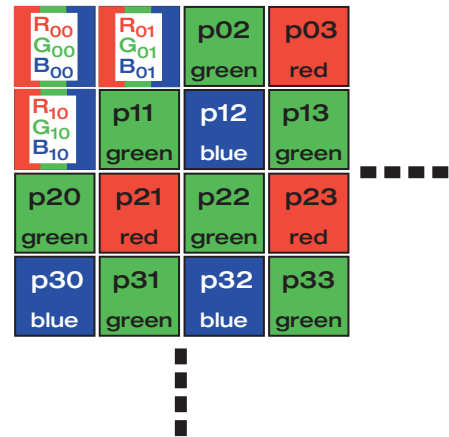


Abbildung 3.21: Ausschnitt aus einem mit Farbfilttern beschichteten CCD-Bildsensor mit den zu bestimmenden RGB Bildpunkten.

Eine weitere schnelle Möglichkeit ist das Betrachten der jeweiligen Farbpixel als einzelne Bildfelder und das Verschieben derselben um 1 Pixel, so dass rote, grüne und blaue Pixel aufeinander liegen (die grünen werden durch arithmetisches Mittel auf die Hälfte der Punkte reduziert). Danach wird das Bild um einen Faktor 2 mit Hilfe einer bilinearen Interpolation vergrößert. Diese Methode ist ebenso schnell, liefert aber bessere visuelle Ergebnisse.

Die mitgelieferte Applikationssoftware camware bietet zwei aufwendigere Verfahren zur RGB-Umwandlung an. Hier werden, wie in Abbildung 3.22 zu sehen ist, neue virtuelle Pixel eingeführt, die dann die RGB-Farbinformation enthalten. Zur Wahl stehen zwei Algorithmen.

Algorithmus 1

Der erste Algorithmus ist optimiert für die Farbauflösung.

Im folgenden ist beispielhaft für den Bildpunkt $p_{\text{RGB}}(1,1)$ die Berechnung der jeweiligen Farbanteile aus den umgebenden Bildpunktwerten beschrieben. Es wird für jeden zu berechnenden Bildpunkt eine 3x3 Umgebung betrachtet, die im Randbereich durch Spiegelungen erzeugt werden muss.

$$p_{\text{Red}}(1,1) = \frac{(9 \cdot p_{21} + 3 \cdot p_{01} + 3 \cdot p_{23} + p_{03})}{16}$$

$$p_{\text{Green}}(1,1) = \frac{(p_{11} + p_{22})}{2}$$

$$p_{\text{Blue}}(1,1) = \frac{(9 \cdot p_{12} + 3 \cdot p_{10} + 3 \cdot p_{32} + p_{30})}{16}$$

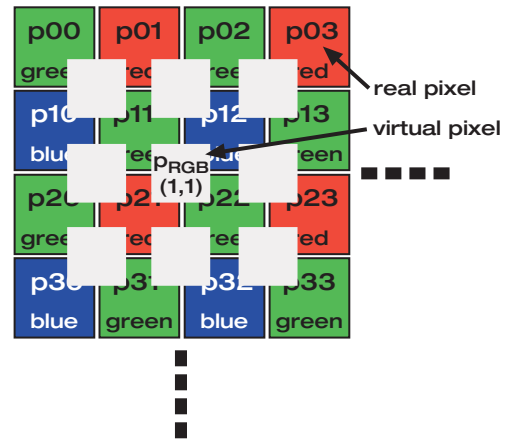


Abbildung 3.22: Ausschnitt aus einem mit Farbfiltern beschichteten CCD-Bildsensor mit der zu bestimmenden virtuellen RGB Bildpunktmatrix.

Mit diesem neuen Farbbild aus $p_{\text{RGB}}(x,y)$ kann das Bild über entsprechende Farbtabelle für Rot, Grün und Blau dargestellt werden.

Algorithmus 2

Der zweite Algorithmus ist optimiert für die örtliche Auflösung.

Bei diesem wird der Farbwert eines Bildpunkts des virtuellen Bildes als Mittelwert der am nächsten liegenden Farbwerte bestimmt:

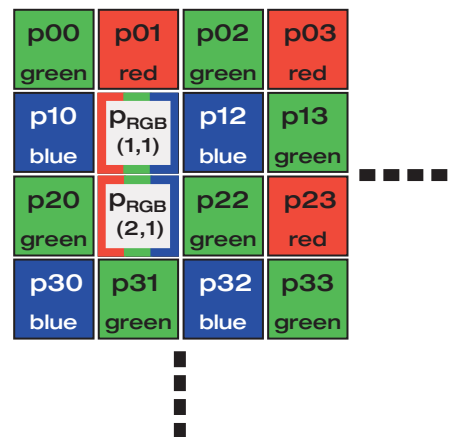


Abbildung 3.23: Ausschnitt aus einem mit Farbfiltern beschichteten CCD-Bildsensor mit den zu bestimmenden RGB Bildpunkten.

