



Metrologie für Industrie und Mittelstand

nw ◊



Metrologie für Industrie und Mittelstand

Titelbild, Bildquelle: PTB
Rubinkugeln eines PTB-Lückennormals



**Fachorgan für Wirtschaft und Wissenschaft
Amts- und Mitteilungsblatt der Physikalisch-Technischen Bundesanstalt
Braunschweig und Berlin**

125. Jahrgang, Heft 1, März 2015

Inhalt

Metrologie für Industrie und Mittelstand

• Vorwort	3
• Interview mit den Verantwortlichen des Technologietransfers der PTB Dr. Bernhard Smandek und Andreas Barthel	4
• Technologietransfer in Zahlen <i>Daten & Fakten</i>	8
• Sensorik & Elektronik <i>Angebote zum Technologietransfer</i>	12
• Produktionstechnik <i>Angebote zum Technologietransfer</i>	30
• Optik <i>Angebote zum Technologietransfer</i>	42
• Mikro- & Nanotechnologie <i>Angebote zum Technologietransfer</i>	52
• Mensch & Gesundheit <i>Angebote zum Technologietransfer</i>	62
• Erfolgsgeschichten	70
Amtliche Bekanntmachungen (eigenes Inhaltsverzeichnis)	74

Vorwort

Eine schnelle Umsetzung von aktuellem Wissen aus der Forschung in die Wirtschaft ist wichtig für das volkswirtschaftliche Wachstum. Innovative Produkte und Dienstleistungen tragen erheblich zur Wettbewerbsfähigkeit der deutschen Wirtschaft bei. Nach dem Einheiten- und Zeitgesetz ist es eine gesetzliche Aufgabe der Physikalisch-Technischen Bundesanstalt (PTB) den Wissens- und Technologietransfer auf dem Gebiet des Messwesens zu fördern.

In diesen PTB-Mitteilungen präsentieren wir Ihnen neue Entwicklungen und Ideen der PTB für einen Technologietransfer in die Wirtschaft. Sie finden einen Ausschnitt unserer Technologie- und Patentangebote, die im Rahmen unserer satzungsgemäßen Aufgaben entwickelt wurden.

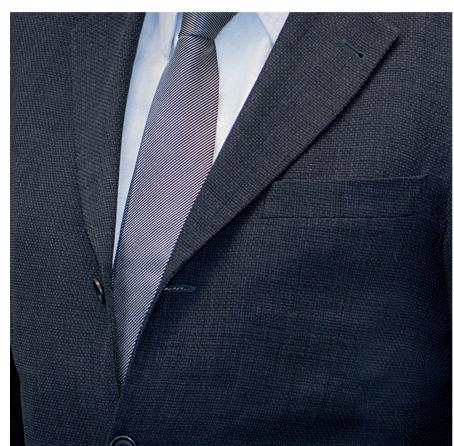
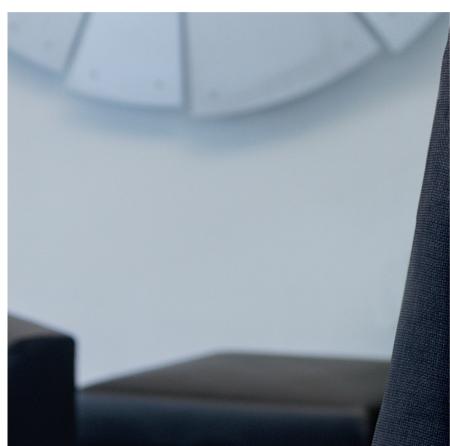
Technologietransfer neuer Entwicklungen und Ideen wird in der PTB in großer Breite betrieben. Durch Schutzrechte wird dieses Wissen häufig gesichert. Kooperationen der PTB, vor allem mit kleinen und mittelständischen Unternehmen (KMU), spielen eine zentrale Rolle, um neue Messtechnik in die Wirtschaft zu bringen. Nur was auf höchstem Niveau gemessen werden kann, wird auch qualitativ hochwertig produziert, und sichert Alleinstellungsmerkmale deutscher Firmen im internationalen Wettbewerb. Existenzgründung mit PTB-Technologien – eine Möglichkeit, die wir unseren Mitarbeitern und Mitarbeiterinnen anbieten – ist ein weiterer Weg des Technologietransfers .

Vielleicht geben Ihnen die folgenden Seiten einen Anstoß, sich verstärkt mit Kooperationsmöglichkeiten mit der PTB auseinanderzusetzen. Förderprogramme für kleine und mittlere Unternehmen (KMU), für die sich die PTB gemeinsam mit Unternehmen bewerben kann, stehen bereit. Mit über 35 % Lizenzierungsgrad haben viele unserer rund 150 Patente bereits einen Anwender gefunden – und vielleicht ist bei der hier veröffentlichten Auswahl eine interessante Neuerung auch für Ihr Unternehmen dabei.

In diesem Sinne, viel Spaß beim Lesen und Planen!



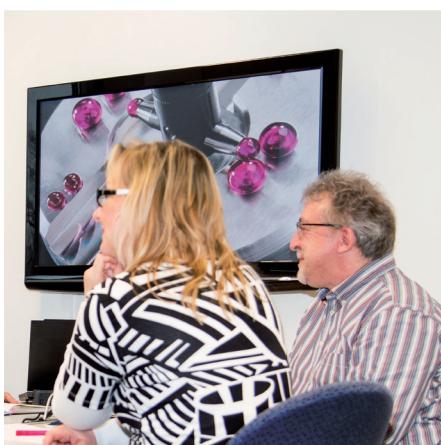
Dr. Bernhard Smandek,
Beauftragter für Technologietransfer



„Das, was wir anmelden, führen wir in über 80 Prozent der Fälle zum Patent“

Interview mit dem Beauftragten für Technologietransfer, Dr. Bernhard Smandek, und Innovationsmanager Andreas Barthel

„Es ist der Traum jedes Erfinders: Eines Tages vor der eigenen Erfindung zu stehen, die in Form eines Prototypen oder eines Produkts Wirklichkeit geworden ist“, so beschreibt Peter Ulbig, Leiter der PTB-Abteilung „Querschnittsaufgaben“ in Heft 4 der PTB-Mitteilungen 2010 die emotionale Intention aller Wissenschaftler. Der Technologietransfer der PTB lässt diesen Traum für einige Forscher wahr werden. Über Hintergründe, Geschichte und Vorgehensweise sprechen die Verantwortlichen des Technologietransfers (TT) mit Sabine Siems und Dr. Jens Simon der Presse- und Öffentlichkeitsarbeit (PÖ) der PTB.



PÖ: Herr Smandek, seit wann gibt es den Technologietransfer in der PTB?

TT: Technologietransfer gibt es schon sehr lange. Anfang der 90er-Jahre gab es einen Paradigmenwechsel und man hat intensiver mit einzelnen Industriebetrieben zusammengearbeitet. Dann kam die nächste Stufe mit der Frage nach der Inanspruchnahme von Patenten und der Patentverwertung, und so wurde 2004 ein zentrales Büro für Technologietransfer im Fachbereich für „gesetzliches Messwesen“ eingerichtet.

PÖ: Kann man sagen, dass Technologietransfer sozusagen einer der Geburtshelfer der PTB war?

TT: Sicher ist es Ende des 19. Jahrhunderts ein Grundgedanke gewesen, moderne physikalische Forschung in den Bereich der wirtschaftlichen Verwertung zu bringen. Da ging es um die damals neue Energieform Elektrizität und um die Frage: Wie macht man sie messbar – wie macht man sie genau messbar?

PÖ: Wieso wurde der Technologietransfer, der von Beginn an fester Bestandteil der PTB war, erst in den 90er-Jahren institutionalisiert?

TT: Das geschah schon früher, man muss den Begriff „Technologietransfer“ weiter fassen. Institutionalisiert war der Technologietransfer bereits durch Veröffentlichungen in den PTB-Mitteilungen, den Berichten der PTB, die in hoher Auflage publiziert wurden. Heute haben wir rund 600 Publikationen im Jahr, 500 Mitarbeiter, die in Normungsgremien mitarbeiten, und dann kam in den 90er-Jahren die direkte Projektzusammenarbeit mit der Industrie dazu. Im Sprachgebrauch des Technologietransfers nennt sich das Validierung. Das heißt, man hat in der PTB Entwicklungen, die in der Industrie auf Interesse stoßen. Und so entwickelt man zusammen mit der Industrie in Projekten sogenannte Funktionsmuster. Man geht damit über die Experimente am Labortisch hinaus. Das Partnerunternehmen bringt dieses Funktionsmuster anschließend zur Marktreife.

PÖ: Der Begriff Technologietransfer wird also sehr weit gefasst?

TT: Technologietransfer ist sehr weit zu fassen. In unserem Leitbild nennen wir all das Technologietransfer, was aus Entwicklungen der PTB zu einer wirtschaftlichen Verwertung führt.

PÖ: Das könnte auch eine Veröffentlichung aus den 70er-Jahren sein?

TT: Ja, das könnte dann der Fall sein, wenn es sehr weit von der damaligen Anwendung entfernt ist. Typisches Beispiel für so etwas wäre die Geschichte mit der Allgemeinen und der Speziellen Relativitätstheorie. Heute würde das Navigationssystem nicht ordentlich funktionieren, wenn Einstein Anfang des letzten Jahrhunderts diese Schriften nicht veröffentlicht hätte. Eine Veröffentlichung aus den 70er-Jahren kann theoretisch heute verwertbar sein, aber die Innovationszyklen sind heute viel kürzer.

Es gibt natürlich auch noch andere Kanäle, über die ich Technologietransfer betreiben kann. Veröffentlichung, Normung, Standardisierung sind klassisch – aber auch Beratung, Dienstleistung und Unterstützung, wie wir Ideen aus der PTB heraus-

bekommen, Existenzgründung aus der PTB, das sind Themen, bei denen Technologietransfer aus der PTB in die Wirtschaft hinein geschieht. Der Technologietransfer ist vielfältig.

Publikationen spielen eine große Rolle. Wir haben gerade eine Zusammenarbeit mit einer Existenzgründung aus der Universität Kiel. Die haben eine Publikation von uns gefunden, in der es um Strahlungsüberwachung in Flugzeugen geht. Die Gründer haben jetzt eine App geschrieben, mit der ein Passagier seine Flugroute eingeben kann. Er bekommt dann die zu erwartende Strahlendosis in Abhängigkeit von der aktuellen Sonnenaktivität mitgeteilt.

PÖ: Wie fällt die Entscheidung, ob eine Idee als Kooperation mit der Industrie verwertet wird oder ob z. B. eine Lizenzvergabe besser geeignet ist?

TT: Der Weg der Verwertung geht typischerweise über den Wissenschaftler, der bereits gute Branchenkenntnis besitzt, oder über ausgewählte Industriemessen. Auf diesen Messen führen wir Gespräche mit potenziellen neuen Projektpartnern. Industriegütermarketing, und dazu gehört Technologieverwertung im weitesten Sinne, geht vornehmlich über den persönlichen Kontakt. Das sagt auch die Innovationsliteratur: Der Hauptkontakt zum Anwender geht über den Erfinder und Wissenschaftler. Wir moderieren das und evaluieren die wirtschaftlichen Fragen. Eine Patentrecherche ist hier Standard.

PÖ: Wieso werden Ideen und Technologien, die in der PTB entstanden sind, verkauft? Wie verträgt sich das mit einer öffentlich geförderten Einrichtung? Gehört nicht jede Idee dem Steuerzahler?

TT: Das regelt die Bundeshaushaltsoordnung (BHO). Bundes Eigentum, dazu gehört auch geistiges Eigentum, kann an einen individuellen Marktteilnehmer nur zu einem Marktpreis weitergegeben werden. Wenn es mehrere Interessenten für Lizenzen gibt, bekommt sie jeder, der sie haben will. Das ist also keine exklusive Lizenzierung.

PÖ: Warum verschenkt man die Lizenzen nicht?

TT: Das Patent ist ja auch ein Schutz. Es schützt die hier entstandenen Ideen vor der kostenlosen

Verwertung durch Wettbewerber im Ausland. Manchmal wird von Firmen auch gewünscht, dass Patente vorhanden sind. Abhängig von der Unternehmensstruktur begründen es gewisse Wirtschaftszweige, wenn Technologien, die sie einsetzen, patentiert sind. Lizenzierung erhöht dort den Unternehmenswert. Dies gilt besonders für Medizin-, Laser- und Halbleitertechnik.

PÖ: Werden Lizenzen auch ins Ausland verkauft?

TT: Das ist unterschiedlich. In erster Linie kreieren wir deutsche Patente, in letzter Zeit vermehrt auch europäische. Nur wenn der Markt besonders groß ist, machen wir das auch international, denn es ist mit hohen Kosten verbunden. Ein deutsches Patent kostet beispielsweise rund 5000 €. Ein internationales Patent – abhängig davon, für wie viele Länder, kann leicht 30 000 € kosten. Das muss ja durch die Lizenzentnahmen wieder eingespielt werden, deshalb würde man das nur tun, wenn es einen konkreten Abnehmer gäbe, der die Kosten übernimmt, oder wenn ein deutsches Patent allein nicht viel wert ist. Ein typisches Beispiel dafür ist wieder die Medizintechnik. Da haben wir das Beispiel einer Firma, die ohne internationale Patente das Risikokapital gar nicht hätte anwerben können. Dieses Unternehmen bietet ein Verfahren zur Rheumafrüherkennung an. Die Umsetzung basiert auf einer PTB-Technologie, die mit optischen Methoden statt mit Röntgenstrahlung arbeitet.

PÖ: Habe ich das richtig verstanden, dass es für ein Unternehmen wertvoller sein kann, eine patentierte Lizenz zu kaufen, als die Lösung in einer Publikation zu finden, weil das Patent für sie marktwertsteigernd ist?

TT: Ja, für manche Unternehmen ist es entscheidend, dass sie ein Schutzrecht für ihre Investition sehen.

PÖ: Und das hätten sie nicht, wenn das in Phys. Rev. Letters stünde?

TT: Naja, es ist so, dass Publikationen und Patente sich nicht grundsätzlich widersprechen. Man muss nur zuerst das Patent anmelden. Das dauert für die PTB sechs oder zwölf Wochen, danach kann man es frei veröffentlichen. Man kann also seine Publikation am eigenen Schreibtisch vorbereiten und vorher ein Patent anmelden. Das Patentrecht

sieht sogar vor, dass 18 Monate nach der Patentanmeldung eine Offenlegung erfolgt, d. h. der Anmeldetext wird offengelegt für den Rest der Welt und geht in den Stand der Technik ein. Oft hat man nach eineinhalb Jahren noch gar kein Patent. Doch dann weiß man, dass es anhängig ist und es vielleicht einmal zu einem erteilten Patent kommt. Bei der PTB ist die Wahrscheinlichkeit relativ hoch: Das, was wir anmelden, führen wir in über 80 Prozent der Fälle zum Patent.

PÖ: Wie viele Patente hält die PTB?

TT: Seit wir die konsequente Patentierungsstrategie fahren, seit Ende der 90er-Jahre, haben wir 400 Erfindungsmeldungen – davon nehmen wir grob die Hälfte zur Patentanmeldung. Nach fünf bis acht Jahren lassen wir einige wieder fallen, die keine Lizenznehmer gefunden haben. Wir haben jetzt ungefähr 150 aktive Patentvorgänge, also Patentanmeldungen und erteilte Patente, und ca. 80 Lizenzierungen. 20 % dieser Lizenzierungen sind Computerprogramme oder Leiterbahnlayouts, das sind dann keine Patente, sondern urheberrechtlich geschützte Technologien.

PÖ: Ist es eher so, dass ein möglicher Lizenznehmer auf PTB-Ideen stößt, oder finden Sie den Lizenznehmer passend zur Erfindung?

TT: Das ist unterschiedlich, es hält sich die Waage. Die PTB ist ja in vielen Branchen präsent, und wir vom Technologietransfer unterstützen dies durch Marketing für unsere Technologien. Darüber kommen wir mit Unternehmen in Kontakt. Genauso kann es sein, dass wir mit einem Unternehmen schon zusammenarbeiten und dann einen Lizenzvertrag schließen, weil die Entwicklung in dieses Themenfeld passt.

Mit einem Patent gehen wir beispielsweise mit einem Exponat auf Messen und knüpfen so neue Kontakte. Wir bewerben uns auch projektbezogen für viele Programme der industrienahen Forschung. Ein bekanntes Beispiel ist das Zentrale Innovationsprogramm Mittelstand (ZIM), eines, das nur für die Bundesanstalten gilt, ist MNPQ (Messen, Normen, Prüfen, Qualitätssicherung). Programme unterstützen uns dabei, Erfindungen, die auf dem Labortisch nachgewiesen sind, bis hin zum Funktionsmuster zu führen – im Rahmen sogenannter vorwettbewerblicher Forschung. Drittmittelförderung ist natürlich attraktiv für Firmen, um das hohe wirtschaftliche Risiko einer

Entwicklung zu reduzieren. Da zeigt sich, wie wichtig es ist, aktiv mit den Unternehmen der Branchen im ständigen Dialog zu sein.

PÖ: Sind es nicht sehr viele Unternehmen unterschiedlicher Branchen, die Sie bedienen müssen?

TT: Wir haben hier in der PTB rund 150 Laboratorien. Wenn man annimmt, dass jedes von denen Kontakt zu etwa 20 Firmen hat, so sind das schon einige. Aber wir sind nicht mit all diesen Firmen dauerhaft aktiv, sondern erst dann, wenn ein Vorgang angestoßen wird. Dann trifft man auf ein begrenztes Spektrum an Unternehmen. Die PTB arbeitet oft in messtechnischen Nischenmärkten – eben dort, wo es um Ultrapräzision geht. Beispielsweise im Explosionsschutz ist das anders, da geht es in die Breite, denn es geht um Anlagensicherheit. Da haben wir auch interessante Entwicklungen.

PÖ: Wenn Sie den Technologietransfer vor 15 Jahren, heute und in 15 Jahren betrachten: Was hat sich verändert – wie sieht die Zukunft aus?

TT: Wir beobachten, was sich im Bereich Innovationsforschung bewegt. Das ist ein weites Feld. Die Herausforderung besteht in der Interaktion von staatlichem Handeln, Forschungsinstituten und Wirtschaft – das bezeichnet man als Innovationssystem. Vor 15 Jahren war der dezentrale Aspekt sehr dominierend – also die Fachabteilungen haben mit „ihren“ Firmen zusammengearbeitet. Dann kam die sogenannte „Patentoffensive“ der Bundesregierung. Sie hatte den Hintergrund, dass die Bundesrepublik im Vergleich zu anderen OECD-Ländern in den 90er-Jahren bei Patentanmeldungen aus der öffentlichen Forschung schwach aufgestellt war. Die „Patentoffensive“ war damals dominiert von dem wirtschaftlichen Aspekt der Lizenzierung. Es hat sich jetzt nach langjähriger Erfahrung auch aus den USA und ganz Europa herausgestellt, dass der gewinnorientierte Aspekt nur in Ausnahmefällen relevant ist. Denken Sie an die MP3-Lizenzierung der Fraunhofer-Gesellschaft.

PÖ: Das sind doch die Spalten, nicht wahr?

TT: Ja, die MP3-Lizenzierung ist eine Besonderheit. In der Breite ist es so, dass Patentverwertungsagenturen oder *Technology Transfer Offices*

zur Strukturierung des Transferprozesses beitragen, aber ein Nullsummenspiel sind oder gefördert werden müssen. Seit 2007 ist unsere Aufgabe im § 6.3 des Einheiten- und Zeitgesetzes festgeschrieben: Förderung des Technologietransfers ist explizite Aufgabe der PTB. Die Frage nach der Zukunft möchte ich so beantworten, dass wir eine ausgewogene Entwicklung beabsichtigen: einerseits über Drittmittelprojekte zur Technologie-Validierung im Nachgang Lizenseinnahmen für die PTB zu generieren und andererseits die ganze Palette des Technologietransfers bis hin zur Normung zu betrachten. Auch im Bereich der Normung gibt es mittlerweile sehr interessante Förderprogramme für entwicklungsbegleitende Normung, die vom BMWi aufgelegt sind.

PÖ: Das klingt so, als ob das Nullsummenspiel schon eine Anstrengung sei. Ist es richtig, dass man beim Technologietransfer etwas investieren muss, wenn es gut funktionieren soll?

TT: Ja, man muss letztendlich vernünftig investieren, und das tut die PTB auch. Das ist nicht ungewöhnlich für eine Institution. Es ist schon für die Fachbereiche eine Anstrengung, mit einem Unternehmen zusammenzuarbeiten, bis dann eine Förderung greift und eventuell ein zusätzlicher Mitarbeiter finanziert wird. Die Bezahlung des Mitarbeiters geschieht immer auf Ausgabenbasis. Die Infrastruktur, die wesentlich teurer ist, stellt die PTB. Aber das ist auch notwendig, denn: Förderung des Technologietransfers ist eine gesetzliche Aufgabe.

PÖ: Vielen Dank für das Gespräch.

Technologietransfer hilft also, den Traum eines jeden Erfinders wahr werden zu lassen, ist Geburshelfer der PTB und gesetzliche Aufgabe. Wir widmen diesem wichtigen Thema die folgenden Seiten und zeigen Erfindungen aus der PTB, die unsere Welt verändern können. Erfolg mit PTB-Technologien – wie das konkret aussehen kann, finden Sie im letzten Kapitel dieses Heftes: Erfolgsgeschichten dank Technologietransfer.

