



We make it visible.

# Miniaturisierte Spektralsensoren für die spektroskopische Prozessüberwachung

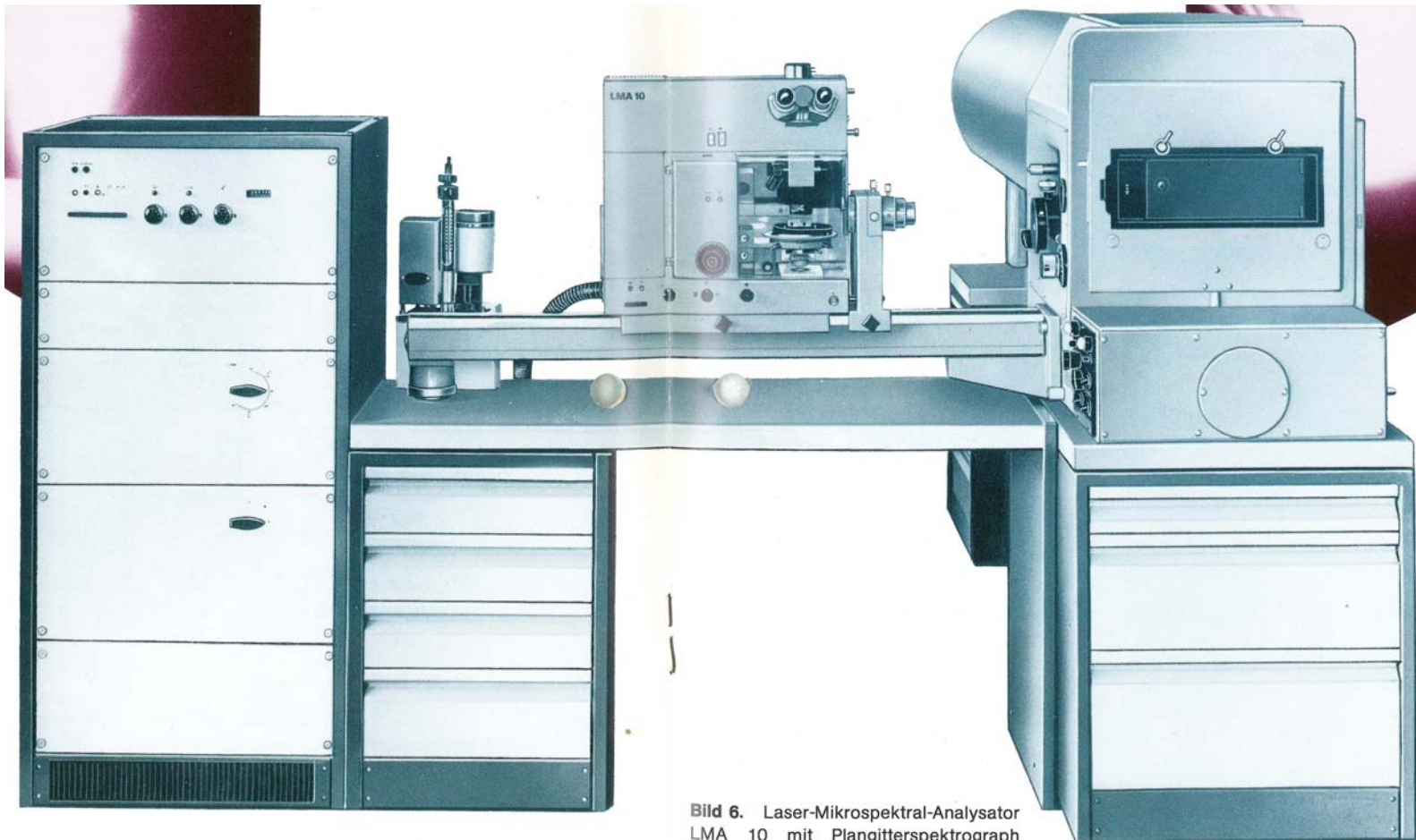
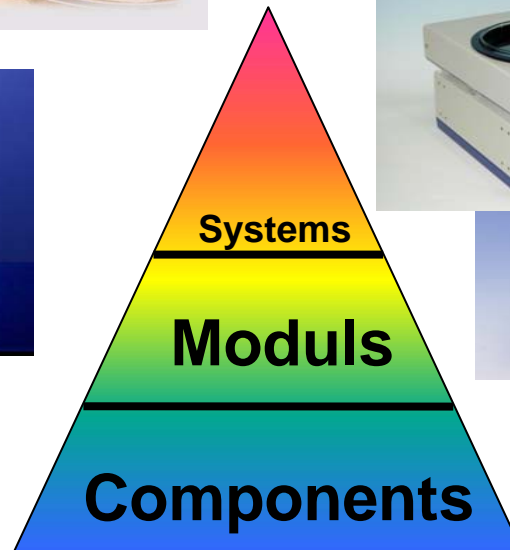
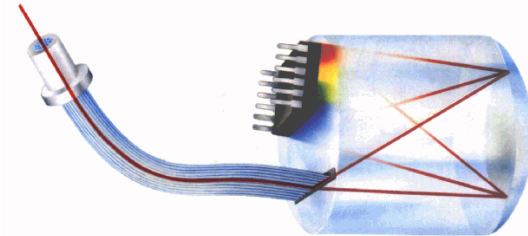
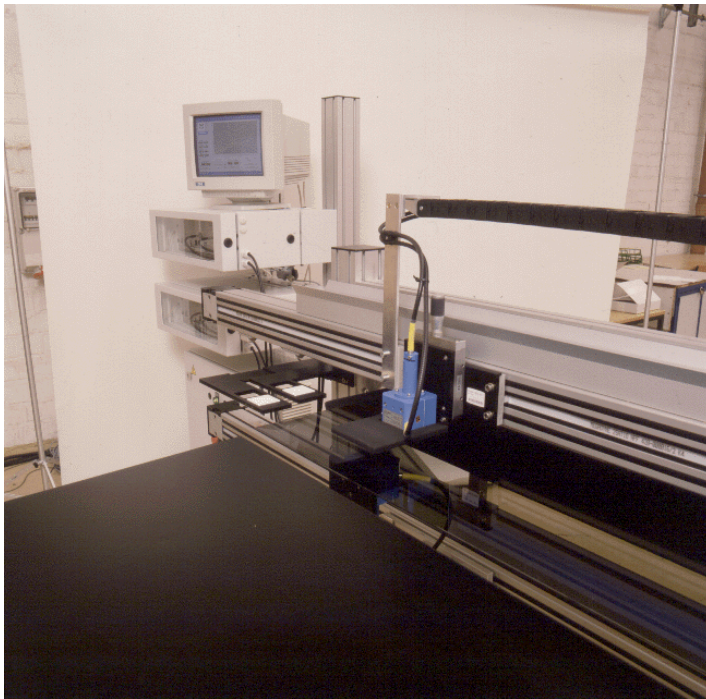


