

# Schulungen, Beratungen und Dienstleistungen

## Motivation:

Innovationen kosten viel Zeit und Geld. Vielfach werden Entwicklungen jedoch dadurch noch teurer, dass aufwendige Experimente zur Machbarkeit und Projektierung nötig sind. Die EURECA Messtechnik GmbH bietet den richtigen Service, um diesen Aufwand zu reduzieren und die Zeit von der Idee bis zur Marktreife zu verkürzen.

Ziel der Dienstleistungen ist es, das nötige Know-How zu vermitteln, um die Entwickler in die Lage zu versetzen, die richtigen Entscheidungen zu treffen und die nötigen Komponenten auszuwählen.



Eupener Str. 150 50933 Köln Germany  
 www.eureca.de info@eureca.de  
 Phone: +49 221 952629 0

## Unsere Kompetenz:

Ein interdisziplinäres Team aus Naturwissenschaftlern und Ingenieuren (Physik, Chemie, Biologie, Optik, EDV und Elektronik) steht Ihnen als Berater zur Seite und begleitet Ihr Projekt von den ersten Überlegungen zur technischen Machbarkeit bis hin zur Marktreife:

- Schulungen und Trainings
- projektspezifische Beratungen
- kundenspezifische Sensoren und Designs

*(alle Schulungen und Beratungen werden individuell auf die Bedürfnisse des Kunden angepasst)*

Hauptkompetenzen:

- CCD- und CMOS-Sensoren, Bildverarbeitung
- refraktive und diffraktive Optiken und Filter
- Thermoelektrik, Kühlung und thermales Management
- allgemeine naturwissenschaftliche Analysen

# Schulungen, Beratungen und Dienstleistungen

wichtige Hintergrundinformationen zu Schulungen:

- **Schulungen werden individuell auf die Anforderungen des Kunden abgestimmt**  
alle hier genannten Inhalte sind nur Beispiele und werden nach Absprache variiert und erweitert.
- **Schulungen können durchgeführt werden als:**
  - vorgetragener allgemeiner Überblick  
z.B. für die Weiterbildung des Verkaufspersonals in größeren Gruppen
  - vortragsgestützte Diskussion  
z.B. für die Auffrischung der Basics bei den Entwicklern und Technikern in mittleren Gruppen
  - offene Diskussionsrunde  
z.B. für die projektspezifische Klärung spezieller Fragen im kleinen Kreis

wichtige Hintergrundinformationen zu Beratungen:

- **Unsere Beratungsdienste decken im Vergleich zu den o.g. Schulungen einen deutlich größeren Themenbereich ab, da keine Notwendigkeit für vorgefertigte Schulungsmaterialien besteht.**  
Bitte sprechen Sie uns an, damit wir prüfen können, ob Ihre Fragestellung in unsere Kompetenz fällt.
- **Beratungen sind projektspezifisch und interdisziplinär**  
neben der akuten Fragestellung versuchen wir stets auch andere parasitäre, physikalische, chemische, elektrische oder mechanische Effekte zu erkennen.
- **tiefgehende Analysen**  
Begutachtungen und Analysen von Konstruktionen, Schaltplänen, Layouts und Software  
Gemeinsam durchgeführte Messungen und Interpretationen

wichtige Hintergrundinformationen zu Dienstleistungen:

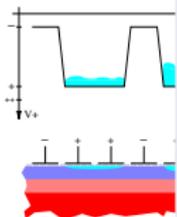
- **Machbarkeitsstudien, Simulationen, Messungen, Dimensionierungen und die Betreuung kundenspezifischer Fertigungen ergänzen das Schulungs und Beratungsangebot.**

# Schulung: CCD- / CMOS-Sensoren

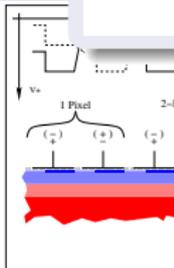
## Auszug typischer Inhalte:

- Eigenschaften von Silizium
- Dotierung, Dioden und CCDs
- Feldeffekttransistoren im CCD
- Ansteuerung von CCDs
- spektrale Eigenschaften
- FF-, TDI-, FT- und Interline-CCDs
- vom CCD zum CMOS: Gemeinsamkeiten und Unterschiede
- Rauschquellen und deren Reduktion
- Schrotrauschen und SNR

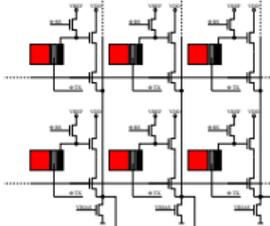
### Reset-Transistor



### 2-Phasen



### vollständiger CMOS-Sensor



### KTC Noise:

#### KTC-Rauschen:

- während des Resetzyklus ist der Reset-Transistor tritt kann ein Johnson-Rauschen im Reset-Trans. Wenn der Transistor abgeschaltet wird, so ändert Widerstand während der Flanke und es tritt ein Johnson-Rauschen auf. Die Bandbreite ist dabei durch den Tiefpass aus Transistorwiderstand und der Kapazität des Source-Folger-Gates sowie der Sense-Node bestimmt:

$$B = \frac{1}{4 \cdot R_R \cdot C_{DN}}$$

$$\Rightarrow U_{KTC} = \sqrt{\frac{k_B \cdot T}{C_{DN}}}$$

$R_R$ : Widerstand des Reset-Transistors

$C_{DN}$ : Kapazität der Sense-Node

- bei vollständig geöffnetem Reset-Transistor ist dieser hochohmig und es tritt kein Johnson-Rauschen mehr auf. Der letzte Stand der Rauschspannung wurde in der Sense-Node Kapazität gespeichert.

#### Möglichkeiten der Reduktion des KTC-Rauschens:

- Reduktion der Temperatur
- Correlated Double Sampling (CDS)

# Schulung: CCD- / CMOS-Sensoren

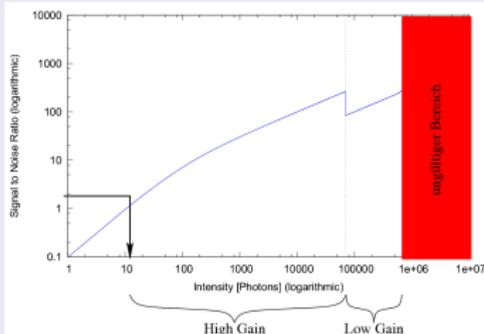
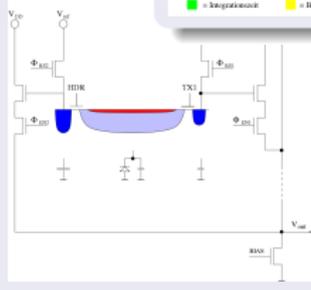
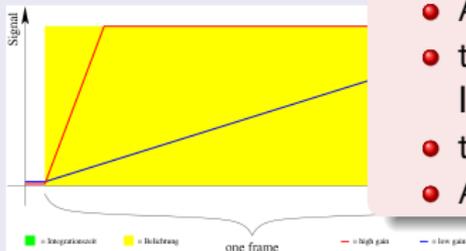
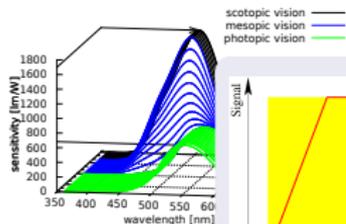
Typische Inhalte einer Schulung:

- **Licht**  
magnetische und elektrische Felder, Welle-Teilchen Dualismus  
Wechselwirkung von Licht mit Materie  
Reflektion, Vergütung, Beugung, Brechung, Nichtlinearität, Ionisation
- **generelle Eigenschaften von Silizium**  
IV-IV Halbleiter  
Dotierung und Diode
- **von der Diode zum CCD**  
der Feldeffekttransistor im CCD- und CMOS-Sensor  
was am CCD ist "aktiv" und was ist "passiv"
- **elektrische Ansteuerung von CCDs und deren Optimierung**  
verschiedene Arten der Ansteuerung (1-Phasen, 2-Phasen, 3- und mehr-Phasen)
- **verschiedene Arten der Photodioden und spektrale Eigenschaften**  
Photogate, Pinned, Frontside Illuminated, Backside Illuminated, UV-Coated, etc.
- **Grundtypen von CCDs und deren Eigenarten**  
Linear, Full Frame, TDI, Frame Transfer, Interline
- **vom CCD zum CMOS**  
Gemeinsamkeiten und Unterschiede  
was kann der CMOS-Sensor, das der CCD-Sensor nicht kann?  
typ. Probleme mit CMOS: Füllfaktor, CMOS-TDI, FPN, etc.
- **Rauschquellen und deren Entstehung**  
Johnson, KTC,  $1/f$ , etc.  
Minimierung bzw. Optimierung des Rauschens
- **Signal- zu Rausch-Verhältnis und Dynamikbereich**
- **Spezifikationen von Sensoren**  
Offset, Dunkelstrom, Conversion Gain, Readnoise, Fullwell, Linearität, etc.

# Schulung: High-Dynamic-Range

## Auszug typischer Inhalte:

- Definitionen für Dynamikbereiche
- Anwendungsbezogene Definitionen
- typische Implementierungsmethoden
- technologische Grenzen
- Artefakte



# Schulung: High-Dynamic-Range

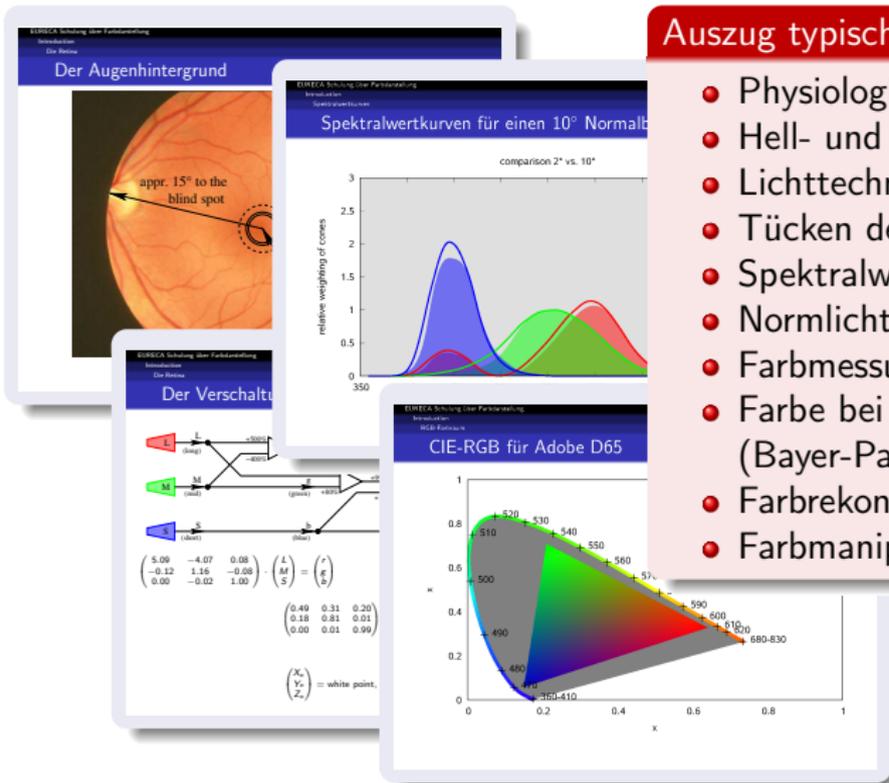
Typische Inhalte einer Schulung:

- **Definitionen**
  - obere und untere Grenzwerte
  - applikationsspezifische Sinnhaftigkeit der Grenzen
  - mathematische Beschreibungen und Einheiten
- **mögliche Implementierungen**
  - in CCD- oder CMOS-Sensoren
  - zeitliche Methoden
  - nichtlineare Methoden
  - geometrische Methoden
  - Extinktions basierte Methoden
  - Methoden mit mehreren Verstärkungen
  - Methoden mit wählbaren Parametern
  - e.t.c.
- **physikalische und technische Grenzen**
  - Schrotrauschen und Ausleserauschen
  - Ladungsdichten
  - thermische Grenzen
  - spektrale Grenzen
  - e.t.c.
- **Artefakte**
  - Sprünge im Signal zu Rauschverhältnis
  - Abhängigkeiten von Belichtungszeitpunkt
  - nicht korrigierbare Nichtlinearitäten
  - e.t.c.