Der Technologietransfer der PTB in Zahlen

Daten & Fakten

Globaldaten zu Wissens- und Technologietransfer der PTB

[a] **ZIM** –
Zentrales Inno-
vationsprogramm
Mittelstand (BMWi)

[b] **MNPQ** –
Messen, Normen,
Prüfen, Qualitätssi-
cherung (BMW)

[c] **EMPIR** –
*European Metrology
Programme for
Innovation and Re-
search* (Europäische
Gemeinschaft)

Die Förderung des Technologietransfers durch die PTB ist im Einheiten- und Zeitgesetz festgelegt. Der Technologietransfer umfasst eine Fülle dezentraler Aktivitäten in den einzelnen Fachabteilungen, wie in der Tabelle 1 dargestellt. Publikationen, also der Wissenstransfer über Veröffentlichung der Forschungsergebnisse, Normung und Standardisierung, sind dabei quantitativ herausragend. Im Bereich der

angewandten Forschung sind direkte Kooperationen mit der Industrie und die Förderungen durch deutsche Programme wie ZIM [a] und MNPQ [b] oder das europäische EMPIR-Programm [c] von besonderer Bedeutung. Für die Strukturierung von Technologien in Form von Patenten und deren nachfolgende Lizenzierung steht ein zentraler interner Dienstleister zur Verfügung.

Globaldaten	
Mitarbeiter der PTB (2014)	1885
Budget der PTB (2014)	185 Millionen €
Wissenstransfer	
Veröffentlichungen / Vorträge pro Jahr	ca. 600 / 900
Technologietransfer	
Mitarbeit in nationalen / internationalen Normungsprojekten	534
Direkte Kooperation mit Industrie und KMU*	Typischerweise 100 Projekte zu einem gegebenen Zeitpunkt
Europäische Projekte im Rahmen des EMPIR-Programms mit Industriebeteiligung	Typischerweise 80 Projekte zu einem gegebenen Zeitpunkt
Anzahl der aktiven Patente und Patentanmeldungen	140
Erfindungen pro Jahr	25

* KMU: Kleine und mittlere Unternehmen

Tab. 1:
Globaldaten zum Wissens- und Technologietransfer der PTB



Akzeptanzrate der PTB-Anmeldungen

Die Erfindungen der PTB durchlaufen ein internes Begutachtungsverfahren. Jener Anteil der Erfindungen, den der Technologietransfer der PTB beim Deutschen Patent- und Markenamt (DPMA) oder beim Europäischen Patentamt (EPA) zum Patent anmeldet, wird mit mehr als 84 % auch zu einem erteilten Patent geführt. Die Abbildung 1 zeigt

diese Anzahl der aktiven Patentanmeldungen und erteilten Patente für das jeweilige Anmeldejahr. Die rote Linie zeigt den Durchschnittswert von 84 % für die erteilten Patente. Der grüne Pfeil deutet an, dass nach etwa fünf Jahren 90 % der Patentvorgänge abgeschlossen sind, also entweder zu einem erteilten Patent oder einer Zurückweisung geführt haben.

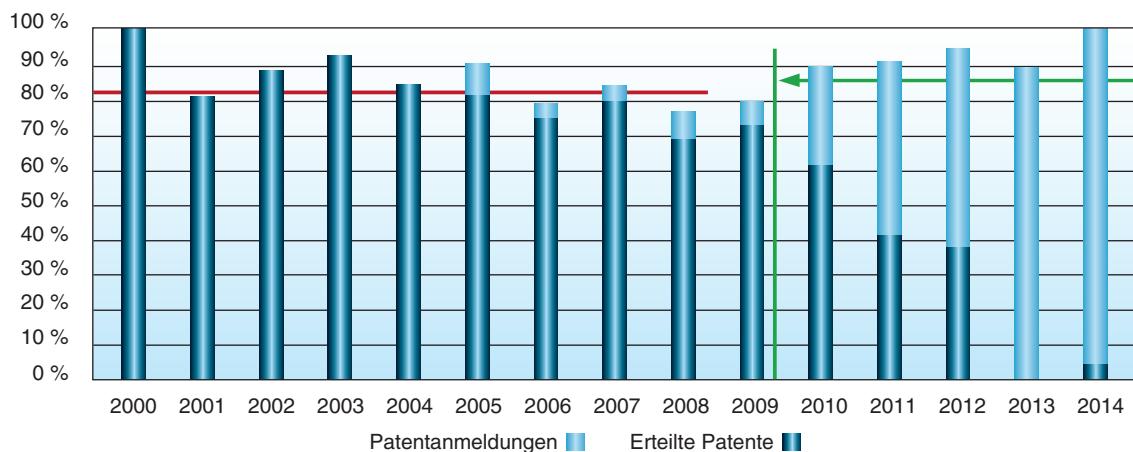


Abb. 1:
Akzeptanzrate der PTB-Anmeldungen bei DPMA und EPA

Technologiebereiche der PTB-Patente

Die Abbildung 2 zeigt die relevanten Themengebiete entsprechend der *International Patent Classification* (IPC). Hiermit wird die gesamte Welt der Technologien und deren funktionaler Anwendungen in einem bis zu 10-stelligen alphanumerischen Code dargestellt. Die Abbildung zeigt den Anteil von PTB-Patenten in der IPC-Hauptklasse.

Die mit einem Stern (*) bezeichneten Kategorien beinhalten die Top-10-IPC-Klassifizierungen des EPA im Jahre 2013, darunter das „Analysieren und Charakterisieren von Stoffen – G01N“. Neben dem Bereich „Messen; Prüfen“ überstreicht das PTB-Patentportfolio eine ganze Bandbreite von Technologien.

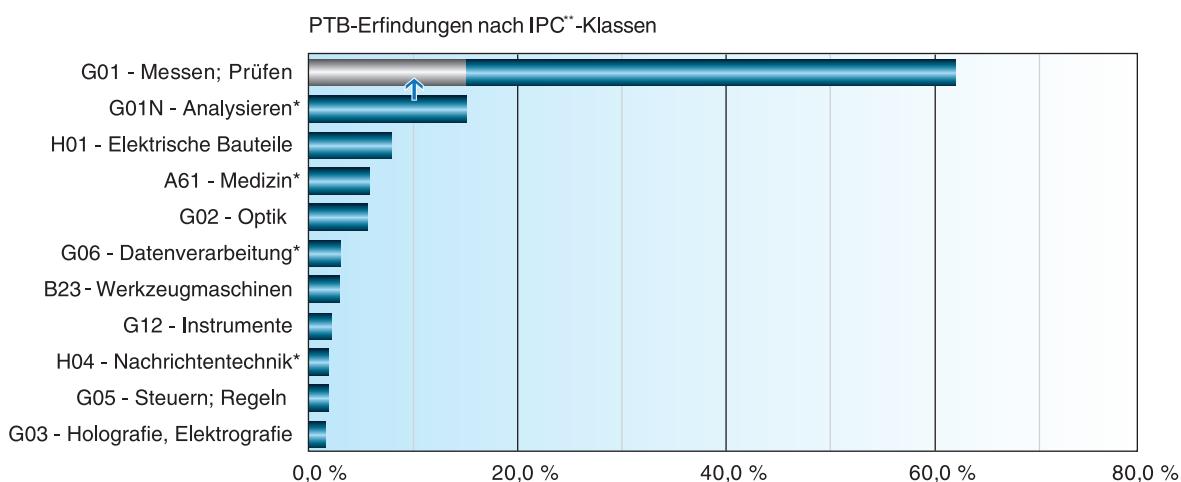


Abb. 2:
Technologiebereiche der PTB-Patente

** IPC – International Patent Classification

Lizenzen der PTB

Bei derzeit 150 aktiven Schutzrechten (Anmeldungen, erteilten Patenten, Urheberrechtsschutz) und einer Verwertungsrate von 35 % hält die PTB über 80 Lizenzverträge. Dies ist in der Abbildung 3 dargestellt. Hier wird in der Aufteilung

nach Firmen deutlich, dass kleine und mittlere Unternehmen (KMU) dominieren und einzelne Firmen mehr als eine Technologie lizenziert haben. Die Schutzrechte werden zu über 60 % an KMU lizenziert.

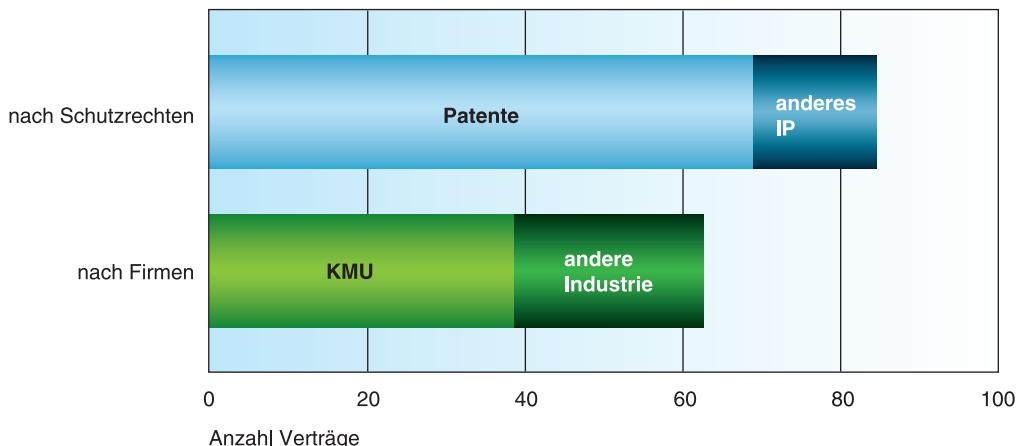


Abb. 3:
oben: Anzahl verwerteter Patente und anderer geistigen Eigentums (*Intellectual Property – IP*),
meist Software und Layout elektronischer Schaltkreise
unten: über 60 % der Schutzrechte werden an KMU lizenziert

Zeitliche Entwicklung von Lizenzeinnahmen und externen Kosten

Die Lizenzverträge der Abbildung 3 führen zu Lizenzeinnahmen, deren zeitliche Entwicklung in der Abbildung 4 dargestellt ist. Den Lizenzeinnahmen stehen die Patentierungskosten, direkte

Gebühren und Kosten für Patentanwälte, gegenüber. Gegenwärtig übertreffen die Lizenzeinnahmen deutlich die externen Patentkosten und die als Motivationsanreiz gezahlte Erfindervergütung von 30 %.

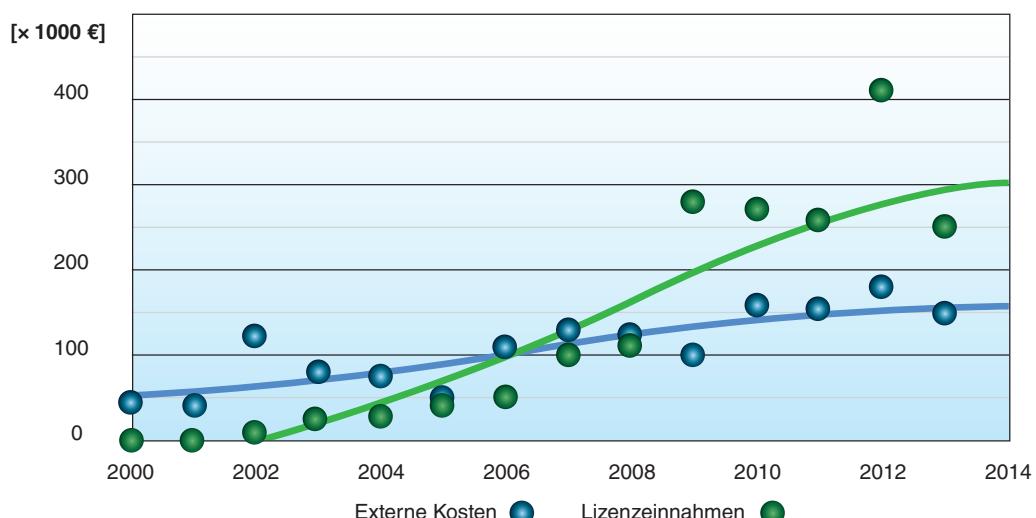


Abb. 4:
Zeitliche Entwicklung von Lizenzeinnahmen und externen Kosten. Nach Beginn einer strukturierten Patentierungsstrategie um 2000 vergingen mehr als fünf Jahre bis zur Erlangung substantieller Einnahmen.



Lorenzkurven der Einkommensungleichheit

Nimmt man die Einnahmen aller Lizenzverträge, die bereits in der Abbildung 3 charakterisiert wurden, für ein spezifisches Jahr, also einen Datenpunkt der Abbildung 4, so ergibt sich eine interessante Darstellung in Form der Lorenzkurve der Abbildung 5. Die Funktion stammt aus der Volkswirtschaftslehre und wird oft zur Quantifizierung ungleicher Einkommensverteilungen genutzt. Zur bekannten physikalischen Lorenz-Verteilung besteht kein Zusammenhang. Der Vorteil der Lorenzkurve besteht darin, dass unterschiedliche Einkommensverteilungen, hier die Lizenzeinnahmen, unabhängig von den Absolutwerten und den gewählten Erhebungintervallen verglichen werden können. Die in der Abbildung 5 für die Einnahmen des Jahres 2013 dargestellte Lorenzkurve entsteht, indem, beginnend mit den kleinsten Einnahmen, jeweils der Anteil an den Gesamteinnahmen berechnet wird.

Im Falle der PTB ist ersichtlich, dass 90 % der Verträge für 30 % der Einnahmen verantwortlich sind, und umgekehrt 10 % der Verträge damit für 70 %. Zum Vergleich sind die Daten einer europäischen Studie [1] über Lizenzeinnahmen aus Universitäten und Forschungseinrichtungen ebenfalls dargestellt, die einen ähnlichen Verlauf nimmt und auch in den Absolutwerten auf ähnlichen

Ergebnissen beruht. Der Verlauf der Lorenzkurve für den Industriebereich [2] zeigt eine noch stärkere – im wirtschaftswissenschaftlichen Terminus „schiefe“ – Verteilung. 90 % der Verträge liefern 8 % der Einnahmen, 10 % die restlichen 92 %. Der Absolutwert ist hier jedoch um drei Größenordnungen höher.

Sämtliche Lizenzeinnahmen aus Universitäten und Forschungseinrichtungen beliefen sich 2011 auf 143 Millionen €, die Daten aus der Industrie für 2008 auf 120 Milliarden € [1, 2].

[1] A. Arundel, F. Barjak, N. Es-Sadki, T. Hüsing, S. Lilischkis, P. Perrett, O. Samuel, (2012); *Respondent Report of the Knowledge Transfer Study (data for 2010)*, European Knowledge Transfer Indicators Survey, Code of Practice Implementation Report, produced by empirica GmbH, Fachhochschule Westschweiz and UNU-MERIT for the European Commission, DG Research and Innovation, available from: <http://www.knowledge-transferstudy.eu> [6 July 2013]

[2] A. Gambardella, H. Harhoff, B. Verspagen, (2008); 'The value of European Patents'. European Management Review (2008) 5, 69–84

Anteil der Einnahmen

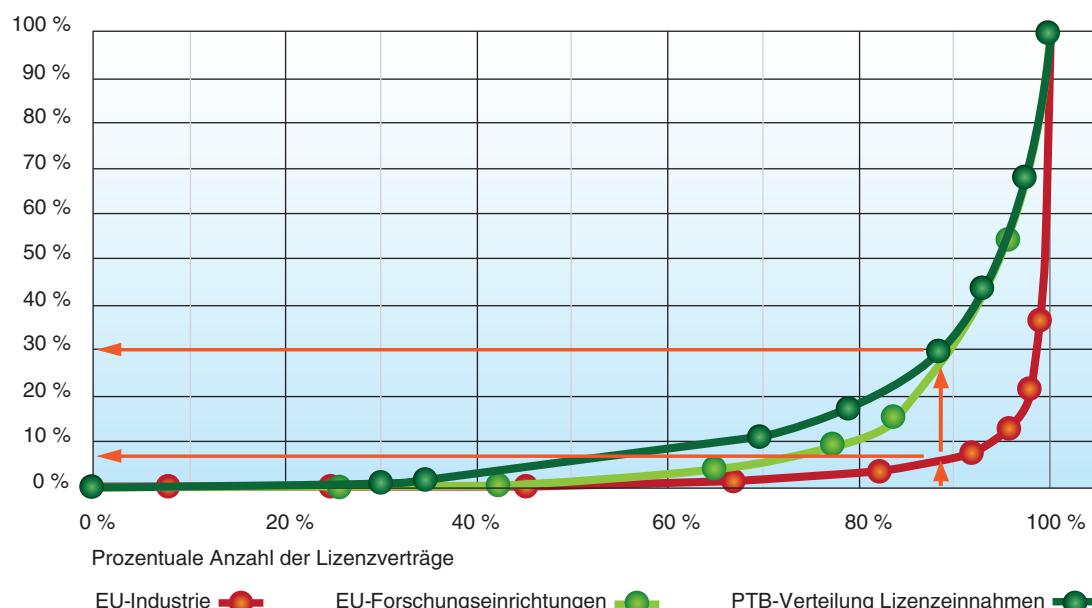


Abb. 5:

Die orangefarbenen Pfeile zeigen an, dass bei PTB und europäischen Forschungseinrichtungen mit 90 % der Verträge nur 30 % des Einkommens generiert wird

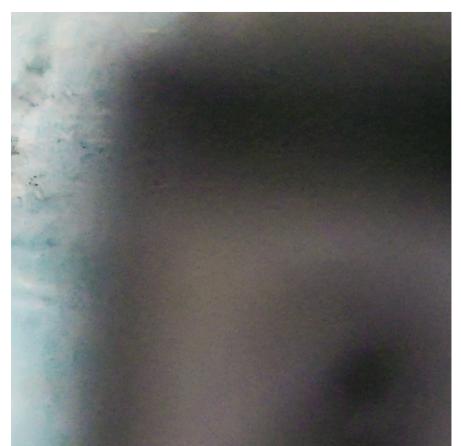
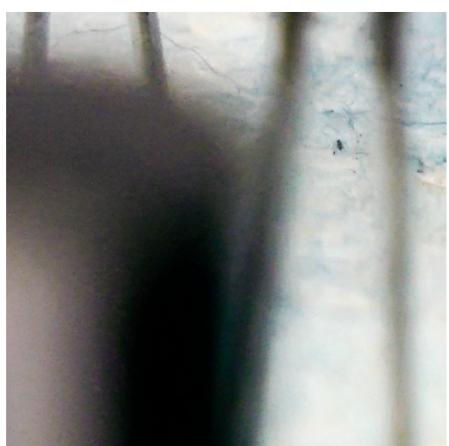
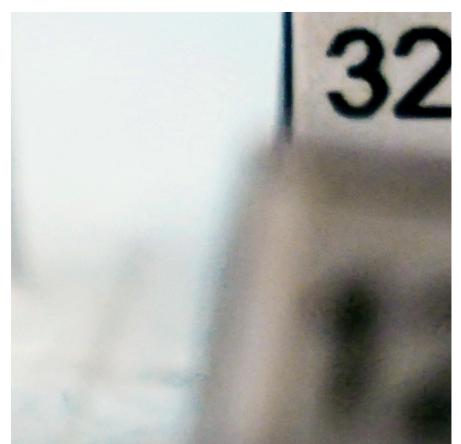
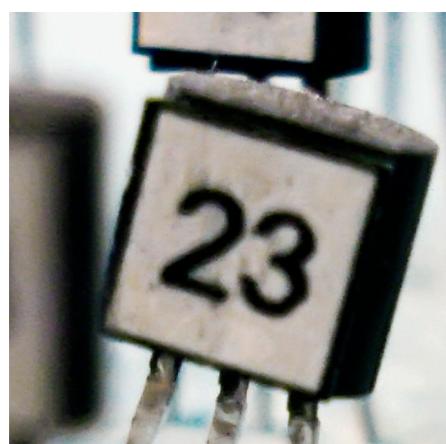
*„Zählen und Messen sind die Grundlagen
der fruchtbarsten, sichersten und genauesten
wissenschaftlichen Methoden, die wir überhaupt kennen.“*

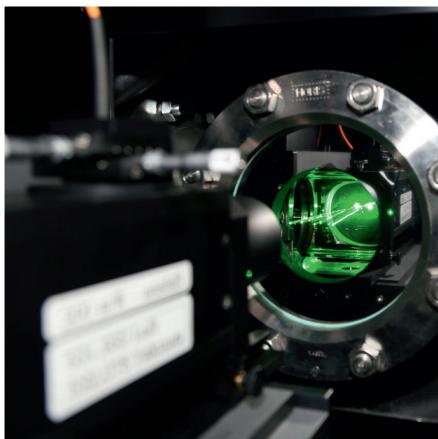
Hermann von Helmholtz (1821–1894),
deutscher Physiker, Physiologe und Gründer der PTR/PTB



Sensorik & Elektronik

Angebote zum Technologietransfer





Messung der Strömungsgeschwindigkeit in einer Rohrleitung
(links: LDA-Sonde, rechts: optischer Zugang)

Vorteile:

- Messverfahren zur Positionsbestimmung des LDA-Messvolumens
- Verringerung der Messunsicherheit bei LDA-Messungen
- Kalibrierung von Durchflusssensoren auch bei hohen Temperaturen und hohem Druck

Durchflusssensoren mittels Laser-Doppler-Anemometrie kalibrieren

Die Laser-Doppler-Anemometrie (LDA) ist ein optisches und daher berührungsloses Verfahren zur Geschwindigkeitsmessung in Flüssigkeiten. Mithilfe der LDA werden Durchflusssensoren kalibriert. Durch das in der PTB entwickelte Verfahren wird die Unsicherheit der Volumenstrombestimmung mittels LDA deutlich reduziert. Das Verfahren ermöglicht die Kalibrierung von Durchflusssensoren selbst bei Bedingungen, bei denen eine Kalibrierung bisher nicht möglich war.

