

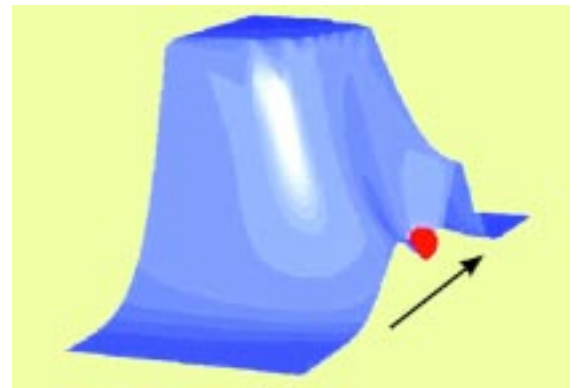
Einzelelektronentransport auf akustischen Oberflächenwellen

In der PTB wurden spezielle Halbleiterbauelemente entwickelt, bei denen einzelne Elektronen mithilfe von akustischen Oberflächenwellen transportiert werden. Das neuartige Bauelement, mit dem Stromstärken bis zu 0,75 nA eingestellt werden konnten, die nur durch die Elementarladung und die angelegte Frequenz bestimmt sind, hat mögliche Anwendungen für ein Stromstärke-normal auf Quantenbasis.

Für das Ampere, die Einheit der elektrischen Stromstärke und eine der sieben Basiseinheiten des internationalen Einheitensystems (SI), ist die Rückführung auf Quantennormale ein bisher ungelöstes Problem. Die Arbeiten auf diesem Gebiet konzentrieren sich auf Schaltungen, die einzelne Elektronen nutzen. In diesen Schaltungen stellt ein Elektron der Ladung e , das mit der Frequenz f transportiert wird, einen Strom $I = e \cdot f$ dar.

Große Hoffnung wird in neuartige Technologien gesetzt, mit denen die dargestellten Ströme um Größenordnungen über den wenigen Picoampere liegen, die mit den bisher benutzten Einzelelektronentunnelschaltungen (SET) erreicht wurden. In den

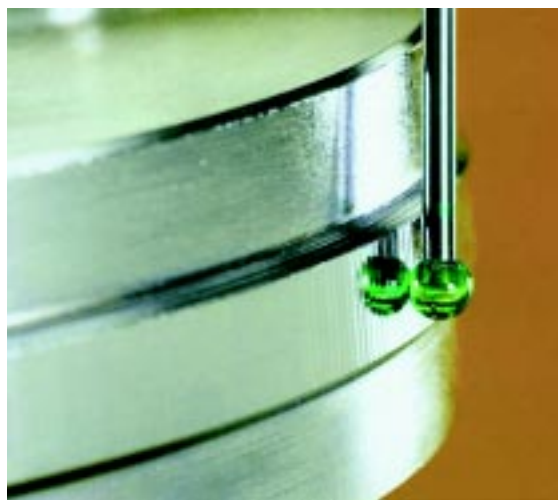
von der PTB hergestellten GaAs-Schaltungen erzeugt eine angelegte Hochfrequenz über den piezoelektrischen Effekt eine akustische Oberflächenwelle. Die damit verbundene Modulation des elektrostatischen Potentials in der Nähe der Oberfläche wirkt für die dort vorhandenen Elektronen wie eine mikroskopische »Tasche«, mit der einzelne Elektronen mit Schallgeschwindigkeit durch eine Einschnürung geführt werden. Der PTB gelang kürzlich ein Durchbruch mit der Herstellung eines Bauteils, mit dem ein Gleichstrom von 0,75 nA mithilfe einer angelegten Frequenz von etwa 4,7 GHz erzeugt werden konnte. Durch Verwendung paralleler Einheiten kann die erreichte Stromstärke in einfacher Weise um etwa eine Größenordnung erhöht werden. Damit ist die Voraussetzung für ein Quantenstromnormal geschaffen, mit dem



Prinzip des Transports eines einzelnen Elektrons in einer »Tasche«, die durch das sich bewegende elektrostatische Potenzial nahe der Oberfläche eines Halbleiters entsteht

auch nach der Übertragung in den technologisch wichtigen μA -Bereich metrologisch relevante kleine Unsicherheiten erreichbar sind. Weitergehende Informationen von F.-J. Ahlers, Fax: (0531) 592-2405, E-Mail: franz-josef.ahlers@ptb.de

Mehrwellennormale – ein Durchbruch in der Formmesstechnik



Die Teilansicht des Mehrwellennormals (Durchmesser 80 mm) zeigt das seitlich angebrachte Wellenmuster. Das Normal dreht sich unter der mechanisch antastenden Kugel, deren horizontale Auslenkung das Messsignal darstellt.