Bild 6. Laser-Mikrospektral-Analysator  
LMA 10 mit Plangitterspektrograph

# Carl Zeiss Microlmaging GmbH Spectral Sensors Division



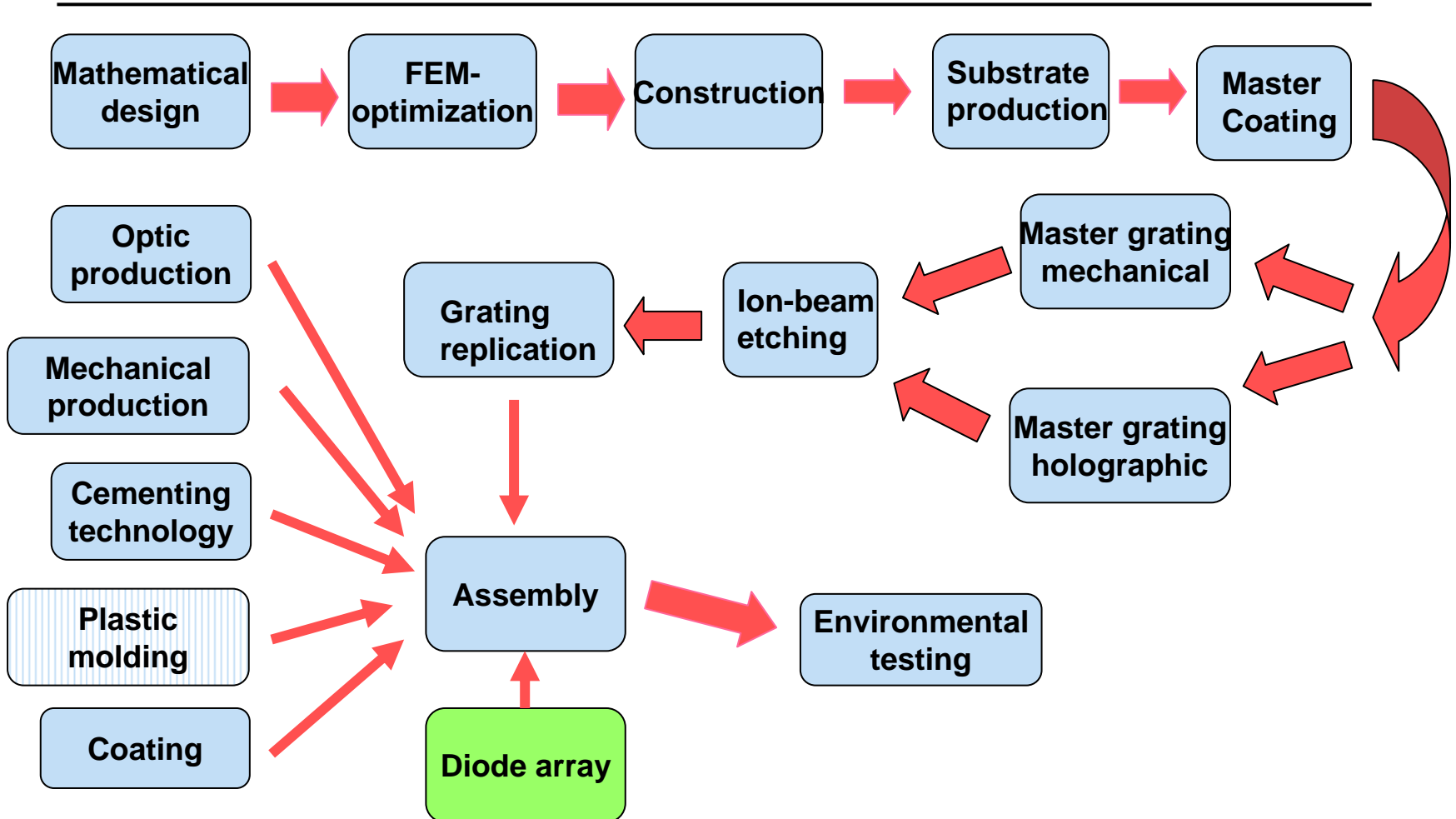
# Anwendungsgebiete



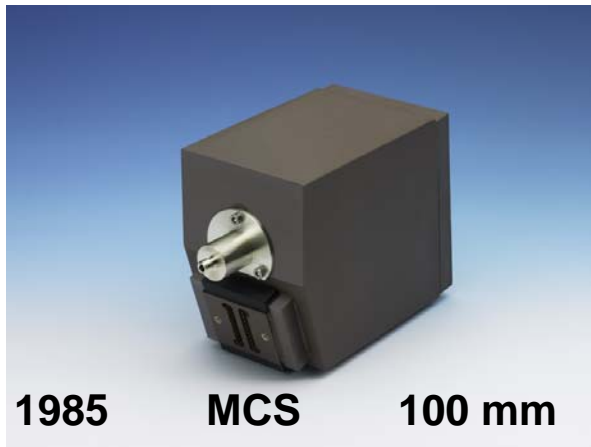
Glas, Beschichtung  
Landwirtschaft, Lebensmittel  
Pharmazie, Gesundheitswesen  
Farbmessung, Farbgestaltung