Technische Beschreibung

Bei der LDA werden zwei Laserstrahlen überlagert. Im Kreuzungsbereich entsteht ein Messvolumen, in dem sich ein Interferenzstreifenmuster ausbildet. Innerhalb dieses Messvolumens werden Strömungsgeschwindigkeiten erfasst. Für die Anwendung der LDA ist es unbedingt erforderlich, den Interferenzstreifenabstand, die Größe und die Position des Messvolumens zu bestimmen. Bisher konnte der Interferenzstreifenabstand nur im Labor bestimmt werden. Ein Messverfahren zur Positionsbestimmung existierte nicht.

Mit dem neu entwickelten Verfahren können diese Parameter erstmals direkt am Messort erfasst werden. Dazu werden die Laserstrahlen mithilfe eines Positioniersystems über ein Target, z. B. eine Markierung auf dem optischen Zugang, verfahren und dabei das vom Target rückgestreute Licht detektiert. Aus der Leistung des rückgestreuten Lichtes wird der Strahlverlauf der interferierenden Laserstrahlen rekonstruiert und der Interferenzstreifenabstand, die Position und die Größe des Messvolumens bestimmt.

Anwendung

Das Verfahren findet in der Volumenstrommessung bei Flüssigkeiten Verwendung. Mithilfe der LDA können Durchflusssensoren, die z. B. im Kraftwerksbereich Anwendung finden, bei Temperaturen bis 230 °C und einem Druck bis 40 bar kalibriert werden.

Wirtschaftliche Bedeutung

Durch das Verfahren zur Vermessung der Laserstrahlen an einem Target wird die Unsicherheit des LDA-Messverfahrens deutlich reduziert. Davon profitieren vor allem Hersteller und Dienstleister im Bereich der LDA durch eine Verbesserung ihrer Produkte und Angebote. Weiterhin können Kraftwerksbetreiber durch Kalibrierung ihrer Durchflusssensoren eine geringere Unsicherheit bei der Volumenstrommessung erreichen, wodurch der Kraftwerkswirkungsgrad verbessert werden kann.

Ansprechpartner:

Dr. Bernhard Smandek
Beauftragter für Technologietransfer
Telefon: +49 531 592-8303
Telefax: +49 531 592-69-8303
E-Mail: bernhard.smandek@ptb.de

Markus Juling
Arbeitsgruppe
Neue Verfahren der
Wärmemengenmessung

www.technologietransfer.ptb.de

PTB-Nummer 0375

Entwicklungsstand

Das System wurde ausführlich auf Laborebene getestet.
Eine deutsche Patentanmeldung ist anhängig.

Verfahren zur Online-Kalibrierung eines Stereo-Particle-Image-Velocimetry-Systems

Zur Messung von Geschwindigkeitsverteilungen strömender Fluide werden laseroptische Messsysteme verwendet. Sie können rückwirkungsfrei und mit hoher Genauigkeit Strömungszustände erfassen. Eine hohe Bedeutung wird dabei der *Stereo Particle Image Velocimetry* (SPIV) zugeschrieben. Mit ihr ist es möglich, alle drei Strömungskomponenten eines Strömungszustandes über einen großen Bereich gleichzeitig zu erfassen.

Technische Beschreibung

Bei dieser Messtechnik handelt es sich um ein bildgebendes Verfahren. Um eine reale Geschwindigkeit zu erfassen, muss eine Übertragung der Pixelkoordinaten in reale physikalische Koordinaten stattfinden. Dieser Übertrag wird Kamerakalibrierung genannt.

Bisher wurde diese Kalibrierung mit einem Target vorgenommen. Auf das Target, meist eine Platte oder ähnliches, werden mittels genau festgelegter Koordinaten Markierungen in definierten Abständen aufgebracht, dann wird es in die Messebene eingebracht. Mithilfe des neuen PTB-Verfahrens werden diese Markierungen mit einem Laser von außen platziert, wodurch das Einbringen eines Targets überflüssig wird.

Anwendung

Die Online-Kalibrierung kann überall dort genutzt werden, wo der Messbereich schwer zugänglich ist, wie z. B. in geschlossenen Rohrleitungen oder anderen geschlossenen Systemen, in denen ein Kalibrier-target nur mit großem Aufwand eingebracht werden kann. Darüber hinaus können Systeme *in situ* kalibriert werden.

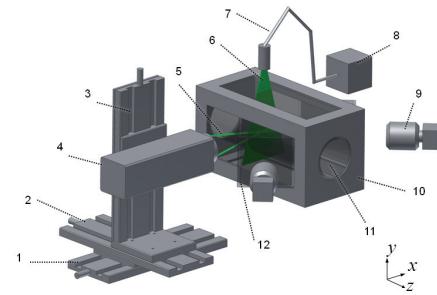
Wirtschaftliche Bedeutung

Die Messung von Geschwindigkeitsverteilungen und Strömungszuständen hat in vielen industriellen Bereichen große Bedeutung. So können strömungsführende Teile optimiert oder Fehler konventioneller Messgeräte bestimmt werden.

Das neue Verfahren zur Online-Kalibrierung erschließt Anwendungsbereiche für PIV-Messungen, die vorher nicht oder nur mit großem technischen Aufwand durchgeführt werden konnten.

Entwicklungsstand

Das System wurde ausführlich auf Laborebene getestet. Eine deutsche Patentanmeldung ist anhängig.



Aufbau des Gesamtsystems:

- 1, 2, 3: Lineartische
- 4: Laser-Doppler-Velocimetry(LDV)-Sonde
- 5: LDV-Laserstrahlen
- 6: Particle-Imaging-Velocimetry(PIV)-Lichtschnitt
- 7: PIV-Lichtarm
- 8: PIV-Laser
- 9: PIV-Kamera
- 10: Optischer Zugang
- 11: Glasrohr

Vorteile:

- Geringer Zeitaufwand
- Höchste Genauigkeit
- Neue Anwendungsbereiche

Ansprechpartner:

Dr. Bernhard Smandek
Beauftragter für Technologietransfer
Telefon: +49 531 592-8303
Telefax: +49 531 592-69-8303
E-Mail: bernhard.smandek@ptb.de

Dr. Thomas Eichler
Arbeitsgruppe
Neue Verfahren der
Wärmemengenmessung

www.technologietransfer.ptb.de

PTB-Nummer 0380



Halbleiter-Neutronenmonitor für gepulste Strahlenfelder mit Moderatorkugel

Vorteile:

- Prädestiniert für gepulste Strahlenfelder
- Kleiner Neutronendetektor auf Halbleiterbasis
- n°/γ-Diskriminierung
- Geringe Totzeit
- Elektronische Auswertung leicht miniaturisierbar

Neutronenmonitor für gepulste Strahlenfelder

Gepulste Strahlenfelder, wie sie in der Grundlagenforschung, bei Synchrotronstrahlung oder medizinischen Beschleunigern auftreten, stellen neue Herausforderungen an die Dosimetrie. Mit dem Dosimeter der PTB steht jetzt erstmals ein elektronischer Strahlungsmesser mit hoher Isotropie, geringer Totzeit und damit hoher metrologischer Güte für gepulste Neutronenfelder zur Verfügung.

Technische Beschreibung

Die genaue Dosimetrie gepulster Neutronenstrahlung ist besonders anspruchsvoll, da hohe Strahlungsdichten während des Pulses die Detektoren in die Sättigung treiben. Die Folge ist eine Unterschätzung dieser Strahlungsart mit hoher biologischer Wirksamkeit – ein im Strahlenschutz höchst unerwünschter Effekt. Des Weiteren ist eine saubere Diskriminierung gegen γ-Strahlung zur Bestimmung der gesamten biologischen Wirksamkeit beider Strahlungsarten notwendig.

Die PTB-Lösung besteht aus vier Detektormodulen auf Halbleiterbasis, die durch geeignete Auswahl von neutronenaktivierbaren und gering neutronenaktivierbaren Substanzen eine Strahlungsdiskriminierung ermöglichen.

Durch die Verwendung von Halbleiterdetektoren wird das Setzen einer Schwelle zur γ-Diskriminierung überhaupt erst möglich. Indem diese 2 × 2-Halbleiterdetektoren durch speziell ausgewählte Metallbleche bedeckt sind, wird zum einen eine n°/γ-Diskriminierung möglich, zum anderen wird durch die Art der Legierung die Aktivierung in den für direkt anzeigende Dosimeter relevanten Sekundenbereich verschoben. Die Abschattung ist gering und führt zu einer verbesserten Isotropie der Strahlungsmessung. Damit steht ein direkt auslesender, kleiner Sensor zur Verfügung, der leicht mittig in den dargestellten Moderator (s. Abb.) eingebracht werden kann.

Anwendung

Für die Verbesserung der Dosimetrie in allen Arten von gepulsten, gemischten n°/γ-Strahlenfeldern geeignet.

Wirtschaftliche Bedeutung

Elektronensynchrotrons, Elementarteilchen- und Ionenbeschleuniger werden zunehmend wichtiger für Therapie, Materialanalyse oder -aktivierung und in der Lithografie. Insofern ihre Sekundärstrahlung Neutronen enthält, gewinnt deren korrekte Dosimetrie zunehmend Bedeutung.

Entwicklungsstand

Die Technologie ist unter DE 10 2008 050 731 A1 zum deutschen Patent angemeldet worden. Eine europäische Anmeldung ist anhängig, ein US-Patent wurde unter US 8,642,971 B2 erteilt.

Ansprechpartner:

Dr. Bernhard Smandek
Beauftragter für Technologietransfer
Telefon: +49 531 592-8303
Telefax: +49 531 592-69-8303
E-Mail: bernhard.smandek@ptb.de

Dr. Marlies Luszik-Bhadra
Arbeitsgruppe
Neutronendosimetrie

www.technologietransfer.ptb.de

PTB-Nummer 0215

Dosimeter für kleine Strahlungsfelder

Für strahlentherapeutische Beschleuniger existiert erstmals ein patentiertes Konzept, mit dem Referenzdosismessungen trotz kleinsten Kammerabmessungen in wenigen Sekunden Messzeit pro Punkt möglich werden. Aufgrund der zusätzlich erhaltenen mikrodosimetrischen Information können zukünftig Aussagen über die relative biologische Wirksamkeit für die Behandlung von Patienten gemacht werden.

Technische Beschreibung

Das Konzept enthält die pulsaufgelöste Auswertung von Detektoren, um auch bei sehr kleiner Sensitivität den Abzug eines ungewollten Signals in Zuleitungen, Verbindungen und Auswerteelektronik zu ermöglichen.

Das Signal einer oder mehrerer luftgefüllter Ionisationskammern mit nur 1 mm^3 Luftvolumen reicht zur genauen Dosisbestimmung aus. Bei nur 5 Sekunden Messzeit im Dosismaximum eines typischen Teletherapiegerätes kann das Signal auf 0,1 % und die durchschnittliche Anzahl erzeugter Ionenpaare im Detektor je wechselwirkenden Primärstrahlungsteilchen auf 6 % bestimmt werden (Mikrodosimetrie).

Anwendung

Strahlentherapie mit Beschleunigern wird als Standardbehandlung von Krebs in Krankenhäusern eingesetzt. Sie dürfen nur unter strenger Kontrolle mit täglichen/wöchentlichen Kontroll- und Kalibriermessungen betrieben werden. Moderne Behandlungsmethoden (z. B. IMRT, Protonentherapie) benutzen kleine und unregelmäßige Feldkonturen, die durch Mehrfachüberlagerung eine möglichst volumenkonforme Behandlung ermöglichen. Aufgrund der steilen Feldgradienten und fehlendem Sekundärelektronengleichgewicht sind herkömmliche Sonden nur bedingt zur Dosisbestimmung geeignet. Insbesondere bei der Schwerionentherapie ist die RBW der Strahlung stark tiefenabhängig und wird bisher nur rechnerisch berücksichtigt. Mit dem vorgeschlagenen Dosimeter ist es möglich, diese Beschränkungen aufzuheben.

Wirtschaftliche Bedeutung

Allein in Deutschland gibt es ca. 250 Behandlungszentren mit 500 Bestrahlungseinrichtungen in der Teletherapie, an denen ca. 250 000 neuerkrankte Patienten im Jahr behandelt werden.

Entwicklungsstand

Versuche an gepulsten Strahlquellen in der PTB brachten den Nachweis des deutlich verbesserten Signal-Rausch-Verhältnisses. Erste Ergebnisse wurden auf einer Fachkonferenz präsentiert und veröffentlicht. Unter der Nummer DE 10 2009 018 335 B3 wurde ein Patent erteilt. Eine US-Anmeldung ist anhängig.



Belüftete Ionisationskammern mit aktivem Volumen von 1 mm^3 werden in gepulsten Strahlungsfeldern benutzt. Einzelpulsdosen von 0,2 mGy können mit statistischer Abweichung von 1 % bestimmt werden.

Vorteile:

- Abmessungen um 1 mm^3
- Nahezu wasseräquivalent
- Dadurch nahezu ungestörte Strahlungsfelder
- Gleichzeitige Messung von Dosis, mikrodosimetrischen Größen und spektraler Information

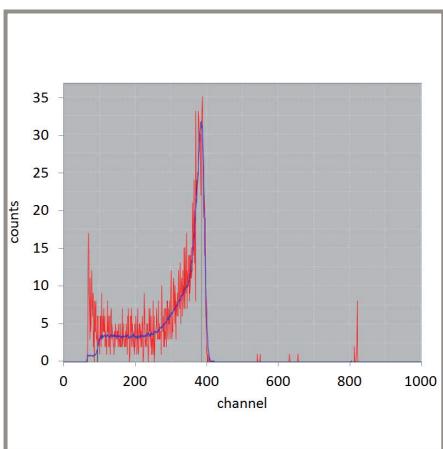
Ansprechpartner:

Dr. Bernhard Smandek
Beauftragter für Technologietransfer
Telefon: +49 531 592-8303
Telefax: +49 531 592-69-8303
E-Mail: bernhard.smandek@ptb.de

Dr. Jens Illemann
Arbeitsgruppe
Multisensor-Koordinatenmesstechnik

www.technologietransfer.ptb.de

PTB-Nummer 0230



Impulshöhenverteilung, die durch Neutronen im Detektor unter typischen Messbedingungen in der Umgebungsdosimetrie erzeugt wird (rot). Aus der Abweichung von einer Impulshöhenverteilung, die unter Laborbedingungen gemessen wurde (blau), können Messsignale erkannt werden, die nicht durch Neutronenstrahlung verursacht wurden.

Vorteile:

- Unterscheidung zwischen Neutronenstrahlung natürlichen und künstlichen Ursprungs
- Erhöhte Messgenauigkeit
- Geringere Störanfälligkeit
- Vermeidet aufwendige Zusatzuntersuchungen

Ansprechpartner:

Dr. Bernhard Smandek
Beauftragter für Technologietransfer
Telefon: +49 531 592-8303
Telefax: +49 531 592-69-8303
E-Mail: bernhard.smandek@ptb.de

Dr. Helmut Schuhmacher
Fachbereich
Ionen- und Neutronenstrahlung

www.technologietransfer.ptb.de

PTB-Nummer 0358

Umgebungsüberwachung von Neutronenstrahlung

Die Umgebungsüberwachung von Anlagen und Einrichtungen, die ionisierende Strahlung erzeugen (Kerntechnik, Medizin, Forschung), erfordert die Messung der Umgebungs-Äquivalentdosis aller Komponenten ionisierender Strahlung außerhalb der Anlage, wie zum Beispiel am Zaun des Betriebsgeländes. Die hierfür eingesetzten Geräte müssen zwischen Strahlung natürlichen und künstlichen Ursprungs unterscheiden und der Einfluss von Störungen auf den Messwert muss vernachlässigbar sein. Eine neue Entwicklung der PTB stellt sich diesen hohen Anforderungen der Messtechnik.

Technische Beschreibung

Das Messverfahren nutzt das bekannte Prinzip eines sogenannten Moderators, in dem Neutronen abgebremst und dann im Moderator mithilfe eines geeigneten Detektors nachgewiesen werden. Die Neuentwicklung führt zu einem Messgerät, dessen Ansprechvermögen so bemessen ist, dass die Anzeige durch natürliche Neutronenstrahlung so weit wie möglich verringert wird. Weiterhin wird der Einfluss von Störungen auf das Messergebnis begrenzt, weil verschiedene physikalische Gesetzmäßigkeiten genutzt werden, um Störungen eigenständig zu erkennen und zu korrigieren. Bei diesen Gesetzmäßigkeiten handelt es sich um die Impulshöhenverteilung der von Neutronen induzierten Messsignale (siehe Abbildung) und um die zeitliche Abfolge der Messsignale. Weiterhin werden die Intensität natürlicher Neutronenstrahlung und deren zeitliche Schwankung berücksichtigt und eigenständig korrigiert.

Anwendung

Das Gerät erlaubt die Umgebungsüberwachung für Neutronenstrahlung, bei der die zu überwachenden Dosiswerte im Bereich der natürlichen kosmischen Hintergrundstrahlung liegen. Die im Messgerät integrierte intelligente Datenanalyse führt zu einer deutlichen Verbesserung der Messgenauigkeit und zu deutlich geringerer Störanfälligkeit. Im Gegensatz zur Nutzung herkömmlicher Geräte sind zur Unterscheidung zwischen künstlicher und natürlicher Strahlung weder zusätzliche Untersuchungen noch umfangreiche Fachkenntnis erforderlich.

Wirtschaftliche Bedeutung

Weltweit sind sehr viele Anlagen im Betrieb, die bezüglich der Emission ionisierender Strahlung überwacht werden. Somit hat ein solches System auch für den Export eine hohe Relevanz.

Entwicklungsstand

Das System wurde ausführlich auf Laborebene getestet. Ein deutsches Patent wurde unter DE 10 2013 220 280 erteilt.

Strahlungsdetektoren exakt in Wasserphantomen positioniert

Im medizinischen Bereich eingesetzte Strahlungsdetektoren müssen beim Hersteller und später im Krankenhaus regelmäßig mit Wasserphantomen kalibriert werden. Der Behandlungserfolg hängt dabei entscheidend von der Qualität der Dosimetrie ab.

Der Berührungs punkt der Wasseroberfläche, die Distanz zum Detektionspunkt oder aber die Ausrichtung der Sonde auf der Strahlachse müssen so genau wie möglich bestimmt werden. Für diese wichtige Aufgabe stellt die PTB jetzt ein Messsystem bereit, das erstmalig objektive und zugleich präzise Ergebnisse bietet.

Technische Beschreibung

Bei tausenden Teilchenbeschleunigern, die weltweit für die Tumorthерапie eingesetzt werden, sind derzeit keine Systeme mit rückführbarer Positioniereinrichtung erhältlich. Einige Parameter der Kalibrierung werden daher nur durch den subjektiven Eindruck des Anwenders bestimmt. Mit dem neuen Taster der PTB können nun jedoch alle relevanten Parameter objektiv bestimmt werden. Durch den präzisen Dreipunkt-Halter, der auf der Innenfläche der Phantomwand einrastet, ist die korrekte Ausrichtung des Tasters auf der Strahlachse gewährleistet. Wird die zu positionierende Ionisationskammer nun langsam in Richtung Tastspitze bewegt, signalisiert die integrierte Auswerteeinheit das Erreichen der Sollposition mit einer Messunsicherheit, die kleiner als $\pm 0,01$ mm ist.

Anwendung

Durch die kompakte Bauweise des neuen PTB-Systems können Strahlungsdetektoren vor Ort zuverlässig und genau kalibriert werden. Die einfache Rückführung des Gerätes auf SI-Einheiten kann sogar beim Hersteller selbst erfolgen.

Wirtschaftliche Bedeutung

Das vorgestellte System ist für alle Hersteller von Strahlentherapie- und -diagnosesystemen interessant, da die Messgenauigkeit der Kalibrierparameter und somit die Qualität der Dosimetrie mit geringem Aufwand erheblich verbessert wird.

Entwicklungsstand

Unter der Nummer DE 10 2010 054 995 B3 wurde ein Patent erteilt. In der PTB werden seit einiger Zeit bereits erfolgreich Prototypen zur Abtastung eingesetzt.



Das neue Positionierungssystem

Vorteile:

- Präzise Kalibrierung der Strahlungsdetektoren
- Rückführbar
- Optimale Ausrichtung auf der Strahlachse

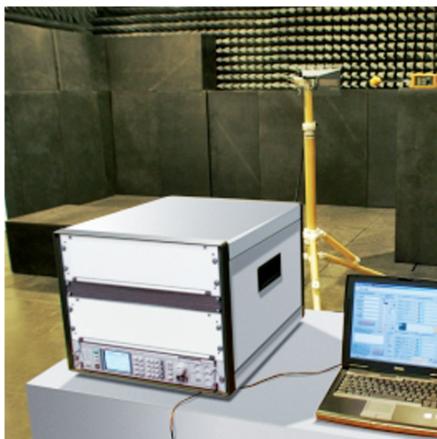
Ansprechpartner:

Dr. Bernhard Smandek
Beauftragter für Technologietransfer
Telefon: +49 531 592-8303
Telefax: +49 531 592-69-8303
E-Mail: bernhard.smandek@ptb.de

Christoph Makowski
Arbeitsgruppe
Hochenergetische Photonen-
und Elektronenstrahlung

www.technologietransfer.ptb.de

PTB-Nummer 0267



Vor-Ort-Prüfsystem im Laboreinsatz

Vorteile:

- Mobile EMV-Messung
- Einfache Bedienung
- 27 MHz bis 6 GHz
- Kurze Messzeiten
(ca. 1 Minute)
- Software mit Protokollfunktion

EMV-Vor-Ort-Prüfsystem

Die Prüfung der elektromagnetischen Verträglichkeit (EMV) wird gewöhnlich in speziellen stationären Prüflaboren durchgeführt. Die neue Entwicklung der PTB ermöglicht nun erstmals eine EMV-Überprüfung von Komponenten und Systemen im mobilen Einsatz.

Das neue Vor-Ort-Prüfsystem zeichnet sich durch seine einfache Bedienung und kurze Messzeiten aus. Durch die Verwendung von verschiedenen Trägerfrequenzen ist es möglich, alle denkbaren praktisch relevanten Störquellen zu simulieren.

