

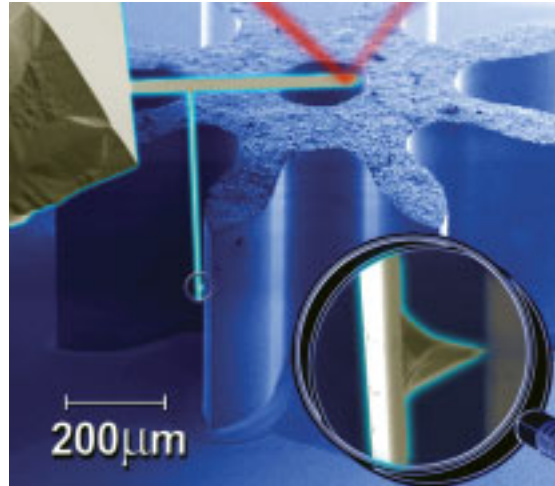
Komplexe Mikro- und Nanostrukturen ertasten

Die Fertigungskontrolle an komplexen Mikro- und Nanobauteilen ist mit neuartigen mikromechanischen Sensoren einen entscheidenden Schritt vorangekommen. Mit ihnen können Maß, Form, Lage und sogar Rauheit auch auf senkrechten Wänden von kleinsten Strukturen messtechnisch erfasst werden. Herzstück der zum Patent angemeldeten Sensoren sind Mikrobiegebalken (Cantilever), wie sie aus der Rasterkraftmikroskopie bekannt sind.

Messgeräte und Mikroskope, mit denen laterale Strukturen bis hin zu Nanostrukturen auf ebenen Oberflächen sichtbar gemacht werden können, gibt es seit einigen Jahren. Bei rauen Oberflächen, Strukturen mit hohem Aspektverhältnis oder gar vertikalen Objektflächen waren präzise Messungen bislang nicht möglich.

Diese Messaufgaben können nun mit den neu entwickelten Sensoren gelöst werden. Sie bestehen wie bei einem Rasterkraftmikroskop zunächst aus einem horizontalen Biegebalken (Cantilever). Daran – und das ist neu – ist ein senkrechter Taster angebracht, an dessen Ende erst die Taster Spitze befestigt ist. Die bei Berührung eines Messobjektes entstehenden Bewegungen des Biegebalkens bzw., im dynamischen Betrieb, die Veränderungen der Tasterschwingung werden optisch über die Lichtzeigermethode mit Hilfe einer Quadrantenphotodiode erfasst.

Die laterale Auflösung der neuen Sensoren, die als ACPs (assembled cantilever probes) bezeichnet werden, ist wegen des sehr kleinen Radius der Taster Spitzen von etwa 20 nm sehr hoch. Geringe Auflagekräfte von $< 0,01 \mu\text{N}$ verhindern zudem ein Zerkratzen empfindlicher Oberflächen. Ein weite-



Der Mikrotaster misst die vertikale Flanke eines Mikrozahnrades. Dabei wird die Bewegung des Tasters optisch ausgelesen. Auf dem Bild ist der Haltechip mit dem Cantilever und dem senkrechten Taster zu sehen.

rer Vorteil dieser Sensoren liegt darin, dass sie aus kommerziell erhältlichen, massengefertigten Mikrokomponenten zusammengesetzt und an die jeweilige Messaufgabe angepasst werden können. Bei Anwendungen an Mikrozahnradern sowie an Kantenlinien von Leiterbahnen konnten bereits Standardabweichungen von etwa 1 nm erreicht werden.

Vorgesehen ist ein Ersatz der bisher einfachen Taster Spitze durch einen sternförmigen Taster, der die dreidimensionale Messfähigkeit der ACP-Sensoren bewirkt. Werden diese Sensoren dann in 3D-Messsystemen (z. B. Koordinatenmessgeräten) eingesetzt, zeichnet sich für die nahe Zukunft eine leistungsfähige Lösung zur Prüfung der Qualität von komplexen Mikro- und Nanoprodukten ab.

