

## Tätigkeitsbereiche Abteilung 4

### 4, Optik

#### **Dir. u. Prof. Dr. Stefan Kück**

- Abteilungsleitung
- Gremienarbeit (CCPR, CCPR WG-CMC, CCPR WG-KC, CCPR WG-SP, EURAMET TC-PR Chair, COOMET TK 1.7)

### 4.1, Photometrie und Spektroradiometrie

#### **Dir. u. Prof. Dr. Armin Sperling**

- Fachbereichsleitung und -planung
- Vertretung des Fachbereichs in den Gremien CIE, DIN, ISO, EURAMET-TCPR, CCPR
- Sekretariat des Deutschen Nationalen Komitees der Internationalen Beleuchtungskommission e.V. (DNK-CIE)
- Mitarbeit in den Arbeitskreisen der nationalen und internationalen Normungsgremien
- Fachliche Beratung
- Kooperation mit anderen NMIs
- Beantragung und Durchführung von F+E Vorhaben

#### **4.11, Spektroradiometrie, ORR. Dr. Saulius Nevas**

- Darstellung und Bewahrung der Einheit für die spektrale Bestrahlungsstärke auf Basis von Hochtemperatur-Hohlraumstrahlern im Spektralbereich von 200 nm bis 2500 nm
- Kalibrierung von Strahlern in Bezug auf die spektrale Bestrahlungsstärke im Wellenlängenbereich von 200 nm bis 2500 nm
- UV-Radiometrie für hohe Bestrahlungsstärken
- Entwicklung von Transfernormale und Kalibrierverfahren für die Weitergabe radiometrischer Einheiten
- Kalibrierung von UVA-Radiometern bei 365 nm
- Entwicklung von Verfahren zur Charakterisierung, Korrektur und Kalibrierung von Array-Spektroradiometern
- Charakterisierung von Array-Spektroradiometern unter Verwendung spektral durchstimmbarer Laser
- Charakterisierung und Kalibrierung von gefilterten Empfängern für spektrale Bestrahlungs- und Beleuchtungsstärke unter Verwendung spektral durchstimmbarer Laser
- Beantragung und Durchführung von F+E Vorhaben
- Durchführung von internationalen Vergleichsmessungen im Rahmen der Meterkonvention
- Mitarbeit in nationalen und internationalen Normungsgremien
- Fachliche Beratung
- Kooperation mit anderen NMIs
- Spektrale Charakterisierung und Rückführung von Filter-Radiometern und Photometern und Spektroradiometern mit durchstimmbaren Lasern
- Fortbildung für Wissenschaftler, Ingenieure und Techniker im Photometrie-Seminar
- Betreuung von studentischer Forschung

**4.12, Lichtstärkeeinheit, RR Dr. Johannes Ledig**

- Realisierung, Bewahrung und Weitergabe der SI-Basiseinheit Candela für die Messgröße Lichtstärke
- Realisierung, Bewahrung und Weitergabe der Einheit für die Messgröße Leuchtdichte
- Realisierung, Bewahrung und Weitergabe der Einheit für die Messgröße Beleuchtungsstärke
- Kalibrierung und Charakterisierung der photometrischen Empfindlichkeit von Beleuchtungsstärkemessgeräten.
- Kalibrierung und Charakterisierung der photometrischen Empfindlichkeit von Leuchtdichtemessgeräten für mittlere Leuchtdichte.
- Entwicklung einer neuen direkten Rückführungskette der SI-Basiseinheit Candela mit dem modularen  $V(\lambda)$ -Trap-Empfänger auf das Kryoradiometer.
- Entwicklung von Verfahren zur Charakterisierung, Korrektur und Kalibrierung von bildgebenden Leuchtdichtemesskameras
- Alterungsverhalten von Lichtquellen für die gerichtete Photometrie
- Alterungsverhalten von Photometern für die gerichtete Photometrie
- Photometrische Messverfahren für die gerichtete Photometrie
- Entwicklung von Rückführungsstrategien für bildgebende Empfänger in der Photometrie
- Entwicklung von Rückführungsstrategien für Nahfeld-Goniophotometer
- Kooperation mit anderen NMIs im Rahmen von EURAMET und COOMET
- Zusammenarbeit und Vergleichsmessungen mit NMIs und Kalibrierlaboratorien
- Beantragung und Durchführung von F+E Vorhaben
- Teilnahme an internationalen Schlüsselvergleichen im Rahmen der Meterkonvention
- DAkkS-Begutachtungen für radiometrische und photometrische Größen
- Fortbildung für Wissenschaftler, Ingenieure und Techniker im Photometrie-Seminar
- Mitarbeit in nationalen und internationalen Normungsgremien
- Fachliche Beratung
- Betreuung von studentischer Forschung