Technische Beschreibung

Komplexe, fest installierte Messsysteme, wie zum Beispiel Plattformwaagen für ganze Lastkraftwagen, werden häufig vor Ort aus einzelnen Modulen zusammengebaut. Die Festigkeit der ganzen Anlage, hinsichtlich elektromagnetischer Störeinwirkungen, konnte bisher oft nur anhand der EMV-Untersuchungen der einzelnen Module abgeleitet werden. Das mobile System der PTB ermöglicht nun erstmalig die korrekte Überprüfung von komplexen Messsystemen *in situ* in Bezug auf EMV-Konformität.

Dabei können für die unterschiedlichen Einsatzbereiche 11 Frequenzen (von ca. 27 MHz bis zu 6 GHz) zur Störfestigkeitsuntersuchung ausgewählt werden. Diese amplitudenmodulierten Signale simulieren die möglichen aktuell vorkommenden Störquellen, die Frequenzen wurden von der Bundesnetzagentur für den beschränkten Testbetrieb freigegeben. Über verschiedene Antennen wird in einminütigen Messungen pro Frequenz die Störanfälligkeit vor Ort überprüft. Durch die Bedienungsfreundlichkeit des Systems kann diese Kontrolle sogar ohne speziell geschultes Personal durchgeführt werden.

Anwendung

Das Prüfsystem findet in sämtlichen Bereichen Anwendung, in denen EMV-Untersuchungen *in situ* durchgeführt werden müssen. Daher ist es besonders für Eichbehörden und EMV-Labore, die mit der einfachen Vor-Ort-Überprüfung ein neues Marktsegment erreichen, von Bedeutung.

Wirtschaftliche Bedeutung

Durch das Vor-Ort-Prüfverfahren kann überprüft werden, ob auch größere Anlagen wirklich EMV-störunanfällig sind. Durch den zusätzlichen flexiblen Einsatz als mobiles Messgerät lässt sich das Vor-Ort-Prüfsystem auch in größeren Entwicklungsabteilungen zielgerichtet einsetzen.

Ansprechpartner:

Andreas Barthel
Innovationsmanager
Telefon: +49 531 592-8307
Telefax: +49 531 592-69-8307
E-Mail: andreas.barthel@ptb.de

Dr. Thorsten Schrader
Fachbereich
Hochfrequenz und Felder

www.technologietransfer.ptb.de

PTB-Nummer 0189

Entwicklungsstand

Ein getesteter Prototyp befindet sich in der PTB im Einsatz. Für das Verfahren wurde unter DE 10 2007 058 999 B4 ein Patent erteilt.

Methode zur Kalibrierung vektorieller Netzwerkanalysatoren mit konnektorfremden Kalibrierstandards

Vektorielle Netzwerkanalysatoren (VNA) werden in der Hochfrequenztechnik zur breitbandigen Vermessung der Übertragungscharakteristik von passiven und aktiven Bauelementen im Frequenzbereich der Mikrowellen und Millimeterwellen eingesetzt. Durch die neue PTB-Methode wird die Kompatibilität verschiedener Konnektorsysteme geschickt ausgenutzt, auftretende Diskontinuitätseffekte werden kompensiert.

Technische Beschreibung

Dabei erfolgt die Verbindung zwischen VNA und Messobjekt in der Regel über koaxiale Messkabel, an deren Enden sich zum Messobjekt passende, koaxiale Konnektoren befinden. Hierfür gibt es für verschiedene Frequenzbereiche unterschiedliche Bauformen, von denen jeweils zwei Systeme mechanisch miteinander kompatibel sind (PC 3,5 mm und PC 2,92 mm sowie PC 2,4 mm und PC 1,85 mm).

Bei der vor jeder Messung durchzuführenden Kalibrierung eines Netzwerkanalysators werden mehrere Kalibrierstandards angeschlossen (z. B. OPEN, SHORT, MATCH) und vom VNA vermessen.

Während bisher die Kalibrierung grundsätzlich mit Kalibrierstandards des im Vergleich zum Kabelende identischen Konnektorsystems durchgeführt wurde, nutzt die vorliegende Methode die mechanische Kompatibilität der Systeme aus und kompensiert die dabei auftretenden Felddiskontinuitätseffekte, indem sie bei der Modellierung der Kalibrierstandards berücksichtigt werden.

Anwendung

Die Kalibermethode ist überall dort anwendbar, wo die Kalibrierung von Messtoren mit unterschiedlichen, mechanisch kompatiblen, koaxialen Wellenleitersystemen durchgeführt wird.

Wirtschaftliche Bedeutung

Durch die Anwendung der Kalibermethode halbiert sich die Anzahl der notwendigen Kalibrierkits, um Messungen in den mechanisch zueinander kompatiblen Konnektorsystemen durchzuführen.

Entwicklungsstand

Die Kalibermethode wurde ausführlich auf Laborebene getestet und ergab im Vergleich zur Kalibrierung mit Kalibrierkits des jeweiligen koaxialen Wellenleitersystems vergleichbare Messergebnisse. Lizenzen für die Nutzung dieser neuen Methode sind verfügbar.



Koaxiale Kalibrierstandards zur Kalibrierung vektorieller Netzwerkanalysatoren

Vorteile:

- Nur jeweils ein Kalibrierkit für mechanisch kompatible Konnektorsysteme erforderlich
- Auftretende Felddiskontinuitätseffekte werden kompensiert

Ansprechpartner:

Dr. Bernhard Smandek
Beauftragter für Technologietransfer
Telefon: +49 531 592-8303
Telefax: +49 531 592-69-8303
E-Mail: bernhard.smandek@ptb.de

Dr.-Ing. Rolf Judaschke
Arbeitsgruppe
Hochfrequenzmesstechnik

www.technologietransfer.ptb.de

PTB-Nummer 0335



oben: geringstmögliches Rauschen durch selektierte Feldeffekttransistoren
unten: Prototyp des Verstärkers

Vorteile:

- Ultra-rauscharm
- In vielen Anwendungen der Tiefsttemperatur-Physik und Metrologie einsetzbar

Ansprechpartner:

Andreas Barthel
Innovationsmanager
Telefon: +49 531 592-8307
Telefax: +49 531 592-69-8307
E-Mail: andreas.barthel@ptb.de

Dr. Günther Ramm
Arbeitsgruppe
Verhältnismessungen
und Abtastverfahren

www.technologietransfer.ptb.de

PTB-Nummer 0290

Ultra-rauscharmer Vorverstärker

Messungen mit minimalen Unsicherheiten? Kein Problem mit dem ultra-rauscharmen Vorverstärker der PTB. Die Auflösung beim Vergleich von Impedanz-Normalen kann deutlich verbessert werden. Besonders interessant: Die Anforderungen sind individuell auf den jeweiligen Messprozess abstimmbar.

Technische Beschreibung

Rauscharme Vorverstärker werden in allen präzisen Wechselstrombrücken benötigt. Zur Reduktion dieses Rauscheinflusses wurde ein ultra-rauscharmer Vorverstärker entwickelt. Er zeichnet sich durch die Parallelschaltung mehrerer selektierter Feldeffekttransistoren am Eingang aus, die geringstmögliche Rauschstrom- und Spannungswerte besitzen.

Darüber hinaus wird bei der Eingangsstufe ein Schaltungsaufbau verwendet, der neben einer stabilen Ruhestromerzeugung der Eingangstransistoren auch deren Drainwiderstand dynamisch vergrößert. Damit erfolgt eine optimale Rauschanpassung der Vorstufe an die Hauptstufe, wodurch geringstmögliche Rauschdaten gewährleistet werden können. Ein optimiertes Rückkopplungsnetzwerk stellt eine stabile Verstärkung ein.

Anwendung

Dieses neuartige Schaltungskonzept führt zu der bisher nicht erreichten Kombination einer Eingangrauschspannung unter 0,5 nV und eines Eingangrauschstroms unter 5 fA bei einer Eingangsimpedanz von 1 GΩ parallel zu etwa 100 pF (angegeben für eine Rauschbandbreite von 1 Hz bei 1 kHz Messfrequenz).

Wirtschaftliche Bedeutung

Das Verfahren ist bei der Messung kleinsten AC-Spannungen einsetzbar, wie es z. B. bei der Kalibrierung von Impedanzen mit Quanten-Hall-Widerständen erforderlich ist. Zudem führt das Verfahren speziell in Bereichen, in denen kleinste Messsignale im Rauschen detektiert werden müssen, zu deutlich verbesserten Ergebnissen. Es ist daher besonders im Bereich der Forschung und Entwicklung interessant.

Anwendungen sind auch im Bereich nationaler Metrologieinstitute zu finden, die ihre Messergebnisse und Kalibrierwerte in die Industrie transferieren.

Entwicklungsstand

Erste Prototypen des ultra-rauscharmen Vorverstärkers befinden sich erfolgreich in der PTB im Einsatz und beweisen die Zuverlässigkeit und Genauigkeit des neuartigen Schaltungskonzepts.

Lizenzen für die Nutzung des neuen Systems sind verfügbar.

Dynamisches Brückennormal für die DMS-Messtechnik

Präzises Messen und Kalibrieren dynamischer mechanischer Größen stellt neue Anforderungen an die Messtechnik. Das neuartige Brückennormal ermöglicht erstmals die Kalibrierung von Messverstärkern für praktisch jeden zeitlich veränderbaren Spannungsverlauf bis in den kHz-Bereich, was insbesondere in der Kraft- und Drehmomentmessung auf einen hohen Marktbedarf stößt.

Technische Beschreibung

Für Kraft-, Druck- sowie weitere Messungen mechanischer Größen werden Sensoren wie z. B. Dehnungsmessstreifen (DMS) und zugehörige Messverstärker eingesetzt. Nicht nur die Sensoren, sondern auch die Messverstärker müssen hinsichtlich der Verstärkungsfaktoren und Linearität kalibriert werden. Im zeitlich veränderlichen (dynamischen) Betrieb stieß man bei der Kalibrierung bislang an Grenzen, da die benutzten Normalen Spannungsverhältnisse nur statisch und bei einigen ausgewählten, diskreten Werten darstellen konnten.

- Das neuartige dynamische Brückennormal wird anstelle des Sensors an den Messverstärker angeschlossen.
- Über programmierbare, multiplizierende Digital-Analog-Konverter (MDACs) mit nachgeschalteten Spannungsteilern wird die vom Brückennormal generierte Brückenverstimmung in 0,002 mV/V-Schritten synthetisiert und als Messgröße dem Messverstärker zugeführt.
- Dadurch können statische bzw. nach einem einstellbaren Zeitintervall zeitlich kontinuierliche oder stoßförmige Spannungsverläufe bis in den kHz-Bereich erzeugt werden.

Anwendung

Das Anwendungsspektrum der dynamischen Kraft- und Drehmomentmessung liegt in der Bauteil- und Materialprüfung, bei Crashtests und Motor-Leistungsprüfungen der Automobilindustrie, in der automatisierten Verschraubung in Montagelinien sowie der Entwicklung und Qualitätssicherung von Kraftaufnehmern.

Wirtschaftliche Bedeutung

Die Messung dynamischer Kräfte und Drehmomente war über lange Zeit ein unbeachtetes Feld der Präzisionsmesstechnik. Nichtsdestoweniger macht eine steigende Nachfrage durch steigende Qualitätsanforderungen in der industriellen Anwendung die genaue Kalibrierung unausweichlich. Durch das neue Brückennormal kann zukünftig die Kalibrierung der Messverstärker für verschiedene Sensoren und somit Anwendungen auch im dynamischen Betrieb erfolgen.

Entwicklungsstand

Ein erstes Gerät dieser Bauart befindet sich in der PTB erfolgreich im Einsatz. Lizenzen für dieses neuartige Brückennormal sind verfügbar.



Das dynamische Brückennormal simuliert das dynamische Verhalten von DMS-Brücken und dient der Kalibrierung von Messverstärkern

Vorteile:

- Simulation des dynamischen Verhaltens
- Statische und dynamische Kalibrierung bis in den kHz-Bereich
- Beliebige Spannungsverläufe sind einstellbar (z.B. Impuls)
- Adaption an Gleich- und Wechselspannungen

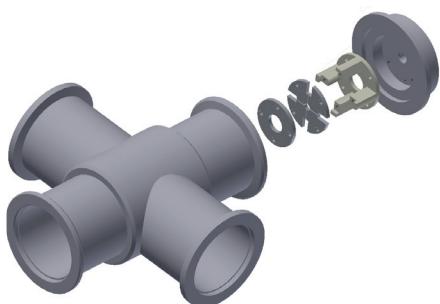
Ansprechpartner:

Andreas Barthel
Innovationsmanager
Telefon: +49 531 592-8307
Telefax: +49 531 592-69-8307
E-Mail: andreas.barthel@ptb.de

Dr. Günther Ramm
Arbeitsgruppe
Verhältnismessungen
und Abtastverfahren

www.technologietransfer.ptb.de

PTB-Nummer 0265



Detailansicht der Baugruppe für das Blenden-system

Vorteile:

- Flexibel auf die Anwendung anpassbar und erweiterbar
- Einfache Anbindung an die Software des Nutzers durch C++-Klassenbibliotheken
- Grafisches Userinterface zur Überwachung und Datenakquisition

Strahlagebestimmung für Teilchenbeschleuniger als portables Komplettsystem

Die korrekte Ausrichtung eines Elektronen-, Protonen- oder α -Teilchenstrahls auf das Target im Submillimeterbereich und das Vermeiden von Streuung an den umgebenden Materialien stellen für die Kalibrierung eine erhebliche Herausforderung dar. Das PTB-Komplettsystem löst dies mit einem Blendensystem, einem Elektronikmodul und einer Software, die zu einer Minimierung der parasitären Reststrahlung führen.

Technische Beschreibung

Es handelt sich um ein Gesamtsystem, bestehend aus Blenden, einer elektronischen Auswerteeinheit und einer Steuerungssoftware. Integralverstärker erhöhen die Sensitivität der Anordnung. Die Integralzeiten und damit die Verstärkung sind über ein Softwareinterface über die USB-Schnittstelle einstellbar. Für die Einbindung in eigene Systeme können C++-Klassen zur Steuerung und Auslese des Systems in die eigene Software eingepflegt werden.

Der Clou besteht in Folgendem: Die gemessenen parasitären Blendstrome, die die Erzeugung undefinierter Teilchen-Sekundäremission anzeigen, gehen theoretisch gegen Null. Praktisch liegt der Blendstrom deutlich unterhalb der Rauschwerte der Regelung bis hinab in den pA-Bereich.

Das System ermöglicht die korrekte Ausrichtung eines Teilchenstrahls und bietet die Online-Kontrolle der Stromverhältnisse von Target und Blenden. Durch die Aufnahme von Strömen im Bereich von nA bis μ A ist es damit auch für Photodiodenströme oder Ionisationskammern geeignet.

Anwendung

Die derzeit verfügbaren Strahldiagnostik-Einrichtungen sind teuer in der Anschaffung, an die Strahlführung der Anlage gebunden oder haben den Nachteil, dass die Daten für den Nutzer nicht direkt einsehbar sind. Das neue PTB-System bietet die Möglichkeit, die Strahlenlage direkt vor dem Experiment zu überwachen sowie die Ströme auf den Blenden und im Target aufzunehmen.

Wirtschaftliche Bedeutung

Das Komplettsystem zeichnet sich durch geringe Anschaffungskosten aus, ist jederzeit erweiterbar und portabel.

Entwicklungsstand

Das System wurde ausführlich auf Laborebene getestet. Eine deutsche Patentanmeldung ist anhängig.

Ansprechpartner:

Dr. Bernhard Smandek
Beauftragter für Technologietransfer
Telefon: +49 531 592-8303
Telefax: +49 531 592-69-8303
E-Mail: bernhard.smandek@ptb.de

Johannes Rahm
Arbeitsgruppe
Elektronenquerschnitte
von DNS-Bausteinen

www.technologietransfer.ptb.de

PTB-Nummer 0396

Sensor zur Messung der richtungsabhängigen Wärmeleitfähigkeit

In der Verfahrenstechnik, der Bauindustrie und auch bei den Herstellern von Kunststoffen besteht ein hoher Bedarf an präzisen, schnellen und kostengünstigen Verfahren zur Materialanalyse und Qualitätsüberwachung. Der neue PTB-Foliensensor bestimmt innerhalb weniger Minuten Wärmeleitfähigkeit (WLF) und Temperaturleitfähigkeit (TLF) präzise und zuverlässig. Erstmals können in einem Messschritt Anisotropie und richtungsabhängige Leitfähigkeiten bestimmt werden.

Technische Beschreibung

Zur simultanen Messung von Wärmeleitfähigkeit und Temperaturleitfähigkeit wird der Foliensensor einfach zwischen die beiden Probenhälften gelegt. Der Sensor besteht aus drei einzelnen Segmenten, die zusammen einen rechten Winkel bilden. Das Sensorsegment im Zentrum ist aktiv und prägt dem Probematerial einen Wärmestrom bekannter Größe auf. Wie die beiden anderen passiven Segmente bestimmt es den Temperaturanstieg während der Dauer einer Messung. Aus den drei Temperaturverläufen lassen sich leicht alle drei Richtungskomponenten der genannten thermischen Transportgrößen bestimmen.

Aufgrund der sehr geringen Abmessungen des Sensors können selbst kleine und empfindliche Proben untersucht werden. Durch den angepassten Auswertealgorithmus sind Messung und Auswertung in wenigen Minuten erledigt – perfekt abgestimmt für den industriellen Einsatz.

Anwendung

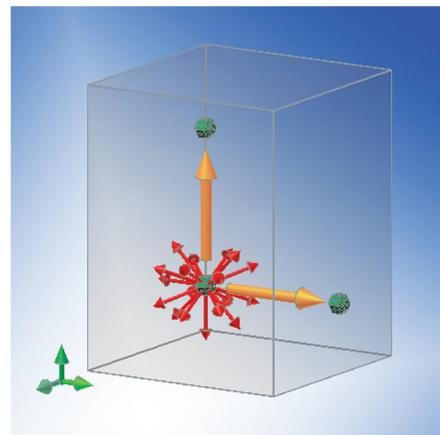
Der neue Sensor zur Bestimmung der richtungsabhängigen WLF und TLF von Materialien kann in vielen Bereichen angewendet werden. Beispielsweise findet er beim Erforschen neuer Stoffe im Bereich der Bauindustrie (effektivere Dämmstoffe) sowie der Energie- und Verfahrenstechnik Anwendung und ersetzt damit die teuren Platten-Wärmestrom- oder Laser-Flash-Geräte.

Wirtschaftliche Bedeutung

Durch Einsatz des neuen PTB-Sensors können die WLF und TLF von Proben erstmalig zuverlässig auch richtungsabhängig bestimmt werden – zeitaufwendige Mehrfachmessungen entfallen. Neuartige Materialien können somit schneller und effektiver entwickelt werden.

Entwicklungsstand

Erste Versuchsreihen in der PTB haben das Potenzial des Systems bestätigt. Die Patentanmeldung wurde unter DE 10 2010 018 968 A1 offengelegt. Die internationale Anmeldung ist eingeleitet.



Schematische Darstellung des Sensors zur Messung der richtungsabhängigen Wärmeleitfähigkeit

Vorteile:

- Kompakte Messung der Wärme- und Temperaturleitfähigkeit
- Richtungsabhängige Messung
- Messzeit von wenigen Minuten

Ansprechpartner:

Andreas Barthel
Innovationsmanager
Telefon: +49 531 592-8307
Telefax: +49 531 592-69-8307
E-Mail: andreas.barthel@ptb.de

Dr. Ulf Hammerschmidt
Arbeitsgruppe
Wärmeleitung –
Fachgebiet Wärmetransport

www.technologietransfer.ptb.de

PTB-Nummern 0295 und 8264



Modell des Trommelgaszählers

Vorteile:

- Messen kleinster Gasflüsse oder Schleichmengen < 1ml/min
- Geringer Druckverlust und geringe Druckschwankungen
- Gasartenunabhängig
- Reduzierte Reibungsverluste

Messeinrichtung für kleine Gasdurchflüsse

Das Messen sehr kleiner Gasdurchflüsse sowie das Aufspüren von Schleichmengen durch präzise mechanische Sensorik ist derzeit mit Trommelgaszählern nur eingeschränkt möglich. Das neue Messverfahren der PTB löst jedoch dieses Problem und ermöglicht eine einfache und genaue Ermittlung von Gasströmen oder Leckagen – jedoch ohne große Druckschwankungen.

Technische Beschreibung

Der Trommelgaszähler besteht aus mehreren Kammern, die als spiralförmige, parallel versetzte Hohlräume in einen massiven Zylinder eingearbeitet sind. Dieser wird gasdicht gekapselt und in einer Sperrflüssigkeit gelagert. Ein integrierter Schwimmkörper sorgt hier für eine reibungsarme Positionierung. Einfließendes Gas wird im Betrieb über einen Eingang in einen der spiralförmigen Hohlräume gedrückt. Durch das Einströmen des Gases wird die Trommel in Rotation versetzt. Beim Weiterdrehen erreicht das auf der anderen Seite der Trommel liegende Ende der Kammer den Flüssigkeitsspiegel und das Gas kann in das Gehäuse oder die Atmosphäre entweichen. Dieser Vorgang erfolgt nacheinander mit den sich jeweils in den Eingang hineindrehenden Kammern. Die Drehbewegung wird dabei über weitere Sensorik detektiert.

Im Gegensatz zu trockenen Zählern wie z. B. Balgengaszählern treten keine Spaltverluste an Ventilen oder Messkammerbegrenzungen auf, daher ist es auch möglich, Schleichmengen zu erfassen.

