



We make it visible.

# Optical Sensor Systems - Introduction



*Who we are and what  
we do.*

Carl Zeiss MicroImaging GmbH  
Optical Sensor Systems  
Jena, Germany



Microscopy



(Carl Zeiss  
Microlmaging GmbH)

Light Microscopy

Laser Scanning  
Microscopy

**Optical  
Sensor Systems**




## Carl Zeiss Microlmaging GmbH

- Business Unit since March 2006
- focussing on (Light-)Microscopy, AIM and Spectroscopy
- GB Industrial, GF Optical Sensor Systems

= Sub-Unit of Microlmaging producing

- *Gratings*
- *Spectral Sensors*
- *Spectrometer Systems*
- *On-line Solutions*

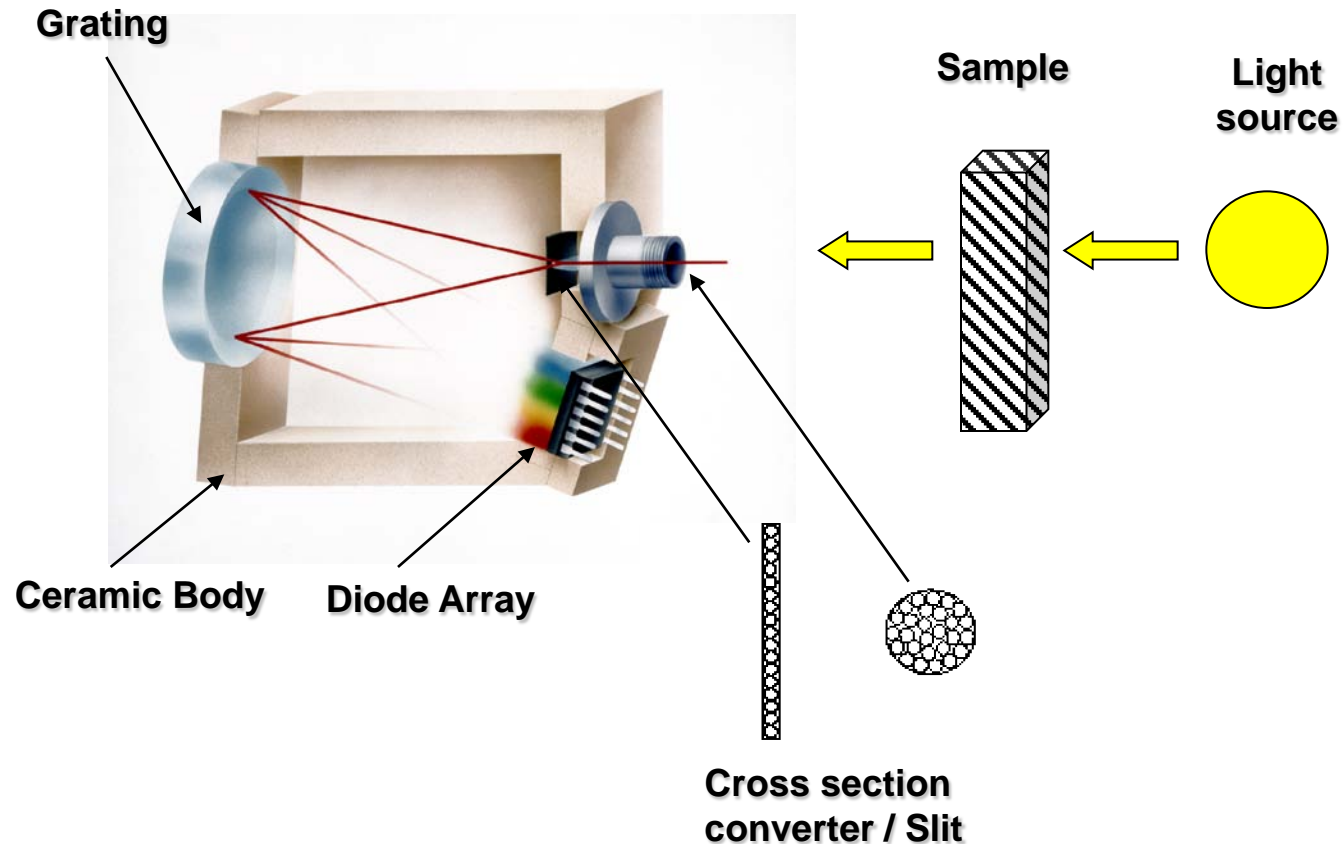


