

Die PTB-News liefern dreimal im Jahr aktuelle Nachrichten aus dem vielfältigen Spektrum der Physikalisch-Technischen Bundesanstalt – aus der Grundlagenforschung, dem gesetzlichen Messwesen und den diversen PTB-Aktivitäten für die Wirtschaft.

**FORSCHUNGSNACHRICHTEN**

**Optische Konstanten im EUV-Bereich**

Datenbank von Materialien für die EUV-Lithografie angelegt

2

**Kampf den Viren in der Raumluft**

DIN-Veröffentlichung zum Einsatz von UV-C-Luftentkeimern, insbesondere in Kitas und Schulen

3

**3D-Modell für Zahnräder**

Ganzheitliche Charakterisierung wendelförmiger Maschinenelemente

4

**KI zur Formmessung optischer Oberflächen**

Tiefe neuronale Netze für Topografie-messungen mit Tilted-Wave-Interferometern

4

**Optische Uhr für Anwender**

Einzelionenuhr demonstriert robusten Betrieb

5

**Mobiles Messsystem für E-Ladesäulen**

Messtechnik zur realitätsnahen Validierung von Konformitätsbewertungen für Ladeeinrichtungen

6

**TECHNOLOGIETRANSFER**

Greifkraftmessung mit optischen Markern, Freiformflächen vermessen, Bestimmung von Biomarkern

7

**VERSCHIEDENES**

Amtsübergabe, Europäische Metrologie-partnerschaft, Quantencomputer-Projekt, Calidena, Neuer Forschungsbau, Auszeichnungen

8

# Photonenimpuls für die Metrologie

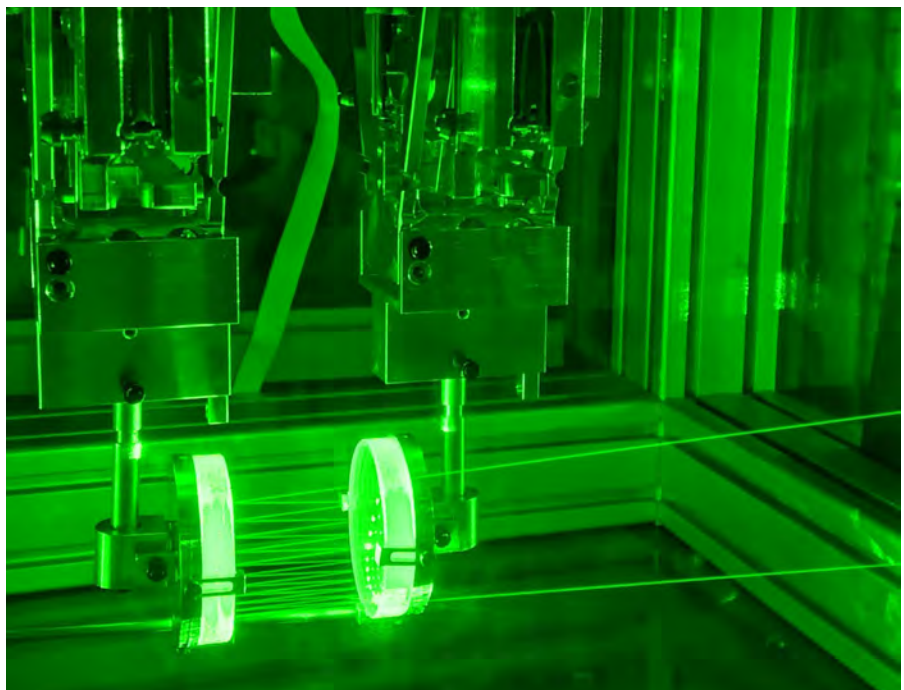
## Optische Leistungsmessungen über Strahlungsdruck

**Besonders interessant für**

- Radiometrie
- Masse- und Kraft-Metrologie
- Astrophysik

In den letzten Jahren hat die Verwendung von Photonenimpulsen in der Metrologie, insbesondere in der Radiometrie, aber auch in der Kraft- und Massemetrologie zunehmend Aufmerksamkeit erfahren. Der Grund dafür ist, dass sich Photonen wie Teilchen verhalten und beim Zusammenstoß mit Materie der resultierende Impulstransfer zur Messung der optischen Leistung oder umgekehrt zur Erzeugung einer kleinen Kraft genutzt werden kann. Diese Methode zur optischen Leistungsmessung wurde jetzt mit etablierten Verfahren genau verglichen.

Obwohl das Photon keine Masse hat, trägt es Impuls und Energie in sich, die proportional zur Frequenz bzw. umgekehrt proportional zu seiner Wellenlänge sind. Wenn ein Lichtstrahl mit sehr vielen Photonen auf einen Spiegel mit hohem Reflexionsvermögen trifft, werden die meisten Photonen reflektiert und nur einige wenige absorbiert. In beiden Fällen wird der Spiegel aufgrund dieser Wechselwirkung ein wenig zurückgestoßen. Der größte Teil des Rückstoßes wird durch die reflektierten Photonen erzeugt. Diesen Effekt nutzt man seit einigen Jahren, um hohe optische Leistungen von Lasern zu messen. Das hat einige Vorteile gegenüber dem traditionellen „thermischen“ Ansatz: Die Messzeit ist perspektivisch kürzer, das Gerät kompakter und die Kosten geringer. Darüber hinaus kann die von einem Laser mit geringer optischer Leistung (mW) übertra-



Der optische Hohlraum besteht aus zwei ultrahochreflektierenden Spiegeln (Reflektivität > 99,995 %), die an zwei elektromagnetischen Kraftausgleichswaagen aufgehängt sind. Der sichtbare Laserstrahl wird zwischen den Spiegeln 21-mal reflektiert.

gene Photonenkraft im Prinzip zur Kalibrierung von Piko- und Nanokraftmessern (pN, nN) oder kleinen Massen verwendet werden, da diese optische Leistung mithilfe herkömmlicher thermischer Referenzdetektoren sehr genau gemessen werden kann.