Anwendung

Das Verfahren ist zur Messung von kleinen Gasvolumina bei geringem Druckverlust und geringen Druckschwankungen einsetzbar. Der Bedarf ist insbesondere in der Regelung von langsam stattfindenden Prozessen zu sehen, wie z. B. in Bioreaktoren. Weiterhin finden diese Trommelgaszähler in Prüflaboratorien Einsatz.

Wirtschaftliche Bedeutung

Das Plus an Präzision führt jedoch nicht zu hohen Kosten des Gerätes, die Trommel kann preisgünstig und mit sehr kleinen Abmessungen hergestellt werden. Kleinstmengen von Gas können derzeit nur ungünstig und in einigen Anwendungen gar nicht gemessen werden. Der Trommelgaszähler ist so gestaltet, dass eine einfache und kostengünstige Lösung bei hoher Messgenauigkeit zur Verfügung steht.

Ansprechpartner:

Andreas Barthel
Innovationsmanager
Telefon: +49 531 592-8307
Telefax: +49 531 592-69-8307
E-Mail: andreas.barthel@ptb.de

Dr. Rainer Kramer
Arbeitsgruppe
Gasmessgeräte

www.technologietransfer.ptb.de

PTB-Nummer 0316

Entwicklungsstand

Die Patentanmeldung wurde unter der Nummer DE 10 2012 003 262 A1 offengelegt. Ein erster Demonstrator befindet sich im Aufbau.

Nanoindentor mit Mikroabmessungen

Unter den Verfahren zur Charakterisierung der mechanischen Eigenchaften kleiner Werkstoffvolumina hat die instrumentierte Eindringprüfung im Nanobereich Alleinstellungsmerkmale vorzuweisen.

Die Fortschritte in der Nanotechnologie haben das Interesse an einer Verbesserung des Verfahrens deutlich verstärkt. Der MEMS-basierte Nanoindentor (mikroelektro-mechanisches System) ermöglicht das Ermitteln von Eindringtiefe und -kraft in einem Arbeitsschritt.

Technische Beschreibung

Die Forschung der letzten Jahre hat das Grundprinzip „Prüfverfahren und Datenanalyse“ der instrumentierten Eindringprüfung im Nanobereich etabliert. Eine neue Herangehensweise ermöglichte die Entwicklung der nächsten Generation von Nanoindentoren. Das hier präsentierte, neuartige Verfahren beruht auf der gleichzeitigen Messung von Prüfkraft und Eindringtiefe, wobei die Auflösung der Prüfkraft bis in den nN-Bereich reicht, die der Eindringtiefe beträgt sogar 1 nm oder noch weniger.

Als eine der wesentlichen Komponenten wird die Krafterzeugung hier mit einem elektrostatischen Kammantriebsaktuator realisiert, der die erforderliche Prüfkraft mit hoher Auflösung generiert. Das zweite Merkmal ist der integrierte eindimensionale Scan-Mechanismus. Dieser ermöglicht, die Oberflächentopografie der Probe und das Bild des erzeugten Eindrucks aufzunehmen. Die Abbildung zeigt einen Ausschnitt des Aufbaus des auf einem MEMS beruhenden Nanoindentors.

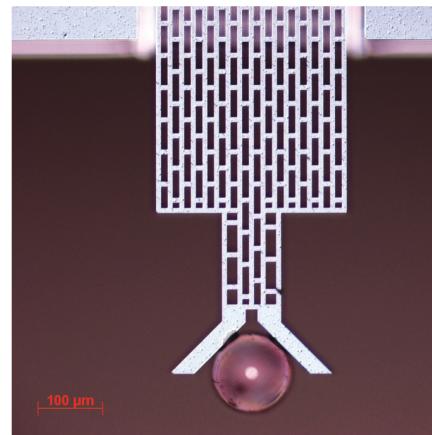
Ein Kammantrieb dient zur Realisierung der vertikalen Bewegung des in die Probe gedrückten Eindringkörpers. Dieser Antrieb ermöglicht das Aufbringen der allmählich gesteigerten Prüfkraft und die gleichzeitige Messung der Eindringtiefe des Körpers.

Anwendung und wirtschaftliche Bedeutung

Die instrumentierte Eindringprüfung im Nanobereich wird vor allem zur Bestimmung der elastisch-plastischen Eigenschaften von ultra-dünnen Schichten mit einer Dicke zwischen 10 nm und 1 µm für Optik, Mikroelektronik und Werkzeuge sowie von Mikrosystemteilen eingesetzt. Auch die Vermessung von Zellmembranen ist möglich.

Entwicklungsstand

Das Verfahren befindet sich in der PTB im Einsatz und ein Patent wurde unter DE 10 2006 052 153 B4 erteilt.



Spitze des Nanoindentors

Vorteile:

- Für Nano- und Mikroschichtdicken
- On-site-Anwendungen möglich
- Kleine Abmessungen
- MEMS-Struktur, dadurch hohe Präzision

Ansprechpartner:

Andreas Barthel
Innovationsmanager
Telefon: +49 531 592-8307
Telefax: +49 531 592-69-8307
E-Mail: andreas.barthel@ptb.de

Dr. Uwe Brand
Arbeitsgruppe
Härte- und Schichtdickenmesstechnik

www.technologietransfer.ptb.de

PTB-Nummer 0135



Helmholtzresonator zur Verbesserung der Musikwiedergabe in kleinen Räumen – für Studios und den High-End-Genießer

Vorteile:

- Vermindert die störende Wirkung von Raumresonanzen
- Verbesserter Musikgenuss durch ausgeglichene Basswiedergabe
- Für Heimstudios, Musikschulen und Profis
- Anwendung im Arbeitsschutz

Ansprechpartner:

Dr. Bernhard Smandek
Beauftragter für Technologietransfer
Telefon: +49 531 592-8303
Telefax: +49 531 592-69-8303
E-Mail: bernhard.smandek@ptb.de

Dr. Ingolf Bork
Arbeitsgruppe
Geräuschmesstechnik

www.technologietransfer.ptb.de

PTB-Nummer 0346

Raumresonanzprobleme bei der Basswiedergabe gelöst

High-End-Freunde in ihren Wohnzimmern oder Musiker im kleinen Heimstudio kennen die ortsabhängigen Tiefoton-Resonanzen, die das Musikempfinden unangenehm stören können. Durch die neuartige PTB-Erfundung, einen speziell feinab-stimmbaren Helmholtzresonator, ist nun die Optimierung der Musikwiedergabe im Tieftonbereich möglich.

Technische Beschreibung

Die Wiedergabe tiefer Töne wird in kleinen Räumen durch Raumresonanzen erheblich beeinträchtigt. Diese führen zu starken Lautstärkeüberhöhungen und bewirken durch Interferenzen auch örtlich begrenzte Verringerungen des Pegels.

Im Studio- und High-End-Bereich sind bisher Absorber erhältlich, die zwar breitbandig Schall dämpfen, aber das grundlegende Problem, den Abgleich auf die tatsächlichen Resonanzen eines bestimmten Studios, nicht in Angriff nehmen. Hier setzt die neue PTB-Idee an: ein vordimensioniertes Modul in der Größe einer mittleren Lautsprecherbox – kombiniert mit einem Einstellelement, das die Abstimmung auf die Resonanzen des Raumes ermöglicht. Tiefotonresonanzen werden dadurch im Bereich von 20 Hz bis 200 Hz spürbar abgesenkt.

Im Ergebnis hört man ein wesentlich ausgeglicheneres Klangbild und erreicht eine geringere Ortsabhängigkeit des Höreindruckes. Dröhnende Einzeltöne werden vermieden.

Anwendung

Das System kann als Box mittlerer Größe frei im Raum platziert oder bei größeren Tonstudios hinter gezielt eingebrachten Öffnungen in der Verschalung installiert werden. Musikräume in Schulen sind ebenfalls ein bevorzugtes Einsatzgebiet.

Ein weiterer Anwendungsbereich ist der industrielle Arbeitsschutz. Besonders tonale Geräusche von Maschinen und großen Netztransformatoren, die teilweise durch Raumresonanzen verstärkt wurden, können durch genau abgestimmte Resonatoren gezielt unterdrückt werden. Das System benötigt keine elektrischen Anschlüsse. Durch die Möglichkeit zur Feinabstimmung ist mit dem PTB-Verfahren eine große Einsatzbandbreite durch bereits vorgefertigte Module möglich.

Wirtschaftliche Bedeutung

Das System kann als ergänzendes passives Modul für High-End-Anlagen und kleine Tonstudios in größerer Stückzahl vertrieben werden.

Entwicklungsstand

Das System wurde ausführlich auf Laborebene getestet. Die Patentanmeldung wurde unter der Nummer DE 10 2012 024 162 A1 offengelegt. Zur Umsetzung wird ein Projektpartner gesucht.



Interface für inkrementale Drehgeber

In Kraftwerkswarten, Anlagensteuerungen und vielen Kontrollräumen finden sich noch tausende von analogen Drehregelungen. Um hier eine digitale Umrüstung zu ermöglichen, dabei aber die Vorteile eines feinfühligen Drehpotentiometers zu erhalten, hat die PTB ein Umrüst-Set entwickelt, das mit vielen digitalen Ansteuerungen kompatibel ist.

Technische Beschreibung

Zunehmend werden an verschiedensten Leistungsnetzteilen oder Schaltungen analoge durch digitale Eingänge ersetzt. Die Steuerung über PC und Maus oder Touchpad wird vielen Anforderungen jedoch nicht gerecht. Gerade bei komplexen Anlagen ist oft eine Feinabstimmung mehrerer Parameter gefordert, für die Drehknöpfe die geeignetste Mensch-Maschine-Schnittstelle darstellen.

Für die digitale Umrüstung ihrer Beschleunigeranlagen hat die PTB deshalb ein Umrüst-Set entwickelt, das sich direkt mit dem USB-Eingang eines PCs verbinden lässt. Es ist aber genausogut möglich, ohne PC direkt an die industrieübliche SPS-Steuerung zu gehen.

Anwendung

Die Bedienung mittels dieses digitalen Drehgebers ist deutlich ergonomischer als über einen handelsüblichen Bildschirm und insbesondere dann besser, wenn kontinuierlich sehr kleine Parameter nachgeregelt werden müssen.

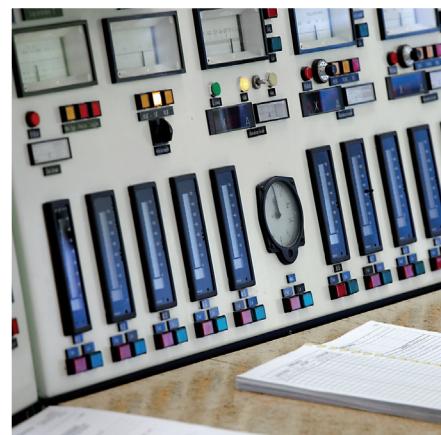
Wirtschaftliche Bedeutung

Software, Stücklisten und Unterlagen zum Gesamtkonzept stehen für einen Technologietransfer zur Verfügung. Die IC-Komponenten sind so ausgewählt, dass auch kleinere Stückzahlen beschafft werden können, sodass die Markteintrittsschwelle gering gehalten ist.

Entwicklungsstand

Das System wird systematisch zur Umrüstung von PTB-eigenen Beschleunigerwarten in zweistelliger Stückzahl eingesetzt. Es hat sich im laufenden Beschleunigerbetrieb in vielen hundert Einsatzstunden bewährt.

Lizenzen für die Nutzung der neuen Technologie sind verfügbar.



Mit dem PTB-Set kann die Umrüstung der Potentiometer alter Schaltwarten auf digitalen Betrieb mühelos erreicht werden

Vorteile:

- Zur Umrüstung von analogen Drehpotentiometern auf digitale Ansteuerung
- Für alle Schaltwarten geeignet
- Direkt über USB-Schnittstelle an den PC anzuschließen
- Direkt an SPS anzuschließen

Ansprechpartner:

Dr. Bernhard Smandek
Beauftragter für Technologietransfer
Telefon: +49 531 592-8303
Telefax: +49 531 592-69-8303
E-Mail: bernhard.smandek@ptb.de

Dipl.-Ing. Silvin Khurana
Arbeitsgruppe
Ionenbeschleuniger

www.technologietransfer.ptb.de

PTB-Nummer 0392

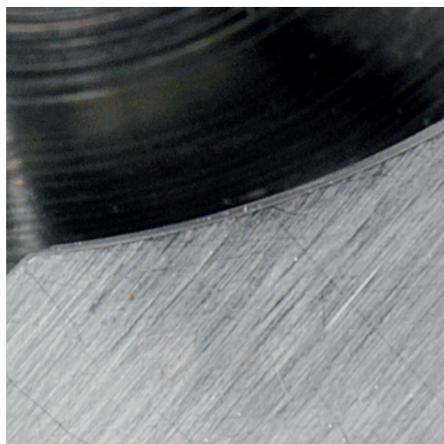
„Man wird Schiffe ohne Ruder bauen, sodass die größten von einem Mann zu steuern sind. Und unglaublich schnelle Fahrzeuge, vor die kein Tier gespannt werden muss. Und fliegende Maschinen. Und solche, die ohne Gefahr bis auf den Grund der Meere und Ströme tauchen können.“

Roger Bacon (1214–1294),
englischer Franziskaner, Naturwissenschaftler und Philosoph,
vielseitiger Gelehrter, trennte Theologie und Philosophie



Produktionstechnik

Angebote zum Technologietransfer





Kleinste Ausführung (Durchmesser 34 mm) einer Referenzausgasungsprobe für Wasserdampf mit $6 \cdot 10^{-7}$ mbarL/s

Vorteile:

- Konstante Ausgasungs-raten von 10^{-8} Pa L/s bis zu 10^{-4} Pa L/s
- Vergleichbarkeit von Messungen an verschiedenen Standorten
- Rückführung auf ein nationales Normal

Referenzausgasungsprobe

Die verlässliche, quantitative Messung von Ausgasraten von Vakuumkomponenten hat in den letzten Jahren erheblich an Bedeutung gewonnen. Mit der neuen Referenzausgasungsprobe der PTB lassen sich solche Ausgasratenmesssysteme kalibrieren und auf ein nationales Normal rückführen. Durch die kompakte Bauweise findet die Referenzausgasungsprobe in vielfältigen Einsatzszenarien Verwendung.

Technische Beschreibung

Die Bestimmung der Ausgasrate (*outgassing rate*) in Vakuumsystemen hat große Bedeutung, da die verbleibenden Spurengase mit den beabsichtigten technischen Prozessen in unerwünschte Wechselwirkung treten können. Quantitativen Ausgasratenmessungen mangelt es an der notwendigen metrologischen Qualität der Quadrupol-Massenspektrometer. Ein weiteres Problem besteht darin, dass die Messverfahren nicht standardisiert sind und die Messgröße nicht rückgeführt ist. In der EUV-Lithografie z. B. oxidieren die eingesetzten Röntgenspiegel bei Vorhandensein von Wasserdampf und Kohlenwasserstoffen so schnell, dass der Lithografieprozess unwirtschaftlich wird. Bisherige Verfahren der Ausgasratenmessung sind zum Teil nur schlecht vergleichbar und ungenau.

Die neue Referenzausgasungsprobe hingegen liefert einen genau bekannten, konstanten oder über Jahre nur langsam abnehmenden Gasstrom. Sie ist für die Ausgasung von einzelnen Gasen oder aber auch Gasmischungen konzipiert. Die möglichen Ausgasraten von 10^{-8} Pa L/s bis zu 10^{-4} Pa L/s entsprechen denen von üblichen Vakuumkomponenten. Die Probe kann wegen ihrer Kompaktheit an die gleiche Stelle wie ein zu messendes Objekt platziert werden, sodass das Messsystem vor jeder Benutzung kalibriert werden kann.

Anwendung

Die Referenzausgasungsprobe kann zur Validierung und Kalibrierung von Ausgasratenmesssystemen im HV- und UHV-Bereich und für Vergleichsmessungen unterschiedlicher Apparaturen eingesetzt werden. Auch Partialdruckmessgeräte können bei bekanntem Saugvermögen des Vakuumsystems kalibriert werden.

Wirtschaftliche Bedeutung

„Lokale“ Lösungen in der Halbleiterindustrie, der Raumfahrttechnik, bei Vakuumanlagenbauern oder bei Hochenergiebeschleunigern werden unnötig, weil die Systeme künftig mit der Referenzausgasungsprobe kalibriert werden können und die Messergebnisse vergleichbar werden. Doppelmessungen in verschiedenen Anlagen werden vermieden.

Ansprechpartner:

Dr. Bernhard Smandek
Beauftragter für Technologietransfer
Telefon: +49 531 592-8303
Telefax: +49 531 592-69-8303
E-Mail: bernhard.smandek@ptb.de

Dr. Karl Jousten
Arbeitsgruppe
Vakuummetrologie

www.technologietransfer.ptb.de

PTB-Nummer 0357

Entwicklungsstand

Das System wurde auf Laborebene getestet. Eine deutsche Patentanmeldung ist anhängig.

Kleine Metrologie-Kammer für 450-mm-Wafer-Röntgenanalytik

Die Einführung der 450-mm-Technologie bei der Waferherstellung und die weitere Verkleinerung kritischer Abmessungen erfordert verbesserte Röntgenanalyse-Methoden. Daher hat die PTB eine Metrologie-Kammer für die Charakterisierung von 450-mm-Wafern konzipiert, deren Kernstück ein mehrachsiger, zum Patent angemeldeter Manipulator ist.

Technische Beschreibung

Durch die Übertragung modernster Herstellungstechnik auf großformatige Wafer stoßen Analyseverfahren an ihre Grenzen. Nur diese Vielzahl von Röntgenmethoden, die in einer einzelnen Kammer integriert sind, ermöglicht zum Beispiel die Identifizierung von analytischen Artefakten oder von wesentlichen Tiefeninformationen.

Die neue PTB-Erfahrung ermöglicht es durch die räumliche Stapelung von translatorischen, rotatorischen und goniometrischen Bewegungskomponenten, mehrere Röntgenmethoden in das kleinstmögliche Volumen zu integrieren. Gleichzeitig kann die Kristallorientierung des Siliziumkristalls an jedem beliebigen Punkt des Wafers eingestellt werden. Innerhalb des für die Branche vergleichsweise kleinen *Footprints* (Abmessung des Einbauraums) kann eine vollständige x-y-Abtastung durchgeführt werden. Der Manipulator ermöglicht Bewegungen des Wafers zum aktuell angewendeten Analyseverfahren.

Anwendung

Diese verschiedenen Analyseverfahren können mittels des Manipulators angewandt werden:

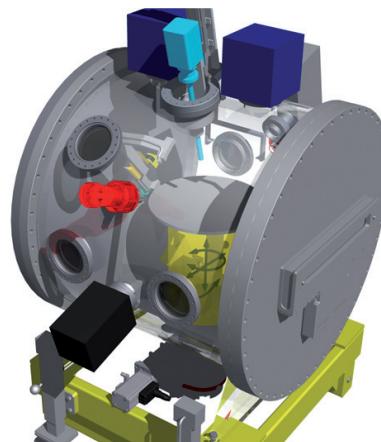
- TXRF – Totalreflections-Röntgenfluoreszenzanalyse
- GIXRF – Röntgenfluoreszenzanalyse unter streifendem Einfall
- XRF – Röntgenfluoreszenzanalyse
- XRR – Röntgenreflektometrie
- XRD – Röntgendiffraktometrie
- GISAXS – Kleinwinkel-Röntgenstreuung unter streifendem Einfall
- Ellipsometrie
- VUV-Reflektometrie

Wirtschaftliche Bedeutung

Die Metrologie steht am Anfang der Wertschöpfungskette der Umwandlung von neuen Materialien in Produkte. Im Fertigungsprozess von Wafern ist die Röntgenanalyse zwingend zur Fehleranalyse notwendig.

Entwicklungsstand

Derzeit wird ein Funktionsmuster im PTB-Laboratorium am Elektronenspeicherring BESSY II zur Unterstützung von Forschungsinstituten und Industrie erfolgreich eingesetzt. Die Patentanmeldung wurde unter DE 10 2012 000 736 A1 offengelegt.



Multifunktionale Kammer mit kleinstmöglichem Volumen erfüllt Kriterien der Clustertool-Abmessungen

Vorteile:

- Umfassende 450-mm-Wafer-Charakterisierung in einem Gerät
- Zweidimensionale Abtastung in 1-m²-Footprint
- Einstellung der Kristallorientierung an jedem beliebigen Wafer-Punkt
- Höchste Zuverlässigkeit und Reproduzierbarkeit

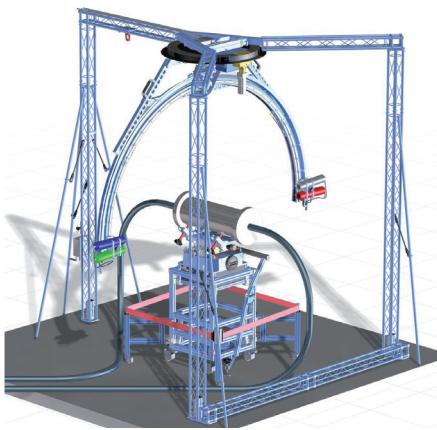
Ansprechpartner:

Dr. Bernhard Smandek
Beauftragter für Technologietransfer
Telefon: +49 531 592-8303
Telefax: +49 531 592-69-8303
E-Mail: bernhard.smandek@ptb.de

Ina Holfelder
Arbeitsgruppe
Röntgen- und IR-Spektrometrie

www.technologietransfer.ptb.de

PTB-Nummer 0307



Schematische Darstellung des mobilen PTB-Messstandes für Röntgenstrahlerprüfungen

Vorteile:

- Vor-Ort-Messung von Dosisleistungsprofilen von Röntgenstrahlern
- Raumwinkel: 4π
- Dosisleistung: $\mu\text{Sv}/\text{h}$ bis Sv/h
- Durch modularen Aufbau einfach transportierbar

Mobiler Messstand für Röntgenstrahlerprüfungen

Röntgenstrahler müssen während der Entwicklung, der Zertifizierung und zur Qualitätskontrolle auf ihre Gehäusedurchlassstrahlung überprüft werden, wobei der unerwünschte Austritt von Strahlung (bei abgedecktem Nutzstrahl) der entscheidende Parameter ist. Für ihre eigene gesetzliche Aufgabe der Bauartprüfung hat die PTB einen mobilen Messstand für die Prüfung von Röntgenstrahlern aufgebaut. Mit diesem Messstand können vor Ort zuverlässige Dosisleistungsmessungen in einem festen Abstand von 1 m vom Brennfleck einer Röntgenröhre durchgeführt werden.

