

AG 7.33 Detektorradiometrie

Aufgaben:

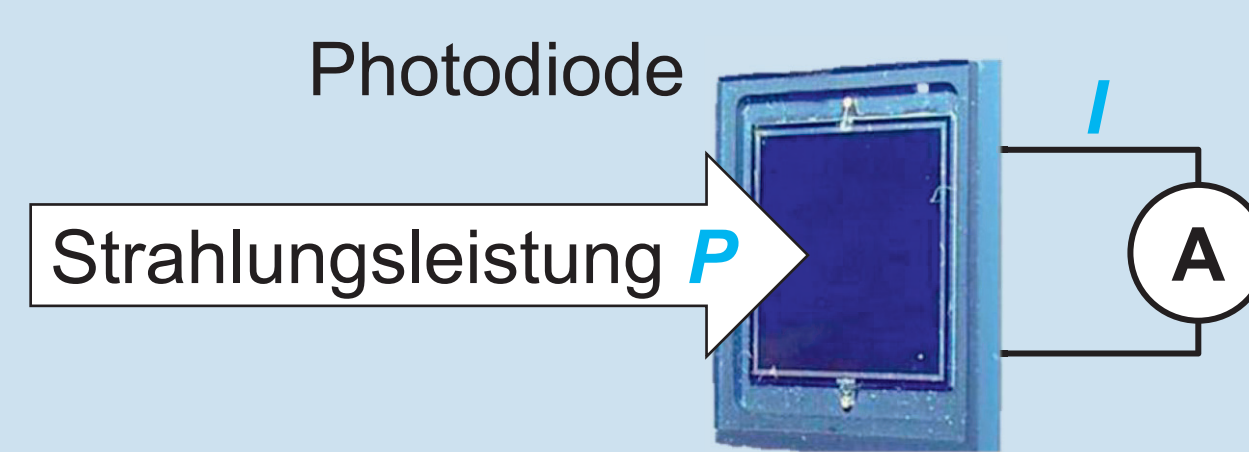
- Betrieb und Weiterentwicklung von **Kryoradiometern* als nationale Primärnormale**
 - zur Darstellung der **optischen Strahlungsleistung**
 - zur Darstellung der Größe **spektrale Empfindlichkeit** von Strahlungsdetektoren im Wellenlängenbereich 200 nm bis 2,4 µm
- Weitergabe der Größe **spektrale Empfindlichkeit**
- **Charakterisierung von Strahlungsdetektoren**, insbesondere Halbleiterstrahlungsdetektoren, bezüglich Homogenität, Linearität, Temperaturabhängigkeit und Stabilität ihrer spektralen Empfindlichkeit
- Bestimmung der **Nachweisempfindlichkeit von Einzelphotonendetektoren** in Kooperation mit FB 7.1

* bei tiefen Temperaturen (≤ 15 K) betriebenes elektrisches Substitutionsradiometer

Rückführung für:

- Radiometrie (FB 7.3 & 4.1)
- Strahlungsthermometrie (FB 7.3)
- Photometrie (FB 4.1)
- Laserradiometrie (FB 4.1)
- Photovoltaik (*World Photovoltaic Scale*, FB 4.1)
- Weltraumgestützte Fernerkundung
- F&E

Spektrale Empfindlichkeit $s(\lambda) = \frac{I}{P}$ in A/W



Kalibrierungen für:

- **PTB** (AG 7.31 & FB 4.1)
- **Nationale Metrologieinstitute (NMIs)**, 22 Kalibrierungen für 11 NMIs von 2010 bis 2015 (BIM Bulgarien, CMS Taiwan, GUM Polen, INMETRO Brasilien, LNE/Cnam Frankreich, METAS Schweiz, NIM China, NMIJ Japan, NMISA Südafrika, VNIIOFI Russland, VSL Niederlande)
- **Nationale und internationale Kalibrierlabore**
- **Forschungseinrichtungen** (DLR, PMOD/WMO, MPI für Sonnensystemforschung)
- **Bundesanstalt für Materialforschung**
- **Kleine und mittelständige Unternehmen**