**4.15, Photometrie, Thorsten Gerloff**

- Realisierung, Bewahrung und Weitergabe der Einheit für die Messgröße Lichtstrom
- Entwicklung und Charakterisierung von LED-basierten Normallichtquellen für die Photometrie
- Teilnahme an internationalen Schlüsselvergleichen im Rahmen der Meterkonvention
- OLED-Messtechnik
- Alterungsverhalten von Lichtquellen für die Photometrie
- Alterungsverhalten der Lichtverteilung von Lichtquellen
- Alterungsverhalten von Photometern und U-Kugeln
- Weiterentwicklung der U-Kugel Messtechnik
- Weiterentwicklung der goniophotometrischen Messtechnik
- Goniophotometrische Messverfahren für Lichtstrom, Farbe
- Messung des spektralen Gesamtstrahlungsflusses von Lichtquellen im Bereich 350 nm bis 1000nm

- Räumliche Verteilung farbmetrischer Größen
- Kalibrierung und Charakterisierung von LED Lichtquellen
- Fortbildung für Wissenschaftler, Ingenieure und Techniker im Photometrie-Seminar
- Mitarbeit in nationalen und internationalen Normungsgremien
- Fachliche Beratung

## 4.2, Bild- und Wellenoptik

### ORR Dr. Gerd Ehret

#### 4.21 Form- und Wellfrontmetrologie, RD Dr. Michael Schulz

- Interferometrische Messverfahren
- Interferometrische Kalibrierung der Sphärizität optischer Funktionsflächen
- Entwicklung und Aufbau von Freiformmetrologie für Flächen mit Durchmessern bis 1,5 Meter in Zusammenarbeit mit den AGs 4.22 und 4.24
- Differenz-Auswertemethoden und optische Differenz-Messmethoden
- Transfer erprobter Messmethoden in den industriellen Einsatz
- Entwicklung von hochgenauen Messverfahren zur Wellenaberrationsmessung
- Radiusmessung an Sphärenabschnitten
- Rückführung für Messungen der Modulationsübertragungsfunktion von Objektiven
- Winkelmessung an Körpern mit optischen Funktionsflächen
- Brechungsindex und polarimetrische Drehung von transparenten Festkörpern und Flüssigkeiten
- Kalibrierung von Quarzkontrollplatten
- Spektraler Transmissionsgrad von strahlformändernden Optiken
- Beantragung und Durchführung von Forschungsprojekten
- Mitarbeit in nationalen und internationalen Normungsgremien

#### 4.22 Ebenheitsmetrologie, ORR Dr. Gerd Ehret

- Interferometrische und deflektometrische Kalibrierung der Ebenheit
- Entwicklung hochgenauer Ebenheitsmesstechnik für große Prüflinge (> 300 mm)
- Aufbau neuer Messtechnik für schwach gekrümmte Spiegel (bis zu 100 µm Durchbiegung)
- Entwicklung und Aufbau von Freiformmetrologie für Flächen mit Durchmessern bis 1,5 Meter in Zusammenarbeit mit den AGs 4.21 und 4.24
- Weiterentwicklung der Wellenfrontmesstechnik zur Kalibrierung von Wellenfrontsensoren mit ebenen und sphärischen Wellenfronten
- Transfer erprobter Messmethoden in den industriellen Einsatz
- Kooperation mit dem European X-Ray Free Electron Laser Facility GmbH zur hochgenauen Formmessung von optischen Spiegeln
- Durchführung und Auswertung eines internationalen 300 mm-Ebenheitsvergleichs für einen verbesserten CMC-Eintrag
- Fachliche Betreuung von DAkkS-Stellen für Ebenheitsmessungen
- Beantragung und Durchführung von Forschungsprojekten