Technische Beschreibung

Der Messstand kann demontiert und in einem normalen Kleinbus transportiert werden. Errichtet auf drei Pfeilern (siehe Bild), besteht der Messstand aus einem Messtisch für die präzise Positionierung des Röntgenstrahlers sowie einem C-Bogen, der um den Fokus der Röntgenröhre rotiert. Auf diesem C-Bogen bewegen sich vier Dosimeter in vertikaler Richtung auf einem Halbkreis, vertikale und horizontale Abtastungen (Scans) werden durch einen eingebetteten Mikroprozessor gesteuert. Die Spursegmente sind mit hochgenauen mechanischen Schnittstellen verbunden, wodurch kleine Messunsicherheiten gewährleistet werden.

Mit diesem Aufbau ist ein Raumwinkel von mehr als 2π in einem Scan zugänglich. Die Drehung des zu prüfenden Röntgenstrahlers um 180° führt zu einer vollständigen und überlappenden Prüfung des zu untersuchenden Strahlers.

Mit diesem Messstand können geometrische Konstruktionsfehler von Röntgenstrahlern nachgewiesen und lokalisiert werden.

Anwendung

Die PTB hat diesen Messstand für Röntgenstrahlerprüfungen für ihre eigenen gesetzlichen Aufgaben konstruiert und setzt ihn für mobile und stationäre Dosisleistungsmessungen der Gehäusedurchlassstrahlung (Leckstrahlung) von Röntgenstrahlern ein.

Wirtschaftliche Bedeutung

Die Untersuchung von Röntgenstrahlern sowie der Nachweis möglicher Strahlungsaustrittsstellen ist für Anwendungen in der Medizin, der Industrie und der Forschung sehr wichtig.

Ansprechpartner:

Dr. Bernhard Smandek
Beauftragter für Technologietransfer
Telefon: +49 531 592-8303
Telefax: +49 531 592-69-8303
E-Mail: bernhard.smandek@ptb.de

Dr. Stefan Neumaier
Arbeitsgruppe
Dosimetrie bei
niedrigen Dosisleistungen

www.technologietransfer.ptb.de

PTB-Nummer 7025

Entwicklungsstand

Zwei mobile Messstände für Röntgenstrahlerprüfungen sind in der PTB im Einsatz.
Lizenzen für das System sind verfügbar.

Neuartiges Lückennormal

Die hochgenaue Messung in Lücken, z. B. an Gewinden und Verzahnungen, ist für die Gewährleistung von Funktion und Lebensdauer von besonderer Bedeutung. Häufig werden taktile Messgeräte eingesetzt, um die relevanten Geometriemerkmale in der Zweiflankenanlage zu erfassen. Die Genauigkeit des Antastvorgangs hat erheblichen Einfluss auf die Messunsicherheit. Durch das neue Lückennormal der PTB kann die Antastung in der Zweiflankenanlage aufgabenspezifisch und mit hoher Präzision rückgeführt werden.

Technische Beschreibung

Das Lückennormal besteht aus einer thermisch invarianten Grundplatte mit mindestens vier aufgesetzten Präzisionskugeln, deren Positionen zueinander kalibriert sind. Jeweils zwei Kugelpaare bilden eine Lücke. Die Abstände und Durchmesser von Präzisions- und Tastkugeln sind dabei so aufeinander abgestimmt, dass annähernd die gleichen Geometrie- und Antastbedingungen vorliegen wie bei der Messung eines Gewindes oder Zahnrades. Für metrische Gewinde entsprechen die Anlageverhältnisse dem Gewindeprofilwinkel $\alpha = 60^\circ$. Die Kalibrierung der Mittelpunktpositionen der vier Präzisionskugeln erfolgt auf einem Koordinatenmessgerät mit integriertem Laserinterferometer, basierend auf dem Trilaterationsverfahren.

Anwendung

Gewöhnliche Einmessroutinen im Bereich der Koordinatenmesstechnik charakterisieren das räumliche Antastverhalten eines Taststiftes unter der Voraussetzung der Einpunktberührungen. Einige Messaufgaben z. B. in der Gewinde- oder Verzahnungsmesstechnik verlangen aber eine Lückenantastung in Zweiflankenanlage, im sogenannten selbstzentrierenden Antastmodus. Hierbei ergeben sich signifikant andere Kraftverhältnisse, die zu elastischen Verformungen führen, welche gesondert betrachtet werden müssen. Zur Überprüfung resultierender Längenmessabweichungen durch einen Taster bzw. eine Tasterkonfiguration wurde in der PTB ein neuartiger Prüfkörper, das sogenannte Lückennormal, entwickelt.

Wirtschaftliche Bedeutung

Gewinde- und Verzahnungselemente werden in großen Stückzahlen gefertigt. Gleichzeitig dürfen sie nur sehr geringe Toleranzen aufweisen. Fertigungsbegleitende Messungen der hergestellten Teile sind somit unverzichtbar. Das Lückennormal kann an die jeweilige Messaufgabe angepasst werden und ist sowohl in mikro- und makroskopischen Bereichen als auch für 1D- bis 3D-Messgeräte nutzbar.

Entwicklungsstand

Das System wurde ausführlich getestet. Eine deutsche Patentanmeldung ist anhängig.



Beispiel eines Lückennormals mit drei gewählten Kugelquartetten für Gewindesteigungen von 1 mm bis 6 mm

Vorteile:

- Normal zur Einmessung von Taststiftkonfigurationen
- Rückführung von Messungen in Zweiflankenanlage
- Gleiche Messstrategie in Kalibrierung und Anwendung

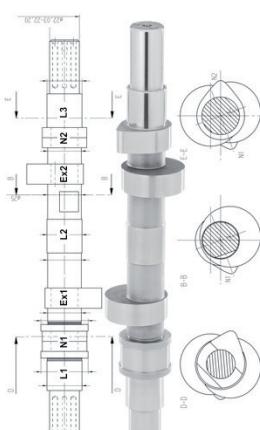
Ansprechpartner:

Andreas Barthel
Innovationsmanager
Telefon: +49 531 592-8307
Telefax: +49 531 592-69-8307
E-Mail: andreas.barthel@ptb.de

Dipl.-Ing. (FH) Achim Wedmann
Fachbereich
Koordinatenmesstechnik

www.technologietransfer.ptb.de

PTB-Nummer 0365



PTB-Nockennormal

Vorteile:

- Validierte Auswertung ($< 0,1 \mu\text{m}$)
- Verbesserte Fertigungskapazitäten
- Erhöhte Kompatibilität
- Effizientere Zuliefererkette

Normale für 3D-Messungen

Die Messsysteme, die zur genauen Bestimmung von dreidimensionalen Parametern verwendet werden, müssen auf Normale und festgelegte Verfahren rückführbar sein. Aus diesem Grund sind in der PTB mehrere neue Normale für 3D-Messungen im industriellen Bereich entwickelt worden. Diese verbessern sowohl die Fertigungskapazitäten als auch die Kompatibilität und die Effizienz der Zuliefererkette, insbesondere in den Industriebereichen, die eine hohe Genauigkeit verlangen.

Nockennormal

Das Normal hat die Form einer spezifischen Nockenwelle. Die Kalibrierung erfolgte in der PTB auf einem taktilen Formmessgerät und einem taktilen Koordinatenmessgerät. Kalibrierdienstleister oder Interessenten aus der Automobilindustrie können mit diesem Normal die Qualität ihrer taktilen Messgeräte überprüfen. Da die größten Fehler häufig nicht beim Messen, sondern beim Auswerten der komplexen Messdaten auftreten, stellt die PTB auch Testdatensätze bereit, mit denen sich die Qualität der Nocken-Auswertesoftware validieren lässt. Diese Prüfung ist bestanden, wenn Mess- und Referenzergebnisse übereinstimmen (max. Abweichung $\leq 0,1 \mu\text{m}$).

Großverzahnungsnormal

Das Großverzahnungsnormal ist ein Teilstück einer ganzen Verzahnung. An dem Normal lassen sich sowohl Profil- als auch Flankenlinienmessungen durchführen. Durch die unterschiedlichen Schräglungswinkel (von 0° bis 20°) ist das Normal universell einsetzbar. Für die Bestimmung und Überwachung der Werkstücktemperatur sind mehr als 20 Temperatursensoren in das Normal eingelassen. Der thermische Einfluss der Umgebungstemperatur wurde durch eine Goldbeschichtung reduziert.

Wellenbehaftetes Verzahnungsnormal

Die präzise Messung periodischer Oberflächenstrukturen auf den Flanken von Zahnrädern gewinnt an Bedeutung, da durch sie Rückschlüsse auf deren funktionale Eigenschaften (wie Verschleiß, Wirkungsgrad und Lauferäusche) gezogen werden können. Für diese Anwendung hat die PTB ein evolventisches Normal entwickelt, das wellenförmige Strukturen an evolventischen Flankenflächen verkörpert und rückführbar gemessen werden kann.

Von Mikro bis Makro

Unzählige weitere Ausführungen von geometrischen Mikro- und Großbauteil-Normalen sowohl für Regelgeometrien als auch komplexe Geometrien werden fortlaufend im Rahmen nationaler und internationaler Forschungsprojekte entwickelt. Sie bieten die Grundlage zur Erstellung von Normen und Richtlinien, um insbesondere die deutsche Industrie zu unterstützen und die bestmögliche Qualitätssicherung zu gewährleisten.

Entwicklungsstand

Lizenzen für die Nutzung der neuen Technologie sind verfügbar.

Ansprechpartner:

Andreas Barthel
Innovationsmanager
Telefon: +49 531 592-8307
Telefax: +49 531 592-69-8307
E-Mail: andreas.barthel@ptb.de

Dr. Karin Kniel
Fachbereich
Koordinatenmesstechnik

www.technologietransfer.ptb.de

PTB-Nummer 7023

TraCIM

Metrologische Algorithmen zur Auswertung und Verarbeitung von Messdaten lassen sich durch ein Netzwerk europäischer Metrologieinstitute validieren. Hierdurch können Fehler bei der Softwareimplementierung aufgedeckt bzw. vermieden werden, die mit der unaufhörlich steigenden Komplexität von Auswertesoftware entstehen. Die bevorzugte Validierung erfolgt dabei über das Internet.

Technische Beschreibung

Die Regeln sowie die numerische Umsetzung von Auswertealgorithmen innerhalb verschiedener metrologischer Implementierungen sind nicht selten unterschiedlich. Dies erschwert die Vergleichbarkeit von Auswerteergebnissen. Um diese Unterschiede auszuschließen und Herstellern und Anwendern metrologischer Auswerteprogramme ein hohes Maß an Sicherheit zu gewähren, haben sich europäische Metrologieinstitute (NMIs) im Verein TraCIM (*Traceability for Computationally-Intensive Metrology*) e. V. zusammengefunden. Dieser Verein setzt Qualitätsstandards für die Validierung von Referenzdaten, die von seinen Mitgliedern für die Prüfung zur Verfügung gestellt werden. Jedes der teilnehmenden NMIs hat die Möglichkeit, Tests eigenverantwortlich anzubieten.

Zu einem mathematisch klar formulierten Problem existieren Testdaten und zugehörige Referenzergebnisse. Stimmen Referenzergebnisse und Testergebnisse innerhalb der spezifizierten Toleranz überein, erhält der Interessent ein entsprechendes Zertifikat für seine Software.

Das bevorzugte Kommunikationsmedium ist das Internet. Um die Client-Server-Kommunikation sowie eigene Algorithmen im Vorfeld einer kostenpflichtigen Validierung zu testen, wird registrierten Nutzern ein öffentlicher Testdatensatz zur Verfügung gestellt. Bisher angeboten werden die Validierung von Algorithmen zur Durchführung von nationalen und internationalen Vergleichsmessungen sowie die Auswertung von Gauß- und Tchebyscheff-Algorithmen prismatischer Körper für den Bereich der Koordinatenmesstechnik.

Anwendung

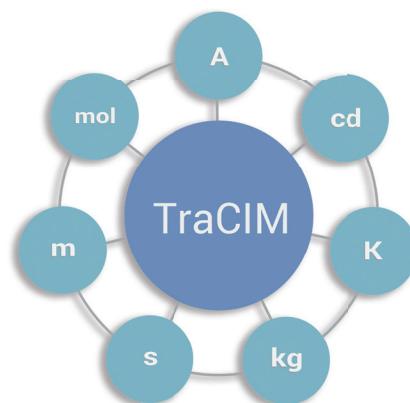
Das TraCIM-Projekt stellt einen neuen Ansatz zur Validierung von Berechnungsalgorithmen für Messgeräte dar. Es beschränkt sich dabei nicht auf ein einzelnes Messgerät, sondern fungiert als Basiservice für vielfältige Anwendungen.

Wirtschaftliche Bedeutung

Durch den Service können schnelle und somit auch kostengünstige Validierungen und Zertifizierungen einem wesentlich weiteren Zielkundenkreis angeboten werden.

Entwicklungsstand

Das System wurde ausführlich für einzelne Servicebereiche getestet und wird unter www.tracim.eu den Anwendern und Herstellern zur Verfügung gestellt.



Internetbasierte Softwarevalidierung; über eine Internetverbindung lassen sich Software-Algorithmen zertifizieren

Vorteile:

- Validierung von Auswertealgorithmen von Messgeräten über einen Webservice
- Hohe Verfügbarkeit
- Schnelle Bearbeitung
- Universelle Einsetzbarkeit

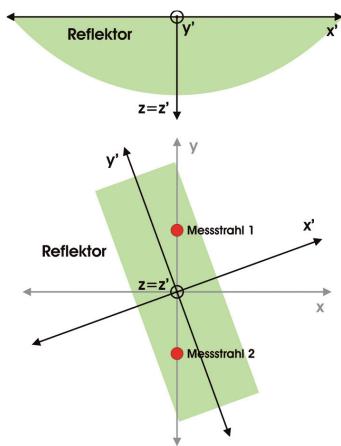
Ansprechpartner:

Andreas Barthel
Innovationsmanager
Telefon: +49 531 592-8307
Telefax: +49 531 592-69-8307
E-Mail: andreas.barthel@ptb.de

Dr. Frank Härtig
Projektkoordinator
Abteilung Mechanik und Akustik

www.technologietransfer.ptb.de

PTB-Nummer 7036



Profil (oben) und Frontalansicht (unten) des Reflektors mit den zwei Messorten, an denen die Strahlablenkwinkel bestimmt werden

Vorteile:

- Vollständige Messung der Winkelorientierung eines Reflektors im Raum
- Unabhängig von Kippung und lateraler Verschiebung des Reflektors
- Robust gegenüber Umwelt-einflüssen

Ansprechpartner:

Dr. Bernhard Smandek
Beauftragter für Technologietransfer
Telefon: +49 531 592-8303
Telefax: +49 531 592-69-8303
E-Mail: bernhard.smandek@ptb.de

Dr. Ralf D. Geckeler
Arbeitgruppe
Winkelmesstechnik

www.technologietransfer.ptb.de

PTB-Nummer 0210

Rollwinkelbestimmung mit Autokollimatoren durch Winkelmessung an zwei Punkten

Autokollimatoren dienen zur hochgenauen, berührungslosen Messung des Winkels einer reflektierenden Fläche (Reflektor). Dabei kann der Drehwinkel des Reflektors um die optische Achse des Autokollimators, der Rollwinkel, bisher nicht gemessen werden, sondern nur die Winkel senkrecht hierzu. Durch Differenzbildung zwischen zwei konventionellen, örtlich getrennten Winkelmessungen an einem geeignet geformten Reflektor kann der Rollwinkel dennoch bestimmt werden.

Technische Beschreibung

Die Innovation des neuen Rollwinkelmessverfahrens besteht in der Kombination einer Zweipunkt-Winkelmessung mit einem geeignet geformten Reflektor (siehe Abbildung) und der Datenanalyse. Die bestehenden Winkelmessgeräte selbst müssen dabei nicht modifiziert werden. Für die Winkelmessung können zwei einzelne Winkelmesssysteme beliebiger Bauart (beispielsweise Autokollimatoren) eingesetzt werden. Alternativ kann auch ein einzelnes Winkelmesssystem verwendet werden, wenn dieses für die simultane Winkelmessung mit zwei Teilaperturen ausgelegt ist. Solche Autokollimatoren werden kommerziell angeboten. Das Verfahren erlaubt die vollständige Bestimmung der Winkelorientierung eines Reflektors im Raum. Es weist eine hohe Sensitivität gegenüber Rollwinkeländerungen des Reflektors auf, eliminiert Fehlereinflüsse wie die Kippung und laterale Verschiebung des Reflektors fast vollständig und ist – wie die Winkelmessung generell – relativ robust gegenüber Umwelteinflüssen.

Anwendung

Das Verfahren kommt besonders in den Bereichen zum Einsatz, in denen Winkelabweichungen vollständig, in allen drei Raumachsen, bestimmt werden müssen. Speziell in Anwendungen des Präzisions-Maschinenbaus, wo Führungsfehler von Linearverschiebeeinheiten oder Ebenheitsabweichungen von Planflächen genauer als bisher charakterisiert werden müssen, kann die neue PTB-Idee eingesetzt werden.

Wirtschaftliche Bedeutung

Maschinenbaufirmen können Führungsfehler vollständiger als bisher charakterisieren und so die Qualität ihrer Produkte verbessern. Hersteller von Autokollimatoren können ihre Messgeräte durch die zusätzliche Rollwinkelmessung aufwerten und durch universellere Einsatzmöglichkeiten einen Marktvorsprung realisieren.

Entwicklungsstand

Unter der Nummer DE 10 2009 015 507 B4 wurde für das Verfahren ein Patent erteilt.

Längen im Meterbereich – absolut und interferometrisch genau gemessen

Herkömmliche interferometrische Längenmesssysteme mit μm -Auflösung sind oft intolerant gegenüber einer Strahlunterbrechung, wie sie in industriellen Umgebungen vorkommen kann. Deshalb entwickelt die PTB ein absolut messendes Längenmesssystem mit makroskopischer Eindeutigkeit im Bereich mehrerer Meter, indem die spektrale Breite eines Femtosekundenlasers genutzt wird.

Technische Beschreibung

Wie in der Abbildung dargestellt, lässt sich ein Femtosekundenpuls als Überlagerung vieler sinusförmiger Schwingungen mit spezifischer Phasenlage darstellen. Bei dem neuen Messverfahren wird diese spektrale Vielmodigkeit des optischen Frequenzkamms genutzt, um eine Länge mit interferometrischer Genauigkeit und Eindeutigkeit bestimmen zu können. Mittels zweier optischer Resonatoren werden zwei optische Kämme unterschiedlicher Repetitionrate generiert und interferometrisch überlagert. Die Phaseninformationen mehrerer Moden des Kamms werden detektiert und über einen Vielwellenlängenalgorithmus ausgewertet.

Die heterodyne Detektion erlaubt eine kompakte und robuste Bauform. Das Verfahren kommt mit einer einzigen optischen Laserquelle aus, die mehrere Messköpfe speisen kann. Unter kontrollierten Umweltbedingungen lassen sich mit dem Verfahren relative Messunsicherheiten deutlich besser als 5×10^{-7} für Längen ab etwa einem Zentimeter realisieren, bei 10 Metern ist die Messung dann auf $5 \mu\text{m}$ genau.

Anwendung

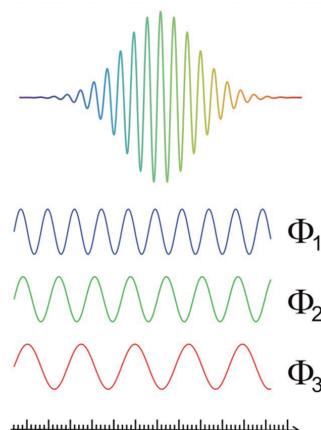
Das System zielt auf längenmesstechnische Anwendungen in den Bereichen Luft- und Raumfahrt, Schiffsaggregate oder Zahnräder für die Windenergie.

Wirtschaftliche Bedeutung

Geringe Toleranzen auch bei mechanischen Bauteilen großer Dimension werden aufgrund der gestiegenen Anforderungen an Ausfallsicherheit, Lebensdauer und Energieeffizienz immer bedeutender. Obwohl bekanntermaßen Femtosekundenlaser noch im hochpreisigen Segment eingeordnet sind, wird aufgrund der vielfältigen Einsatzmöglichkeiten und deren steigenden Produktionsziffern mittelfristig mit einer deutlichen Kostendegression gerechnet.

Entwicklungsstand

Das System wird auf Laborebene getestet und im Rahmen des Förderprogrammes *European Metrology and Research Programme – EMRP* weiterentwickelt. Ein europäisches Patent wurde unter EP 2 620 742 B1 im Jahre 2012 erteilt.