Beispiel: Die Bestimmung der RGB-Farbwerte der Bildpunkte $p(1,1)$ und $p(2,1)$:

$$p_{\text{Red}}(1,1) = \frac{(p01 + p21)}{2}$$

$$p_{\text{Green}}(1,1) = p11$$

$$p_{\text{Blue}}(1,1) = \frac{(p10 + p12)}{2}$$

$$p_{\text{Red}}(2, 1) = p_{21}$$

$$p_{\text{Green}}(2, 1) = \frac{(p_{11} + p_{20} + p_{22} + p_{31})}{4}$$

$$p_{\text{Blue}}(2, 1) = \frac{(p_{10} + p_{12} + p_{30} + p_{32})}{4}$$

Auch dieses neue Farbbild kann dann über entsprechende RGB-Farbwert-Tabellen als Farbbild dargestellt werden. Eventuell unterschiedliche Lichtempfindlichkeiten, die von den verschiedenen Farbfiltertypen herrühren, können dann nachträglich über ein gemessenes Weißabgleichbild korrigiert werden.

Weiterführende Informationen finden Sie im Internet unter den Stichworten „Bayer RGB convert“ oder „CFA demosaicing“.

4 Daten-Schnittstellen

Das Kamerasystem pco.camera wird wahlweise mit Firewire 400 (IEEE1394a), Camera Link oder Gigabit Ethernet Datenschnittstelle ausgeliefert. Welche Schnittstelle in der erworbenen Kamera integriert ist, entnehmen Sie bitte dem kameraspezifischen Datenblatt im Anhang des Bedienungshandbuchs.

Die Datenschnittstellen dienen dazu sowohl die gemessenen Bilder, als auch die Steuer und Kontroll-Kommandos an die Kamera zu übertragen bzw. deren Status-Informationen an den PC weiterzugeben. Im Normalbetrieb werden die Schnittstellen dazu benutzt, eine Punkt-zu-Punkt-Verbindung zwischen der Kamera und dem PC herzustellen.

Kamerabefehle werden asynchron übertragen, und Status-Meldungen werden periodisch gesendet (alle 500ms oder nach jeder Bildaufnahme). Eine genauere Beschreibung der Kommunikation zwischen dem Kamerasystem und dem PC ist im Software Development Kit (SDK) Handbuch zu finden.

4.1 Struktur der Schnittstellen

Die auf dem PC laufende Applikationssoftware ist in der Lage, Befehle an die Kamera zu schicken und Statusinformationen abzufragen. Zudem gibt es einen Kanal für die Übertragung der aufgenommenen Bilddaten. Die Dynamische Verbindungs-Bibliothek (dynamic link library – DLL) verknüpft die Applikationssoftware mit der Kameragerätetreiber-Schicht (siehe Abbildung 4.1).

pco.camera - layer structure of commands

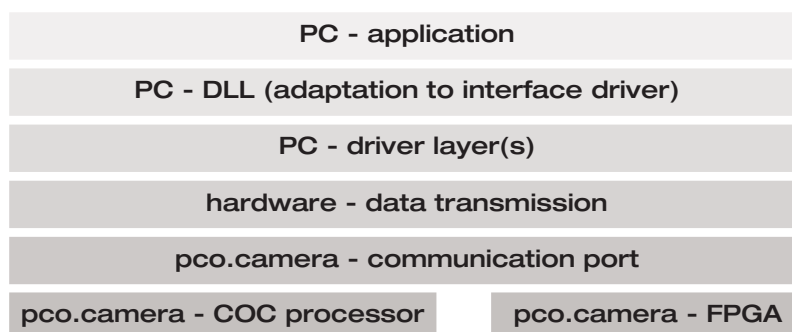


Abbildung 4.1: Schichtenmodell der Befehlsstruktur des Kamerasystems pco.camera und seiner Datenschnittstellen (allgemein):

Die in Abbildung 4.1 verwendeten Begriffe bedeuten:

Begriff	Bedeutung
PC-application	Applikationssoftware
PC-DLL	Adaptation an den Schnittstellen-Treiber
PC-driver layer(s)	PC Schnittstellen-Treiberschicht(en)
Hardware-data transmission	Datenübertragung
pco.camera – communication port	Kommunikations-Port der Kamera
COC processor	COC Prozessor
FPGA	Field Programmable Gate Array

Die Befehle, die zum Treiber gesendet werden, sind allgemeingültig sowohl für alle Versionen des Kamerasystems pco.camera als auch für alle Datenschnittstellen. Von daher wandelt der Treiber die Befehle um in direkte Kommandos für den eingesetzten Hardware-Port, der sie dann an die entsprechenden Zieladressen (siehe Abbildung 4.1, z. B. den Kamera-COC Prozessor oder das FPGA) weiterleitet.