# Schulung: Farbe und Sehen

## Auszug typischer Inhalte:

- Physiologie des Sehens
- Hell- und Dämmerungssehen
- Lichttechnische Einheiten
- Tücken der visuellen Einheiten
- Spektralwertkurven
- Normlicht
- Farbmessung und Farbräume
- Farbe bei optoelekt. Sensoren (Bayer-Pattern, RGBC, CMYG)
- Farbrekonstruktion
- Farbmanipulation



# Schulung: Farbe und Sehen

Typische Inhalte einer Schulung:

- **Physiologie des Sehens**  
vom Photon bis zum Gehirn
- **photopisch, mesopisch und skotopisch**  
Farb-, Dämmerungs und Hell-Dunkelsehen, Eigenschaften und Anwendungen
- **Lichttechnische Einheiten**  
Unterschiede zwischen  $lm$ ,  $cd$  und  $lux \iff W$  und  $J \iff$  Photonenzahl
- **Tücken der visuellen Einheiten**  
insbesondere bei Low-Light Anwendungen
- **optische Täuschungen**  
Entstehung und deren Einfluss als Problem bei der Bildbewertung
- **Farben**  
Normlicht, Spektralwertkurven, Metamerie, Graßmannsche Gesetze,
- **Farbmessung**  
 $2^\circ$  und  $10^\circ$  Normalbetrachter
- **Farbbeschreibung**  
CIE-XYZ, CIE-Yxy, CIE-Yuv, CIE-L\*a\*b\* und CIE-RGB
- **Farbräume**  
RGB, sRGB, CMYK, etc.
- **Farbe bei optoelektronischen Sensoren**  
Bayer-Pattern, RGBC, CMYG, typische spektrale Eigenschaften  
Aliasing und Falschfarben  
Optimierungen (Hoch-, Tief-, Kurz- und Langpässe)
- **Farbrauschen**
- **Farbrekonstruktion des Bayer-Patterns und mögliche Algorithmen**
- **Farbmanipulation**

## Schulung: Messmethoden und Datenblättern

## Auszug typischer Inhalte:

- Begriffsdefinitionen
- Interpretation der Werte
- Umrechnen auf vergleichbare Werte:
  - Conversion Gain
  - Full Well Capacity
  - KTC-Rauschen
  - Dynamik und SNR
  - spektrale Empfindlichkeit
- Erkennen von Widersprüchen in Datenblättern
- Photon Transfer

EURECA Schulung über Erreichung von Datenblattangaben

Investigator

University of KOCUB

## ICX285AL: information from

## Image Sensor Characteristics

Item	Symbol	Min.	Typ.	Max.
Sensitivity 1	S1	1040	1300	
Sensitivity 2	S2			4000
Saturation signal	Vsat	850		
Smear	Sm		-110	-190
			-90	-60
Video signal shading	SH			25
				25
Dark signal	VD			11
Dark signal shading	DVSR			4
Lap	Lap			0.3

## • Definition of standard imaging conditions

## (1) Standard imaging condition 1

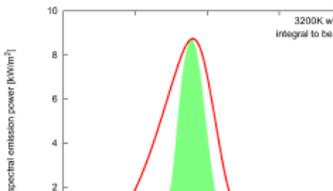
Use a pattern size (illumination: 700 cycles) color temperature for evaluation is not applicable.) Use a testing standard image at F0. The luminous intensity to the sensor receiver