Die PTB hat in Zusammenarbeit mit der Technischen Universität Ilmenau die Tauglichkeit und Genauigkeit des auf Photonenimpulsen basierenden optischen Kraftmessverfahrens überprüft. Dazu wurde ein von der Universität entwickelter tragbarer Kraftmessaufbau verwendet. Er besteht aus zwei elektromagnetischen Kraftkompensationswaagen und einer optischen Kavität. Sie dient zur Verstärkung der Kraft, indem der Laserstrahl mehrfach von den Spiegeln reflektiert wird. Die Ergebnisse der optischen Leistungsmes-

sung über den Photonenrückstoß wurden mit jenen über einen kalibrierten Referenzdetektor verglichen, und zwar für einen optischen Leistungsbereich zwischen 1 W und 10 W bei einer Wellenlänge von 532 nm, was einer Kraft von ca. 2 µN bei 10 W optischer Leistung entspricht. Die relative Unsicherheit der Kraftmessung betrug etwa 2,3 %, die durchschnittliche relative Abweichung zwischen den beiden Messmethoden etwa 5 %.

Obwohl die Messunsicherheiten derzeit höher sind als bei der konventionellen Methode (ca. 1 %), hat diese Messtechnik ein großes Potenzial bei hohen optischen Leistungen im Kilowatt-Bereich, die beispielsweise in der industriellen Fertigung benötigt werden. Auch in der Grundlagenforschung gibt es Anwendungen, z. B. in Gravitationswellendetektoren. Dabei

geht die verwendete Laserleistung direkt in die Bestimmung der Entfernung und Position der Quelle ein. ■

**Ansprechpartner**

Marco A. López Ordóñez  
 Fachbereich 4.5  
 Angewandte Radiometrie  
 Telefon: (0531) 592-4540  
 marco.lopez@ptb.de

**Wissenschaftliche Veröffentlichung**

S. Vasilyan, M. Lopez, N. Rogge, M. Pastushek, H. Lecher, E. Manske, S. Kück, T. Fröhlich: *Revisiting the limits of photon momentum based optical power measurement method, employing the case of multi-reflected laser beam. Metrologia 58, 015006 (2021)*

# Optische Konstanten im EUV-Bereich

Datenbank von Materialien für die EUV-Lithografie angelegt

Besonders interessant für  
 • Halbleiterindustrie

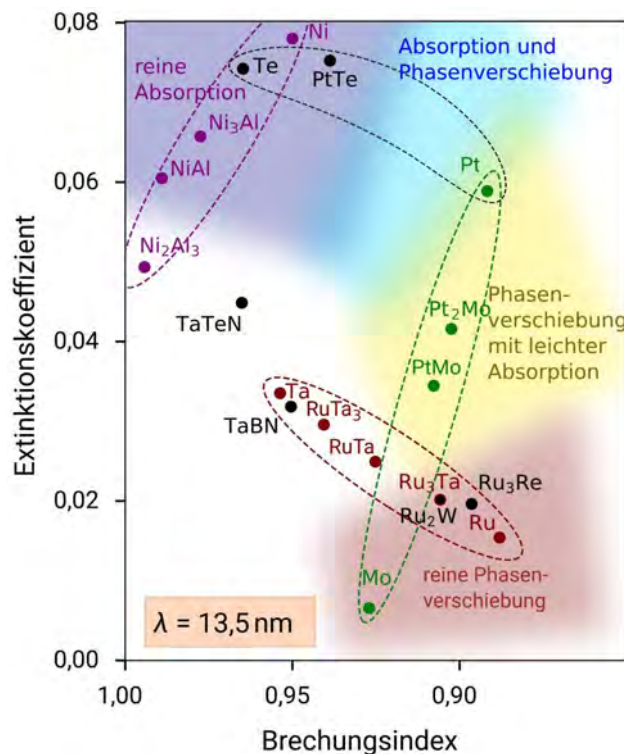
An der PTB werden systematisch optische Dünnschichtmaterialien für die Extrem-Ultraviolett-Lithografie bei einer Wellenlänge von 13,5 nm untersucht. Aus Reflexionsmessungen mit Synchrotronstrahlung wurden jetzt die optischen Konstanten, also Brechungsindex und Extinktionskoeffizient, im Wellenlängenbereich zwischen 10 nm und 20 nm mit kleinen Unsicherheiten bestimmt.

Die Einführung der EUV-Lithografie in die kommerzielle Halbleiterfertigung hat den industriell genutzten Spektralbereich der elektromagnetischen Strahlung hin zu Wellenlängen um 13,5 nm erweitert. Für die Entwicklung optischer Komponenten wie Spiegel, Gitter oder Fotomasken für diesen Spektralbereich müssen die optischen Eigenschaften der genutzten Materialien genau bekannt sein. Beim lithografischen Prozess wird durch ein optisches Abbildungssystem das Urbild der Halbleiterstruktur von der Fotomaske auf den Chip-Rohling verkleinert übertragen.

Insbesondere für die Fotomaske ist die Auswahl der Materialien kritisch: Der erreichbare Kontrast der Abbildung wird wesentlich bestimmt durch die Effekte von Strahlabschwächung und Phasenverschiebung in der Fotomaske selbst. Diese Effekte hängen extrem sensitiv vom komplexen Brechungsindex der verwendeten Materialien ab. Die bisher existierenden Datenbanken für Brechungsindizes im EUV-Bereich enthalten für viele chemische Elemente und erst recht deren Verbindungen meist nur Abschätzungen auf Basis weniger gemessener Werte.