**4.23 Optische Nanometrologie, RD Dr. Bernd Bodermann**

- UV/DUV-Mikroskopie: Entwicklung und Realisierung höchstauflösender und verbesserter Messsysteme
- Kalibrierung von Strukturbreiten auf Photomasken mit lichtmikroskopischen Verfahren
- Kalibrierung von Strukturabständen mit lichtmikroskopischen Verfahren
- Simulation der mikroskopischen Abbildung von Mikro- und Nanostrukturen
- Strukturbreiten-Standards für die Nano- und Mikrometrologie
- Weiterentwicklung rigoroser Modelle für die Mikroskopie
- Entwicklung und Untersuchung überauflösender Dunkelfeldverfahren
- DAkkS-Begutachtungen für Strukturbreitenmessungen
- Kalibrierung der Gitterkonstanten ein- und zweidimensionaler Gitter mit optischer Beugung
- Charakterisierung nanostrukturierter optischer Oberflächen
- Scatterometrie zur dimensionalen Messung periodischer Strukturen
- Auswerteverfahren für die Scatterometrie und Ellipsometrie
- Spektroskopische Ellipsometrie und Müller-Ellipsometrie zur Charakterisierung von Aufbau, Schichtdicken und optischen Materialparametern an dünnen Schichten und Schichtsystemen
- Spektroskopische Ellipsometrie und Müller-Ellipsometrie zur dimensionalen Messung periodischer Strukturen
- Entwicklung rigoroser Modelle für spektroskopische Ellipsometrie und Mueller Ellipsometrie
- Optische Messverfahren für Nanostrukturen mit Dimensionen im tiefen sub-Wellenlängenbereich ( $\approx 1 \text{ nm} - 100 \text{ nm}$ )
- Charakterisierung optisch funktionaler Oberflächen (z. B.: Diffraktive optische Elemente, Streuscheiben)
- Entwicklung und Untersuchung von optischen Messverfahren für koordinierte Nanosysteme (z.B. Metamaterialien) und von verbesserten Messverfahren unter Ausnutzung von koordinierten Nanosystemen / Metamaterialien
- Entwicklung und Untersuchung von neuartigen und verbesserten optisch-dimensionalen Messverfahren für Nanostrukturen und ihren Anwendungen in den Nanotechnologien

**4.24 Asphärenmetrologie, ORR'in Dr. Ines Fortmeier**

- Entwicklung eines rückgeführten metrologischen Systems für die Formmessung von Asphären mit möglichst kleiner Messunsicherheit auf Basis des Tilted-Wave Interferometers
- Entwicklung und Erforschung der Formmessung von Freiformflächen in Zusammenarbeit mit den Arbeitsgruppen 4.21 und 4.22
- Entwicklung und Erprobung neuer numerischer und statistischer Verfahren, wie z.B. die Anwendung und Entwicklung verschiedener Methoden des maschinellen Lernens, in Zusammenarbeit mit der Arbeitsgruppe 8.42
- Teilnahme an und Auswertung von Messvergleichen im Rahmen von Forschungsprojekten oder z.B. dem Nanotechnologie Kompetenzzentrum Ultrapräzise Oberflächenbearbeitung (CC UPOB e.V.)
- Entwicklung von Referenznormalen
- Mitwirkung im Kompetenzzentrum „Metrologie für virtuelle Messgeräte“ (VirtMet)
- Beantragung und Durchführung von Forschungsprojekten