Zylindrische Körper, auf deren Mantelfläche ein spezielles Wellenmuster aufgebracht ist, stellen den neuen Stand der Technik für Transfornormale in der Formmesstechnik dar. Die Signalform dieser so genannten Mehrwellennormale eröffnet eine besonders stabile Möglichkeit, die Signalübertragungskette von Formmessgeräten zu kalibrieren.

Die Kalibrierung der Empfindlichkeit von Formmessgeräten wird mit Rundheitsmessungen vorgenommen. Dazu werden Normale mit definierter Kreisformabweichung eingesetzt. Die bisher verwendeten Flicknormale (Zylinder mit Abflachung) genügen den Anforderungen nur mit Einschränkungen, da ihr Signal sehr schmalbandig ist und die Auswertung auf wenigen Einzelpunkten des Messprofils beruht.

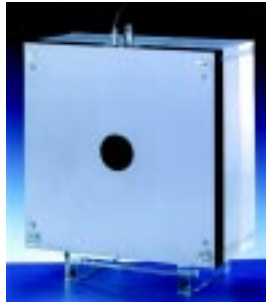
Ein in der PTB entwickeltes Messverfahren liefert dagegen Informationen über einen breiten Spektralbereich und stützt sich auf alle Punkte des Messprofils.

Fortsetzung auf Seite 4

Sekundärnormal für die Personendosimetrie

Die PTB hat ein Sekundärnormal für Photonenstrahlung für die »neue« Messgröße im Strahlenschutz, die Tiefen-Personendosis $H_p(10)$, entwickelt und damit mehrere Probleme bei der Kalibrierung von Ganzkörper-Personendosimetern mit niederenergetischen Photonenfeldern gelöst.

Zur besseren Bewertung des Risikos ionisierender Strahlung für den Menschen im Vergleich zur Messung der Dosis an der Körperoberfläche wurde die neue Messgröße Tiefen-Personendosis $H_p(10)$ international im Strahlenschutz eingeführt. Die Tiefen-Personendosis $H_p(10)$ ist in 10 mm Tiefe im Körper definiert, um beispielsweise die Strahlenexposition tiefer liegender Organe besser berücksichtigen zu können. Diese Messgröße muss in diesem Jahr in nationales Recht der EU-Mitgliedsstaaten umgesetzt werden. Für Kalibrierungen ist die Tiefen-Personendosis in einem Quader-Phantom definiert und wird von der »alten« Messgröße Luftkerma (in Luft freigesetzte kinetische Energie) mit Hilfe von Konversionsfaktoren abgeleitet. Diese sind für Referenzstrahlungsfelder in der internationalen Norm ISO 4037-3 tabelliert.



Das Sekundärnormal der PTB für die Tiefen-Personendosis $H_p(10)$ besteht aus einem Plexiglasquader (30 cm x 30 cm x 15 cm), in dem ein Ionisationsvolumen enthalten ist (im Bild nicht sichtbar). Mit dem im Zentrum der Frontplatte angebrachten Stufenzylinder ergibt sich bezüglich der Winkel- und Energieabhängigkeit ein fast konstantes Ansprechvermögen.

Das Sekundärnormal führt, die um mehrere zehn Prozent differieren.

Die PTB hat ein neues Sekundärnormal für Photonenstrahlung entwickelt, mit dem der wahre Wert der Tiefen-Personendosis $H_p(10)$ auf einem Quader-Phantom direkt gemessen wird. Damit kann auf die Verwendung von Konversionsfaktoren verzichtet werden. Das Normal ist optimiert auf ein fast konstantes Ansprechvermögen bezüglich $H_p(10)$ für Photonenenergien von 10 keV bis 1400 keV und für Einfallswinkel von 0° bis 75°. Das Sekundärnormal ist kommerziell erhältlich. Weitergehende Informationen von U. Ankerhold, Fax: (0531) 592-6015, E-Mail: ulrike.ankerhold@ptb.de

Ein nicht gelöstes Problem in dieser Norm ist die Kalibrierung mit Photonenfeldern einer mittleren Energie kleiner als 25 keV. In diesem Energiebereich sind die Konversionsfaktoren stark von der spektralen Verteilung der Photonenstrahlung abhängig, die sowohl von der Luftdichte als auch durch die Eigenschaften der Röntgenanlage zur Erzeugung der Referenzphotonenfelder beeinflusst wird. Kleine spektrale Unterschiede können zu Konversionsfaktoren für nominell das gleiche Strahlungsfeld führen, die um mehrere zehn Prozent differieren.