Die PTB hat im Rahmen EU-geförderter Forschungsprojekte und langjähriger Kooperationen mit Forschungsinstituten und Firmen aus der Halbleiterindustrie die optischen Eigenschaften technologisch relevanter Materialien

für EUV-Fotomasken systematisch untersucht. Mithilfe dieser Daten können neue Materialsysteme gesucht und optimiert werden, um den optischen Kontrast der abzubildenden Strukturen auf den Halb-



Extinktionskoeffizient und Brechungsindex verschiedener Materialien für die EUV-Lithografie bei einer Wellenlänge von 13,5 nm

leiterchips zu verbessern. Die Ergebnisse für einen ersten Satz von 19 Materialien wurden jetzt publiziert und damit für die Technologieentwicklung bereitgestellt. Für einen einfachen und schnellen Zugriff wurden sie als Grundstein einer Datenbank frei zugänglich gemacht, die zukünftig ständig mit neuen Ergebnissen erweitert werden soll. ■

#### Ansprechpartner

Richard Ciesielski  
Fachbereich 7.1  
Radiometrie mit Synchrotronstrahlung  
Telefon: (030) 3481-7149  
richard.ciesielski@ptb.de

#### Wissenschaftliche Veröffentlichung

R. Ciesielski, Q. Saadeh, V. Philipsen et al.: Determination of optical constants of thin films in the EUV. *Appl. Opt.* 61 (2022)

#### Link zur Datenbank

<https://www.ocdb.ptb.de/home>

# Kampf den Viren in der Raumluft

## DIN-Veröffentlichung zum Einsatz von UV-C-Luftentkeimern, insbesondere in Kitas und Schulen

### Besonders interessant für

- Hersteller, Planer und Prüfer von UV-C-Luftentkeimungsgeräten

Welcher UV-C-Raumluftentkeimer wirkt gegen Coronaviren? Unter welchen Bedingungen? Ist der Einsatz der Geräte sicher? Eine Veröffentlichung des DIN, die in Zusammenarbeit mit der PTB erarbeitet wurde, bringt mehr Sicherheit für Hersteller, potenzielle Anwender und Planer. Ein besonderes Augenmerk liegt auf der Sicherheit der Geräte, insbesondere für den Einsatz in Schulen oder Kindergärten.

Das Coronavirus wird vor allem über Aerosole übertragen, was insbesondere in geschlossenen Räumen eine Gefahr darstellt. Wie Studien zeigen, können UV-C-Luftentkeimer das Virus wirksam eliminieren. Wird die hindurchströmende Luft mit einer UV-C-Dosis von etwa 70 J/m<sup>2</sup> bestrahlt, können rund 99 Prozent aller üblicherweise durch die Luft übertragenen Bakterien und Viren inaktiviert werden. Wer UV-C-Luftentkeimer bauen oder einsetzen will, sollte also auf eine ausreichende UV-C-Dosis bei Einmalpassage achten.

Die technische Spezifikation DIN/TS 67506 „Entkeimung von Raumluft mit UV-Strahlung – UV-C-Sekundärluftgeräte“ gilt für Geräte mit geschlossener Bauart und aktiver Ventilation. Sie enthält zahlreiche technische Einzelheiten und Methoden. Neben Angaben zur Wirksamkeit sind dies etwa Details zur Wirkung in unterschiedlichen Raumgrößen. Die sogenannte Hygienic Air Delivery Rate (HADR) gibt an, wie viele

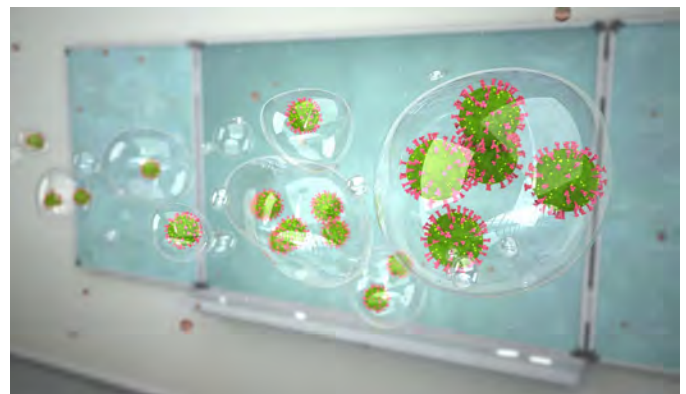
Kubikmeter an entkeimter Luft das Gerät pro Stunde produziert. So lässt sich für jede Raumgröße und jedes Gerät die theoretisch erreichbare Anzahl an Luftwechseln berechnen, für die eine effektive Reduzierung der Keime erreicht wird.

Sehr wichtig ist der Aspekt der Gerätesicherheit, speziell der Schutz vor UV-Strahlung. Auch Personen, die sich über einen längeren Zeitraum in unmittelbarer Nähe eines Gerätes aufhalten, dürfen nicht gefährdet werden. Selbst bei geschlossen verbauten UV-Strahlungsquellen kann ein geringer Anteil an UV-C-Strahlung austreten. Um ihn zu minimieren, sollten die Geräte so ausgelegt sein, dass sie zur freien Gruppe nach DIN EN 62471 „Photobiologische Sicherheit von Lampen und Lampensystemen“ zählen. Die darin definierten Grenzwerte beziehen sich auf gesunde, erwachsene Personen und sind in Anlehnung an die EU-Richtlinie 2006/25/EG so angesetzt, dass eine Gefährdung bei bestimmungsgemäßer Anwendung quasi auszuschließen ist.

In der Nähe schutzbedürftiger Personen, etwa von Kindern oder Menschen mit Vorschäden an Augen oder Haut, sollte in dem zugänglichen Bereich der Geräte gar keine messbare UV-Strahlung austreten. Das ist nach jetzigem Stand der Messtechnik dann gegeben, wenn in einem Abstand von 20 cm zum Gerät die UV-Bestrahlungsstärke im Spektralbereich

reich von 200 nm bis 300 nm bis zu einer Höhe von 180 cm über dem Boden nirgendwo 200 µW/m<sup>2</sup> überschreitet. Dies ist in der technischen Spezifikation ebenfalls klar festgelegt.