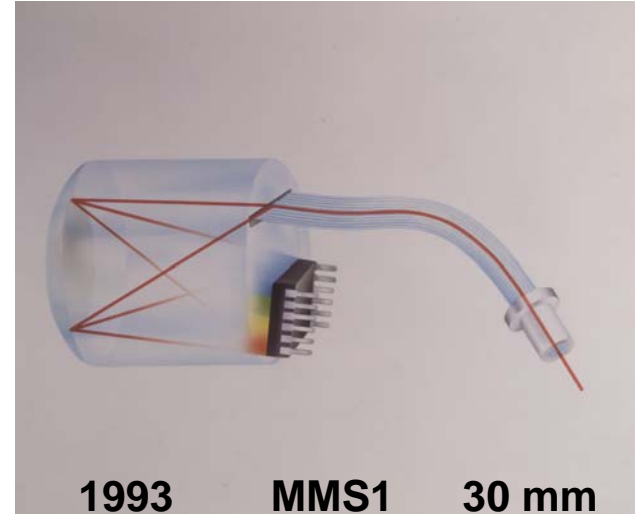
# Carl Zeiss Spectral Sensors-Overall competence



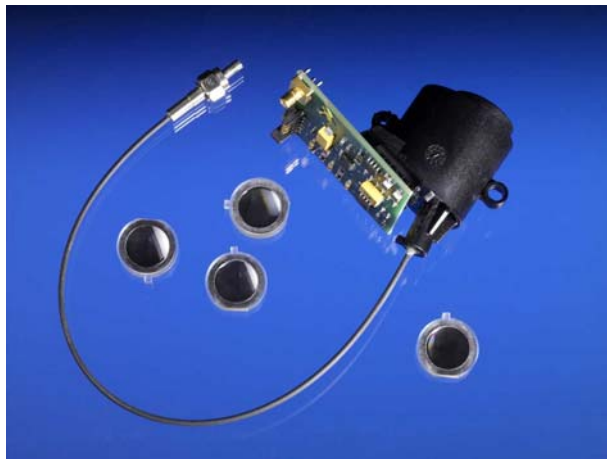
# Miniaturisierung von Größe und Preis nicht grenzenlos



1985 MCS 100 mm



1993 MMS1 30 mm



1999  
Fahrbahnsensor  
Farbsensor  
25 mm

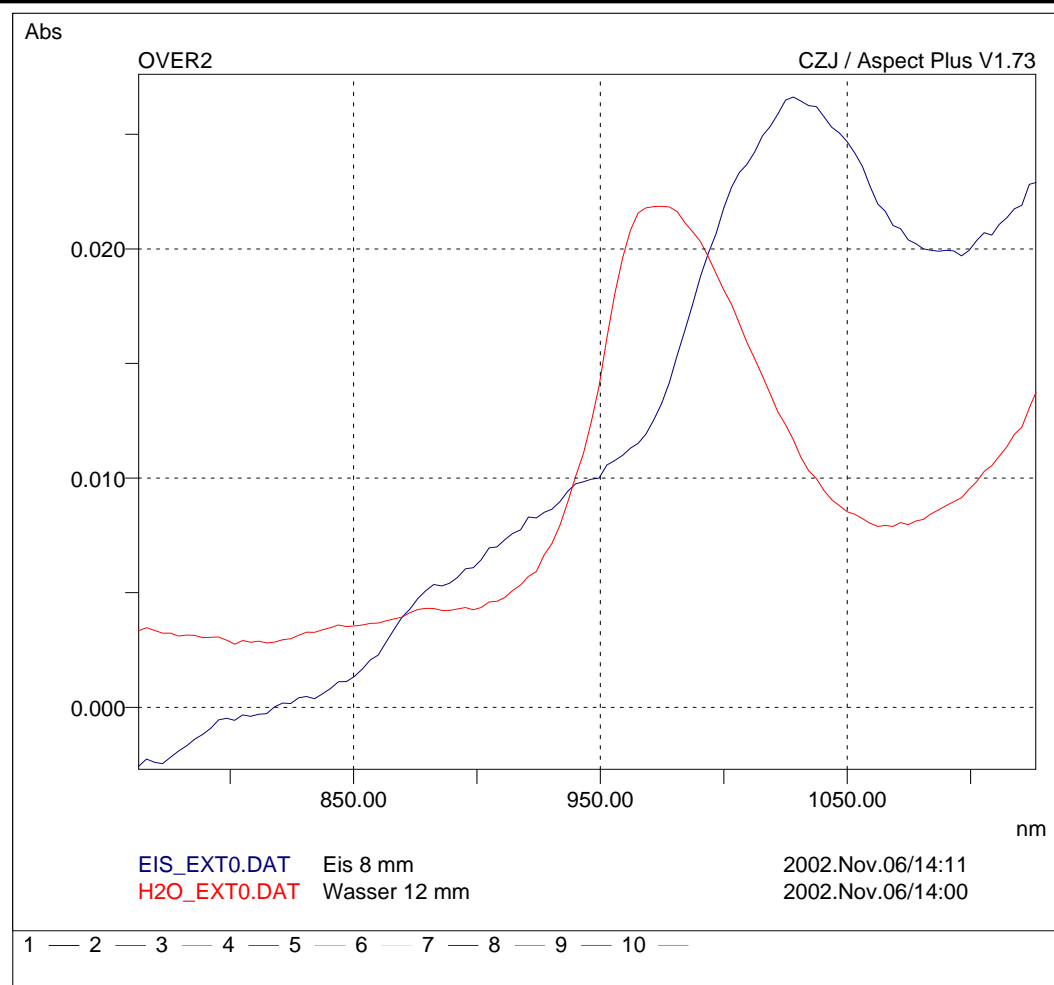
2006  
Fitnesssensor  
Farbsensor 2  
23 - 25 mm