<b>Products</b>	<b>Gratings</b>	<b>Spectral sensors</b>	<b>On-line solutions &amp; Systems</b>
<b>Market</b>	<b>Instrument manufacturers</b>	<b>Instrument manufacturers</b>	<b>Glass, Pharma, Food</b>
<b>Application</b>	<i>Lab spectroscopy</i>	<i>Color measurement, environmental control, thickness</i>	<i>Thickness, concentration, color, moisture</i>
			

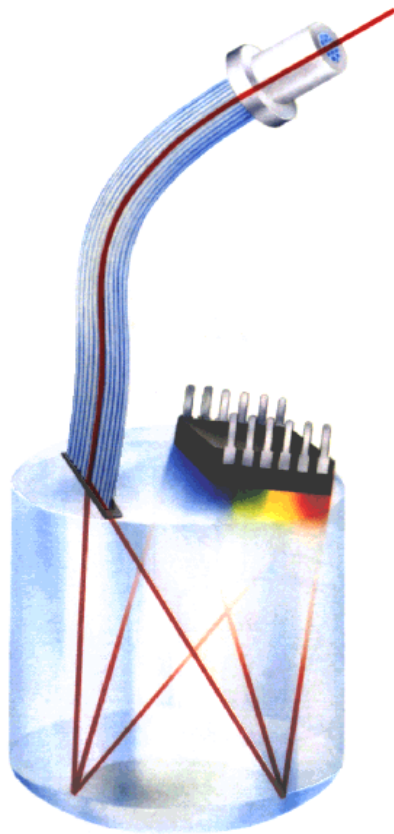
- ca. 50 employees
- production of 18.000 spectral sensors and 150 in-line systems p.a.
- 50 companies are using our spectral sensors as OEM modules in their systems
- more than 100.000 spectral sensors and 1000 on-line spectrometer systems installed