In Abbildung 4.2 ist die Struktur anhand der realisierten Firewire400-Schnittstelle dargestellt.

Von oben nach unten: Die Applikationssoftware pco.camware greift auf die Kamera-API zu, die für die Software unabhängig von der installierten Schnittstelle die Befehle abbildet. Die Kamera-API ihrerseits unterscheidet natürlich je nach installierter Schnittstelle und greift im Beispiel auf den IEEE1394 Treiber-Stack zu. Hier steht ein asynchroner serieller Datenkanal zur Befehls- und Meldungsübermittlung in beiden Richtungen zur Verfügung und ein isochroner Kanal zum Abholen der Bilddaten von der Kamera, und dies über die reale Kabelverbindung zur Kamera. Innerhalb der Kamera werden die verschiedenen Kanäle dann entsprechend verarbeitet, zum einen vom Camera Operation Code – Prozessor und von einem FPGA.

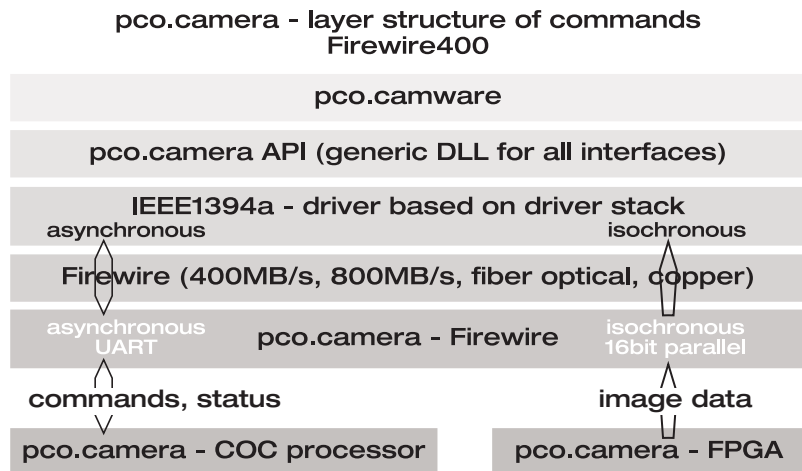


Abbildung 4.2: Schichtenmodell der Befehlsstruktur des Kamerasystems pco.camera und seiner Datenschnittstellen am Beispiel Firewire 400:

Die in Abbildung 4.2 verwendeten Begriffe bedeuten:

Begriff	Bedeutung
pco.camware	Applikationssoftware
pco.camera API	DLL für alle Schnittstellen
IEEE1394a – driver based on driver stack	Firewire Treiber
Firewire (400MB/s, 800MB/s, fiber optical, copper)	Firewire Schnittstelle (400MB/s, 800MB/s, faseroptisch, Kupfer)
pco.camera – Firewire	Firewire Schnittstelle der Kamera
asynchronous UART	serieller asynchroner Datenkanal
isochronous 16bit parallel	isochroner paralleler Datenkanal für Bilddaten
commands, status	Befehle und Statusinformationen
image data	Bilddaten
COC processor	COC Prozessor
FPGA	Field Programmable Gate Array

4.2 Firewire 400

Firewire 400 (IEEE 1394a) ist ein serielles Bus-System mit 400MBit/s Bandbreite. Es können bis zu 63 Kameras an einen Bus angeschlossen werden. Eine Kamera liefert in etwa 32 MByte/s Daten.

Normale Kabellängen sind 1.5-4 m (5-20 m sind erhältlich), können aber durch den Einsatz von z. B. 6 Hubs auf 70 m erweitert werden. Es gibt sowohl „Consumer“ als auch Industriestecker, und die Spannungsversorgung findet häufig über Standardkabel und 6-polige Stecker statt. Es gibt ein standardisiertes Software-Interface zur Hardware (OHCI), wobei jedoch die Implementierung des

Dcam-Treibern und des APIs herstellerabhängig sind. Weiterführende Informationen findet man auf:

- <http://www.1394ta.org/>
- <http://www.apple.com/de/firewire/>
- <http://www.1394la.com/>
- <http://www.linux1394.org/>
- <http://www.firewire-1394.com/>

4.3 Camera Link

Camera link ist eine Punkt-zu-Punkt-Verbindung mit einer Bandbreite von 680-850 MByte/s. Kabellängen sind je nach Übertragungsbandbreite zwischen 10m-20m möglich. Das Steckerkonzept ist industrietauglich. Im entsprechenden Frame-Grabber können Bildvorverarbeitungsaufgaben übernommen werden. Es gibt keinen Software-Standard (API). Ein Protokoll für die serielle Kommunikation ist ebenfalls nicht definiert. Weiterführende Informationen findet man auf:

- <http://www.machinevisiononline.org/public/articles/index.cfm?cat=129>
- http://www.datatranslation.com/solution_center_imaging/Camera-Link.pdf
- <http://www.nortechsys.com/intercon/camlinkart.shtml>