#### **4.25 Röntgenoptik, ORR Dr. Birk Andreas**

- Metrologische Anwendung von Röntgeninterferometern
- Röntgenmethoden für die Industrie
- Bestimmung von Mößbauerwellenlängen
- Hochauflösende Gitterparameter-Vergleichsmessungen von Siliziumproben
- Laue-Orientierung von Siliziumkugeln
- Röntgenfluoreszenzuntersuchung metallischer Kontamination auf Siliziumkugeln
- Zweikristalldiffraktometrie zur Untersuchung von Oberflächenzerstörung an Kristallen
- Berg-Barrett Röntgentopographie zur Abbildung von Versetzungen in Kristallen
- Röntgendurchleuchtung mit einer  $\mu$ -Fokusquelle bis 160 keV
- Trennschleifen von Silizium-, Germanium- und Saphireinkristallen
- Kristallographische Orientierungsmessungen
- Orientiertes Schleifen und Polieren von Kristalloberflächen
- Isotropes Gasphasenätzen von Siliziumbauteilen
- Ultraschallbearbeitung von Silizium und Saphir
- Entwicklung und Anwendung wellenoptischer Propagationsmethoden
- Simulation von Beugung in optischen Systemen z.B. Strahlformungsoptiken
- Berechnung des rel. Längenfehlers in der interferentiellen Längenmessung
- Röntgen-Ray-Tracing
- Anwendung der dynamischen Röntgenbeugungstheorie für Interferometer und Diffraktometer
- FEM-Berechnungen von linear führenden Biege mechaniken aus Silizium und Stahl

#### **4.3 Quantenoptik und Längeneinheit**

**Dir. u. Prof. Dr. Harald Schnatz**

##### **4.31, Längeneinheit, RD Dr. Uwe Sterr**

- Darstellung und Weitergabe der Längeneinheit
- Entwicklung ultrastabiler Laser
- Kohärente Lichtwechselwirkung
- Forschung und Entwicklung neuer Messtechniken für Femtosekundenlaser

##### **4.32, Optische Gitteruhr, PD Dr. Christian Lisdat**

- Entwicklung optischer Gitteruhren mit Strontium

##### **4.34, Frequenzübertragung mit Glasfasern, ORRin Dr. Gesine Grosche**

- Übertragung optischer Frequenzen über Glasfasern

#### **4.4 Zeit und Frequenz**

**Dir. u. Prof. Dr. Ekkehard Peik**

##### **4.41 Zeitnormale, Wiss. Dir. Dr. Stefan Weyers**

- Entwicklung und Betrieb der primären Atomuhren zur Darstellung der Zeiteinheit und zur Steuerung von UTC(PTB)
- Aufbau von Frequenznormalen unter Verwendung lasergekühlter Atome
- Messung des Skalenmaßes der Internationalen Atomzeit TAI mit den primären Uhren der PTB

**4.42 Zeitübertragung, Reg. Dir. Dr. Andreas Bauch**

- Realisierung der Atomzeitskalen TA(PTB), UTC(PTB) und der gesetzlichen Zeit
- Kalibrierung und Charakterisierung von Frequenznormalen
- Verbreitung der gesetzlichen Zeit über das Internet, das Telefonnetz und über den Sender DCF77
- Mitarbeit bei der Realisierung der Systemzeit des europäischen Satellitennavigationssystem Galileo und bei der davon unabhängigen Charakterisierung von deren Eigenschaften
- Internationale Zeitvergleiche mit Instituten in Europa, USA und Asien für das internationale Zeitsystem

**4.43 Optische Uhren mit gespeicherten Ionen, ORR Dr. Nils Huntemann**

- Entwicklung optischer Frequenznormale basierend auf einzelnen, gespeicherten  $171\text{Yb}^+$  Ionen
- Frequenzmessungen der optischen Frequenznormale mit fs-Frequenzkämme
- Auswertung von Frequenzvergleichen für Tests der grundlegenden physikalischen Theorien.

**4.44 Laser-Kernspektroskopie, Dir. u. Prof. Dr. Ekkehard Peik**

- Forschung zur Realisierung eines optischen Frequenznormalen höchster Genauigkeit basierend auf einem Kernübergang in Th-229