### *Optical scheme of a MCS Module*



### *Spectrometer Module Design principles:*



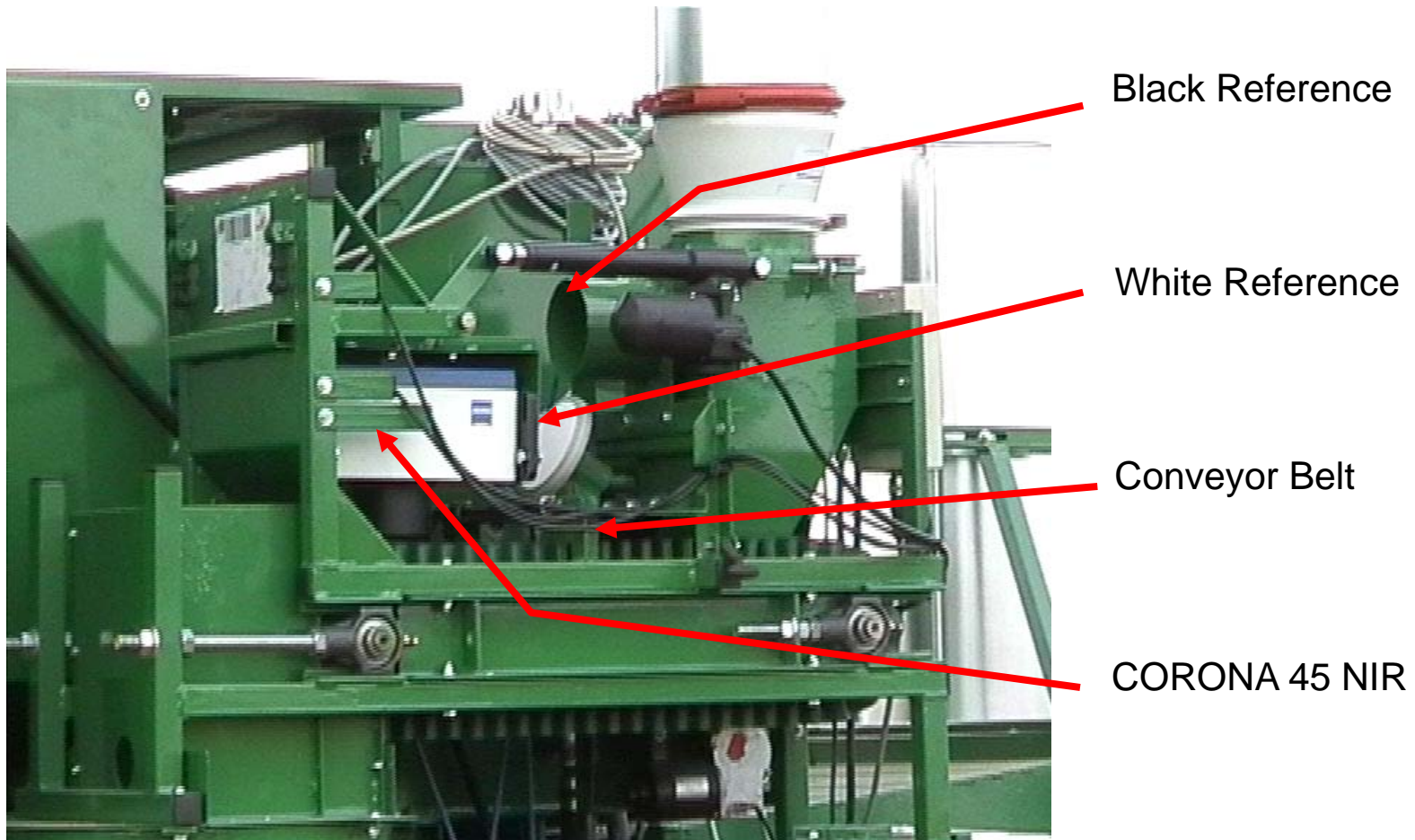
- Fiber cross-section converter as optical input
- SMA connector
- Holographically recorded and blazed imaging grating
- Photodiode Read-out
- Robust housing, no moving parts

### **Benefits**

- Highly reliable
- Permanently calibrated
- Wide dynamic range
- Robust
- Fiber optic input
- Diode array equipped



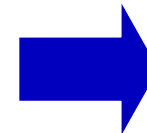
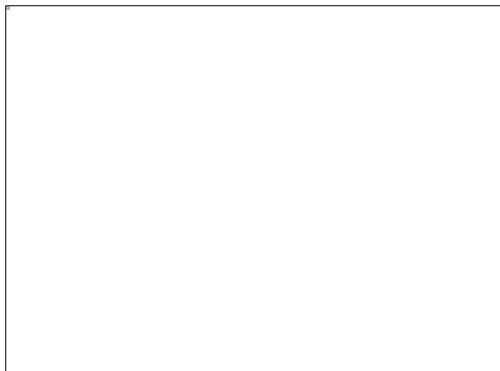
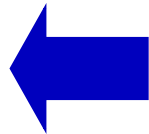
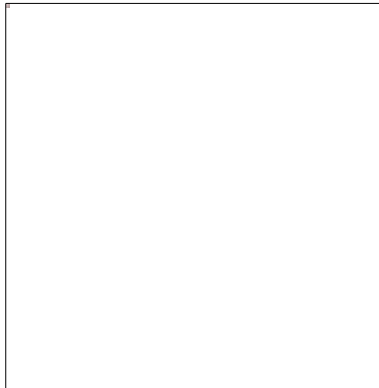
## *Applications of Optical Sensors - Agriculture*