4.4 Gigabit-Ethernet

Gigabit-Ethernet ist eine Peer-zu-Peer Architektur, d. h. ein Netzwerk, an dem jeder gleichberechtigt teilnimmt. Wenn es aber nur zum Anschluss von Kameras kommt und nicht das für das Internet übliche Protokoll eingesetzt werden soll, reduziert sich Gigabit-Ethernet ebenfalls auf eine Punkt-zu-Punkt-Verbindung. Derzeit ist die Bandbreite 100MByte/s bei 1Gbit/s. Man kann Kabellängen bis zu 100m realisieren. Wenn man auf optische Übertragung übergeht, lassen sich auch deutlich größere Distanzen überwinden. Es existiert ein industrielles Steckerkonzept. Der Vorteil liegt in der preiswerten existierenden Hardware und der häufig vorhandenen Infrastruktur (Netzwerk). Eine kameraspezifische Standardisierung der Software gibt es derzeit noch nicht. Weiterführende Informationen findet man auf:

- <http://www.10gea.org/>
- <http://www.pleora.net/GigE/>

5 Software

Im Lieferumfang ist eine CD enthalten, auf der sich die zugehörige Software befindet.

5.1 pco.camware

Mit dem Programm "camware" kann die Kamera komplett gesteuert und es können Bilder dargestellt und abgespeichert werden.

Detaillierte Informationen zu „camware“ entnehmen Sie bitte der Bildschirmhilfe zur Software. Die jeweils aktuellste Version der Software wird auf unserer Webseite zum Download bereitgestellt.

5.2 Software Development Kit (SDK)

Wenn Sie eigene Programme geschrieben haben oder die Steuerung in bestehenden Programmumgebungen selbst vornehmen wollen, so können Sie mit dem Software Development Kit (SDK) die Kamerasteuerung jederzeit über eine Dynamic Link Library als DLL-File einbinden.

Eine Version für Windows XP befindet sich auf der CD-ROM. Die jeweils aktuellste Version des SDK wird auf unserer Webseite zum Download bereitgestellt.

5.3 Treiber

Zum Betrieb des Kamerasystems stehen ein Twain Treiber und ein Firewire 400 Treiber für WindowsXP zur Verfügung.

Die Treiber befinden sich auf der beigefügten CD-ROM oder können von unserer Internet-Website kostenlos herunter geladen werden (<http://www.pco.de>). Dort finden Sie stets die aktuellsten Treiber-Versionen.



Auch über hier nicht aufgeführte bzw. geplante Treiber können Sie sich auf unserer Website informieren.

5.4 Treiber für Software anderer Hersteller

Für die nachfolgend aufgeführten Bildverarbeitungs- oder Bildanalyseprogramme sind Plug-Ins oder entsprechende Treiber bereits vorhanden bzw. geplant. Damit können die Kommandos für die Kamerasteuerung direkt aus dem jeweiligen Programm aufgerufen werden.

- Image-Pro Plus, ab Version 3.0 (Media Cybernetics)
- MetaMorph / MetaFluor Software (Universal Imaging)
- LabView (National Instruments)
- Matlab (Mathworks)
- ImageJ (NIH)

Näheres über den Entwicklungsstand der Treiber und Plug-Ins entnehmen Sie bitte unserer Webseite (www.pco.de/support). Sie finden dort auch die jeweils aktuellsten Versionen.

Informationen zu den oben genannten **Programmen** erhalten Sie jederzeit auf Anfrage. Sollte Ihre Anwendersoftware nicht in der obigen Liste enthalten sein, sprechen Sie bitte mit unserem Vertrieb.

5.5 Firmware-Update

Das Kamerasystem pco.camera kann jederzeit nachträglich auf den neuesten Stand seiner Betriebssoftware, der Firmware, gebracht werden. Das Update erfolgt über die vorhandene digitale Schnittstelle mit Hilfe eines besonderen Programms, dem „Programmer“. Dieses befindet sich auf der CD oder kann zusammen mit der aktuellsten Version der Firmware von der pco-Webseite-Support geladen werden.

6 Wartung und Pflege

6.1 Wartung

Die Kamera ist wartungsfrei. Sie ist vom Werk so eingestellt, dass sie keinerlei spezieller Inspektion bedarf.

6.2 Pflege und Reinigung der Kamera



Trennen Sie die Kamera vor einer Reinigung stets zuerst vom Netz.

Verwenden Sie zur Reinigung ein weiches, trockenes Tuch.

Verwenden Sie keine Flüssigreiniger oder Reinigungssprays.

6.2.1 Reinigung des Objektivs



Jeder Reinigungsvorgang kann die Glasoberfläche beschädigen. Reinigen Sie sie deshalb nur, wenn dies unbedingt erforderlich ist! Seien Sie dabei besonders vorsichtig, um Schäden an der Glasoberfläche zu vermeiden.