2010 10 mm?

# Anwendung Farbahnsensor



Charakteristische wellenlängenabhängige Absorption (Dämpfung) des von der Fahrbahn zurückgeworfenen Lichts durch Wasser (rot) oder Eis (blau)

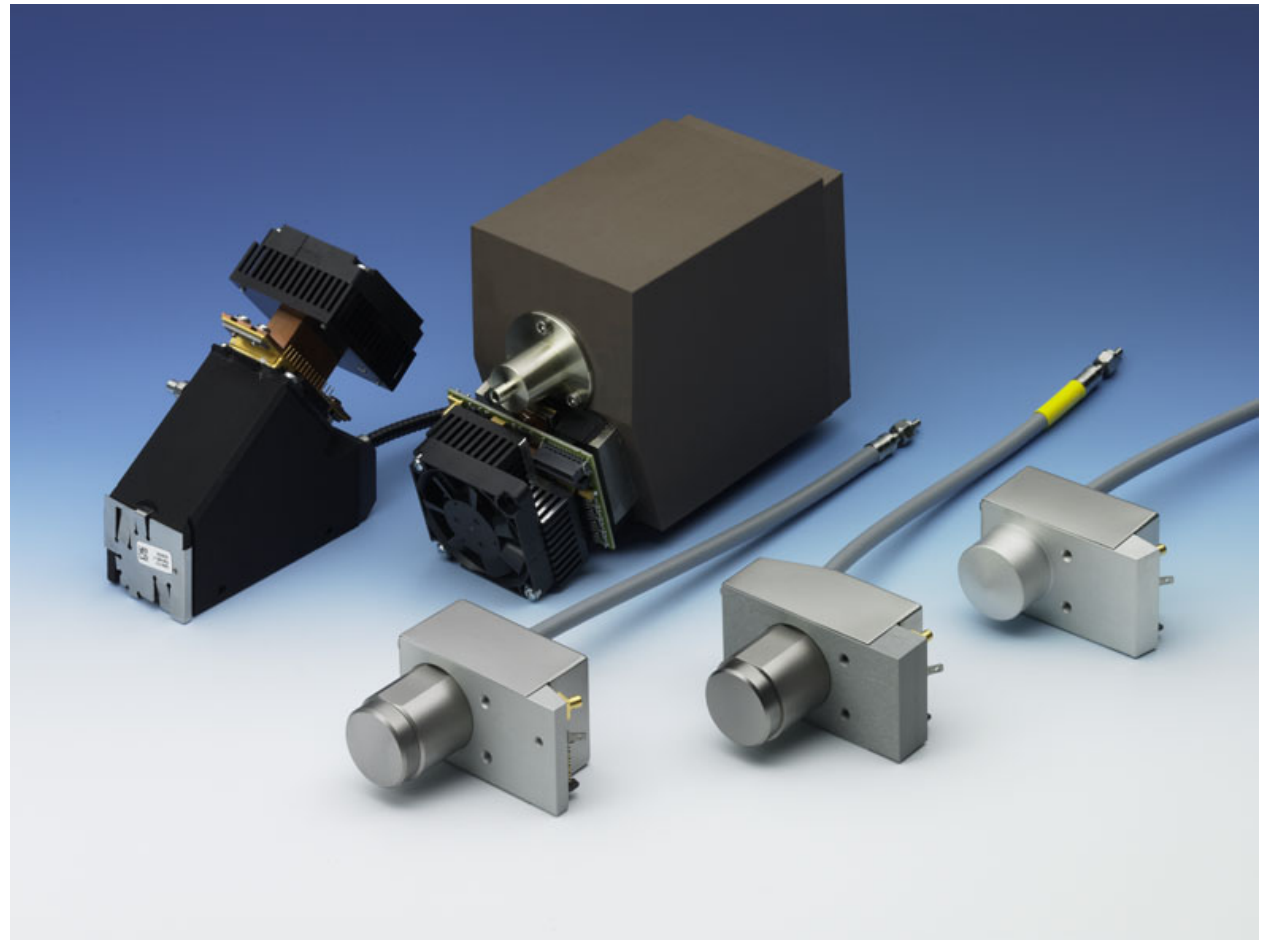


# Ziele der Miniaturisierung



Kleiner, leichter  
geringerer Preis  
gleiche Qualität?