UV-C-Luftentkeimer, die nach den Empfehlungen der DIN/TS 67506 konzipiert, geprüft und eingesetzt werden, können einen Beitrag zur Bekämpfung der Pandemie leisten. Im nächsten Schritt wird auf ihrer Basis eine entsprechende DIN-Norm erarbeitet. ■



Aerosole mit Coronaviren im Klassenzimmer (Symbolbild: Adobe Stock / Alexander Limbach)

#### Ansprechpartner

Peter Sperfeld  
Fachbereich 4.1  
Photometrie und Spektrometrie  
Telefon: (0531) 592-4144  
peter.sperfeld@ptb.de

#### Die technische Spezifikation

DIN/TS 67506: Entkeimung von Raumluft mit UV-Strahlung – UV-C-Sekundärluftgeräte. Beuth-Verlag, [www.beuth.de](http://www.beuth.de)

# 3D-Modell für Zahnräder

## Ganzheitliche Charakterisierung wendelförmiger Maschinenelemente

### Besonders interessant für

- Hersteller von Verzahnungen und Gewinden
- Anwender und Hersteller von Koordinatenmessgeräten und Auswertesoftware

In der klassischen Verzahnungs- und Gewindemetrologie werden Messungen zur Bewertung der Bauteilqualität nur punkt- und linienhaft in ausgewählten Stirn- bzw. Achsschnitten durchgeführt. In Anbetracht verringerter Fertigungstoleranzen und neuer Herausforderungen durch moderne Produktionsverfahren ist diese Vorgehensweise unzureichend. In der PTB wurde ein universelles Verfahren entwickelt, mit dem wendelförmige Maschinenelemente flächenhaft gemessen und ganzheitlich durch ein parametrisiertes 3D-Modell ausgewertet werden können.

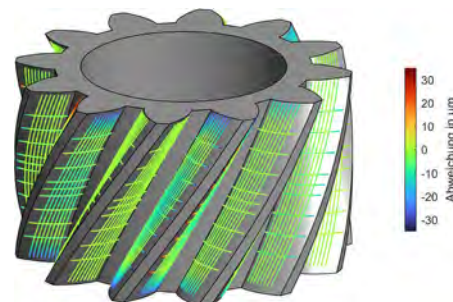
Zahnräder und Gewinde verschiedener Art sind wichtige Komponenten in allen Bereichen des Maschinenbaus. Enge Fertigungstoleranzen definieren entlang der gesamten Größenskala und über verschiedene Sektoren hinweg die Anforderungen an die in der Qualitätssicherung eingesetzte Messtechnik. Um eine zuver-

lässige und funktionsrelevante Bewertung der Bauteilqualität zu gewährleisten, müssen die Messprozesse nicht nur schnell und genau, sondern insbesondere auch ganzheitlich sein. Dies bedeutet erstens die Erfassung der Geometrie entlang der gesamten Funktionsflächen und zweitens eine Auswertung aller Merkmale in einem einzigen Geometrielement mit nur einem Bezugskordinatensystem.

Moderne Koordinatenmesssysteme liefern bereits schnell und zuverlässig flächenhafte Informationen über die Maß-, Form- und Lageabweichungen wendelförmiger Maschinenelemente. Für die Auswertung mit Standardverfahren mussten die Daten bisher allerdings auf einzelne Linien reduziert werden. Ein Großteil der Messpunkte wurde somit verworfen. Das neue Verfahren ermöglicht die Auswertung beliebig verteilter flächenhafter Messdaten entlang der gesamten Außenfläche. Grundlage ist ein universelles 3D-Modell, das es erlaubt, wendelförmige Maschinenelemente mithilfe eines eindeutigen Satzes von Geometrieparametern zu beschreiben. Das Modell wird mit einem Fußpunkt-Iterationsverfahren in die Messpunktewolke bestmöglich eingepasst. Die so gefundenen Ist-Werte der Geometrieparameter lassen sich dann in die Bestimmungsgrößen umrechnen, die auch in den klassi-

schen Verfahren etabliert sind.

Künftig soll das neue Verfahren zur Charakterisierung weiterer Arten von Maschinenelementen (etwa von Kegelhäusern) ergänzt werden. Außerdem wird der Transfer in die Normung vorangebracht, um die Anwendung in der Industrie zu fördern. ■



Bestmöglich eingepasstes 3D-Modell am Beispiel einer Evolventenverzahnung. Die Messpunkte sind als Residuen zu dieser Ausgleichsgeometrie in Falschfarben dargestellt.

### Ansprechpartner

Martin Stein  
Fachbereich 5.3  
Koordinatenmesstechnik  
Telefon: (0531) 592-5335  
martin.stein@ptb.de

### Wissenschaftliche Veröffentlichung

M. Stein, F. Keller, A. Przyklenk: A unified theory for 3D gear and thread metrology. *Appl. Sci.* 11, 7611 (2021)

# KI zur Formmessung optischer Oberflächen

## Tiefe neuronale Netze für Topografiemessungen mit Tilted-Wave-Interferometern

### Besonders interessant für

- optische Formmessung
- maschinelles Lernen in der Optik

Die hochgenaue Formmessung von optischen Asphären und Freiformflächen stellt eine große Herausforderung in der Messtechnik dar. Eine neue Methode verwendet künstliche Intelligenz (KI), nämlich tiefe neuronale Netze, um aus den Messdaten eines Tilted-Wave-Interferometers die optischen Oberflächen zu

rekonstruieren. Zusätzlich quantifiziert sie die Unsicherheit der Vorhersage.