PTBnews 2000.2
Deutsche Ausgabe
August 2000

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

Chefredakteur Burkhard Wende
PTB, Abbestr. 2-12
10587 Berlin
Telefon: (030) 3481-480
Fax: (030) 3481-503
E-Mail: ptbnews@ptb.de

Der »neue« Helmholtz-Preis



Der aktuell ausgeschriebene Helmholtz-Preis für das Jahr 2001 wird nur mehr einen, statt bisher drei, Preisträger ermitteln und ist mit 30000 DM dotiert. Den Preis verleiht der Helmholtz-Fonds e. V.

gemeinsam mit dem Stifterverband für die Deutsche Wissenschaft e. V.

Der Helmholtz-Preis, der künftig alle zwei Jahre ausgeschrieben wird, zeichnet seit 1973 hervorragende wissenschaftliche und technologische Leistungen auf dem Gebiet des Messwesens aus. Der nächste Preis, dessen Ausschreibungsfrist jetzt läuft, wird 2001 für eine Arbeit aus einem der drei Bereiche

- Präzisionsmesstechnik physikalischer Größen
- Messtechnik in Medizin und Umwelttechnik
- Informatik und Mathematik in der Messtechnik

vergeben werden. Der Schwerpunkt der eingereichten Arbeit kann in theoretischen, experimentellen oder anwendungsbezogenen Aspekten liegen. Um an dem Wettbewerb teilzunehmen, muss bis zum 15. Dezember 2000 ein Manuskript in schriftlicher oder elektronischer Form eingereicht werden. Die Entscheidung über die Preisverleihung trifft ein unabhängiges Gutachterkollegium.

Weitere Informationen unter

<http://www.helmholtz-fonds.de> oder von J. Helmcke,
Fax: (0531) 592-4305, E-Mail: juergen.helmcke@ptb.de

Neues Laborgebäude für die Optik

Am 23. Juni 2000 erfolgte der erste Spatenstich für ein neues Optik-Laborgebäude der PTB in Braunschweig.

Der Neubau mit etwa 3000 m² Nutzfläche, der ein Gebäude aus der Vorkriegszeit ersetzt, soll im Jahre 2002 bezugsfertig sein. Damit bekommt die PTB die Möglichkeit, Messtechnik und Forschung zur Unterstützung von Schlüsseltechnologien der modernen Optik zu stärken. Schwerpunkte bilden die Laserradiometrie, die quantitative Mikroskopie für die Nanotechnologie, die Radiometrie und Photometrie neuartiger Lichtquellen und Displays sowie die Metrologie für die optische Nachrichtenübertragung.

Dr. Alfred Tacke, Staatssekretär im Bundesministerium für Wirtschaft und Technologie (rechts), und Prof. Ernst O. Göbel, Präsident der PTB, beim gemeinsamen ersten Spatenstich zum neuen Laborgebäude für die Optik



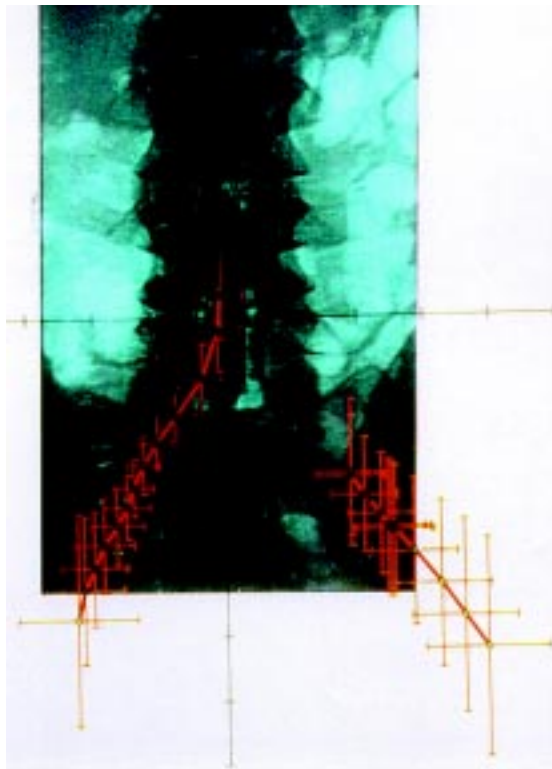
Magnetoneurographie

Mit der Magnetoneurographie ist es jetzt möglich, bei Patienten den Ort von Leitungsblockaden in Nerven zu bestimmen.