Weitergehende Informationen von
H.-U. Danzebrink,
Tel.: (05 31) 592-51 36,
E-Mail: hans-ulrich.danzebrink@ptb.de

Breitbandige Referenzhydrophone für Ultraschall

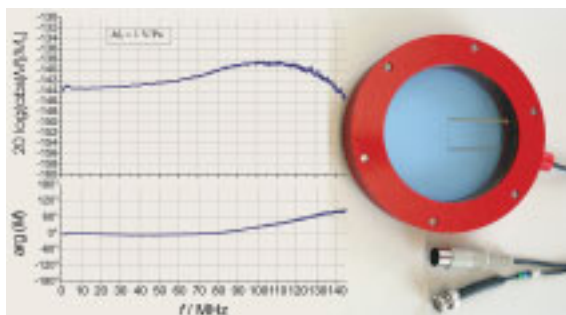
Der von medizinischen Ultraschallgeräten erzeugte Schalldruck muss für eine sichere Anwendung dieser Diagnostik bekannt sein. Für die Kalibrierung von Schalldruck-Messgeräten (Hydrophonen) wurde in der PTB ein neuartiges Referenzhydrophon entwickelt, das aufgrund seiner hohen Messbandbreite für die Messung der kurzen Schallpulse medizinischer Geräte besonders geeignet ist.

Die korrekte Messung der kurzen und somit breitbandigen Impulse, die von diagnostischen Schallköpfen emittiert werden, erfordert Hydro-

phone mit einer Übertragungsfunktion, die im Idealfall über einen großen Frequenzbereich möglichst flach ist. Nichtideale Übertragungsfunktionen können mit der sogenannten Impulsentfaltungsmethode, die zukünftig Bestandteil der Normen für Hydrophonmessungen sein wird, kompensiert werden. Dafür benötigt man allerdings in einem großen Frequenzbereich nach Betrag und Phase bekannte Kalibrierdaten. An mehreren Stellen wird daher intensiv daran gearbeitet, den Frequenzbereich der Hydrophonkalibrierung zu erweitern.

Fortsetzung auf Seite 2

In der PTB wurden spezielle breitbandige Referenz-Membranhydrophone entwickelt und hergestellt. Sie zeichnen sich durch einen geringen Durchmesser des Empfängerelektrodenpaars von 200 µm aus, das auf der Ober- und Unterseite einer dünnen piezoelektrischen Folie von nur 9 µm Dicke aufgebracht ist. Diese Konstruktion führt in Verbindung mit einer besonders breitbandigen Differentialverstärkerelektronik zu einem deutlich größeren nutzbaren Frequenzbereich als bei allen zurzeit kommerziell erhältlichen Hydrophonen. Der Frequenzgang ist bis 40 MHz extrem flach, und die für Hydrophone typische Dickenresonanz tritt bei dieser Foliendicke erst bei etwa 105 MHz auf. Für die Kalibrierung bei Frequenzen oberhalb von 70 MHz existieren allerdings bislang weltweit noch keine primären Normale und Kalibrierdaten basieren hier noch auf Modellannahmen oder auf Extrapolationen.



Herzstück des neuen Referenzhydrophons ist die vom roten Ring getragene dünne Folie mit einem 0,2 mm großen Elektrodenpaar im Zentrum.

Für die Erweiterung und Verifikation von Kalibrierverfahren steht nun ein wichtiges, einfach nutzbares Hilfsmittel bereit. Neben einer solchen Verwendung als Sekundärnormal können Hydrophone dieser Bauart natürlich auch direkt zur Exposimetrie am Medizinprodukt vorteilhaft eingesetzt werden.