Optische Asphären und Freiformflächen sind in der Industrie weit verbreitet. Die PTB forscht in Kooperation mit einem Industriepartner an der Weiterentwicklung und Rückführung des Tilted-Wave-Interferometers, eines interferometrischen Messsystems zur optischen Formmessung solcher Flächen. Sein Rekonstruktionsverfahren basiert auf einem Vergleich der Messdaten des Prüflings mit den simulierten Daten einer

Design-Topografie, also der erwarteten Form des Prüflings. Aus der Differenz zwischen Messdaten und simulierten Daten wird die Abweichung des Prüflings zum Design bestimmt.

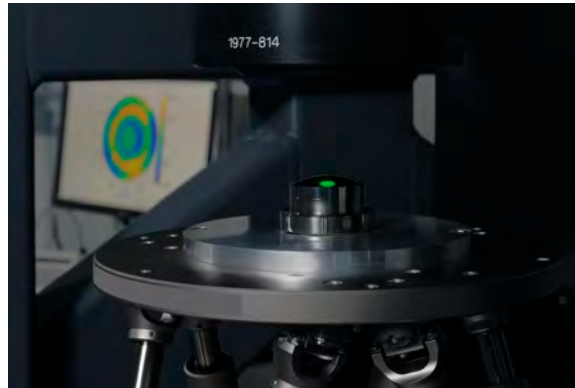
Die neue Methode nutzt tiefe neuronale Netze, um diese Abweichung zu ermitteln. Mithilfe eines Ensembles mehrerer trainierter neuronaler Netze erhält man zusätzlich die Modellunsicherheit der Rekonstruktion. In numerischen Experimenten zeigte sich, dass die Methode auch bei Kalibrierfehlern oder Rauschen zuverlässige Ergebnisse liefert.

In einer ersten Anwendung wurde die neue Methode für die Messdaten eines asphärischen Prüflings eingesetzt, dessen Design-Topografie einen Grundflächendurchmesser von ca. 25 mm und einen maximalen Höhenunterschied (peak-to-valley) von ca. 4 mm besitzt. Die rekonstruierte Oberflächenform stimmt innerhalb der Modellunsicherheiten mit der Formrekonstruktion einer modernen Vergleichsmethode aus der Industrie überein.

Sobald die neuronalen Netze trainiert sind, können neue Daten auf Knopfdruck ausgewertet werden. Die Me-

thode ist also schnell, beinhaltet eine Unsicherheitsvorhersage und könnte somit zukünftig speziell für die Qualitätskon-

trolle in der Massenproduktion interessant sein. ■



Eine Asphäre wird vom Tilted-Wave-Interferometer vermessen. Auf dem Bildschirm im Hintergrund wird die Differenz des gemessenen Prüflings zur erwarteten Design-Topografie angezeigt.

**Ansprechpartnerin**

Lara Hoffmann  
 Fachbereiche 8.4  
 Mathematische Modellierung und Datenanalyse  
 und 4.2 Bild- und Wellenoptik  
 Telefon: (030) 3481-7807  
 lara.hoffmann@ptb.de

**Wissenschaftliche Veröffentlichung**

L. Hoffmann, I. Fortmeier, C. Elster:  
 Uncertainty quantification by ensemble learning for computational optical form measurements. *Machine Learning: Science and Technology* 2, 035030 (2021)

# Optische Uhr für Anwender

## Einzelionenuhr demonstriert robusten Betrieb

**Besonders interessant für**

- astronomische Observatorien
- Telekommunikations-Netzbetreiber
- Zeitlabore

Mit optischen Uhren lassen sich aufgrund ihrer höheren Referenzfrequenz noch genauere Messungen als mit herkömmlichen Atomuhren realisieren. Bislang konnten sie jedoch nur von Experten in Speziallaboren betrieben werden. Im Rahmen des industriegeführten Pilotprojekts für Quantentechnologien „Opticlock“ entstand ein Demonstrator einer optischen Uhr, der die Vorteile moderner Quantentechnologie in einem für Anwender einfach zu bedienenden Gerät nutzbar macht.

In optischen Uhren werden Übergänge gespeicherter Atome oder Ionen mit Laserstrahlung getrieben. Dabei wird die Frequenz der Laser genau auf die Resonanzfrequenz abgestimmt und kann anschließend als Takt der Uhr gezählt werden. Diese Frequenz ist etwa 100 000-fach höher als die Mikrowellen-Frequenz, die zur Definition der SI-Basiseinheit Sekunde genutzt wird. In vielen Speziallaboren weltweit werden optische Atomuhren untersucht, um Verbesserungen durch

die deutlich höhere Frequenz optischer Laserstrahlung aufzeigen. Doch bisher war es nicht möglich, solche Systeme über längere Zeit kontinuierlich zu betreiben oder für Anwender nutzbar zu machen, die nicht über vertiefte Kenntnisse über den Aufbau der Uhr verfügen. Mögliche Interessenten sind astronomische Observatorien oder auch Telekommunikations-Netzbetreiber mit hohen Anforderungen an eine stabile Systemzeit.

Im Rahmen eines vom Bundesministerium für Bildung und Forschung (BMBF) geförderten Pilotprojekts für Quantentechnologien haben sechs Unternehmen, zwei Universitäten und zwei Forschungsinstitute, darunter die PTB, ihre Expertise zusammengebracht. Innerhalb von drei Jahren haben sie einen Demonstrator einer optischen Uhr realisiert, der in zwei 19“-Serverschränken Platz findet. Als Taktgeber dient ein Referenzübergang eines einzelnen, in einer Hochfrequenzfalle gespeicherten Ytterbium-Ions. Für den Aufbau wurden alle Subkomponenten so optimiert, dass sie große Ausfallsicherheit aufweisen und damit robusten Betrieb ermöglichen. Eine Vielzahl von Einstellungs- und Justagevorgängen, die

bisher durch wissenschaftliches Personal im Labor erledigt wurden, laufen hier automatisiert ab. Dies verringert nicht nur die Anforderungen an die Nutzer, sondern erlaubt auch eine deutlich schnellere Ausführung, sodass Intervalle verkürzt werden, in denen die optische Uhr nicht mit höchster Genauigkeit arbeitet.