Messanlagen zur Darstellung

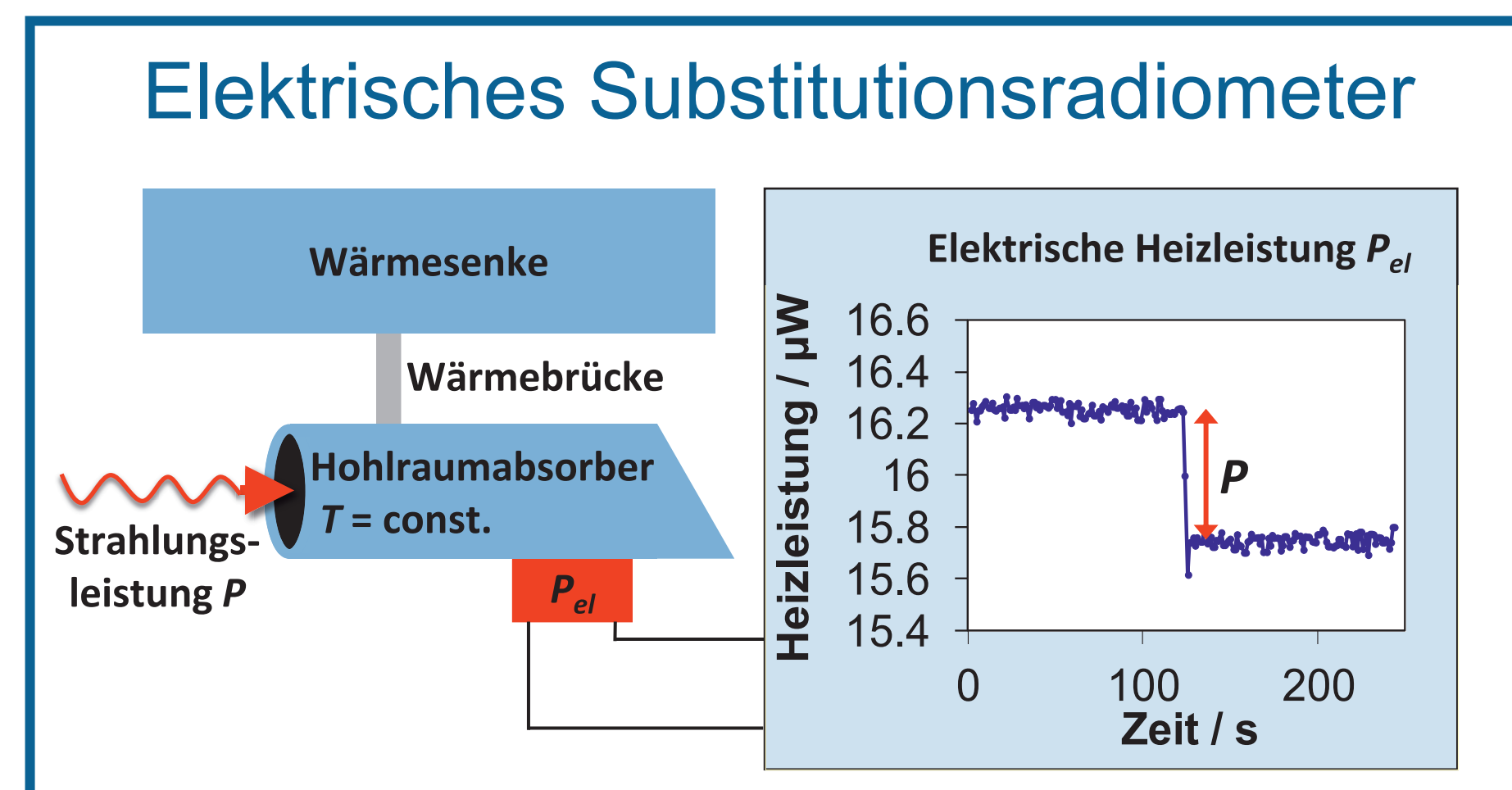
Monochromatorgestütztes Kryoradiometer			
	Strahlungsquelle	Wellenlängenbereich	Standardmessunsicherheit
UV	Ar-Plasma	200 nm bis 410 nm	0,08 % bis 0,3 %
NIR	Halogenlampe	900 nm bis 2000 nm	0,1 % bis 20 %
	durchstimmbarer Diodenlaser	1460 nm bis 1580 nm	0,035 %
	Superkontinuumlaser	1500 nm bis 2420 nm	0,08 % bis 2 %
MIR	HeNe-Laser	3,3 µm	geplant in 2016
	CO ₂ -Laser	10,3 µm bis 10,8 µm	geplant in 2016
FIR/THz	THz-Quantenkaskadenlaser	120 µm	8,3 %