genau  
abgestimmte  
Spezifikationen



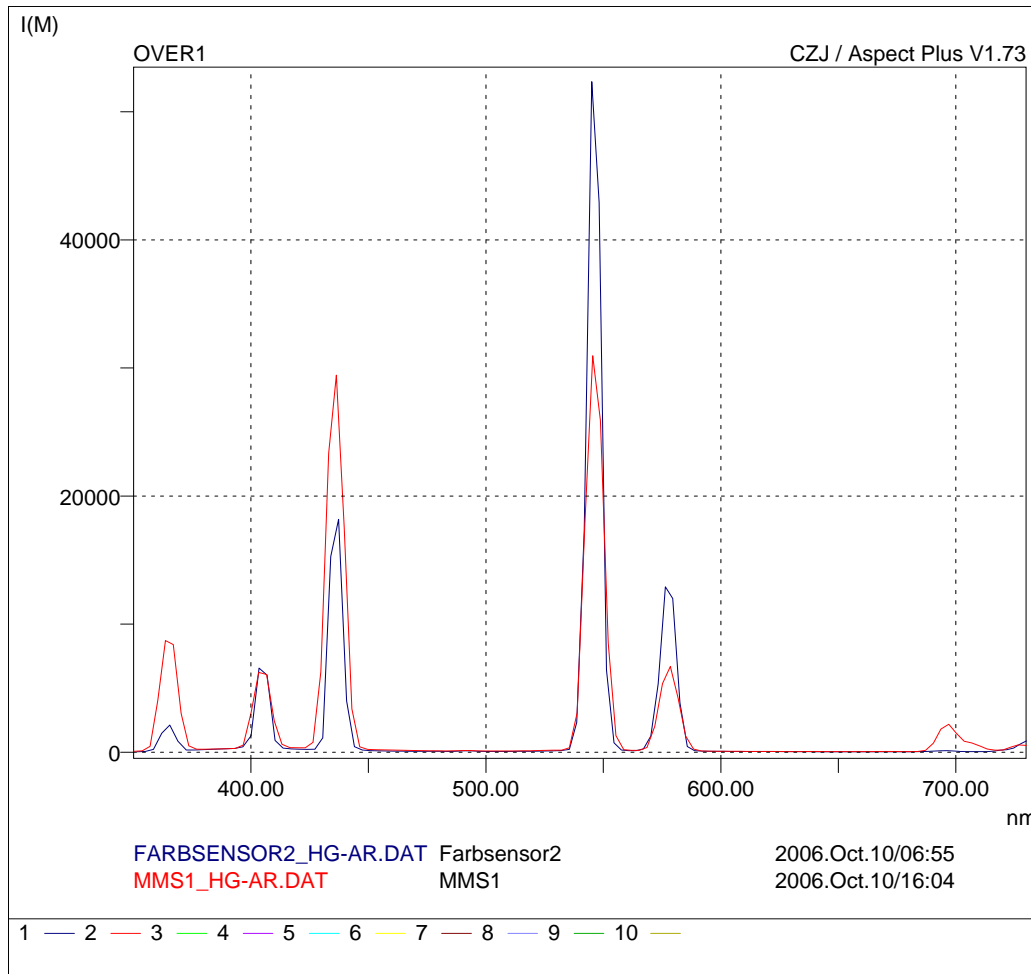


# Spezifikationen (Ausschnitt) müssen genauestens abgestimmt sein



	<b>MMS1</b>	<b>Farbsensor 2</b>
<b>Spektralbereich</b>	<b>310 – 1100 nm</b>	<b>380 – 730 nm</b>
<b>Pixelzahl</b>	<b>256</b>	<b>128 + 6 dunkle</b>
<b>Pixel entspricht</b>	<b>3 nm</b>	<b>3 nm</b>
<b>Empfindliche Fläche</b>	<b>6.4 • 2.5 mm<sup>2</sup></b>	<b>6.7 • 0.5 mm<sup>2</sup></b>
<b>Auflösung (Bandbreite, Gerätefunktion)</b>	<b>halbe Zehntelwertsbreite ≤ 10 nm</b>	<b>Halbwertsbreite (Gaussfit) Alle ≤ 14 nm, 99.9% ≤ 13 nm, 97.5% ≤ 12 nm, 80% ≤ 11 nm</b>
<b>Streulichtunterdrückung mit Langpassfilter (OD, logarithmisch)</b>	<b>Nach ASTM E 387 ≥ 1.15 mit NaNO<sub>2</sub> ≥ 2.1 mit GG495</b>	<b>Kundenspezifische, prüffreundliche Definition ≥ 800 mit GG495 (lin. Maß) ca. 1.8 nach ASTM</b>
<b>Umgebungstemperatur In Betrieb bei Lagerung</b>	<b>0 – +65°C -40 – +70°C</b>	<b>0 – +60°C -40 – +70°C</b>
<b>Temperaturdrift</b>	<b>≤ 10 pm / K</b>	<b>≤ 12.5 pm / K</b>