## *Applications of Optical Sensors - Agriculture*

---

Fully automated self-predicting at- and online sensor for lab and machine use

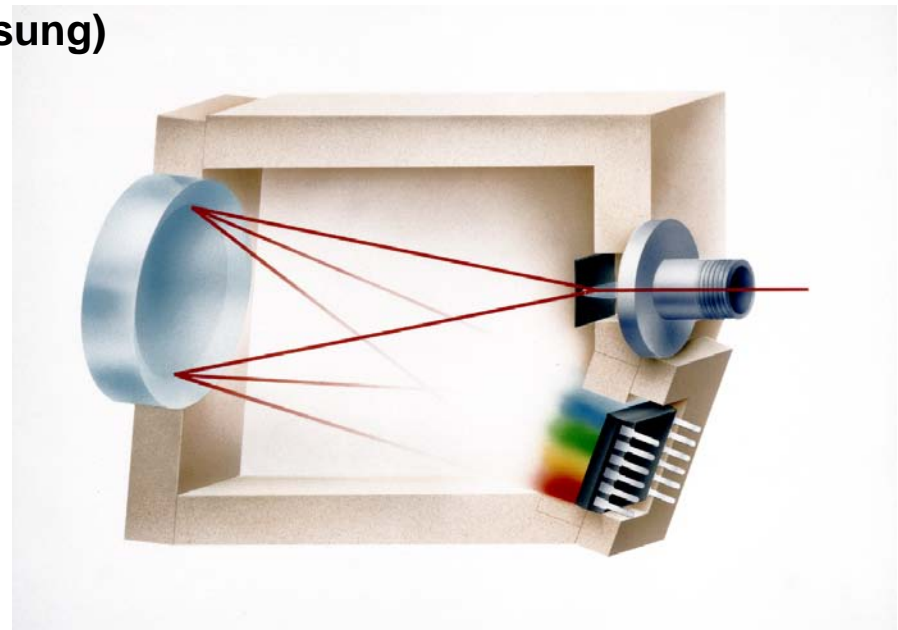




- **Messung mit mehreren (gleichartigen) Geräten im Feld**
- **Erschütterungen**
- **Wenig Messzeit**
- **Hohe und niedrige Umgebungstemperaturen**
- **Niedrige Photonenenergie**
- **Wenig Licht (zerstörungsfreie Messung)**
- **Spektren unterscheiden sich kaum**