Weitergehende Informationen von V. Wilkens,
Tel.: (05 31) 592-14 23,
E-Mail:
volker.wilkens@ptb.de

Neue Kalibrieranlage für die Brachytherapie

Die vorhandenen Möglichkeiten der PTB zur Kalibrierung von Strahlungsquellen für die Brachytherapie konnten mit einer neuen Kalibrieranlage, die jetzt in Betrieb genommen wurde, wesentlich verbessert werden. Durch eine kollimierte Strahlgeometrie mit deutlich geringerem Streustrahlungsanteil konnten sowohl der Strahlenschutz verbessert als auch die Unsicherheit der Korrektur für die Streustrahlung deutlich verringert werden. Mit Hilfe eines Industrieroboters können die zur Kalibrierung verwendeten Sekundärnormale präzise positioniert werden, was zu einer weiteren Reduzierung der Messunsicherheiten führt.

Für die Tumorbehandlung ist neben der perkutanen Strahlentherapie (Bestrahlung der Haut) die Brachytherapie von Bedeutung. Hierbei wird eine radioaktive Strahlungsquelle über Körperöffnungen oder durch Hohlnadeln möglichst nahe am Tumor bzw. direkt im Tumorgewebe platziert. Typi-

scherweise werden hier Iridium-192-Quellen von ca. 5 mm Länge und 1 mm Durchmesser verwendet, die in einem Katheter in die Bestrahlungsposition gebracht werden.

Für die Kalibrierung wurde bislang die Strahlungsquelle frei im Raum im Abstand von mindestens 2 m von den Wänden positioniert und die Strahlung mit einer Ionisationskammer im Abstand von 1,00 m gemessen. Bei diesem Messaufbau beträgt der Anteil der Streustrahlung aus der Luft und den Wänden ca. 5 % der gesamten Luftkermaleistung und musste gesondert bestimmt werden. Durch die freie Positionierung der Quelle im Messraum und infolge des Trends für die Therapie, immer stärkere Quellen zu verwenden (bis ca. 500 GBq), war es jedoch schwierig, alle Strahlenschutzbedingungen einzuhalten.

Die neue Anlage umgeht diese Probleme, indem die Kalibrierungen nun in einem kollimierten Strahlungsfeld durchgeführt werden. Hierzu wurde in einem speziell eingerichteten Strahlenschutzbereich eine Bleikammer aufgebaut, in deren Zentrum die zu kalibrierende Brachytherapiequelle platziert wird. Das Sekundärnormal wird mit einem handelsüblichen Industrieroboter auf der zentralen Achse des durch eine Blende definierten Strahlungsfeldes mit einer Unsicherheit von weniger als 0,1 mm positioniert. Durch die Kollimierung wird der unerwünschte Streuanteil aus der Luft – und damit die notwendige Korrektur – erheblich (auf unter 1 %) reduziert. Unsicherheiten in der Positionierung der Strahlungsquelle (ca. 0,3 mm) werden durch mehrere Messungen in unterschiedlichen Abständen zwischen Strahlungsquelle und Sekundärnormal weitgehend eliminiert. Diese deutlich geringeren Unsicherheiten kommen direkt den Herstellern der Strahlungsquellen zugute und damit letztendlich dem Patienten.



Messanordnung zur Kalibrierung von ¹⁹²Ir-Brachytherapiequellen in kollimierter Strahlungsgeometrie.

Weitergehende Informationen von
H.-J. Selbach
Tel.: (05 31) 592-62 20,
E-Mail: hans-joachim.selbach@ptb.de