# spektrale Auflösung beider Spektrometer vergleichbar



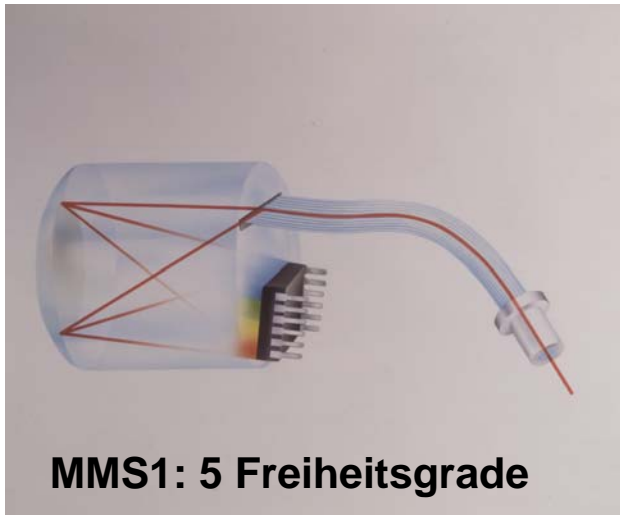
# Streulichtunterdrückung Kompromisse sind erforderlich



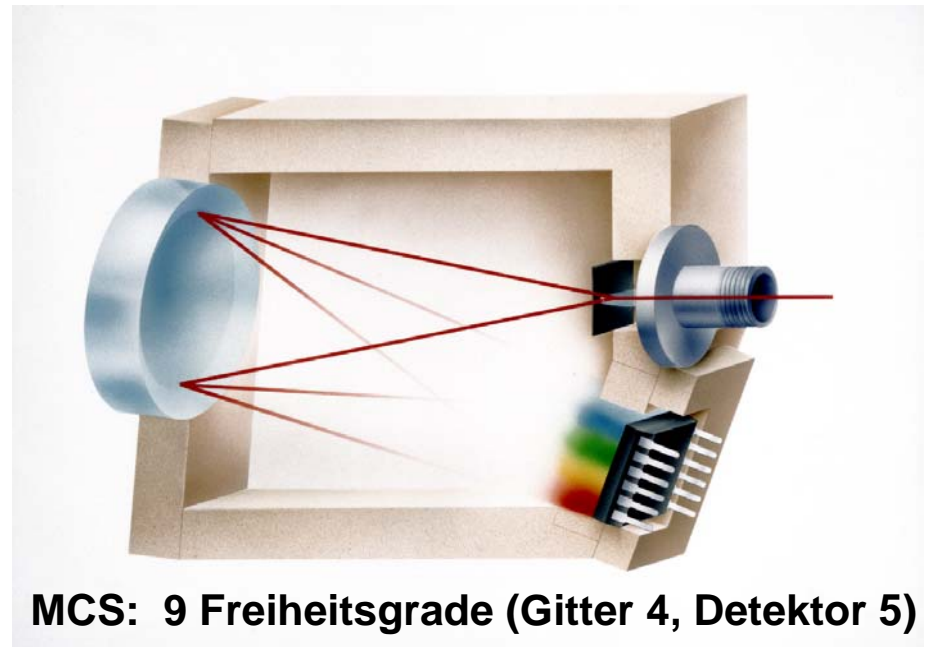
# Wege zur Miniaturisierung



- Einfacher Strahlengang**
- Wenige Teile**
- Kurze Toleranzkette**
- Wenig oder keine Justageschritte**