Im menschlichen Körper werden Reize durch periphere Nerven zum Rückenmark und von diesem zum Gehirn weitergeleitet. Werden Nerven geschädigt, z. B. durch einen Bandscheibenvorfall, können Ertaubungen oder Lähmungen die Folge sein.

Die Reizleitung ist mit elektrischen Strömen verbunden, die außerhalb des Körpers nachweisbare magnetische Felder erzeugen. Diese biomagnetischen Felder sind jedoch so schwach, dass ihre Messung erst mit höchstempfindlichen Magnetfeldsensoren (nach ihrer englischen Bezeichnung SQUIDs genannt) möglich ist. In der PTB werden heute die empfindlichsten SQUIDs entwickelt, die zur berührungslosen Vielkanalmessung biomagnetischer Felder eingesetzt werden.

Auf dieser Grundlage wurde in Zusammenarbeit mit Neurologen des Universitätsklinikums Benjamin Franklin der FU Berlin die Magnetoneurographie entwickelt. Mit diesem Verfahren kann der Weg eines Reizes entlang eines Bein- oder Armnervs mit hoher zeitlicher und örtlicher Präzision bis hin zum Rückenmark verfolgt werden. Eine besondere Schwierigkeit der Magnetoneurographie besteht darin, dass das magnetische Signal der Nerven von milliardenfach stärkeren anderen Magnetfeldern überlagert wird, z. B. vom Erdmagnetfeld oder dem Magnetfeld



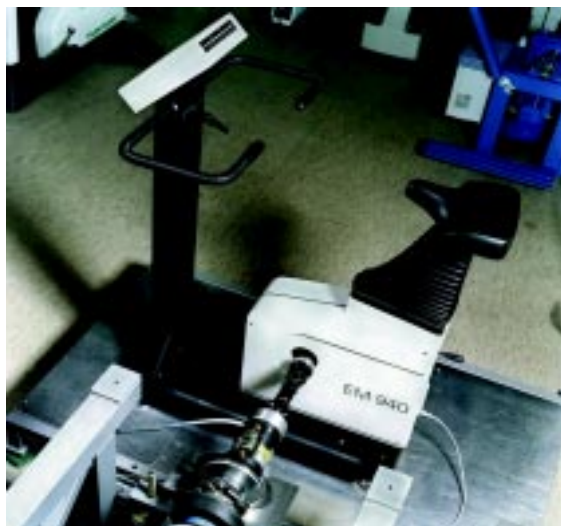
Aus der gemessenen Magnetfeldverteilung lässt sich der Weg des Reizes entlang eines Beinervs berechnen. Der berechnete Pfad für einen Patienten mit Leitungsblockierung des rechten Nervens ist dargestellt. Das Nervensignal gelangt nach Reizung des linken Beinervs ungehindert bis in die Wirbelsäule, rechts dagegen nur bis zur Leitungsblockierung, die durch einen Bandscheibenvorfall verursacht ist.

technischer Geräte, aber auch von Magnetfeldern des Patientenherzens. Erst durch aufwändige Abschirmmaßnahmen und spezielle Signalverarbeitungsverfahren gelingt es, die magnetischen Nervensignale sichtbar zu machen. Aus der so gewonnenen raum-zeitlichen Magnetfeldverteilung lassen sich mit Hilfe mathematischer Modelle Informationen über den Weg des Reizes gewinnen und bei Patienten auch der Ort von Reizleitungsstörungen bestimmen.