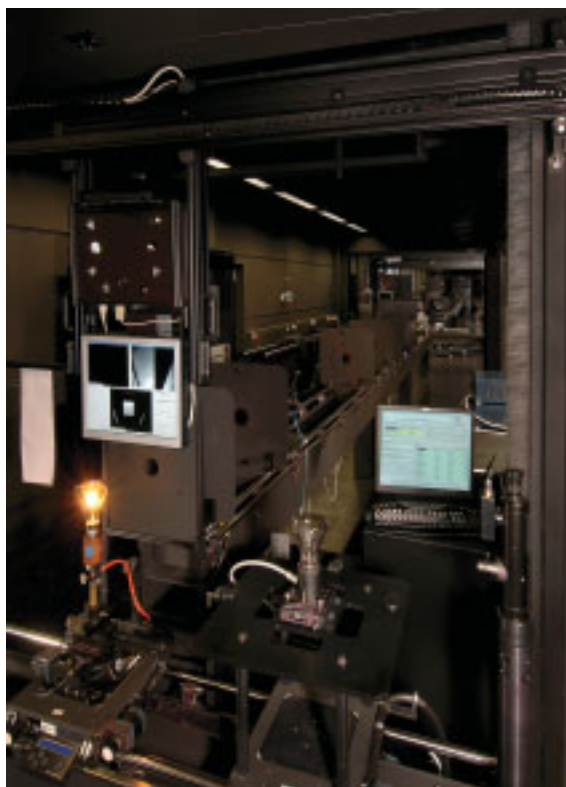
Innovatives Photometerbanksystem

Mit einem umfangreichen Photometerbanksystem zur Charakterisierung von Lichtquellen und Photometern für gerichtete photometrische Größen sind Messabstände von bis zu 40 m erreichbar. Damit ermöglicht die Anlage, die in dieser Form weltweit einmalig ist, auch noch Kalibrierungen von sehr lichtstarken Lampen mit geringer Messunsicherheit.

Eine Photometerbank dient dazu, spezielle Lichtquellen- und Empfänger- bzw. Photometer-Normale definiert zueinander im Raum auszurichten sowie mit Hilfe verschiedener Bankwagen ihren Abstand in horizontaler Richtung zu variieren. In der PTB werden damit die Hauptaufgaben zur Realisierung, Bewahrung und Weitergabe der SI-Basis-einheit Candela für die Lichtstärke sowie zur Ableitung weiterer Einheiten gerichteter photometrischer Größen erfüllt.

Das neue Photometerbanksystem besteht aus drei unterschiedlichen Photometerbänken, die in Flucht hintereinander installiert worden sind. Sie lassen sich einzeln oder auch gemeinsam nutzen, wobei Messabstände bis zu 40 Metern möglich werden. Dieses System ist weltweit einzigartig – bislang sind auch in Staatsinstituten Photometerbänke bis zu sechs Metern Länge üblich. In der PTB lässt sich nun (mit Hilfe von Abstandsänderungen) die Beleuchtungsstärke über mehr als drei Größenordnungen variieren. Gerade bei sehr lichtstarken Lampen, die erst aus größerer Entfernung punktförmig erscheinen und homogener beleuchten, ist die erreichbare Messunsicherheit deutlich gesunken: bei tageslichtähnlicher Strahlung um bis zu einem Prozent, aber auch bei den weniger lichtstarken Glühlampen noch um etwa ein Promille. Dazu tragen auch die neuen Monitorsysteme (Erfassung der Stabilität der Lichtstärke, die bei der Berechnung der Messunsicherheit beachtet werden) sowie die kameragestützte Justierung bei. Darüber hinaus ist mit einem automatischen Photometerkarussell die Möglichkeit geschaffen worden, mehrere Messungen gleichzeitig auszuführen, so dass sich die Zeit für viele Messaufgaben etwa halbiert.

Insgesamt eröffnen sich mit der neuen Anlage neue Kalibriermöglichkeiten in vier Bereichen: er-



Kalibrierungen wie bei dieser Lichtstärkenormal-Lampe sind mit dem neuen Photometerbanksystem genauer und – unter anderem wegen der kameragestützten Justierhilfe, die man auf dem Bild gut erkennt – auch deutlich schneller geworden.

stens für großflächige, neuartige Lichtquellen als Lichtstärke-Normallampen, zweitens für Luxmeter mit Beleuchtungsstärken bis zu 20 klx (Lichtart A) bzw. 100 klx (Tageslicht mit HMI-Lampe), drittens für Leuchtdichtemessgeräte mit Leuchtdichten bis zu 10 kcd/m² und viertens für Leuchtdichte-Normale unter Beachtung von Inhomogenität und Richtungsabhängigkeit.