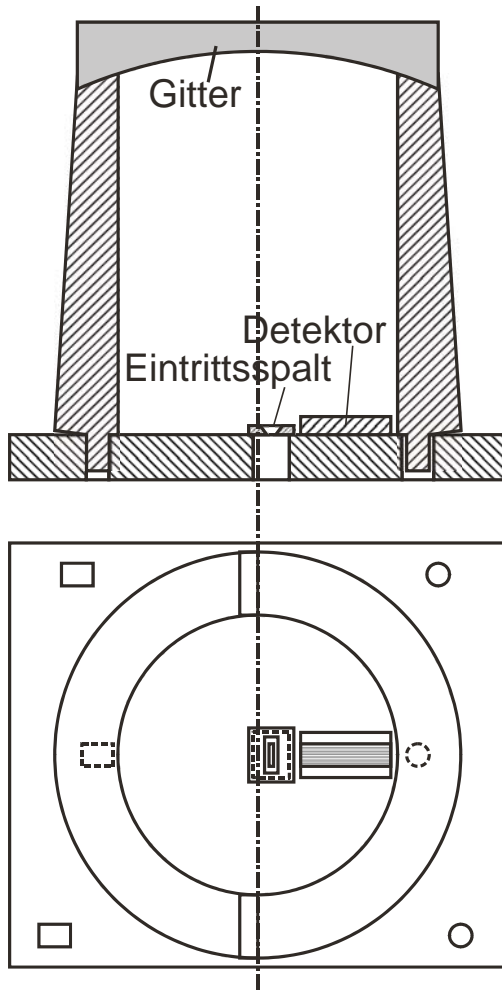
**MMS1: 5 Freiheitsgrade**



**MCS: 9 Freiheitsgrade (Gitter 4, Detektor 5)**

**Fahrbahnsensor: 1 Freiheitsgrad**

# Konstruktionsprinzip justierfreies Spektrometer Farbsensor 2, Fitnessensor



**Gitter liegt auf Kugelfläche**

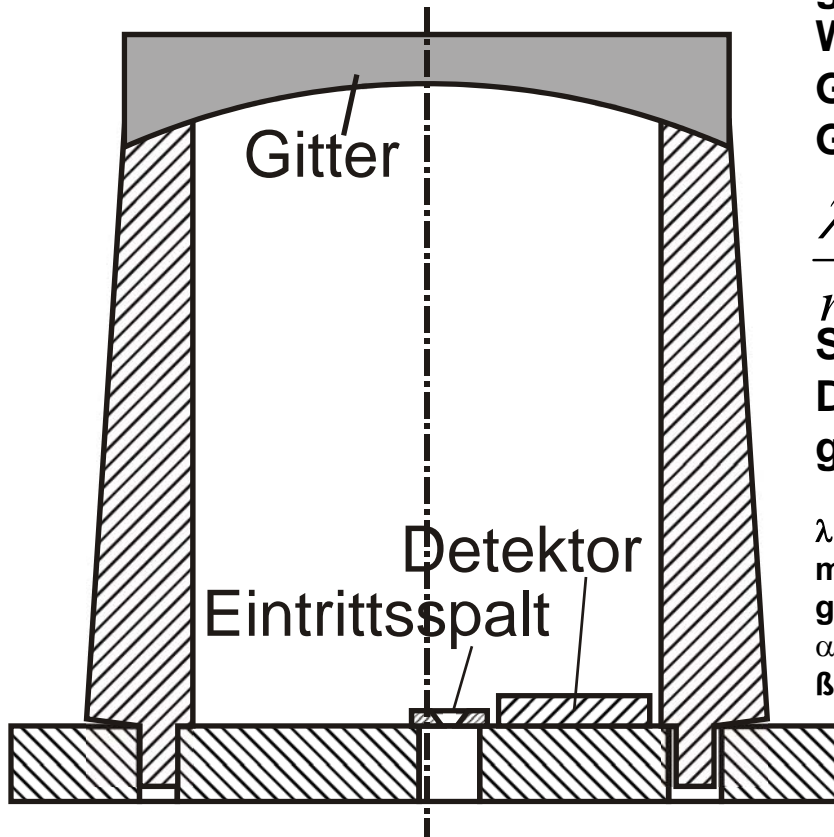
**Ein Teil positioniert das Gitter**

**Detektor und Eintrittsspalt auf einem Träger  
Absetz-Montagetechnik aus Mikroelektronik**

**Schlitze im Gitter verhindern Drehung  
Alle Funktionsmaße des Gitters kommen vom  
Master (Original) und sind in einer  
Werkzeughälfte beim Spritzgießen**

**Toleranzkette sehr kurz:  
Eintrittsspalt bzw. Detektor – Stahlplatte –  
Trägerteil – Gitter und zurück**

# Temperaturdrift wird kompensiert



**Gleiches Material, gleicher  
Ausdehnungskoeffizient,  
gleiche Winkel, aber Gitter:  
Wenn Temperatur steigt  
Gitter dehnt sich aus ( $6...7 \cdot 10^{-5} / K$ )  
Gitterstriche rücken auseinander**

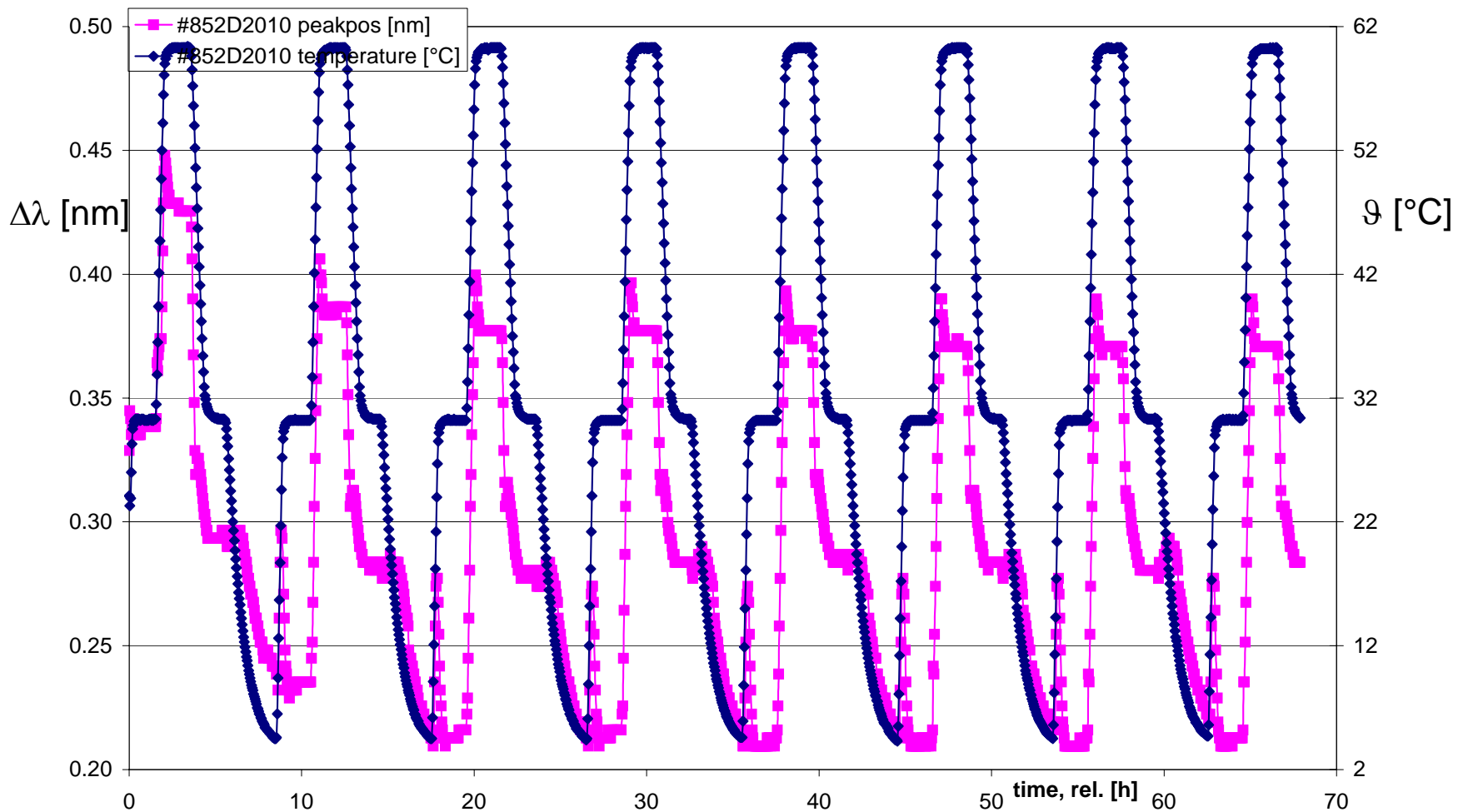
$$\frac{\lambda}{n} \cdot m \cdot g = \sin \alpha + \sin \beta$$