In einer zweiwöchigen Messkampagne unterstrich die optische Uhr ihr Potenzial für robusten Dauerbetrieb. Ihre atoma-



Demonstrator einer optischen Uhr für Anwender. Der linke Schrank beinhaltet Steuerhardware und Elektronik. Im rechten sind alle Laser und optischen Aufbauten, ein Wellenlängenmessgerät und die Ionenfalle untergebracht.

re Referenz wurde während 99,8 % der gesamten Betriebszeit genutzt. Während der übrigen Zeit wurden automatische Routinen ausgeführt, die einen Betrieb mit höchster Genauigkeit gewährleisten. Es gab keine unerwünschten Ausfälle oder Störungen. Der abgeschätzte Zeitfehler nach zwei Wochen ist kleiner als 15 Pikosekunden. Damit übertrifft Opticlock bisher kommerziell verfügbare Atomuhren um einen Faktor 10. Das

System soll zukünftig für Messungen bei Anwendern bereitstehen und an der PTB

Beiträge zur Steuerung der internationalen Atomzeitskala liefern. ■

#### **Ansprechpartner**

*Nils Huntemann  
Fachbereich 4.4  
Zeit und Frequenz  
Telefon: (0531) 592-4430  
nils.huntemann@ptb.de*

#### **Wissenschaftliche Veröffentlichung**

*J. Stuhler, M. Abdel Hafiz, B. Arar, A. Bawamia, K. Bergner, M. Biethahn, S. Brakhane, A. Didier, J. Fortágh, M. Halder et al.: Opticlock: Transportable and easy-to-operate optical single-ion clock. Measurement: Sensors 18, 100264 (2021)*

# Mobiles Messsystem für E-Ladesäulen

## Messtechnik zur realitätsnahen Validierung von Konformitätsbewertungen für Ladeeinrichtungen

### Besonders interessant für

- Elektromobilität
- Gesetzliches Messwesen

Eine Million öffentlicher Ladepunkte für Elektroautos sollen nach Planung der Bundesregierung bis 2030 in Deutschland zur Verfügung stehen. Doch während an herkömmlichen Tankstellen die korrekte Messung und Abrechnung des getankten Treibstoffs selbstverständlich und verlässlich ist, ist eine entsprechende Messtechnik vor allem für schnelle Strom-Ladesäulen noch neu und wird ständig weiter verbessert. Mit einem mobilen Messsystem lassen sich bereits installierte Ladesäulen vor Ort überprüfen.

Vor ihrer Zulassung müssen Ladesäulen in einem ersten Schritt eine Baumusterprüfung durchlaufen, die ihre prinzipielle Eignung bestätigt. Dies geschieht in der kontrollierten Umgebung eines Labors. Einwandfreie Baumuster erhalten ein Zertifikat, das es erlaubt, sie in Verkehr zu bringen und die Ladeenergie quantifiziert nach kWh abzurechnen. Anschließende Überprüfungen im laufenden Betrieb, draußen auf dem Parkplatz oder an Tankstellen, sind jedoch eine Herausforderung: Nicht nur Umwelteinflüsse wie Temperatur und Witterung stellen besondere Anforderungen an die elektrische Messtechnik, sondern auch die Vielzahl verschiedener Elektrofahrzeugtypen mit ihren jeweils unterschiedlichen Ladecharakteristika.

Speziell für diesen Zweck hat die PTB ein präzises Messsystem entwickelt, das vor Ort in die Ladestrecke zwischen Ladesäule und Elektrofahrzeug eingefügt wird. Es basiert auf einem Leistungsanalyzer, der auf die nationalen Normale der PTB zurückgeführt wird und auch Aussagen zur Form und zu den Frequenzanteilen der elektrischen Signale ermöglicht.

Das neue Messsystem schafft die wesentlichen technischen Grundlagen für die Validierung der Schnellladesäulenprüfung mit Strömen bis zu 450 Ampere. Das ist eine Voraussetzung dafür, dass zertifizierte Ladesäulen zukünftig trotz der Vielzahl an Einflussfaktoren Ladeenergiemengen korrekt und verlässlich messen und abrechnen. Das Messsystem garantiert neben einem reibungslosen Ladevorgang auch eine korrekte Energiemessung, wobei weder die Datenkommunikation zwischen der Ladesäule und dem Elektrofahrzeug noch der elektrische Leistungspfad beeinflusst werden.

Die Entwicklung wurde unter anderem im Rahmen des 2021 gestarteten europäischen Forschungsprojekts „DC Grids“ gefördert, das Einflussfaktoren auf die Messrichtigkeit von Ladesäulen untersucht.

In Abhängigkeit von der technischen



Ladevorgang eines Elektrofahrzeugs an einer Schnellladesäule mit zwischengeschaltetem Messsystem

Umsetzung der Ladeeinrichtung könnte das neue Messsystem im Rahmen von Prüfungen beim Inverkehrbringen und zur Marktüberwachung Verwendung finden. Die Entwicklung der entsprechenden Regeldokumente in Deutschland wird von der PTB begleitet. ■

#### **Ansprechpartner**

*Jannes Langemann  
Fachbereich 2.3  
Elektrische Energiemesstechnik  
Telefon: (0531) 592-2342  
jannes.langemann@ptb.de*