**Mehrfache Lichtnutzung  
<-> Auflösung**

**Wie weit kann man gehen?  
Spezifikationen für die Applikation**



# Aufstellen der Spezifikation für die Feldgeräte anhand Oktanzahl (ROZ) von Benzin



Messungen im Labor mit einem High-End-Spektrometer

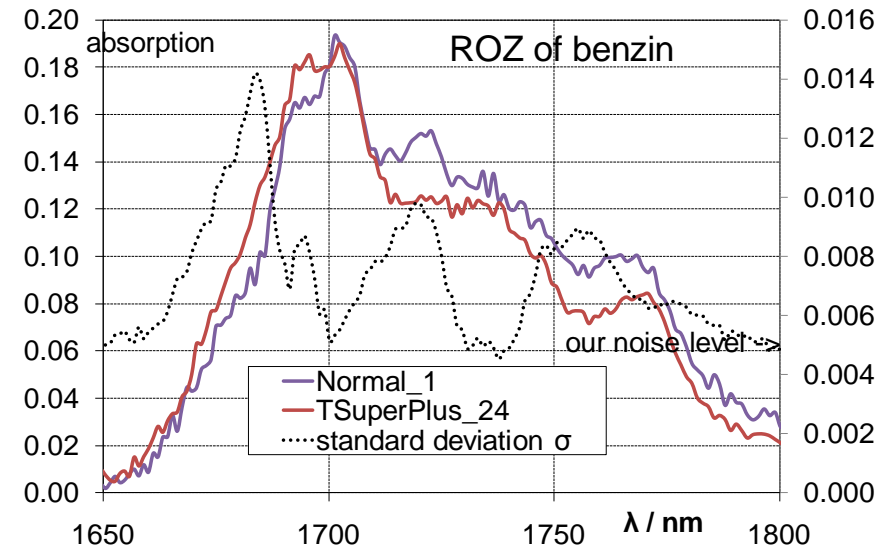
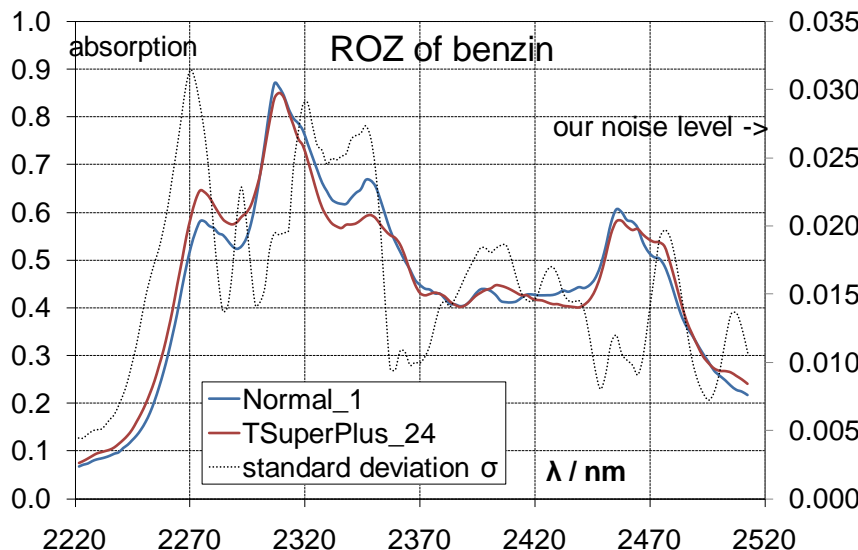
Spektren kaum unterscheidbar

2 Spektralbereiche mit Unterschieden

Regressionsanalyse -> Oktanzahl

$$c_i = \int d\lambda \cdot r_i(\lambda) \cdot a(\lambda)$$

-> 2 mögliche Gerätevarianten (2.2 bis 2.5 µm und 1.7 µm)



# Vergleich der Absorptionsbanden



## Bande bei 2.2 bis 2.5 µm

$$\text{var}(c_i) = \int d\lambda \cdot |r_i(\lambda)|^2 \cdot \text{var}(a(\lambda))$$