Bei dem Messverfahren werden aus den einzelnen Moden eines Frequenzkamms die Phaseninformationen ausgewertet und die Länge interferometrisch bestimmt

Vorteile:

- Interferometrische Genauigkeit bei makroskopischem Eindeutigkeitsbereich
- Kompaktes und robustes Phasendetektionsverfahren
- Einfache Rückführbarkeit

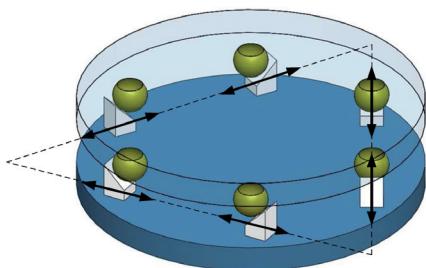
Ansprechpartner:

Dr. Bernhard Smandek
Beauftragter für Technologietransfer
Telefon: +49 531 592-8303
Telefax: +49 531 592-69-8303
E-Mail: bernhard.smandek@ptb.de

Dr. Karl Meiners-Hagen
Arbeitsgruppe
Mehrwellenlängen-interferometrie
für geodätische Längen

www.technologietransfer.ptb.de

PTB-Nummer 0305



Funktionsprinzip der extrasteifen Kupplung

Vorteile:

- Hohe Positioniergenauigkeit
- Hohe Steifigkeit
- Optimal verteilte Auflagepunkte

Extrasteife Kupplung

Eine neuartige Kupplung ermöglicht eine hochreproduzierbare Positionierung von Kupplungssteilen unter Berücksichtigung idealer Kraftverteilungen. Die torsions- und biegesteife Kupplung kann in vielen Anwendungsgebieten eingesetzt werden, etwa bei der Auswechselung von Taststiften und Halterung von Werkstücken.

Technische Beschreibung

In vielen technischen Anwendungen hat die Positioniergenauigkeit einen direkten Einfluss auf die Qualität einer Messung oder einer Fertigung. Dies ist von besonderer Bedeutung, wenn beispielsweise in einem Messprozess Taststifte gewechselt werden oder Werkstücke in Fertigungsprozessen reproduzierbar auf Werkzeugmaschinen positioniert werden müssen.

Die vorgestellte neuartige Kupplung ermöglicht durch ihr Design eine hochreproduzierbare Positioniergenauigkeit. Dabei ist die Auslegung hinreichend flexibel, um Biege- und Torsionsmomente optimal und anwendungsspezifisch aufnehmen zu können.

Wichtige Voraussetzung ist eine statisch bestimmte Lagerung, die durch sechs Kontaktpunkte realisiert wird. In der Abbildung wird die Anwendung einer Flanschverbindung gezeigt, an der die Kontaktstellen durch Kugeln realisiert sind, die an schräggestellte ebene Flächen auflagern.

Anwendung

Neben der Anwendung als Kupplung für Koordinatenmessgeräte oder Werkzeugmaschinen eignet sich das Prinzip auch als Werkstückauflage für große Teile. Ein Beispiel eines solchen Werkstücks ist ein Zahnradnormal, das in einem Koordinatenmessgerät gemessen werden soll.

Durch die Lagerung auf sechs optimal verteilten Punkten kann somit gegenüber herkömmlichen Drei-Punkt-Auflagen eine geringere Durchbiegung des Werkstückes erreicht werden.

Ansprechpartner:

Andreas Barthel
Innovationsmanager
Telefon: +49 531 592-8307
Telefax: +49 531 592-69-8307
E-Mail: andreas.barthel@ptb.de

Dr. Martin Stein
Arbeitsgruppe
Verzahnung und Gewinde

www.technologietransfer.ptb.de

PTB-Nummer 0379

Wirtschaftliche Bedeutung

Die Kupplung kommt dort zum Einsatz, wo hochreproduzierbare lösbare Verbindungen erforderlich sind. Dies sind die Bereiche der Mess-, Fertigungs- und Montagetechnik. Im Wesentlichen lassen sich Kräfte und Momente ideal aufbringen und Einrichtzeiten erheblich verkürzen.

Entwicklungsstand

Das System wurde ausführlich auf Laborebene getestet.
Eine deutsche Patentanmeldung ist anhängig.

„Erhöhte Sicherheit“ gegen Zündgefahr explosionsgeschützter Leuchten

Aufgrund heißer Spots an der Oberfläche ist die Benutzung handelsüblicher T5-Leuchtstofflampen höherer Leistung in explosionsgeschützten Bereichen bisher problematisch. Durch die neue PTB-Erfundung – ein kleines, neuartiges Bauteil – ist eine Reduzierung der zündtechnisch relevanten Oberflächentemperatur möglich. Hierdurch lässt sich die Verwendung von T5-Leuchtstofflampen bis 54 W in explosionsgeschützten Leuchten realisieren.

Technische Beschreibung

In explosionsgeschützten Langfeldleuchten werden meist T8-Leuchtstofflampen benutzt. Unter wirtschaftlichen Gesichtspunkten sind zunehmend T5-Leuchtstofflampen höherer Leistung interessant. Diese weisen gegenüber T8-Leuchtstofflampen einen kleineren Durchmesser auf. Nachteil hierbei: Die Oberfläche der T5-Lampen wird am Ende ihrer Lebensdauer im Bereich der Wendel sehr warm. Deshalb ist die Verwendung in explosionsgefährdeten Bereichen aus verschiedenen Aspekten problematisch.

Hier setzt die neue Lösung der PTB an. Das sicherheitstechnische Konzept für die Verwendung von Leuchtstofflampen in explosionsgeschützten Leuchten der Zündschutzart „Erhöhte Sicherheit“ wird jeweils im Bereich der Wendel um eine die Leuchtstofflampe umfassende Vorrichtung zur Wärmeverteilung ergänzt. Die Verteilung der Wärme wird durch zwei bewegliche Halbzylinder realisiert. Die Gesamtkonstruktion berücksichtigt die Toleranzbereiche der T5-Lampendurchmesser verschiedener Hersteller, die Lage-Schwankung der Lampenachse beim Eindrehen in die Rastposition sowie weitere Freiheitsgrade. Die Halbzylinder schließen selbsttätig beim Einsetzen der Lampe in die Fassung. Beim Entnehmen einer defekten Lampe verbleibt die Vorrichtung in der Leuchte.

Anwendung

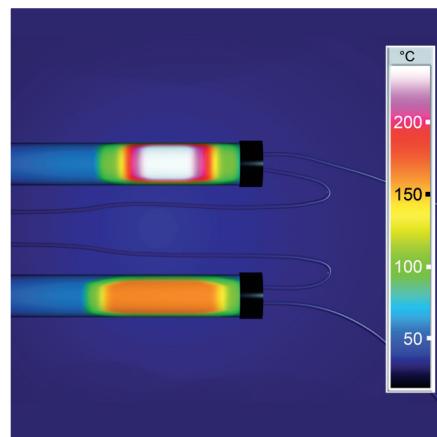
Die Konstruktion kann an Leuchtstofflampen in Langfeldleuchten der Kategorie 2 und 3 eingesetzt werden.

Wirtschaftliche Bedeutung

Aufgrund der höheren Wirtschaftlichkeit und aus lichttechnischen Erwägungen werden zunehmend T5-Leuchtstofflampen verwendet. Die PTB-Entwicklung erweitert den Einsatzbereich der T5-Leuchtstofflampen auf Lampen mit höherer Leistung in explosionsgeschützten Leuchten in Verbindung mit einer möglichen größeren Verweildauer der Lampen in der Leuchte.

Entwicklungsstand

Das System wurde ausführlich auf Laborebene getestet. Eine deutsche Patentanmeldung ist anhängig. Ein Fertigungsverfahren wurde evaluiert. Die konstruktive Anpassung an eine konkrete Leuchtenkonstruktion ist erforderlich.



Darstellung der Oberflächentemperatur von T5-Leuchtstoffröhren ohne (oben) und mit Aufsteckhülse (unten)

Vorteile:

- Einsatz an T5-Leuchtstofflampen bis 54 W in explosionsgeschützten Leuchten
- Erhöht Abschaltschwellen der elektronischen Vorschaltgeräte bis 7,5 W (T5-Leuchtstofflampe)
- Kein zusätzlicher Wartungsaufwand beim Lampenwechsel

Ansprechpartner:

Andreas Barthel
Innovationsmanager
Telefon: +49 531 592-8307
Telefax: +49 531 592-69-8307
E-Mail: andreas.barthel@ptb.de

Rainer Kulessa
Arbeitsgruppe
Eigensicherheit

www.technologietransfer.ptb.de

PTB-Nummer 0371

„Die sichtbaren Dinge

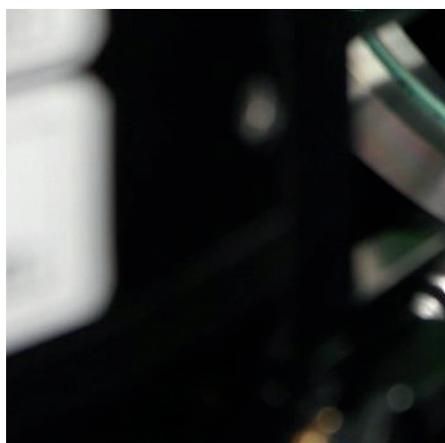
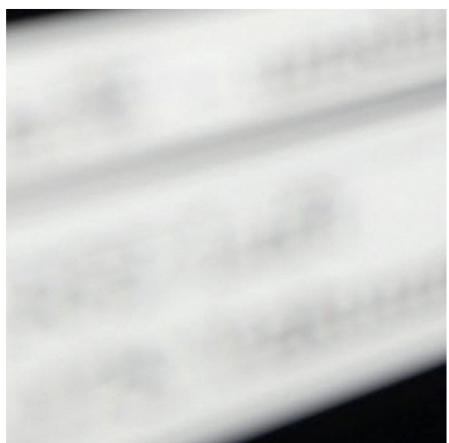
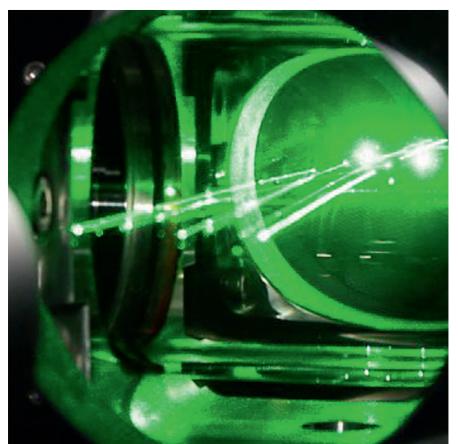
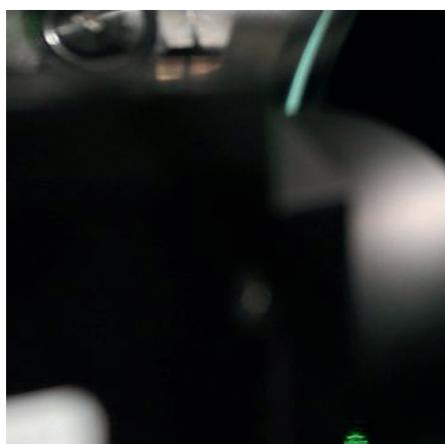
bilden die Grundlage der Erkenntnis des Unsichtbaren.“

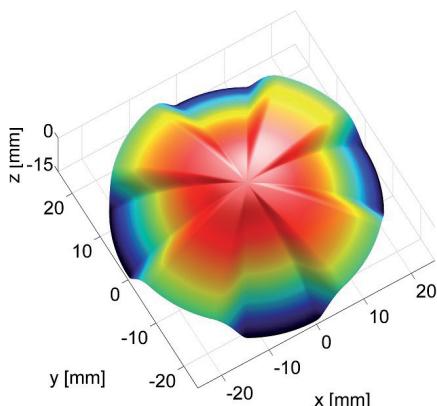
Anaxagoras (499–427 v. Chr.),
griechischer Philosoph aus Klazomenai,
Freund, philosophischer Lehrer und Berater des leitenden Staatsmannes Perikles



Optik

Angebote zum Technologietransfer





Multi-Radien-Prüfkörper
(überhöhte Darstellung)

Vorteile:

- Rückführbare Kalibrierung von Asphären-Messgeräten
- Für optische und taktile Messverfahren geeignet

Metrologische Asphärennormale

Die rückführbare Vermessung von Asphären stellt eine enorme Herausforderung dar. Beispielsweise reagieren optische Messverfahren auf Steigungen und Krümmungen grundverschieden anders als taktile Messverfahren. Mit neuen PTB-Asphärennormalen können Vergleichsmessungen von taktilen und optischen Messverfahren an asphärischen Oberflächen durchgeführt werden, deren Form deutlich von der Kugelgestalt abweicht.

Technische Beschreibung

Zur Vermessung von Asphären werden heutzutage taktile Messverfahren, z. B. mittels Mikro-Koordinatenmessgeräten (μ CMM), und optische Messverfahren eingesetzt. Optische Messverfahren reagieren völlig anders als taktile Messverfahren auf Steigungen und Krümmungen. Aus diesem Grund sind Vergleiche beider Messverfahren notwendig. Das Messergebnis ist also gleichzeitig eine Funktion der lokalen Welligkeit (Ortswellenlänge) des Prüflings und der lokalen Amplitude. In diesem Sinne sind die Messverfahren nichtlinear.

Die PTB hat für diese Anwendungen mehrere Normale entwickelt, deren Oberfläche von definierter asphärischer Form ist. Die Asphärennormale sollen auf einer Ultrapräzisionsdrehmaschine mit einem Diamanten gefertigt werden. Entwickelt werden verschiedene metrologische Prüfkörper. Bei dem Multi-Radien-Prüfkörper sind auf einer Oberflächenform mehrere Radien kombiniert (siehe Abb.). Auf weiteren Prüfkörpern sind modulierte Sinusprofile auf einer Sphäre mit Plateaus und Freiformflächen mit Zernike-Anteilen eingebracht. Diese verschiedenen Formen dienen zur Bestimmung der lateralen Auflösung, der vertikalen Höhengenauigkeit und der genauen Formbestimmung. Die Prüfkörper werden charakterisiert und nach Möglichkeit mit einem rückführbaren Messverfahren kalibriert.

Anwendung

Die neuen Prüfkörper sind für Prüflaboratorien entlang der Rückführungskette und zur Qualitätssicherung in der Industrie von Interesse. Zur Verbesserung der In-House-Messtechnik können die Prüfkörper jedem optischen oder taktilen Messgerät beigelegt werden.

Wirtschaftliche Bedeutung

Ein derartiger Prüfkörper erhöht bei Herstellern und Endkunden das Vertrauen in die Messrichtigkeit bei einem Bruchteil der Kosten des Gesamtgerätes.

Ansprechpartner:

Dr. Bernhard Smandek
Beauftragter für Technologietransfer
Telefon: +49 531 592-8303
Telefax: +49 531 592-69-8303
E-Mail: bernhard.smandek@ptb.de

Gernot Blobel
Arbeitsgruppe
Form- und
Wellenfrontmetrologie

www.technologietransfer.ptb.de

PTB-Nummer 0363

Entwicklungsstand

Das System wird ausführlich auf Laborebene getestet. Eine deutsche und europäische Patentanmeldung sind anhängig.



Umwandlung gepulster Laserstrahlung in konstante Strahlung

In weiten Bereichen der optischen Metrologie ist eine Strahlungsquelle von großem Nutzen, die sich spektral vom UV-C bis ins mittlere IR durchstimmen lässt. Lediglich Laser mit gepulster Strahlung erfüllen diese Anforderung bei ausreichend großem Ausgangssignal bisher lückenlos. Femtosekunden-Lasersysteme wären aufgrund ihrer gut automatisierbaren und spektral weiten Durchstimmbarkeit die ideale Strahlungsquelle für z. B. radiometrische Anwendungen – wenn ihre Strahlung nicht gepulst wäre.

Durch das extreme Puls-Pausen-Verhältnis von 10^{-5} entstehen hohe Spitzenleistungen, die wiederum zu Sättigungseffekten bei Detektoren und in der Folge zu nichtlinearem Verhalten führen können. Mit dem in der PTB entwickelten Puls-zu-CW-Konverter wird dieses Problem gelöst.

Technische Beschreibung

Bei dieser Methode werden Pulse gepulster Strahlungsquellen ausreichend hoher Repetitionsrate in CW-Strahlung umgewandelt. Dabei wird jeder Puls in viele kleine Teilpulse aufgeteilt, die auf unterschiedlich langen Wegstrecken unterschiedliche Laufzeiten erfahren. Am Ausgang des Systems erscheinen sie dann zeitlich gleichmäßig verteilt. Realisiert wird dieser Puls-zu-CW-Konverter über ein Glasfaserbündel, bei dem jede Einzelglasfaser eine individuell festgelegte Länge besitzt.

Anwendung

Mit der Entwicklung des Puls-zu-CW-Konverters wurde das entscheidende Manko beim Einsatz leistungsstarker Femtosekunden(fs)-Lasersysteme im Bereich der Metrologie beseitigt und erstmalig gepulste Laserstrahlung in CW-Strahlung umgewandelt. Diese Neuentwicklung ermöglicht es nun, herkömmliche Monochromatorsysteme durch fs-Lasersysteme zu ersetzen, die eine bis zu 1000-mal höhere spektrale Ausgangsleistung besitzen.

Wirtschaftliche Bedeutung

Durch den neuen Puls-zu-CW-Converter können in wirtschaftlich bedeutenden Bereichen wie z. B. der Photovoltaik, der Photometrie, der UV-Strahlungsmesstechnik und der Reflektometrie die Referenz- und Transfernormale mit einer deutlich reduzierten Messunsicherheit kalibriert werden. Hier werden bislang wesentliche Messunsicherheitsanteile durch zu geringe Strahlungsleistungen aus herkömmlichen Monochromatorsystemen verursacht.

Entwicklungsstand

Unter DE 10 2010 011 615 B4 wurde für den CW-Konverter ein Patent erteilt.



Puls-zu-CW-Konverter

Vorteile:

- Zeitliche Glättung gepulster Laserstrahlung
- Keine störenden Interferenzen
- Nur minimale Absorption des Messsignals
- Auch bei kürzeren Wellenlängen ohne Ulbrichtkugel verwendbar
- Kontinuierliche Verteilung des Ausgangspulses
- Pulsvervielfachung
- Höhere Strahlungsleistung

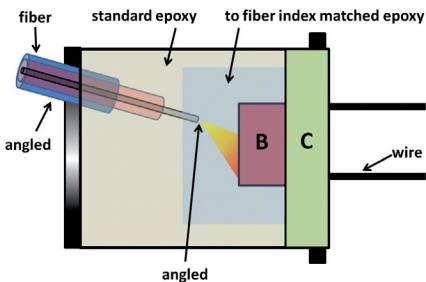
Ansprechpartner:

Dr. Bernhard Smandek
Beauftragter für Technologietransfer
Telefon: +49 531 592-8303
Telefax: +49 531 592-69-8303
E-Mail: bernhard.smandek@ptb.de

Dr. Stefan Winter
Arbeitsgruppe
Solarzellen

www.technologietransfer.ptb.de

PTB-Nummer 0254



Schematischer Aufbau der Detektorkupplung

Vorteile:

- Faser-Detektorkopplung ohne Luftspalt
- Reduktion der Einflüsse des Umgebungsgases durch Vermessung parasitärer Absorption in fasergekoppelten Spektrometern
- Minimierte Interferenzeffekte
- Vibrationsunempfindlich
- Für Anwendungen in der Gasanalyse

Faser-Detektorkopplung ohne parasitäre Absorptionsstrecken

Bei der optischen Gasanalyse wird immer häufiger die *Tunable Diode Laser Absorption Spectroscopy* (TDLAS) genutzt. Hierbei wird die Absorption eines Gases mit durchstimmbaren Diodenlasern untersucht. Die auftretende Absorption im Fasersystem vor der eigentlichen Messzelle führt jedoch zu Offsetproblemen. Die neue PTB-Kupplung minimiert diese variablen Einflüsse und steigert dadurch die Messgenauigkeit signifikant.

Technische Beschreibung

Um parasitäre Störeinflüsse durch das umgebende Medium bei einer spektroskopischen Messung zu vermeiden, bietet sich z. B. bei TDLAS-Messungen an, das Laserlicht über eine Glasfaser in das zu untersuchende Medium einzukoppeln, denn innerhalb der Glasfaser tritt keine gasspezifische Absorption auf. Allerdings stellt die Einkoppel-Region zwischen Diodenlaser und Glasfaser beispielsweise für Wasserdampfmessungen ein großes Problem dar, denn sowohl in forschungsorientierten wie auch kommerziellen fasergekoppelten Diodenlasern kann dort nicht nur eine von der Außenfeuchte unabhängige, d. h. konstante, sondern auch eine abhängige, d. h. variable, Absorption stattfinden.

Durch die neue Faser-Detektorkupplung der PTB kann diese Ausgangsabsorption vermessen und deren Einfluss minimiert werden. Durch eine komplette Einbringung des offenen, oberflächenbehandelten Glasfaserendes in ein gasundurchlässiges, index-matched Epoxidharz verläuft der Strahlengang unter kontrollierbaren Bedingungen zum Detektor. Im Epoxidharz wird das Licht defokussiert, sodass der antireflexbeschichtete Detektor nicht lokal gesättigt wird. Durch einen Winkel in der Anordnung werden optische Interferenzen zusätzlich minimiert. Eine weitere, mit Glasmehl verstärkte Epoxidharzschiicht dient als Faserentlastung und verschließt zusätzlich die Einzelteile mit einem robusten Schutzgerüst.

Ansprechpartner:

Andreas Barthel
Innovationsmanager
Telefon: +49 531 592-8307
Telefax: +49 531 592-69-8307
E-Mail: andreas.barthel@ptb.de

Prof. Dr. Volker Ebert
Dr. Bernhard Buchholz
Fachbereich
Gasanalytik

www.technologietransfer.ptb.de

PTB-Nummer 0372

Anwendung

Die Faser-Detektorkopplung wird zurzeit in zwei flugfähigen Hygrometern (SEALDH-II und HAI) eingesetzt, wo sie im 1,4-µm-Spektrometerpfad die Offsetunsicherheit pro Meter Absorptionspfad von ca. 120 ppmv/m auf 4,5 ppmv/m senkt.