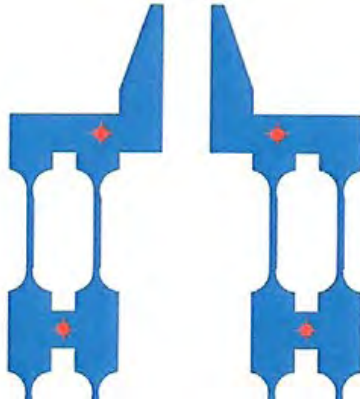
# Greifkraftmessung mit optischen Markern

**Besonders interessant für**

- medizinische Forschung
- medizinische Zelldiagnostik
- Pharmaindustrie

Die Fähigkeit, kleinste Greifkräfte messen zu können, insbesondere für die zerstörungsfreie Handhabung und Manipulation hochempfindlicher Materialien wie etwa biologischer Zellen, ist für die medizinische Forschung und die Pharmaindustrie unverzichtbar. Eine PTB-Idee vereinfacht die Greifkraftmessung, indem Markierungspunkte auf den Greifbacken optisch ausgewertet werden. So werden Bewegung und Position

der Greifer erfasst und anschließend die Greifkraft berechnet. Die Vorteile



Geteilte Greifbacke mit Markierungspunkten (rot) für die Messung der Greifkraft

sind ein geringer Fertigungsaufwand, freie Materialwahl und der Verzicht auf metallische Schichtsensoren. Weil der Greifer aus einem einzigen Material besteht, wird einer chemischen Verunreinigung des Analyseobjekts vorgebeugt. (Technologieangebot 437) ■

**Vorteile**

- genaue Greifkraftmessung
- optische Bildauswertung
- geringer Fertigungsaufwand

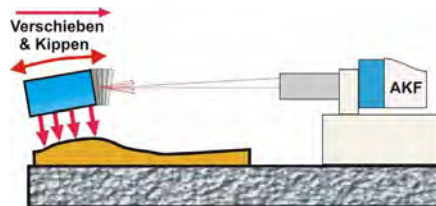
# Freiformflächen vermessen

**Besonders interessant für**

- Hersteller von Autokollimatoren
- optische Industrie

Ein neuartiges Verfahren zur Bestimmung von Oberflächentopografien enthält als Kernelement ein Interferometer. Dessen Verkippung wird beim Vermessen eines Prüflings in einer speziellen Führung detektiert. Aus einer Vielzahl derart durchgeführter Messungen lässt sich insbesondere bei stärker gekrümm-

ten Freiformflächen die Topografie der Oberfläche bestimmen. Ein Spiegelele-



Das Interferometer bestimmt die Topografie, wobei die Verkippung des Interferometers durch das Autokollimationsfernrohr (AKF) vermessen wird.

ment aus mehreren Teilspiegeln sorgt dafür, dass der Winkelmessbereich der Verkippung für Freiformen deutlich erweitert wird, ohne an Genauigkeit bei der interferometrischen Messung zu verlieren. (Technologieangebot 509) ■

**Vorteile**

- Messung von Freiformflächen
- deutlich vergrößerter Messbereich
- kompatibel mit herkömmlichen Autokollimatoren

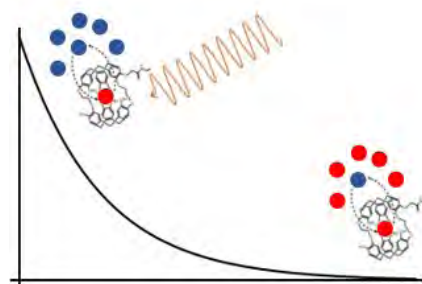
# Bestimmung von Biomarkern

**Besonders interessant für**

- biomedizinische Forschung
- Bioanalytik
- Medizintechnik

In der biomedizinischen Forschung und klinischen Versorgung wird der quantitative Nachweis von Biomarkern (krankheitsbezogenen Proteinen und Zellen) immer wichtiger für die Aufklärung systemischer Prozesse oder als Entscheidungsgrundlage für Diagnostik und Therapie. Genaue, plattformunabhängige und kalibrierfreie Messverfahren

an Xenonatomen aus der PTB wurden zum Patent angemeldet. Sie stellen eine innovative Technologie für die Quantifizierung dieser Biomarker dar. Dabei werden Xenon-bindende Antikörper



als Biosensoren eingesetzt. Der Ansatz bildet eine Alternative zu den bisher genutzten radioaktiven oder fluorophoren Markern und könnte auch für die Impfstoffentwicklung interessant sein. (Technologieangebote 341 und 535) ■

**Vorteile**

- hohe Nachweisempfindlichkeit und -genauigkeit
- kalibrierfreie Messung
- plattformunabhängige Ergebnisse
- Einsatz von Biosensoren

**Ansprechpartner für diese Technologieangebote**

Andreas Barthel, Telefon: (0531) 592-8307, E-Mail: andreas.barthel@ptb.de, www.technologietransfer.ptb.de

## Amtsübergabe

Zum 1. Mai hat der bisherige Präsident der PTB, Prof. Dr. Joachim Ullrich, den Staffeltab an Prof. Dr. Cornelia Denz übergeben. Sie ist die erste Präsidentin in der mehr als 135-jährigen Geschichte der PTB. Zuvor hatte Cornelia Denz sieben Jahre lang das Institut für Angewandte Physik der Westfälischen Wilhelms-Universität Münster geleitet. Die PTB kennt sie als langjähriges Mitglied im Kuratorium bereits gut. Joachim Ullrich tritt nach mehr als zehn Jahren an der Spitze der PTB ein neues Amt als Präsident der Deutschen Physikalischen Gesellschaft (DPG) an.