EURECA Schulung über Erreichung von Datenblattangaben

Investigator

University of KOCUB

## how to calculate the conversion gain

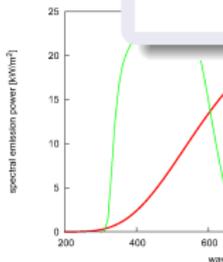


EURECA Schulung über Erreichung von Datenblattangaben

Investigator

University of KOCUB

## how to calculate

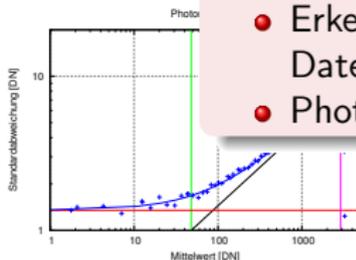


EURECA CCD and CMOS Imaging

Schlüsselbegriffe

Photonenrauschen (Photon Transfer)

## Full Well Capacity:



# Schulung: Messmethoden und Datenblättern

Typische Inhalte einer Schulung:

- **Statistik, Gauss- und Poissonverteilung**
- **Statistik des Photonenstroms**  
Schrotrauschen, SNR und physikalische Grenzen
- **andere Rauschquellen und deren Entstehung**  
Johnson, KTC,  $1/f$ , etc.
- **Photontransfer zur Charakterisierung von Sensoren**
- **praktische Tips zur Durchführung**  
"der Photontransfer mit der Schreibtischlampe"
- **Begriffsdefinitionen**  
Dynamikbereich, Signal- zu Rausch-Verhältnis und Digitalisierungstiefe  
Conversion Gain und Full Well Capacity, KTC-Rauschen und Ausleserauschen  
Dunkelstrom und Dunkelrauschen, Fixed Pattern Noise, Farbrauschen
- **Umrechnen von Datenblattangaben auf vergleichbare Werte**  
Beispiel ICX285: die Angaben aus dem Datenblatt

Image Sensor Characteristics

(Ta = 25°C)

Item	Symbol	Min.	Typ.	Max.	Unit	Measurement method	Remarks
Sensitivity 1	S1	1040	1300		mV	1	1/30 s accumulation
Sensitivity 2	S2		4000		mV	2	1/30 s accumulation
Saturation signal	Vsat	850			mV	3	Ta = 60°C
Smear	Sm		-110	-100	dB	4	Progressive scan mode
			-98	-88			High frame rate readout mode
Video signal shading	SH			20	%	5	Zone 0 and I
				25			Zone 0 to II
Dark signal	Vdt			11	mV	6	Ta = 60°C, 15 frames
Dark signal shading	ΔVdt			4	mV	7	Ta = 60°C, 15 frames, "1"
Lag	Lag			0.5	%	8	

• Definition of standard imaging conditions

(1) Standard imaging condition I:

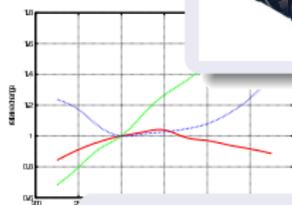
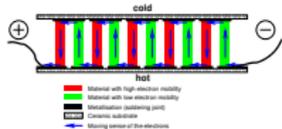
Use a pattern box (luminance: 706 cd/m<sup>2</sup>; color temperature of 3200K halogen source) as a subject. (Pattern for evaluation is not applicable.) Use a testing standard lens with CM500S (t = 1.0 mm) as an IR cut filter and image at F8. The luminous intensity to the sensor receiving surface at this point is defined as the standard sensitivity testing luminous intensity.

liefern:

Conversion Gain =  $22 \mu\text{V}/e^-$ , Full Well Capacity =  $38 ke^-$ , KTC-Rauschen =  $34 e^-$