Lasergestütztes Kryoradiometer		
Strahlungsquelle	Wellenlängenbereich	Standardmessunsicherheit*
Krypton-Ionen-Laser (einzelne Wellenlängen)	407 nm bis 799 nm	0,005 % bis 0,008 % (spezielle Detektoren: 0,003 %)
Titan:Saphir-Laser (durchstimmbar)	850 nm bis 1004 nm	0,02 % bis 0,04 %
neuer Titan:Saphir-Laser	700 nm bis 1015 nm	derzeit in Arbeit
Neuer Titan:Saphir-Laser mit Frequenzverdopplung (durchstimmbar)	350 nm bis 500 nm	derzeit in Arbeit

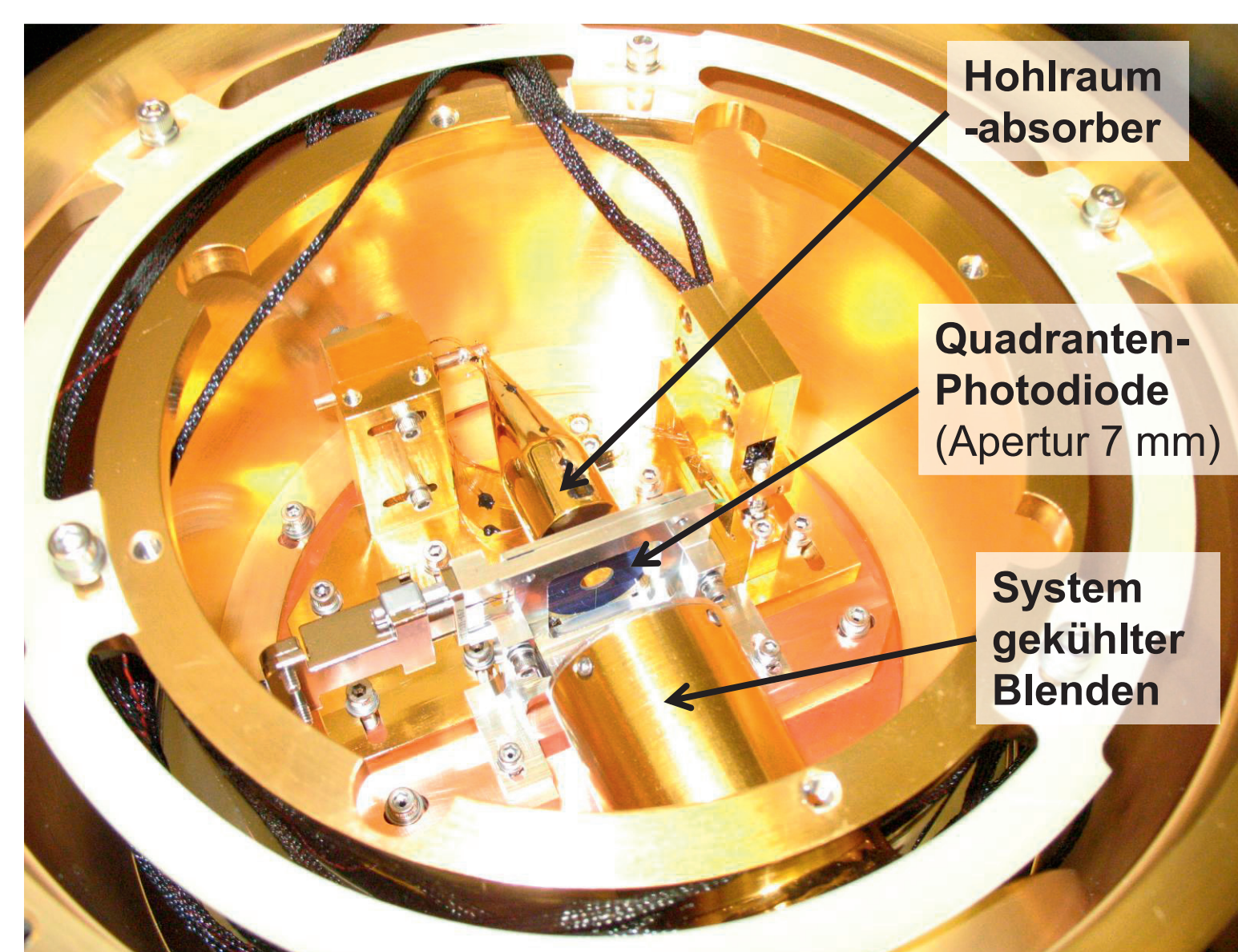
* Gilt für Trap-Detektoren auf der Basis von Silizium-Photodioden