## Europäische Metrologiepartnerschaft

Die EU stellt für die kommenden sieben Jahre 300 Millionen Euro in einem neuen Metrologie-Forschungsprogramm, der „Europäischen Partnerschaft für Metrologie“, zur Verfügung. Die Mitgliedsstaaten tragen noch einmal mindestens dieselbe

### Impressum

PTB-News 2/2022, deutsche Ausgabe, Mai 2022, ISSN 1611-1621  
Die PTB-News erscheinen dreimal jährlich in einer deutschen und einer englischen Ausgabe und können kostenlos abonniert werden.  
Abo-Formular: [www.ptb.de](http://www.ptb.de) > Publikationen > PTB-News > PTB-News abonnieren

Herausgeber: Physikalisch-Technische Bundesanstalt (PTB), Braunschweig und Berlin  
Redakteure: Andreas Barthel, Alexander Gottwald, Tobias Klein, Christoph Kolbitsch, Christian Lisdat, Hansjörg Scherer, Erika Schow, Jens Simon (verantwortlich)  
Layout: Volker Käbert, Alberto Parra del Riego (Konzept)  
Redaktionsanschrift: Presse- und Öffentlichkeitsarbeit, PTB, Bundesallee 100, 38116 Braunschweig, Telefon: (0531) 592-3006, Telefax: (0531) 592-3008, E-Mail: [ptbnews@ptb.de](mailto:ptbnews@ptb.de)



Die Physikalisch-Technische Bundesanstalt, das nationale Metrologieinstitut, ist eine wissenschaftlich-technische Bundesoberbehörde im Geschäftsbereich des Bundesministeriums für Wirtschaft und Klimaschutz.

Summe bei EURAMET e. V. implementiert das Programm und hat bereits einen Aufruf gestartet, sodass ausgewählte Projekte Mitte 2022 beginnen können. Als nationales Metrologieinstitut wird die PTB maßgeblich an den meisten der Forschungsprojekte beteiligt sein. Ein Schwerpunkt liegt darin, metrologische Lösungen in den Bereichen Green Deal, Digitalisierung und Gesundheit zu entwickeln und die Wettbewerbsfähigkeit der europäischen Industrie zu unterstützen, wofür eine erstklassige Messinfrastruktur essenziell ist. (Ansprechpartner: Jörn Stenger, 0531 592-3000, [joern.stenger@ptb.de](mailto:joern.stenger@ptb.de))

## Quantencomputer-Projekt

Das bundesweite Verbundprojekt QSolid will innerhalb der nächsten fünf Jahre eine Kollaborationsplattform für einen Quantencomputer auf der Basis supraleitender Festkörperschaltkreise entwickeln, in dessen Rahmen auch ein Demonstrator-System aufgebaut werden soll. Die PTB wird im Projekt u. a. besonders rauscharme supraleitende Schaltungen der nächsten Generation entwickeln, für die hochpräzise Fertigungsmethoden nötig sind. Darauf aufbauend sollen zukünftig Kalibrierangebote entstehen, die am Quantentechnologie-Kompetenzzentrum der PTB von Industriepartnern genutzt werden können. An dem Projekt QSolid, das vom Forschungszentrum Jülich koordiniert wird, sind 25 Partner beteiligt. Das Projektbudget beträgt 76,3 Millionen Euro; es wird zu 89,8 Prozent durch das BMBF gefördert. (Ansprechpartner: Lukas Grünhaupt, 0531 592-9453, [lukas.gruenhaupt@ptb.de](mailto:lukas.gruenhaupt@ptb.de))

## Calidena

Eine Initiative namens Calidena (aus Spanisch „calidad“ für Qualität und „cadena“ für Kette) unterstützt Entwicklungs- und Schwellenländer für eine Dauer von 18 Monaten bei der Verbesserung ihrer Qualitätsinfrastruktur, vor allem im Agrarbereich. Die Initiative wurde in der PTB gestartet und bringt durch ihren partizipativen Ansatz Produzenten, Käufer, Handelskammern sowie Regierungsvertreter und Anbieter von QI-Dienstleistungen (Metrologie, Normung, Konformitätsbewertung und Akkreditierung) zusammen. (Ansprechpartner: Carl Felix Wolff, 0531 592-9340, [calidena@ptb.de](mailto:calidena@ptb.de), [www.calidena.ptb.de](http://www.calidena.ptb.de))

## Neuer Forschungsbau

Am 22 April hat die PTB auf ihrem Gelände in Berlin-Charlottenburg den neuen Walther-Meißner-Bau eingeweiht. In dem Forschungsbau werden Arbeiten zur Quanten- und Kryosensorik, zur Kryo- und Primärthermometrie sowie zur photonischen Druckmessung ablaufen. Einen Schwerpunkt bilden die Entwicklung, Herstellung und Anwendung von höchstempfindlichen supraleitenden Quanteninterferometern (SQUIDs), bei denen die PTB weltweit führend ist. (Ansprechpartner: Frank Melchert, 030 3481-7446, [frank.melchert@ptb.de](mailto:frank.melchert@ptb.de))

## Auszeichnungen

### Volker Wittstock

Der Wissenschaftler im Fachbereich 1.7 *Akustik und Dynamik* wurde zum Honorarprofessor an der Fakultät Maschinenbau der TU Braunschweig bestellt. Damit würdigt die TU seine langjährige und engagierte Tätigkeit als Lehrbeauftragter im Bereich der Akustik.



### Lena Ruwe

Die Mitarbeiterin des Fachbereichs 3.7 *Grundlagen des Explosionsschutzes* wurde mit dem Jürgen-Warnatz-Preis für Verbrennungsforschung ausgezeichnet. Damit ehrt die deutsche Sektion des Combustion Institute (Pittsburgh, USA) Ruwes herausragenden Leistungen auf dem Gebiet der Verbrennung, insbesondere zur experimentellen Untersuchung von Verbrennungsvorgängen.



### Hayo Zutz

Der Mitarbeiter im Fachbereich 6.3 *Strahlenschutzdosimetrie* hat den IEC 1906 Award erhalten. Damit ehrt die International Electrotechnical Commission (IEC) herausragende Beiträge auf dem Gebiet der Normung.