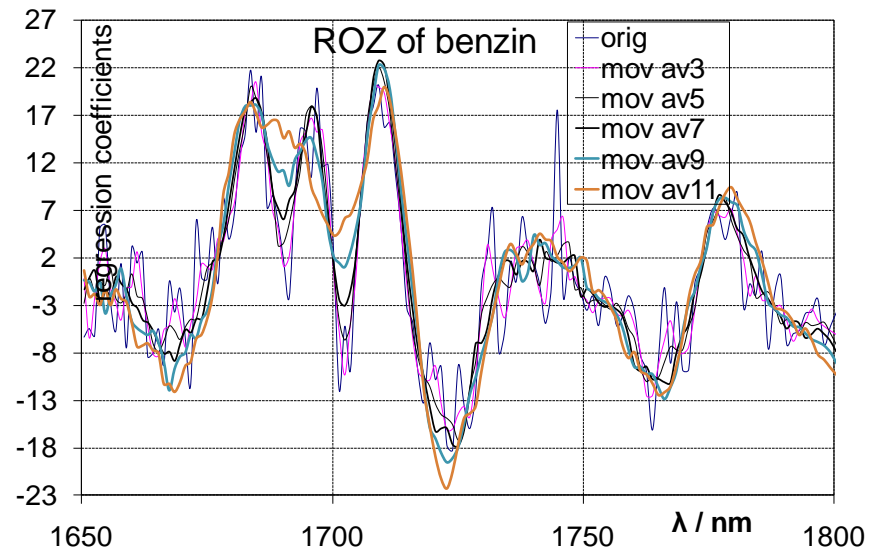
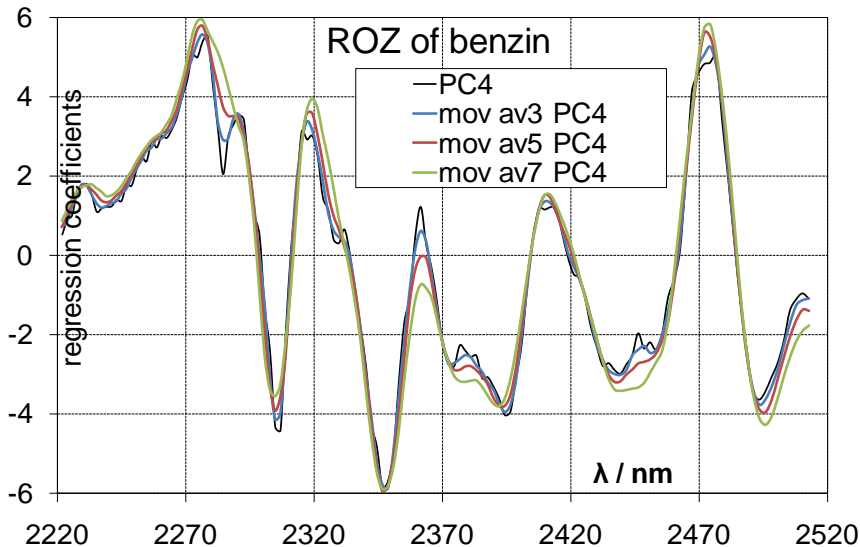
## Bande bei 1.7 µm

ca. 5 fach geringere Absorption

5 fach größere Regressionskoeffizienten

Dunkelstrom ca. 30 mal kleiner

Rauschen ca. 5 mal kleiner



# Zulässige Geräteabweichung ermitteln



Bei Wellenlängenverschiebung

$$c_i(s) = \int d\lambda \cdot r_i(\lambda) \cdot a(\lambda + s)$$

$$\left. \frac{d}{ds} c_i(s) \right|_{s=0} = \int d\lambda \cdot r_i(\lambda) \cdot \frac{d}{d\lambda} a(\lambda)$$

Abweichung ROZ < 0.1 bei 1 nm Wellenlängenabweichung  
(beide Banden robust gegen Wellenlängenverschiebung)

Rauschen (u.a. des Detektors)

$$\text{var}(c_i) = \int d\lambda \cdot |r_i(\lambda)|^2 \cdot \text{var}(a(\lambda))$$