Messanlage zur Weitergabe

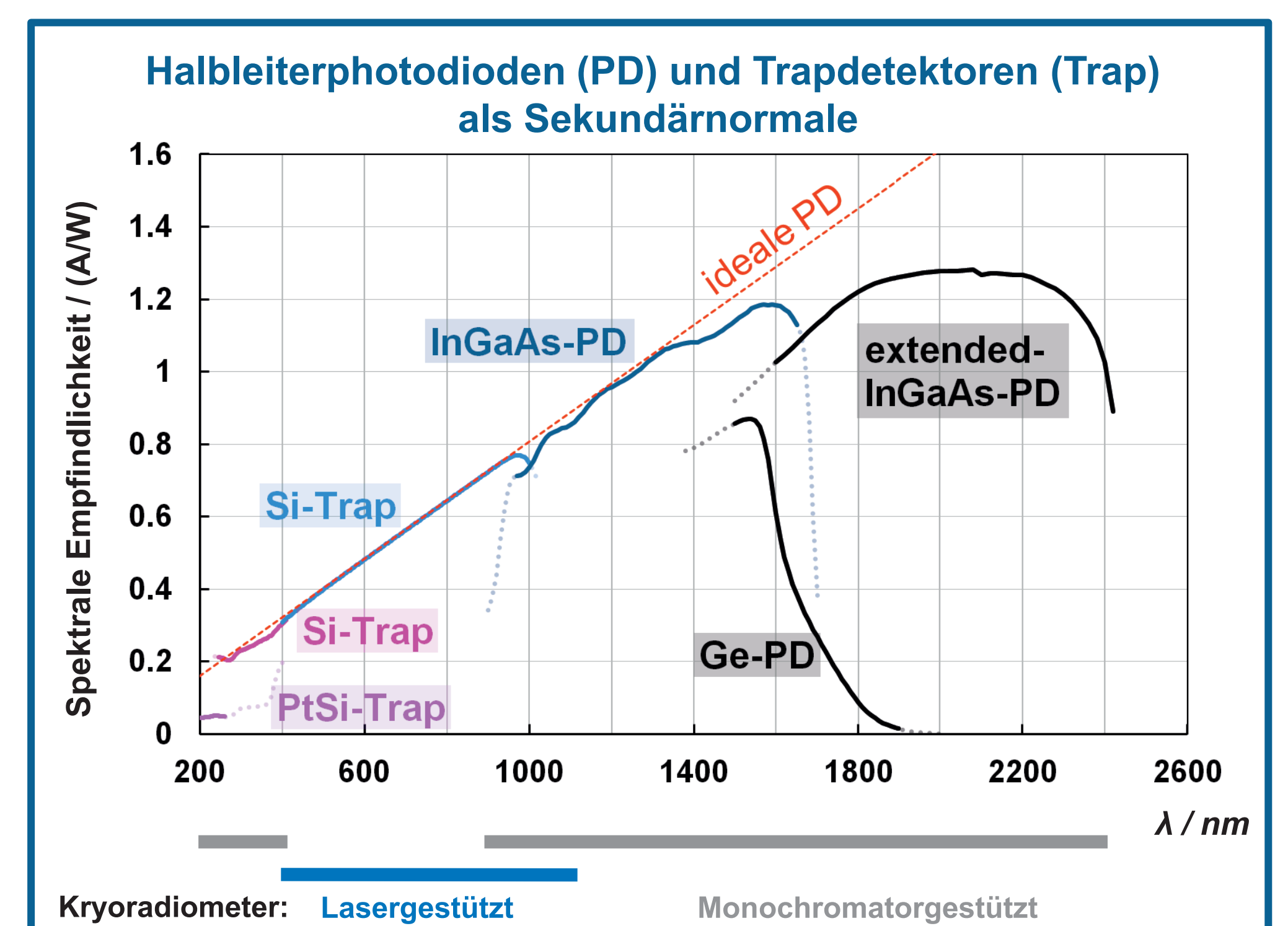
Spektralmessplatz				
	Strahlungsquelle	Wellenlängenbereich	Standardmessunsicherheit	Referenzen (Sekundärnormale)
UV	Xenonhochdrucklampe (150 W)	200 nm bis 260 nm	0,14 % bis 0,3 %	1 PtSi-Trapdetektor, 1 PtSi-Photodiode
		250 nm bis 410 nm	0,1 % bis 0,2 %	2 Si-Trapdetektoren
VIS & NIR	Wolframhalogen-glühlampe (250 W)	400 nm bis 1000 nm	0,04 % bis 0,14 %	2 Si-Trapdetektoren
		1000 nm bis 1,65 µm	0,1 % bis 0,4 %	2 InGaAs-Photodioden
		1,6 µm bis 1,9 µm	0,5 % bis 3,9 %	2 Ge-Photodioden