Das Photometerbanksystem wird auch Wissenschaftlern anderer Institute und Staaten zur Verfügung stehen. Als wichtige internationale Aufgabe wird außerdem demnächst im Rahmen von EUROMET ein Schlüsselvergleich der Einheit der Lichtstärke durchgeführt, mit der PTB als Pilotlabor. Bei dem Vergleich, an dem 19 europäische Staaten teilnehmen, erfolgen Messungen an mehr als 120 Lichtstärke-Normallampen.

Weitergehende Informationen von

D. Lindner,

Tel.: (05 31) 592-41 23,

E-Mail:

detlef.lindner@ptb.de

PTB jetzt Benannte Stelle für Messgeräte

Die im Jahr 2004 veröffentlichte Europäische Messgeräterichtlinie (MID) ist seit dem 30. Oktober 2006 im Europäischen Wirtschaftsraum anzuwenden. Die PTB wurde für die Durchführung der in der MID genannten Konformitätsbewertungsverfahren vom Bundesministerium für Wirtschaft und Technologie (BMWi) benannt und stellt seither entsprechende Zertifikate für Messgerätehersteller aus.

Mit der MID werden die Anforderungen an Wasser-, Gas-, Elektrizitäts- und Wärmezähler sowie

Messanlagen für Flüssigkeiten, selbsttätige Waagen, Taxameter, Maßverkörperungen, Längenmessgeräte und Abgasanalysatoren harmonisiert. Der Hersteller muss vor dem Inverkehrbringen für jedes Messgerät eine Konformitätserklärung ausstellen, nachdem ein Konformitätsbewertungsverfahren von einer Benannten Stelle durchgeführt wurde. Die Konformitätsbewertungsverfahren sind nach verschiedenen Modulen aufgebaut. Wesentli-

Fortsetzung auf Seite 4

che Module sind die Baumusterprüfung (Modul B), die Anerkennung der Qualitätssicherung in der Fertigung (Modul D), die Entwurfsprüfung einschließlich Anerkennung der Qualitätssicherung in Entwicklung und Fertigung (Modul H1) sowie die Prüfung von Seriengeräten (Modul F).

Da die Umsetzung der MID ins nationale Eichrecht nicht rechtzeitig erfolgt ist, gilt die MID seit dem 30. Oktober 2006 direkt. Die PTB wurde mit der Kennnummer 0102 bereits am 11. Juli 2006 für die Module B, D und H1 für alle in der MID genannten Messgerätearten benannt. Für das Verfahren nach Modul F, das weitgehend der bisherigen Ersteichung entspricht, wurden Eichbehörden und staatlich anerkannte Prüfstellen benannt, so dass diese Aufgabe auch künftig nicht von der PTB übernommen werden muss. Eine vollständige Liste der Benannten Stellen in Europa ist in dem Internet-Informationssystem NANDO IS der Europäischen Kommission aufgeführt.

Wegen der frühzeitigen Vorbereitung der PTB auf die neuen Verfahren konnten einigen Herstellern die ersten MID-Zertifikate als EG-Baumusterprüfbescheinigung, EG-Entwurfsprüfbescheinigung oder EG-QM-Anerkennung bereits am 30. Oktober 2006 erteilt werden. Übersichten zu den von der PTB ausgestellten MID-Zertifikaten sind in den PTB-Mitteilungen und in der PTB-Datenbank MICert enthalten. Weitere Hinweise für Antragsteller sind auf der Internetseite der PTB-Zertifizierungsstelle für Messgeräte genannt.



Konformitätskennzeichnung eines von der PTB im Jahr 2006 bewerteten Messgeräts.