**4.5, Angewandte Radiometrie****Dir. u. Prof. Dr. Stefan Winter**

- Fachbereichsleitung

**4.51, Reflexion und Transmission, ORR Dr. Alfred Schirmacher**

- Darstellung und Weitergabe der Skalen der diffusen Reflexion (Strahldichtefaktor) in verschiedenen Geometrien, standardisierendes Laboratorium der ISO
- Kalibrierung von Reflexionsnormalen in gerichtet/gerichtet und hemisphärisch/gerichteten Geometrien
- Entwicklung neuer Messverfahren für die Kugel- und Gonioreflektometrie
- Visual Appearance von diffusen Oberflächen in Multigeometrie-Anordnungen
- Internationale Vergleichsmessungen
- Optische Spektren im Wellenlängenbereich von 200 nm bis 20  $\mu\text{m}$
- Spektraler Transmissionsgrad und spektraler Reflexionsgrad im UV, VIS und IR
- Spektraler Reflexionsgrad hochreflektierender Spiegel
- Spektrale Stoffkennzahlen
- Messung des Streulichtes
- Bestimmung von kleinen Brechwerten
- Weiterentwicklung von Messverfahren zur Bestimmung des gerichteten spektralen Reflexions- und Transmissionsgrades
- Betreuung von Doktor-, Master- und Bachelorarbeiten
- Mitarbeit in nationalen und internationalen Gremien
- Farbklassifizierung von kristallinem Weißzucker

**4.52, Solarzellen, ORR Dr. Ingo Kröger**

- Kalibrierung und Charakterisierung von Referenz-Solarzellen und großflächigen Empfängern (Photometern)

- Bestimmung von Hell- und Dunkelkennlinien von Referenz-Solarzellen
- Bestimmung der Winkelabhängigkeit der Empfindlichkeit von Referenz-Solarzellen
- Bestimmung der spektralen Empfindlichkeit von Photometern und Filtrradiometern
- Bestimmung der globalen und direkten Bestrahlungsstärke von natürlichem Sonnenlicht
- Betreuung von Doktor-, Master- und Bachelorarbeiten
- Begutachtung von DAkkS-Kalibrierlaboratorien
- Internationale Vergleichsmessungen
- Mitarbeit in nationalen und internationalen Normungsgremien

#### **4.53, Solarmodule, Dr. Stefan Riechelmann**

- Forschung und Entwicklung im Bereich der primären und sekundären Kalibrierung und zur Charakterisierung von Referenz-Solarmodulen
- Kalibrierungen von Solarmodulen im Bereich von 15 °C bis 75 °C und von 100 W/m<sup>2</sup> bis 1100 W/m<sup>2</sup>
- Entwicklung von Freifeld-Messständen zur Untersuchung von Alterung, Windabhängigkeit und Abschattungseffekten von Solarmodulen
- Forschung und Entwicklung im Bereich des Energy-Ratings für Solarmodule
- Betreuung von Doktor-, Master- und Bachelorarbeiten
- Mitarbeit in nationalen und internationalen Normungsgremien
- Internationale Vergleichsmessungen

#### **4.54, Laserradiometrie und Quantenradiometrie, Dr. Marco López**

- Radiometrie für Hochleistungslaser, Kalibrierung von Leistungs- und Energie-Messgeräten
- Radiometrie für die optische Nachrichtentechnik, Kalibrierung von optischen Leistungsmessern, Bestimmung der Nichtlinearität
- Forschung und Entwicklung im Bereich der Einzelphotonenmetrologie (u.a. EMPIR Projekte)
- Betreuung von Doktor-, Master- und Bachelorarbeiten
- Begutachtung von DAKKS-Kalibrierlaboratorien
- Internationale Vergleichsmessungen
- Mitarbeit in nationalen und internationalen Normungsgremien (u.a. ETSI)
- Mitarbeit im Sektorkomitee Hochfrequenz- und Strahlungsmessgröße von DAKKS

#### **4.55, Einzelphotonenmetrologie im LENA, Dir. u. Prof. Dr. Stefan Kück**

- Präparation von Einzelphotonenemittern (wie bspw. Stickstofffehlstellenzentren)
- Forschung und Entwicklung im Bereich der Einzelphotonenmetrologie (EMPIR Projekt SIQUST und Exzellenzcluster Quantum Frontiers)
- Charakterisierung von Einzelphotonenemittern bei Raumtemperatur (NV-, GeV-, SiV-Center, hBN, etc.) und bei kryogenen Temperaturen ((GaInN)
- Untersuchung der winkelabhängigen Abstrahlcharakteristik von Einzelphotonenemittern sowohl theoretisch als auch experimentell
- Kooperation zwischen der Technischen Universität Braunschweig und der PTB
- Betreuung von Doktor-, Master- und Bachelorarbeiten