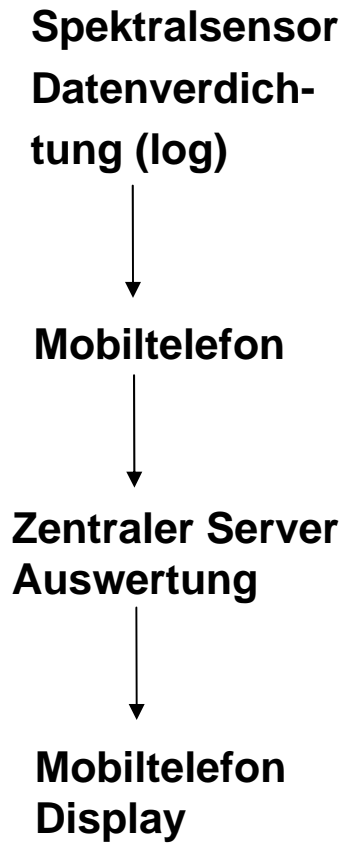
**Spektrum rückt zusammen  
Detektorträger (Stahl  $1 \cdot 10^{-5} / K$ )  
gleicht aus, zieht Richtung Mitte**

$\lambda$  Wellenlänge  
 $m$  Beugungsordnung  
 $g$  Gitterstrichzahl  
 $\alpha$  Einfallswinkel  
 $\beta$  Beugungswinkel

# Temperaturdrifttest

## Farbsensor 2 erfüllt die Spezifikationen







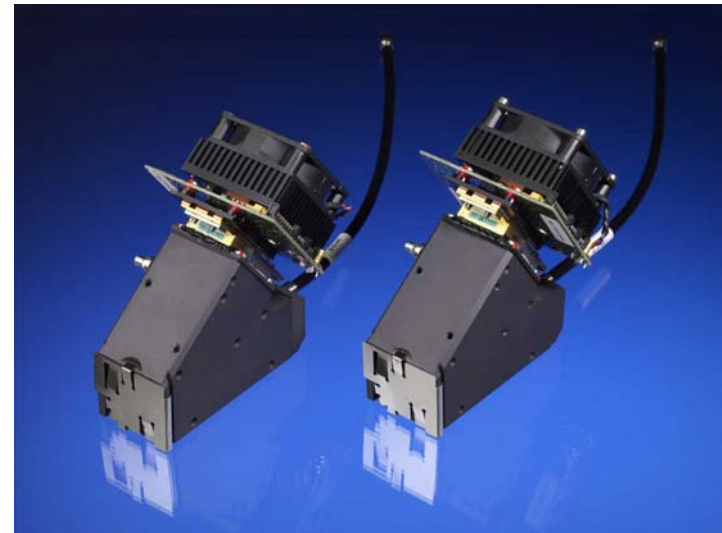
# NIR-Sensor für den Einsatz bei der Ernte Analyse von Feuchte u. a. Inhaltsstoffen



Reflexionssensor  
für John Deere



NIR-  
Spektral-  
Sensoren-  
Familie:  
PGS





---

Die Anwendung bestimmt Spezifikationen, Stückzahlen und Preise, die genau definiert werden müssen.

Auf dieser Basis findet Zeiss die optimale Lösung im gegenseitigen Zusammenwirken von Optikdesign, Konstruktion und Herstelltechnologie

Tests des Sensors zeigen, dass er die Spezifikationen erfüllt (Prototypen und jedes Teil der Serie).

Test der Anwendung beweisen, dass der Spektralsensor richtig spezifiziert wurde.



We make it visible.