Weitergehende Informationen von H. Stolz
Tel.: (05 31) 592-83 20,
E-Mail:
harry.stolz@ptb.de

Spielgeräte kontrollieren sich jetzt selbst

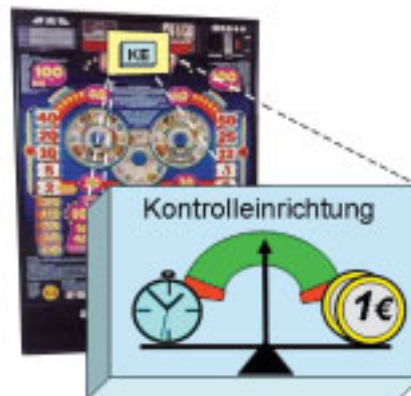
Seit Jahresbeginn 2006 gilt in Deutschland eine grundlegend veränderte Spielverordnung – damit hat auch die Bauartprüfung in der PTB eine neue Basis. Im Interesse des Spielerschutzes setzt die Verordnung einen Rahmen für Gewinne und Verluste und schreibt den Einbau einer Kontrolleinrichtung vor, die im Hintergrund ständig die Einhaltung dieser Vorgaben garantiert.

Die bisherige Spielverordnung, die sich noch stark an den Möglichkeiten mechanisch betriebener Walzengeräte orientierte, regelte im Wesentlichen die Gestaltung der Einzelspiele und begrenzte Spielverluste durch Eindämmung bestimmter Spielfeatures. Das hatte den Nachteil, dass neue Spielideen, die sich mit modernen elektronisch gesteuerten Geräten verwirklichen ließen, im Rahmen der Bauartprüfung kaum noch zweifelsfrei auf die Vorschriften der Spielverordnung zurückgeführt werden konnten. Zunehmende Unsicherheit bei der Bauartprüfung, aber auch bei der Überwachung des Gewerbes waren die Folge.

Mit der neuen Spielverordnung wird nun ein transparentes und technisch zeitgemäßes Prinzip für den gesetzlichen Spielerschutz eingeführt. Kernpunkt ist dabei das von der PTB entwickelte Konzept des Kontrollmoduls, das sämtliche Einsätze und Gewinne im laufenden Spielbetrieb erfasst. Diese Daten dienen der unmittelbaren und permanenten Überwachung mit dem Ziel, dass bestimmte Geld-Zeit-Relationen beim Spiel eingehalten werden; z. B. darf die Summe der Verluste in der Stunde 80 EUR nicht übersteigen. Da das Kontrollmodul eine (Software-)Verkörper-

ung der wesentlichen Vorschriften der Spielverordnung darstellt, liegt der Fokus bei der Bauartprüfung jetzt auf den Funktionstests der Kontrolleinrichtung selbst und auf der Einhaltung eines hohen technischen Realisierungs-niveaus für ihre manipulationssichere Verankerung im Gerät. Neben einer effektiveren Bauartprüfung bringt das vor allem Sicherheit für die Arbeit der Gewerbeaufsichtsbehörden am Aufstellort der Geräte.

Mit der neuen Spielverordnung wurde auch die bisher für Bauarten pauschal begrenzte Geräteaufstellzeit durch eine Verlängerungsoption abgelöst, wenn zuvor eine technische Geräteinspektion durchgeführt wurde. Diese Änderung gründete maßgeblich auf einer Feldstudie der PTB zur Zuverlässigkeit von Geldspielgeräten, bei der rund 250 Geräte etwa zwei Jahre lang während des gewerblichen Spielbetriebs beobachtet wurden. Hinsichtlich des Ausfallverhaltens von älteren und jüngeren Geräten ergaben sich dabei keine signifikanten Unterschiede.



Ergänzung zur Bauartprüfung: Selbstkontrolle der Geräte am Spielort

PTBnews 06.3
Deutsche Ausgabe
Dezember 2006
ISSN 1611-1621

Herausgegeben von der
Physikalisch-Technischen
Bundesanstalt (PTB)
Braunschweig und Berlin

Chefredakteur Jens Simon
PTB, Bundesallee 100
38116 Braunschweig
Telefon: (05 31) 592-30 06
Fax: (05 31) 592-30 08
E-Mail: ptbnews@ptb.de
Webseite: <http://www.ptb.de/>

Weitergehende Informationen von
H. Moeck,
Tel.: (030) 34 81-74 83,
E-Mail:
hartmut.moeck@ptb.de