Die Darstellung einer Nervenblockade, die vor kurzem erstmals gelang, eröffnet zukunftsweisende Möglichkeiten der klinischen Diagnostik und Therapie. Weitergehende Informationen von M. Burghoff, Fax: (030) 34 81-490, E-Mail: martin.burghoff@ptb.de

Dynamische Leistungsmessung an Ergometern

Fahrrad-Ergometer dienen der gezielten physischen Belastung von Patienten bei Untersuchungen des Herz-Kreislauf-Systems als »Belastungs-EKG« sowie zur Therapiekontrolle während der Rehabilitation und in der Sportmedizin. Zur Gewährleistung der erforderlichen Messgenauigkeit wurde ein Messplatz für dynamische Leistungsmessung als nationales Normal aufgebaut.



Messplatz zur dynamischen Leistungsmessung an Ergometern

Zur exakten Diagnose des Leistungsvermögens des Patienten ist eine Messung der Leistung als Produkt aus Drehmoment und Drehzahl mit einer maximalen Messabweichung von 5 % notwendig. Diese messtechnische Anforderung kann von den Herstellern nicht erfüllt werden, wenn der Drehmomentaufnehmer nur statisch geprüft wird und die Einflüsse der mechanischen Baugruppen, wie Tretlager, Ketten und Getriebe, die ihrerseits Leistungsverluste verursachen, abgeschätzt und korrigiert werden.

Aus diesen Gründen wurde in der PTB ein Normal aufgebaut, bei dem die Messung des Drehmoments an einem durch einen Elektromotor angetriebenen Ergometer dynamisch erfolgt, wobei alle Einflussgrößen erfasst werden. Außerdem wurde ein TransfERNormal entwickelt, das ein Ergometer mit sehr kleinem Messfehler simuliert. Damit können die Ergometerprüfeinrichtungen der Hersteller und die Normale für die messtechnischen Kontrollen durch private Messdienste mit ausreichender Messunsicherheit rückgeführt werden. Der Bedarf hierfür zeigt sich am starken Anstieg der Prüfanträge seitens der Hersteller, Vertrieber und Messdienste von zwei im Jahr 1997 auf 22 im Jahr 1999.

Weitergehende Informationen von S. Mieke, Fax: (030) 34 81-490, E-Mail: stephan.mieke@ptb.de

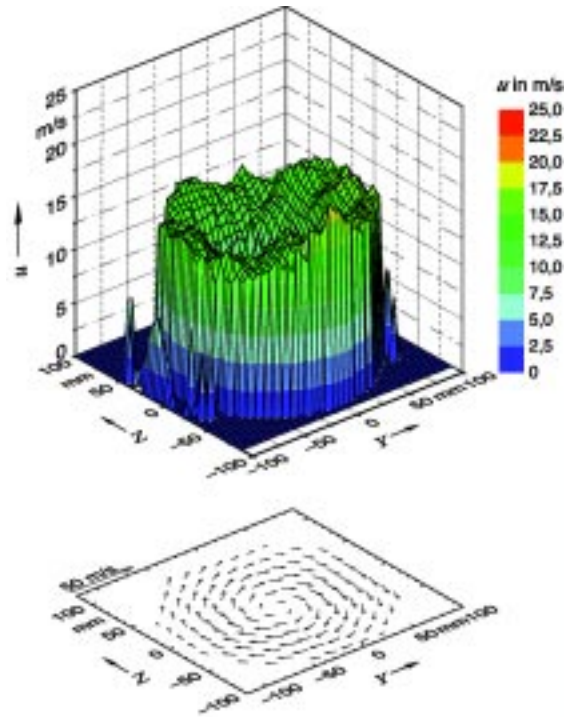
Schnelle dreidimensionale Messung von Stömungsfeldern

An einem neuen Messplatz der PTB können Strömungsfelder in Rohrleitungssystemen mit Hilfe der Doppler-Global-Geschwindigkeitsmessung untersucht werden. Der Messplatz erlaubt die vollständige Bestimmung aller drei Geschwindigkeitskomponenten eines Strömungsfeldes bei gleichzeitig reduzierter Messzeit.

Die detaillierte Charakterisierung von Strömungsfeldern in Rohrleitungssystemen ist von großer wirtschaftlicher Bedeutung, beispielsweise bei der Übergabe und Abrechnung von Erdgas. Dabei hängt die Messabweichung von Gaszählern oft von der installationsbedingten Anströmung der Messgeräte ab. Sie kann in ungünstigen Fällen mehrere Prozent betragen.