- **Erkennen von Widersprüchen in Datenblättern**

# Schulung: Thermoelektrik (Peltierelemente, Seebeckgeneratoren, thermales Management)



$$\dot{Q}_c = -\alpha \cdot T_c \cdot I + \frac{\rho}{2} \cdot I^2 + \kappa \cdot \Delta T$$

$$\dot{Q}_h = \alpha \cdot T_c \cdot I + \frac{\rho}{2} \cdot I^2 - \kappa \cdot \Delta T$$

$$U = \alpha \cdot \Delta T + \rho \cdot I$$

## Auszug typischer Inhalte:

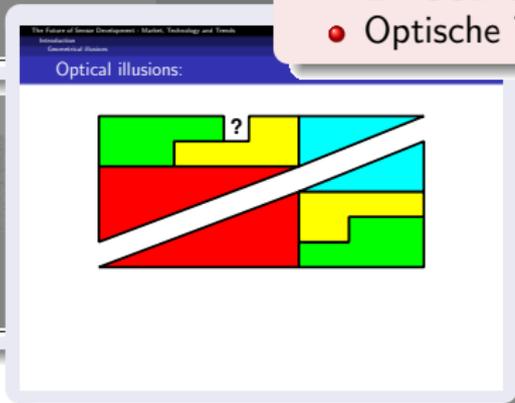
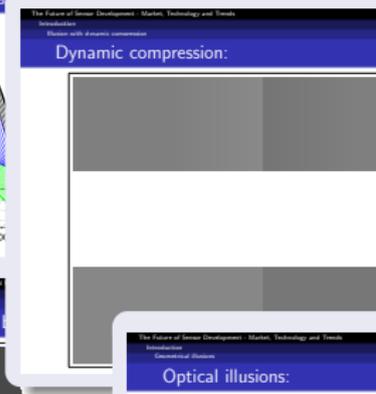
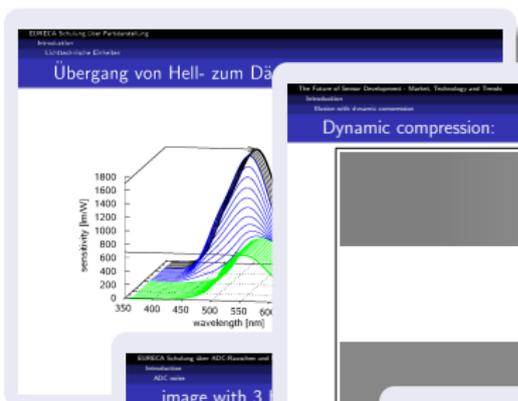
- Aufbau und Funktionsweise von Peltierelementen
- Funktionsweise von thermoelektrischen Generatoren
- mathematische Beschreibung
- Dimensionierung und Auswahl von Kühlkörpern und Lüftern
- Kühlen, Heizen und Thermostatisieren
- typische Anwendungen:
  - Optoelektronik (z. B. Kamerakühlung, Laser)
  - Biotechnologie (z. B. PCR)
  - Hausgerätetechnik
  - Automobilindustrie

# Schulung: Thermoelektrik (Peltierelemente, Seebeckgeneratoren, thermales Management

Typische Inhalte einer Schulung:

- **Wärme und Wärmetransport:**  
Gitterschwingungen und molekulare Bewegung  
Wärmekapazität  
phononische und elektronische Wärmereleitung  
Konvektion
- **Thermoelektrik:**  
Peltiereffekt  
Seebeckeffekt  
Thomsonseffekt  
Benedicksffekt  
Bridgmaneffekt
- **Kühlkörper:**  
natürliche Konvektion  
forzierte Konvektion  
Lüfter und Kennlinien  
Wärmetauscher (Flüssigkeitskühler)
- **Wärmekontakt:**  
thermisch leitende Pasten und Kleber
- **Temperaturmessung:**  
Thermoelemente  
Widerstandselemente (z.B. PT100, PTC, NTC)  
Halbleiterelemente (z.B. PTAT)
- **Temperaturregelung:**  
PID-Regler

# Schulungen: Sonstige



## Auszug typischer Inhalte:

- 3D-Technologien
- Time Of Flight (TOF)
- ADC-Wandler
- Strahlungsschäden
- IR-Sensoren
- Röntgen-Sensoren
- EMCCD und Bildverstärker
- Optische Täuschungen

# Schulungen: Sonstige

Typische Inhalte einer Schulung:

- Dunkelstrom und "Multiple Pinned Phase"-Verfahren
- Charge Transfer Efficiency, etc.
- Strahlungsschäden bei Sensoren (z.B. durch Luftfracht)
- die "Foveon-Technologie"
- Füllfaktoren und Mikrolinsen
- Pixelgrößen und Fullwell als Limitierung für das SNR
- Auflösungsvermögen und Diffusionseffekte
- Antiblooming-Strukturen und "Integration-Control"
- capacitive transimpedance amplifier (CTIA)
- 1/f Reduktion (switched transistor)
- ADC-Rauschen, DLN und INL
- non destructive readout, "FOWLER samples"
- anti reflection coating, fringing Effekte, etc.
- IR-Sensoren: III-V Halbleiter (InGaAs und InSb) und II-VI Halbleiter (HgCdTe)
- Röntgen-Sensoren

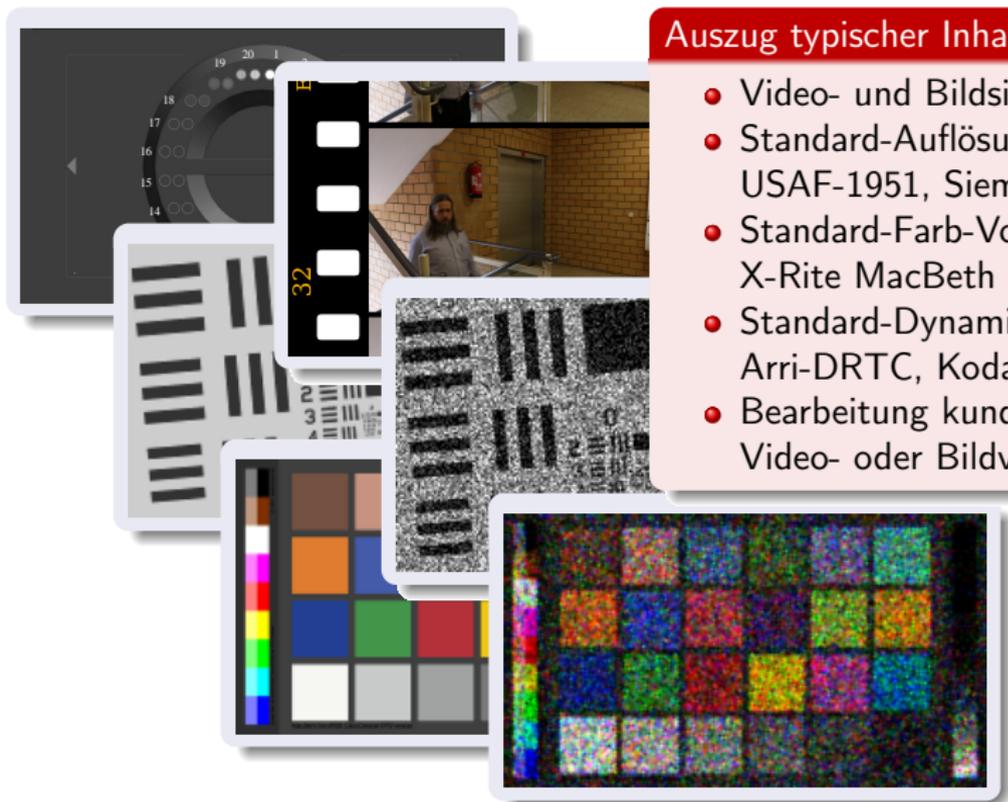
Beispiele möglicher Applikationen:

- Nachtsichtanwendungen (z.B. Sicherheitssysteme)
- Automotive
- Formanalysen von Werkstücken
- Fehlererkennung von Werkstücken
- Erdbeobachtungssatelliten
- Röntgengeräte
- Spektrometer
- Farb- und Intensitätserkennungen

# Simulationen: Rauschen, Auflösung und Farbe

## Auszug typischer Inhalte:

- Video- und Bildsimulationen
- Standard-Auflösungs-Vorlagen  
USAF-1951, Siemensstern
- Standard-Farb-Vorlagen  
X-Rite MacBeth
- Standard-Dynamik-Vorlagen  
Arri-DRTC, Kodak-Grayscale
- Bearbeitung kundengestellter  
Video- oder Bildvorlagen