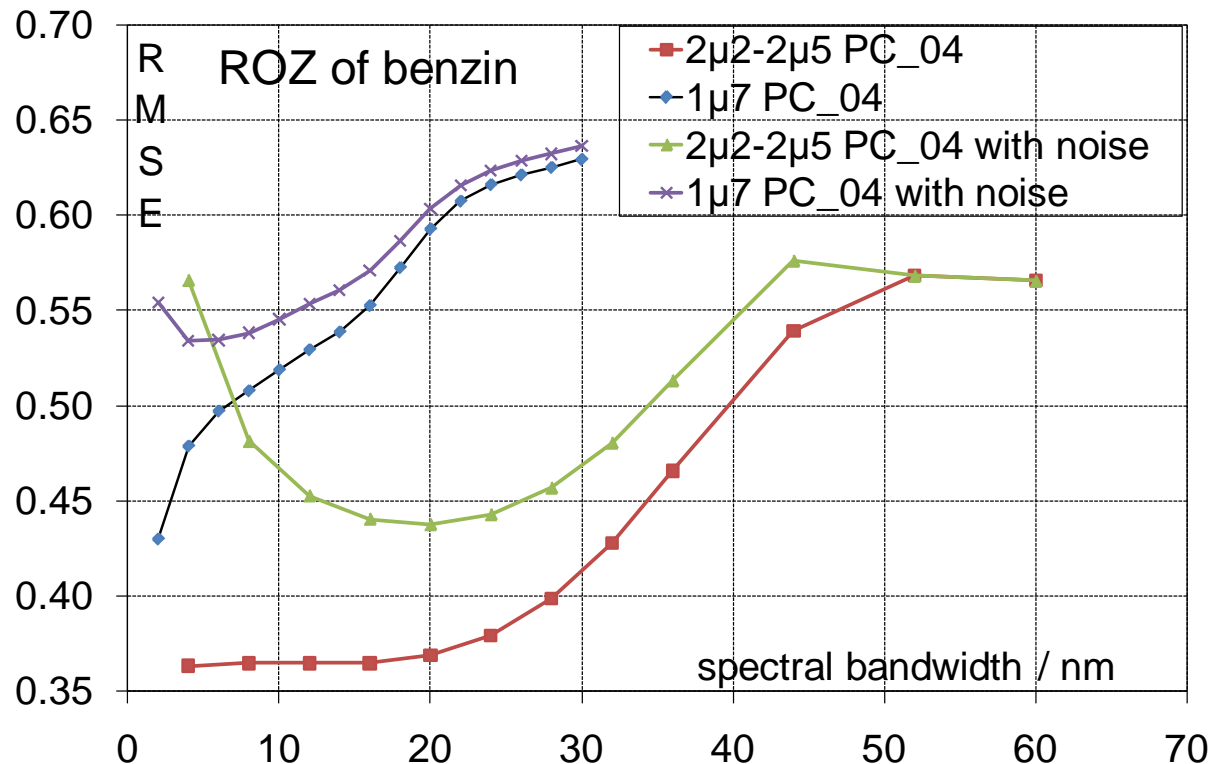
-> zusätzliche Abweichung der ermittelten ROZ

Mehr Licht <-> schlechtere Auflösung

# Spezifikation für Feldgerät: Spektralbereich 2.2 bis 2.5 $\mu\text{m}$ mit 20 nm Auflösung



**Geschätzte Verfahrensstandardabweichung bei Messung im Feld**  
**Höheres Rauschen, schlechtere Auflösung berücksichtigt,**  
**Messung bei 1.7  $\mu\text{m}$  nur wenig schlechter, aber wesentlich billiger**