Wischen Sie nie auf der trockenen Glasoberfläche mit einem trockenem Tuch.

Bevor Sie mit optischen Reinigungsmitteln arbeiten, versuchen Sie, die Schmutzpartikel mit trockener Luft auszublasen. Sollten sich die Schmutzpartikel dadurch nicht entfernen lassen, so müssen speziell geeignete Reinigungsmittel verwendet werden.



Geeignete Reinigungsmittel für optische Teile sind reiner Alkohol oder spezielle Optik-Reinigungsmittel, die Sie in Fotofachgeschäften erhalten.



Verwenden Sie auf gar keinen Fall scharfe Reinigungsmittel wie Aceton, Reinigungsbenzin, Spiritus, Nitrolösungen, etc., wie sie häufig in Labors zu finden sind. Solche aggressiven Mittel können die Oberflächenstruktur angreifen und verändern.



Verwenden Sie ein mit Alkohol oder Optik-Reinigungsmittel getränktes Wattestäbchen und achten Sie darauf, ausschließlich auf der Glasoberfläche zu wischen und nicht auf Metalloberflächen, wie z. B. dem Objektiv-Gewinde. Von dort könnten mikrofeine Schmutzpartikel abgelöst werden, die irreparable Kratzer auf der Glasoberfläche verursachen.



Um die Optik bestmöglich vor Verschmutzung zu schützen, empfiehlt es sich generell, nach Abnehmen des Objektivs von der Kamera sofort die Schutzkappe anzubringen und die Kamera nie ohne Objektiv oder ohne Schutzkappe zu montieren.

6.2.2 Reinigung des Eingangsfensters des Sensors

Der Bildsensor befindet sich hinter dem Objektiv innerhalb des Kameragehäuses.



Abbildung 6.1: Kameragehäuse ohne Objektiv. Sichtbar ist hier das Eingangsfenster des Bildsensors.



Jeder Reinigungsvorgang kann die Glasoberfläche beschädigen. Reinigen Sie sie deshalb nur, wenn dies unbedingt erforderlich ist! Seien Sie dabei besonders vorsichtig, um Schäden an der Glasoberfläche zu vermeiden.



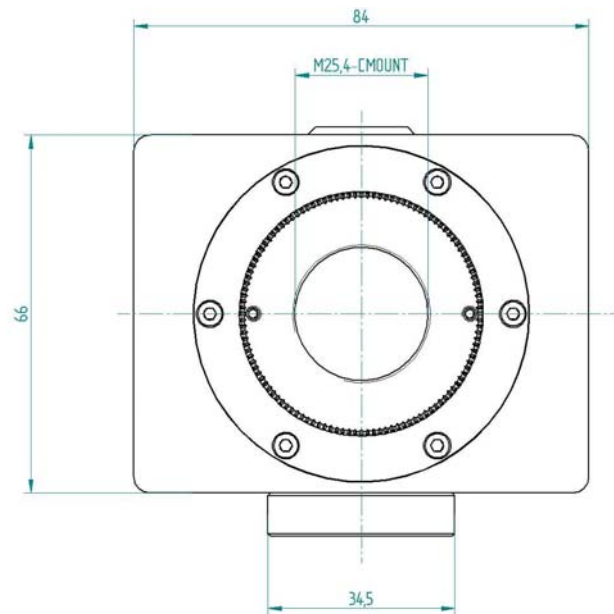
Beachten Sie unbedingt die Hinweise aus Abschnitt 6.2.1, „Reinigung des Objektivs“