Die PTB hat in Zusammenarbeit mit dem Deutschen Zentrum für Luft- und Raumfahrt (DLR), Köln, einen Messplatz zur Doppler-Global-Geschwindigkeitsmessung entwickelt. Laser-Doppler-Techniken bestimmen die Frequenzverschiebung von Laserlicht, das von Streuteilchen zurückgestreut wird, die sich in der Strömung mitbewegen, über den Dopplereffekt. Im Gegensatz zu konventionell eingesetzten Laser-Doppler-Anemometern, die diese Verschiebung über optische Schwebungsfrequenzen messen, wird bei der Doppler-Global-Geschwindigkeitsmessung die durch die Bewegung hervorgerufene Frequenzverschiebung auf der Flanke einer steilen Absorptionslinie in eine Intensitätsänderung gewandelt. Das gesamte Beobachtungsfeld wird durch eine Absorptionszelle hindurch auf eine CCD-Kamera abgebildet. Bei dem so erhaltenen Bild entspricht die örtliche Intensität der örtlich aufgelösten Geschwindigkeitsverteilung.

Der neue Messplatz erlaubt schnelle dreidimensionale Geschwindigkeitsmessungen unter Einschluss



Darstellung eines gemessenen dreidimensionalen Strömungsgeschwindigkeitsfelds, das einen in der Rohrleitung erzeugten Drall in der Beobachtungsebene darstellt

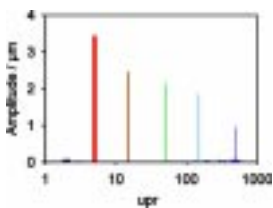
Im oberen Teil des Bildes bezeichnet u die Axialgeschwindigkeit.

der radialen Komponente mit einer Ortsauflösung, die prinzipiell nur durch die Anzahl der Bildelemente der CCD-Kamera gegeben ist. Damit kann der Einfluss installationsbedingter Strömungsfelddeformationen auf die Anzeige von Gasdurchflussmessgeräten ermittelt und modelliert werden. Als mögliche weitere Anwendungen bieten sich genaue Gasdurchflussmessungen trotz beliebiger Vorstörungen an.

Weitergehende Informationen von H. Müller,
Fax: (05 31) 592-13 05, E-Mail: harald.mueller@ptb.de

Mehrwellennormale – ein Durchbruch in der Formmesstechnik

Fortsetzung von Seite 1



Das Spektrum eines Mehrwellennormals zeigt die Amplituden und Wellenlängen der verkörperten Sinuswellen.

Grundlage ist das Mehrwellennormal mit seinen definierten sinusförmigen Formabweichungen unterschiedlicher Amplituden und Wellenlängen, die einem Linienspektrum entsprechen. Die verkörperten Wellenlängen entsprechen den in ISO-Normen festgelegten Filtergrenzwellenzahlen (5, 15, 50, 150, 500 Wellen/Umfang). Das gemessene Formprofil des Mehrwellennormals wird mithilfe der bisher in der Formmesstechnik selten angewandten Fourieranalyse ausgewertet. Ermöglicht wird dies durch das rein harmonische Signal des Linienspektrums von Mehrwellennormalen – eine Eigenschaft, die bisher verfügbare Normale nicht aufweisen. Die Kalibrierung eines Formmessgeräts erfolgt durch Vergleich der gemessenen Amplituden mit den kalibrierten Spektrallinien. Kleine lokale Störungen, die durch Fertigung, Verschmutzungen oder Kratzer bedingt sind, beeinflussen den Kalibrierwert kaum, da das Amplitudenspektrum alle Messpunkte bewertet.

Erste Praxistests haben die Mehrwellennormale bereits bestanden. In Vergleichsmessungen mit Formmesslaboratorien des DKD konnten Übereinstimmungen der PTB-kalibrierten Amplitudenhöhen innerhalb von 30 nm bei Formabweichungen von 20 µm erzielt werden. Diese Ergebnisse und besonders die Fähigkeit, Schwachpunkte der Messgeräte bei der Filterung aufzudecken, zeigen den Fortschritt gegenüber den bisherigen Verfahren. Entwürfe neuer Richtlinien und Normen der Formmesstechnik wurden bereits von dieser Entwicklung beeinflusst.

Mehrwellennormale stellen die Rückführung von Formmessungen auf eine solide Basis und sind daher von großer Bedeutung für Anwender in Kalibrierlaboratorien und industrieller Qualitätssicherung.

Weitergehende Informationen von O. Jusko,
Fax: (05 31) 592-53 05, E-Mail: otto.jusko@ptb.de