# Jede Applikation erfordert ihre Spezifikation



---

## Wege zum Finden der Spezifikation für die Applikation

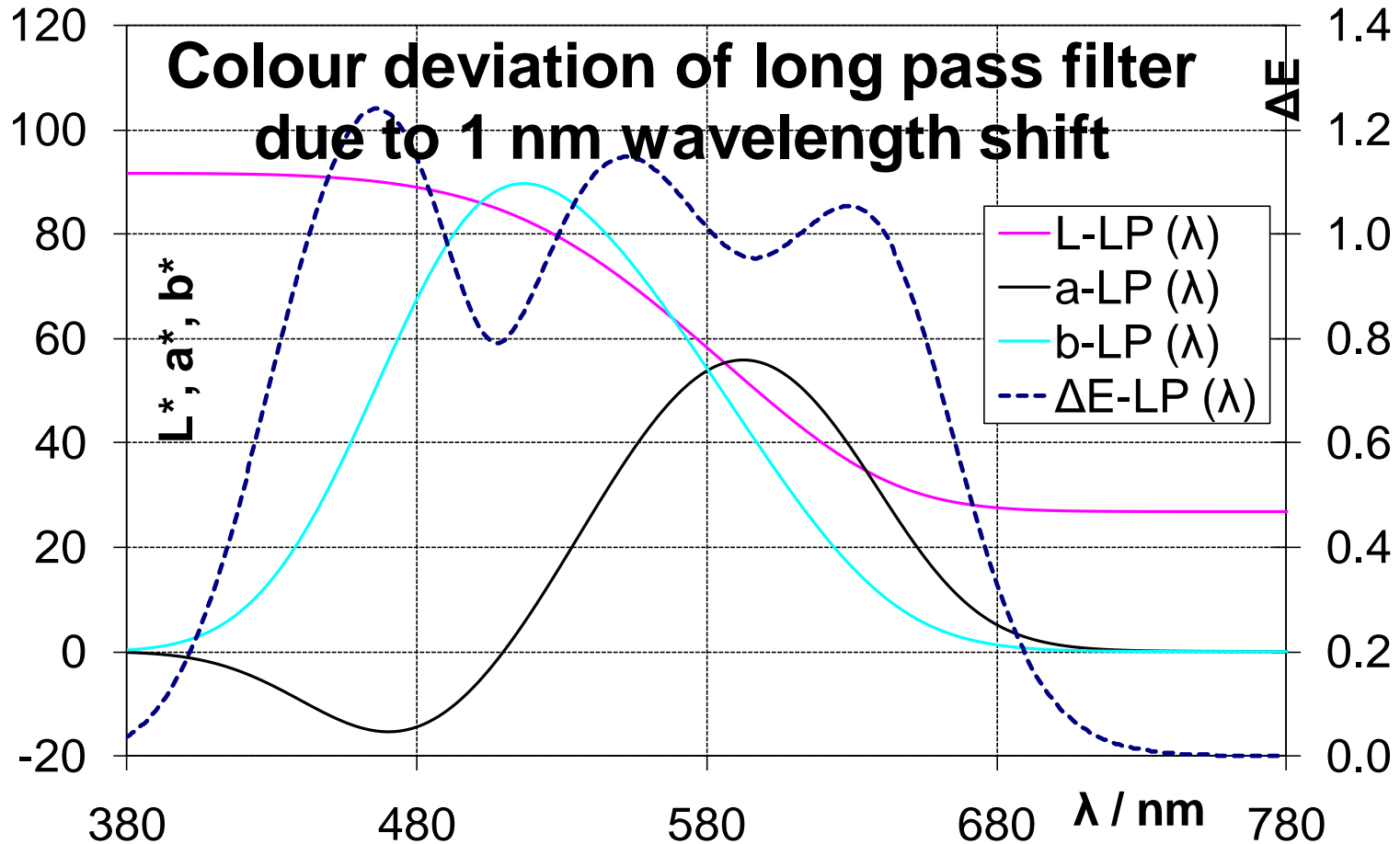
- **Alle Anforderungen und Randbedingungen (widrige Umstände) erkennen**
- **Mehrere Gerätevarianten prüfen und vergleichen**
- **Mit welcher Gerätespezifikation wir Kundenanforderung erfüllt**

**Benzinmessung im Beispiel bringt Information von ca. 4 Bit**

**Farbbestimmung erfordert ca. 20 – 22 Bit**

- **Sehr hohe Anforderung an Gerätetechnik trotz glatter Spektren und glatter Regressionsfunktion**
- **Auflösung und Wellenlängengenauigkeit unserer Spektrometer gerade ausreichend**

# Farbe sehr empfindlich gegen Wellenlängenverschiebung





We make it visible.

[www.zeiss.de/spectral](http://www.zeiss.de/spectral)