7 Anhang

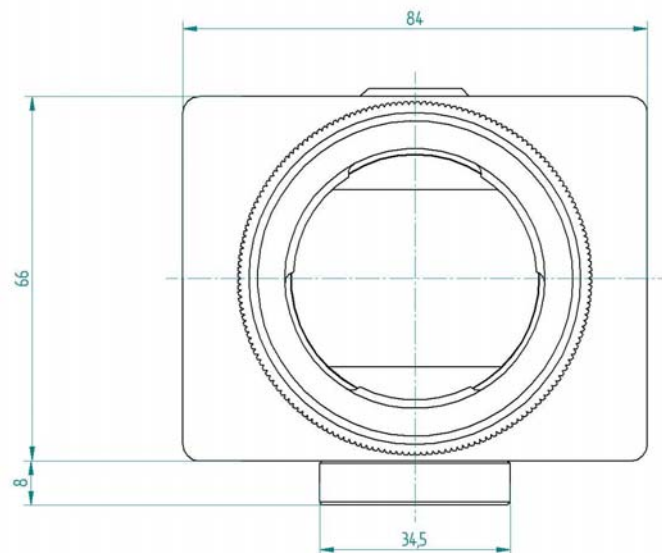
7.1 Mechanische Abmessungen

Kamera Frontansicht

C-Mount

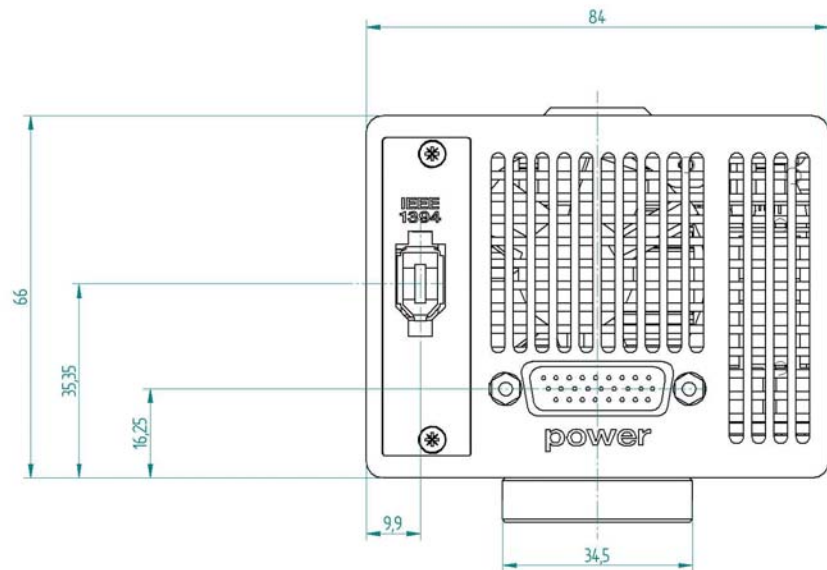


F-Mount

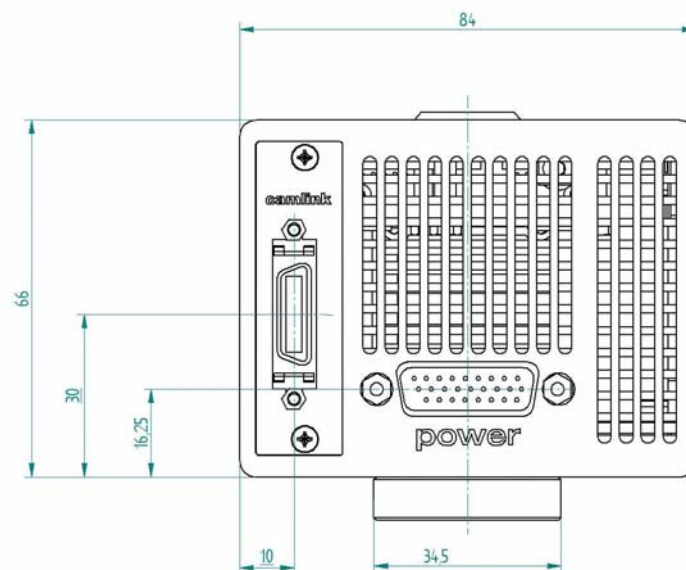


Kamera Rückansicht

Firewire (IEEE1394)