In einem Kryoradiometer wird ein Hohlraumabsorber durch eine elektrische Heizung auf einer konstanten Temperatur gehalten. Strahlt man zusätzlich eine optische Strahlungsleistung in den Absorber, muss die elektrische Heizleistung um den Betrag der optischen Leistung reduziert werden, damit die Temperatur konstant bleibt. Durch diese Substitution kann die optische Strahlungsleistung bestimmt werden.



Blick ins Kryoradiometer



Aktuelle Forschung und Ausblick

2016

- **Erweiterung des Wellenlängenbereiches** der Darstellung der spektralen Empfindlichkeit hin zu 11 µm mit **IR-HeNe-Laser und CO₂-Laser** (→ Remote Sensing, Metrologie für Arbeitssicherheit)
- **Erweiterung des Wellenlängenbereiches** der Darstellung der spektralen Empfindlichkeit mit abstimmbarer Laserstrahlung hin zu 350 nm
- **Abschluss des EMRP-Projekts NEWSTAR**: New Primary Standards and Traceability for Radiometry, Entwicklung von kryogenen radiometrischen Detektorprimärnormalen basierend auf berechenbaren Photodioden (Predictable Quantum Efficient Detector - PQED)
- **EMPIR-Projekt MIQC2**: Optical metrology for quantum-enhanced secure telecommunication
- **Vorbereitung der Teilnahme an**
 - zwei **CCPR Key Comparisons** zur spektralen Empfindlichkeit
 - einem **Pilotvergleich** zur Nachweisempfindlichkeit von Einzelphotonendetektoren

2017 und 2018

- **Abschluss des EMPIR-Projekt MIQC2**: Optical metrology for quantum-enhanced secure telecommunication, Entwicklung von radiometrischen Detektorprimärnormalen für photonenbasierte Radiometrie im Wellenlängenbereich von 400 nm bis 850 nm zur Anwendung in der Freistrah-Quantentelecommunication
- **Teilnahme an**
 - **CCPR-K2.a.2015**: Key Comparison zur spektralen Empfindlichkeit, 900 nm bis 1600 nm
 - **CCPR-K2.b.2015**: Key Comparison zur spektralen Empfindlichkeit, 300 nm bis 1000 nm
 - **Pilotvergleich** zur Nachweisempfindlichkeit von Einzelphotonendetektoren, Teilnehmer: Deutschland, USA, Großbritannien, Russland, Südkorea, China, Japan
- **Erweiterung des Wellenlängenbereiches** der Darstellung der spektralen Empfindlichkeit hin zu 11 µm mit MIR-Quantenkaskadenlaser

Kooperationen:

- **NIST, Boulder**, Sources and Detectors group (Dr. John H. Lehman) und Faint Photonics group (NIST Fellow Dr. Sae Woo Nam): Validierung von Kalibriermethoden zur rückgeführten Bestimmung der Detektionseffizienz von Einzelphotonendetektoren
- **HU Berlin**, AG Nano-Optik (Prof. Oliver Benson): Quanteninformationsverarbeitung