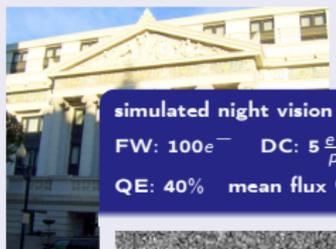
# Simulationen: Rauschen, Auflösung und Farbe

## Mögliche Simulationsparameter:

- spectral characteristic
- geometry of light source
- filter characteristics
- lens aperture
- lens distortion
- lens MTF
- lens refraction limitation
- sensors quantum efficiency
- photon shot noise
- dark current
- read noise and read noise non uniformity
- dark signal non uniformity  
(includes dark current non uniformity and offset non uniformity)
- photo response non uniformity  
(includes quantum efficiency non uniformity and conversion gain non uniformity)
- non linearity
- optical cross talk
- electrical cross talk
- ADC digitisation noise
- ADC integral non linearity
- ADC differential non linearity
- Demosaicing artefacts
- Rolling Shutter artefacts
- und mehr ....

# Beratung und Dienstleistungen

sample image given by  
customer



simulated night vision image:

FW:  $100e^-$  DC:  $5 \frac{e^-}{pix}$  RN:  $5e^-$

QE: 40% mean flux @ white:  $160 \frac{photons}{pix}$



Auszug typischer Inhalte:

- Applikationsanalysen
- Machbarkeitsstudien
- Rauschanalysen und -simulationen
- Erstellung mathematischer Modelle
- Ermittlung verifizierbarer Spezifikationen
- konzeptionelles Design
- Bauteil- und Herstellerwahl
- Know-How Transfer

## Beratung und Dienstleistungen

Gerade bei kundenspezifischen Sensor- und Optik-Entwicklungen ist es häufig nicht möglich, Testsysteme oder -geräte zu bekommen, um die Machbarkeit prüfen zu können, da es auf dem Markt noch keine Sensoren oder Optiken mit vergleichbaren Eigenschaften gibt.

In diesem Fall bieten wir die Möglichkeit, z.B. durch physikalisch korrekte Simulation von Bildmaterial die Machbarkeit und die Funktionsweise von Algorithmen prüfen zu können.

Auch bei der Auswahl von Standardsensoren oder -kameras kann dies helfen, um ohne viele und langwierige Tests ein geeignetes Produkt finden zu können.

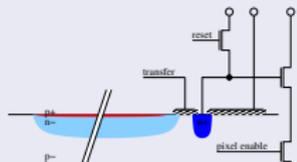
Die naturwissenschaftlich ganzheitliche Betrachtung der Applikationen inkl. möglicher Fehlerquellen und Lösungen runden diese Dienstleistung ab.

# kundenspezifische CCD- und CMOS-Sensoren

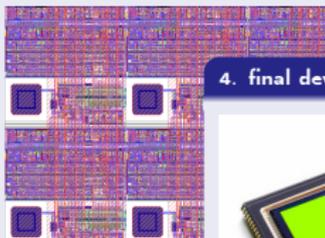
## 1. specification

application:	x-ray imaging
active area:	20 mm × 20 μm
integration time:	100 ms
maximum flux:	$15 \cdot 10^3 \frac{\text{photons}}{\text{s}}$ @ 70 keV
dynamics:	

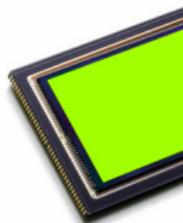
## 2. schematics design



## 3. layout



## 4. final device



## Auszug typischer Inhalte:

- Ermittlung verifizierbarer Spezifikationen
- Erstellung von Pflichtenheften
- Auswahl des geeigneten Partners für das Chip-Design
- Projektbegleitung bis zum finalen Baustein
- typische Applikationen:
  - Medizin (z. B. Röntgensensoren)
  - Raumfahrt (z. B. Strahlungsfestigkeit, TDI)
  - Wissenschaft (z. B. Einzelphotonen)
  - Industrie (z. B. Geschwindigkeit)
  - OEM-Fertigung (z. B. Kostenreduktion)