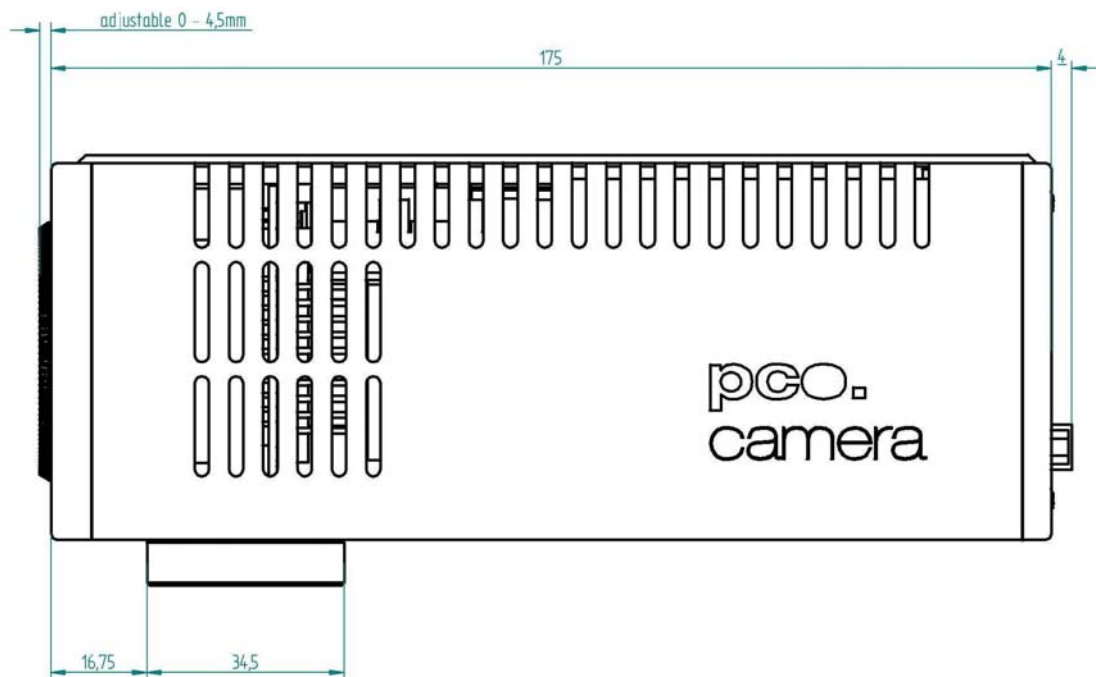


Camera Link

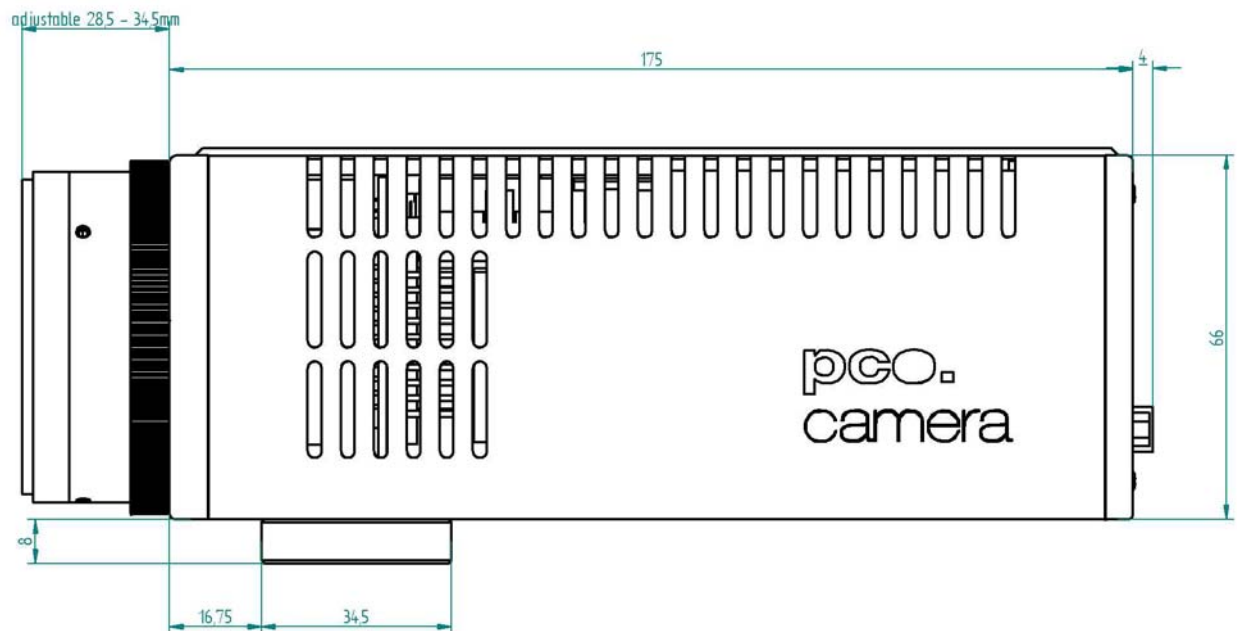


Kamera Seitenansicht

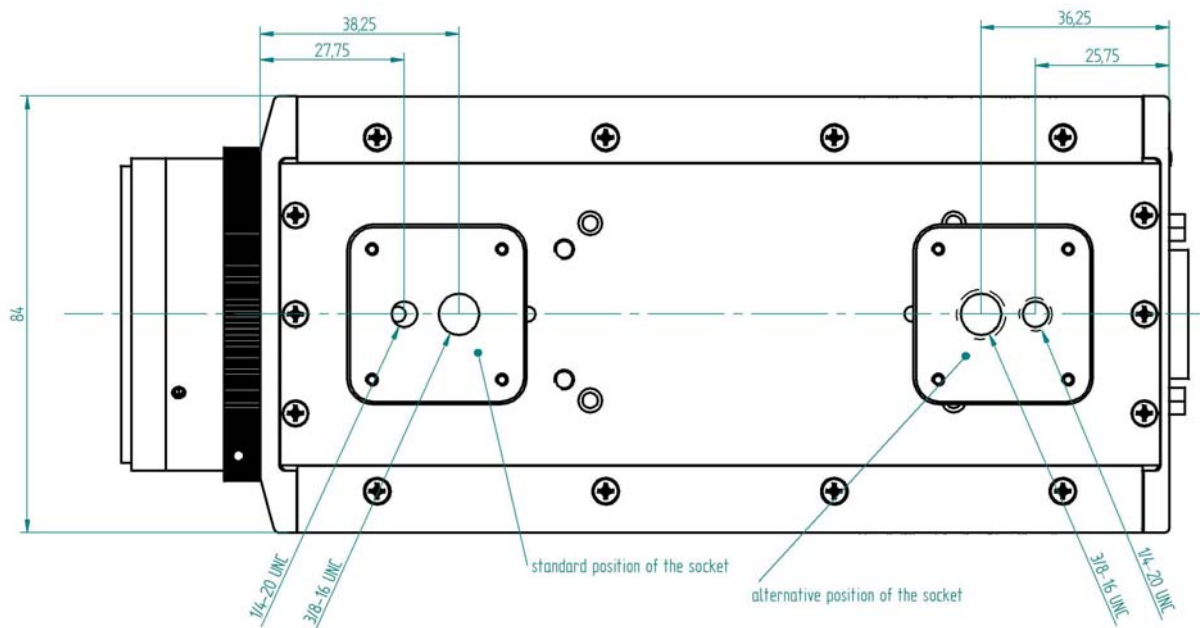
C-Mount



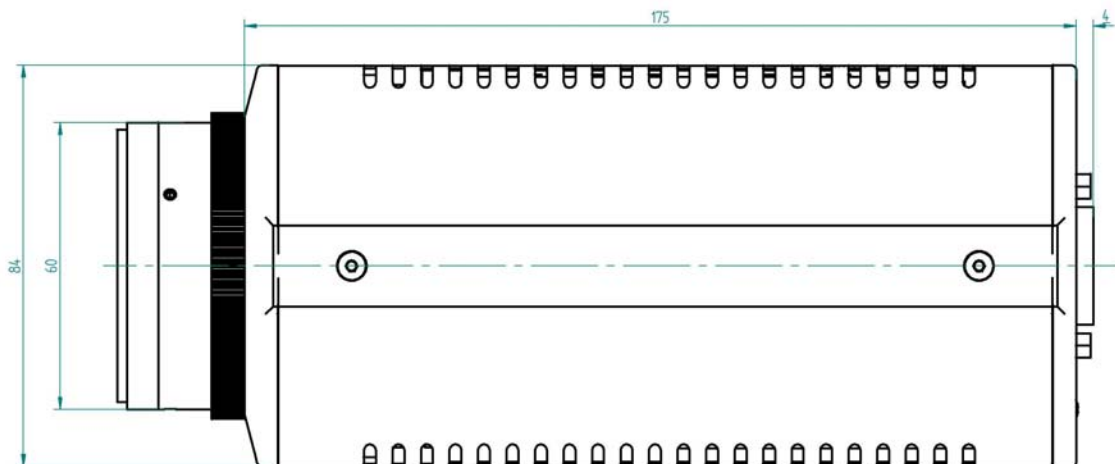
F-Mount



Kamera Draufsicht (Unterseite)



Kamera Draufsicht (Oberseite)



7.2 Kundenservice

Bei Fragen oder technischen Problemen helfen wir Ihnen gerne weiter. Kontaktmöglichkeiten siehe Seite 2.

Zur schnellen Beantwortung Ihrer Fragen benötigen wir folgende Angaben:

- Kurze Beschreibung des aufgetretenen Problems
- Versuchsbedingungen
- Eingestellte Werte
- Verwendete Kamera-Software und Versionsnummer
- Seriennummer auf dem silbernen Typenschild an der Kameraunterseite
- Seriennummer des Netzteils
- PC-Betriebssystem
- Prozessortyp des Rechners
- Arbeitsspeicher
- Grafikkarte
- Grafikeinstellungen

Auf unserer Website im Internet www.pco.de/support finden Sie ein Support-Formular. Dies können Sie bei Problemen oder Fragen ausfüllen und absenden.

7.3 Fehlerbehebung

Im Falle von Störungen oder Fehlfunktionen der Kamera senden Sie das Kamerasystem bitte an PCO zur Reparatur.

Bitte nehmen Sie zuvor Kontakt mit PCO auf (Adresse siehe Seite 2).



Achten Sie beim Verschicken auf eine ausreichende Verpackung (evtl. Originalverpackung aufbewahren). Setzen Sie vor dem Verpacken die C-Mount Schutzkappe zum Schutz des CCD Sensors auf das Objektiv auf!

7.4 Endgültige Außerbetriebnahme

Die Kamera enthält elektronische Bauteile mit zum Teil umweltschädlichen Stoffen. Wenn Sie sie endgültig außer Betrieb nehmen, dann führen Sie diese einem umweltgerechten Elektronik-Recycling zu.

Sehr geehrter Kunde,

wir wünschen Ihnen viel Freude und Erfolg mit dieser Kamera.

Sollten Sie Verbesserungen oder Anregungen zu unseren Systemen haben, so lassen Sie uns das wissen.

Wir stehen Ihnen selbstverständlich auch nach dem Kauf der Kamera jederzeit zur Verfügung.

Ihr PCO Team



PCO AG

Donaupark 11

D-93309 Kelheim

fon: +49 (0)9441 2005 0

fax: +49 (0)9441 2005 20

eMail: info@pco.de

www.pco.de