Wirtschaftliche Bedeutung

Aufgrund des immer größer werdenden Angebots kommerzieller Gasanalysatoren auf Basis von TDLAS wird die Absolutgenauigkeit als Differenzierungsmerkmal weiter an Bedeutung gewinnen, wobei die Berücksichtigung parasitärer Absorption eine entscheidende Rolle spielt.

Entwicklungsstand

Das Verfahren wurde in der PTB getestet. Ein Funktionsmuster ist vorhanden. Eine deutsche Patentanmeldung ist anhängig.

Kompakte Vakuumdurchführung für Glasfasern

Wie führt man hochempfindliche Materialien, z. B. Glasfasern, auf engstem Raum in Vakuumbehälter ein, ohne den rotatorischen bzw. longitudinalen Freiheitsgrad zu verlieren? Die neue Entwicklung der PTB schafft diesem Problem Abhilfe. Sie ermöglicht die Positionierung und nachträgliche Justage von Glasfasern unter Minimierung des Bruchrisikos aufgrund einer kompressionsfreien Halterung mit integrierter Zugentlastung sowie der Vermeidung von Scher- und Torsionsbelastungen.

Technische Beschreibung

Derzeit gängige Durchführungen zur Durchleitung von Kabeln oder Fasern in Vakuum- oder Druckbehältern haben den großen Nachteil, dass das einzuführende Gut nur ungenügend oder nur minimal justiert werden kann. Die neue PTB-Vakuum-Durchführung stellt eine ganzheitliche Lösung dieses Problems dar.

In der Vakuumdurchführung wird die einzuleitende Faser in ein Edelstahlrörchen integriert. Dieses dickwandige, polierte Edelstahlrörchen wird durch einen speziellen, konischen Teflon-Stopfen geführt, welcher wiederum in einem kommerziell verfügbaren Rohranschluss (Swagelok, Gyrolok o. ä.) sitzt. Die Grenzflächen zwischen Rohrabschluss und Stopfen sowie zwischen Edelstahlrörchen und Stopfen werden durch plastische Verformung beim Anziehen einer rückseitigen Überwurfmutter abgedichtet; eine elastische Verformung wird über einen Pufferhohlraum ausgeglichen. Durch die neuartige Konstruktion wird das Torsionsmoment beim Verschrauben auf den Stopfen beschränkt und die Faser geschützt. Die zwischen Faserkern und Fasermantel oft auftretenden Leckagen werden durch das Vergießen der bis auf den Kern aufgetrennten Faser im Rohrinneren verhindert.

Anwendung

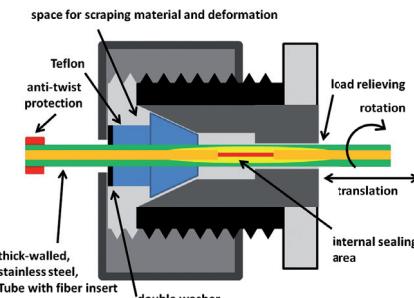
Die Vakuumdurchführung findet in bestehenden TDLAS-Messverfahren Anwendung. Neben der notwendigen Positionierung ist – um Faserbrüche zu vermeiden – besonders bei den flugfähigen Instrumenten aufgrund der hohen Vibrationen die belastungsfreie Führung der Faser essenziell.

Wirtschaftliche Bedeutung

Der Markt für Vakuum- und Prozesselechnik hat wachsenden Bedarf an flexibel anpassbaren Lösungen, die den Einsatzbereich bestehender Anwendungen auf neue Geschäftsfelder erweitern.

Entwicklungsstand

Das Verfahren wurde in der PTB getestet. Ein Funktionsmuster ist vorhanden. Eine deutsche Patentanmeldung ist anhängig.



Schematische Darstellung der kompakten Vakuumdurchführung

Vorteile:

- Rotatorische und longitudinale Verschiebbarkeit
- Kompressionsfrei
- Integrierte Zugentlastung
- Geeignet für hochempfindliche Materialien wie Glasfasern
- Wiederverwendbar
- Leckrate $< 5 \times 10^{-10}$ hPa L/s

Ansprechpartner:

Andreas Barthel
Innovationsmanager
Telefon: +49 531 592-8307
Telefax: +49 531 592-69-8307
E-Mail: andreas.barthel@ptb.de

Prof. Dr. Volker Ebert
Dr. Bernhard Buchholz
Fachbereich
Gasanalytik

www.technologietransfer.ptb.de

PTB-Nummer 0373



Raman-Standard

Vorteile:

- Hoher Raman-Kontrast
- Zweidimensionale Kalibrierung
- Bestimmung der optischen Auflösung
- Geeignet für nahezu alle Gerätekonfigurationen

Ansprechpartner:

Andreas Barthel
Innovationsmanager
Telefon: +49 531 592-8307
Telefax: +49 531 592-69-8307
E-Mail: andreas.barthel@ptb.de

Dr. Sabine Zikel
Arbeitsgruppe
Optische Analytik

www.technologietransfer.ptb.de

PTB-Nummer 0369

Raman-Standard

Die Raman-Mikroskopie ist ein Messverfahren zur ortsaufgelösten Bestimmung der chemischen Zusammensetzung von Proben. Ein neuer Raman-Standard der PTB ermöglicht die laterale Kalibrierung von Raman-Mikroskopen und ihrer optischen Auflösung in besonders hoher Güte.

Technische Beschreibung

In der Raman-Mikroskopie wird die inelastische Streuung von Licht genutzt, um Oberflächen chemisch und ortsaufgelöst zu charakterisieren. Die Qualität eines zweidimensionalen Punkt-Scans hängt dabei maßgeblich von der Genauigkeit des Mikroskop-Tisches ab. Eine Kalibrierung der Scan-Einrichtung ist mit herkömmlichen Prüfkörpern für Mikroskope nur eingeschränkt möglich, da diese entweder keinen ausreichenden Raman-Kontrast erzeugen und nur eindimensionale Strukturen zur Verfügung stellen oder aber aufgrund der Topografie dieser Prüfkörper störende Kanteneffekte auftreten.

Daher wurde in der PTB ein neuer Raman-Chip entwickelt. Er besteht aus einer nahezu topografielosen Silizium-Oberfläche, einem Material hervorragender Raman-Aktivität, auf die in einem Beschichtungsverfahren sehr dünne (ca. 20 nm) Gold-Palladium-Muster aufgebracht wurden. Diese Abdeckungen bewirken eine Abschwächung des Raman-Signals im Scanprozess. Rückgeführte, schachbrettartige Strukturen von 4 µm bis 0,8 µm Periodizität ermöglichen zweidimensionale, langreichweite Kalibrierungen bei hohem Raman-Kontrast. Einzelne und benachbarte Punktstreuzentren sowie größere Flächen mit scharfen Kanten dienen der Bestimmung der optischen Auflösung.

Anwendung

Der Raman-Chip dient als Kalibrier-Standard in der bildgebenden Raman-Mikroskopie. Er ermöglicht die genaue Bestimmung von Bildabständen und optischer Auflösung bei verschiedensten Kombinationen von Anregungswellenlänge, Objektiv, Schrittweite und Bildgröße. Auf diese Weise lassen sich quantitative Flächenauswertungen von Raman-Mappings auf das Internationale Einheitensystem (SI) rückführen.

Wirtschaftliche Bedeutung

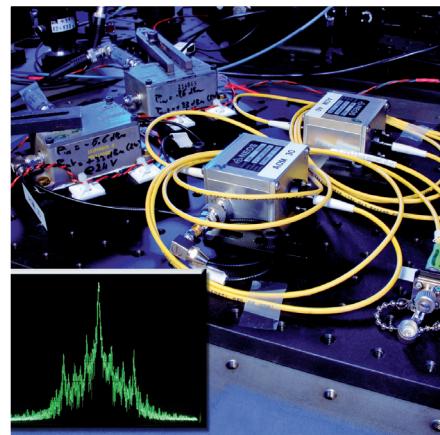
Bedingt durch technologische Fortschritte bei Anregungslasern, Detektoren und durch eine vereinfachte Bedienung robuster Spektrometer-Systeme findet die Raman-Mikroskopie Anwendung in vielen Bereichen der chemischen Analytik. Sie wird in der Qualitätssicherung zur ortsaufgelösten Charakterisierung sowohl biologischer, chemischer und pharmazeutischer Proben eingesetzt als auch bei der Untersuchung von Halbleitermaterialien, Mineralien und Polymeren.

Entwicklungsstand

Der Raman-Standard wurde ausführlich im Labor getestet. Eine deutsche Patentanmeldung ist anhängig.

Empfangssystem für glasfasergeführtes ultrapräzises Frequenzsignal

Eine PTB-Erfindung ermöglicht die Übertragung des Signals eines ultrastabilen Single-Frequency-Lasers über große Entferungen in normalen Telekommunikationsglasfasern. Die Erfindung löst das Problem des Anschlusses einer großen Anzahl von Kunden an eine einzige Faserstrecke. Die Erfindung stellt zugleich einen bedeutenden Schritt zur Übertragung des Zeitsignals einer optischen Uhr dar (Atomuhr aus der Steckdose).



Technische Beschreibung

Eine optische Frequenz wird über eine lange Glasfaserleitung übertragen und kann jetzt – trotz der zu erwartenden Störungen in Phase, Mittenfrequenz und Polarisation – an jedem Ort der Leitung abgetastet und auf die Ursprungsfrequenz v_0 des PTB-Normals rückgeführt werden. Dies gelingt, indem beide Signale, sowohl das vorwärtslaufende als auch das rückwärtslaufende, zu einem Schwebungssignal vereinigt werden. Ein nachfolgender einfacher, analoger Algorithmus erzeugt eine Korrekturfrequenz Δv . Ein akustooptischer Modulator (AOM) überlagert nun das gestörte Signal mit dieser Korrekturfrequenz und regeneriert das gewünschte PTB-Frequenzsignal v_0 in hoher Präzision. Im Empfänger werden einfache Standardkomponenten der Telekommunikationstechnik eingesetzt. Nachfolgende Empfangsstationen werden durch die Auskopplung am Faserkoppler einer einzelnen Station nicht gestört. In Punkt-zu-Punkt-Experimenten ist die Übertragungstechnik über Wegstrecken von mehr als 100 km Länge nachgewiesen worden.

Anwendung

Empfänger dieser Art werden im Bereich der Lasertechnik bei der Kalibrierung von höchstauflösenden Spektrometern und der Feinabstimmung von lokalen Referenzlasern auf Empfängerseite benötigt. Kombiniert mit einem lokalen Frequenzkammgenerator können weitere präzise Frequenzen, auch im Mikrowellenbereich, erzeugt werden. Im Bereich der chemischen Analytik mit Höchstpräzisionslasern kann das System mittelbar zur Verifikation der Nachweisempfindlichkeit und Qualitätssicherung dienen.

Wirtschaftliche Bedeutung

Eine lokale Verteilung kann mit nur geringen Qualitätseinbußen verschiedene Arbeitsplätze bedienen. Durch viele Empfangsstationen reduziert sich der Mietpreis der benötigten normalen, überall vorhandenen 1,5-µm-Glasfaserleitung.

Die Erfindung ermöglicht den Anschluss vieler Empfänger an eine einzige Glasfaserstrecke. Jeder Empfänger ist in der Lage, trotz Übertragungsstörungen das ursprüngliche hochpräzise Frequenzsignal zu regenerieren.

Vorteile:

- Bereitstellung des Frequenzsignals mit einer Bandbreite um 1 Hz in einem normalen Glasfaserkabel über große Entfernungen
- Auf Normal rückführbar
- Mehrfache Abtastung an einem beliebigen Ort
- Verteilung des Frequenzsignals in lokalen Netzen über einige hundert Meter mit geringen Qualitätseinbußen

Ansprechpartner:

Dr. Bernhard Smandek
Beauftragter für Technologietransfer
Telefon: +49 531 592-8303
Telefax: +49 531 592-69-8303
E-Mail: bernhard.smandek@ptb.de

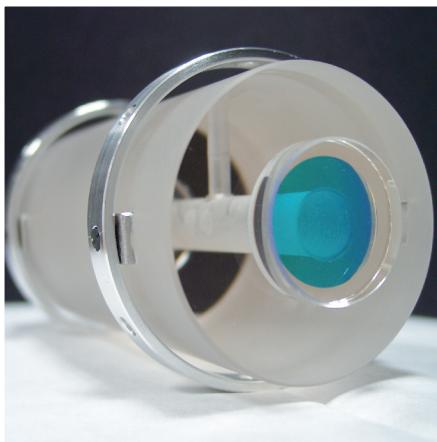
Dr. Gesine Grosche
Arbeitsgruppe
Längeneinheit

www.technologietransfer.ptb.de

PTB-Nummer 0222

Entwicklungsstand

Unter der Nummer DE 10 2008 062 139 B4 wurde ein Patent erteilt.



Ultrastabiler optischer Resonator mit einem Längenausdehnungskoeffizienten von Null bei ca. 20 °C

Vorteile:

- Einsatz von Spiegelmaterialien mit geringerem thermischen Rauschen
- Kompensation der durch Temperaturschwankungen verursachten Spiegeldeformation
- Relative Längenstabilität von 10^{-16} möglich
- Kostengünstige Temperaturstabilisierung auf 20 °C

Spiegelbauteil für ultrastabile Resonatoren

Ein neuartiges Spiegel-Konzept für Fabry-Perot-Resonatoren führt durch eine entscheidende Verringerung des thermischen Rauschens zu einer höheren Frequenzstabilität des Resonators bei geringerem Aufwand für die Temperaturstabilisierung. Die Kombination aus Design und Materialauswahl führt zu einer relativen Frequenzstabilität im Bereich von 10^{-16} . Dabei lässt sich das Spiegelbauteil einfach und kostengünstig fertigen.

Technische Beschreibung

Das neue Spiegelement der PTB kombiniert eine extrem hohe Längenstabilität bei ca. 20 °C mit geringem thermischen Rauschen. Bisher bestanden sowohl die Spiegel als auch der Abstandshalter von ultrastabilen Fabry-Perot-Resonatoren aus Ultra-Low-Expansion-Glas (ULE), das bei ca. 20 °C einen Nulldurchgang in seiner Längenausdehnung aufweist. Das thermische Rauschen der Spiegel (vergleichbar zur Brown'schen Molekularbewegung) limitiert hierbei die Frequenzstabilität der Resonatoren. Spiegel mit geringerem thermischen Rauschen, z. B. Quarzglas, besitzen bei 20 °C eine vielfach größere thermische Längenausdehnung. Da sie fest mit dem Abstandshalter aus ULE-Glas verbunden sind, führt eine Temperaturänderung zu einer Deformation der Spiegel. Dies verursacht eine Verschiebung des Nulldurchgangs der Längenausdehnung des Resonators auf -10 °C. Eine Stabilisierung des Resonators auf diese Temperatur ist sehr aufwendig. Bei dem PTB-Patent wird an der Rückseite eines Quarzglasspiegels ein Ring aus ULE-Glas angebracht. Dieser wirkt der Deformation des Spiegels entgegen, und der Nulldurchgang der Längenausdehnung des Resonators befindet sich wieder bei 20 °C. Damit sind Fabry-Perot-Resonatoren möglich, die bei Zimmertemperatur betrieben werden können und dennoch ein deutlich kleineres thermisches Rauschen aufweisen.

Anwendung

Der neuartige Spiegel kann in Fabry-Perot-Resonatoren eingesetzt werden, die zur Stabilisierung von Lasersystemen dienen. Solche Lasersysteme erreichen eine relative Frequenzstabilität von bis zu 10^{-16} .

Wirtschaftliche Bedeutung

Frequenzstabile Laser werden zu Realisierung optischer Uhren, in der Nachrichtentechnik zum Übermitteln von ultrastabilen Frequenzen und im Bereich der Ultrapräzisions-Spektroskopie benutzt.

Ansprechpartner:

Dr. Bernhard Smandek
Beauftragter für Technologietransfer
Telefon: +49 531 592-8303
Telefax: +49 531 592-69-8303
E-Mail: bernhard.smandek@ptb.de

Dr. Thomas Legero
Arbeitsgruppe
Quantenoptik und Längeneinheit

www.technologietransfer.ptb.de

PTB-Nummer 0213

Entwicklungsstand

Für das Spiegelbauteil wurde unter DE 10 2008 049 367 B3 ein Patent erteilt.



Rotationsstitching für große Flächen

Die Ebenheitskalibrierung großer optischer Prüflinge wird präziser und einfacher. Mit relativ kleinen Interferometern können jetzt auch wesentlich größere Flächen hochgenau vermessen werden. Der Clou – einzelne Teiltopografien werden miteinander verknüpft. Ein weiterer Vorteil des neuen PTB-Konzepts: Durch die vertikale Anordnung des Prüflings wird die Messung noch genauer, denn die störenden Schwerkrafeineinflüsse entfallen.

Technische Beschreibung

Bei dem Messprinzip des Rotationsstitchings mittels eines Interferometers werden beliebig viele Teiltopografien aufgenommen, wobei der zu messende Prüfling zwischen der Aufnahme der einzelnen Topografie-segmente gedreht wird. Die dabei jeweils entstehenden Kippwinkel werden mit einem Autokollimator erfasst. Anschließend werden alle Einzelmessungen zu einer Gesamttopografie zusammengeführt. Durch eine geeignete mathematische Auswertung können Prüflinge, die wesentlich größer als das verwendete Interferometer sind, hochgenau gemessen bzw. kalibriert werden. Die Fehler üblicher Stitching-Verfahren werden eliminiert.

Anwendung

Der Bedarf von Wissenschaft und Industrie nach immer größeren optischen Ebenheitsmessungen und -standards wächst stetig. Prüflinge mit 600 mm Durchmesser sind keine Seltenheit mehr. Derzeit wird die Oberflächenbeschaffenheit von planen Flächen mit diesen Dimensionen durch den Drei-Platten-Test untersucht. Dieses gewohnte Verfahren ist jedoch mit hohem apparativen Aufwand verbunden, erzielt nur reduzierte Messgenauigkeiten und ist dennoch sehr kostenintensiv.

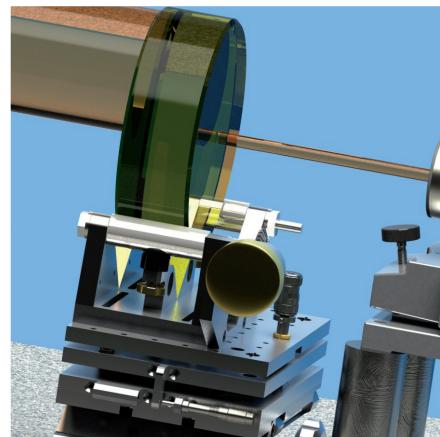
Mit dem neuen Rotationsstitching der PTB ist man nun in der Lage, große Prüflinge mit Interferometern zu messen, die beispielsweise nur den halben Durchmesser des Prüflings aufweisen. Ein weiterer Vorteil des Verfahrens ist, dass die Prüflingstopografie nahezu ohne Einfluss der Auflagekräfte gemessen werden kann – ein großes Plus an Genauigkeit.

Wirtschaftliche Bedeutung

Die Kosten für ein Interferometer oder auch für die notwendigen Planplatten einer Kalibrierung mit dem Drei-Platten-Test wachsen exponentiell mit dem benötigten Durchmesser an. Daher ist durch das neue PTB-Verfahren mit erheblichen Kosteneinsparungen bei gleichzeitig steigender Genauigkeit zu rechnen.

Entwicklungsstand

Zurzeit werden an einem Demonstrator die erreichbaren Messunsicherheiten untersucht. Unter der Nummer DE 10 2010 044 318 B3 wurde ein Patent erteilt.



Mit dem neuen Rotationsstitching der PTB können Topografien sehr großer Prüflinge, die wesentlich größer als das Interferometer sind, hochgenau gemessen werden

Vorteile:

- Große Planflächen messbar
- Erhebliche Kosteneinsparung gegenüber konventioneller Technik
- Schwerkrafeineinfluss kann eliminiert werden
- Verbesserte Ortsauflösung

Ansprechpartner:

Dr. Bernhard Smandek
Beauftragter für Technologietransfer
Telefon: +49 531 592-8303
Telefax: +49 531 592-69-8303
E-Mail: bernhard.smandek@ptb.de

Heiko Reinsch
Arbeitsgruppe
Form- und Wellenfrontmetrologie

www.technologietransfer.ptb.de

PTB-Nummer 0283

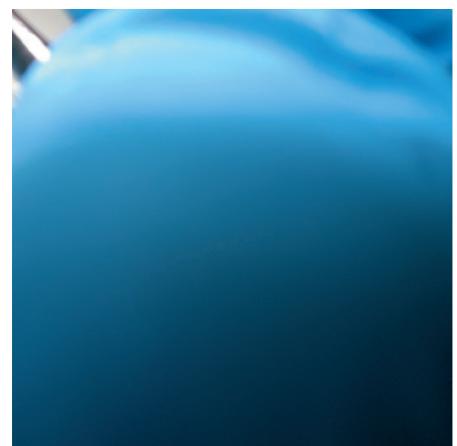
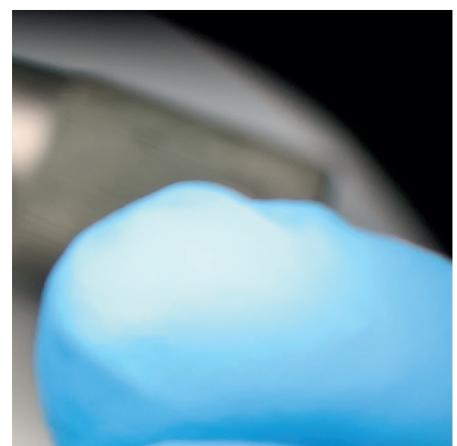
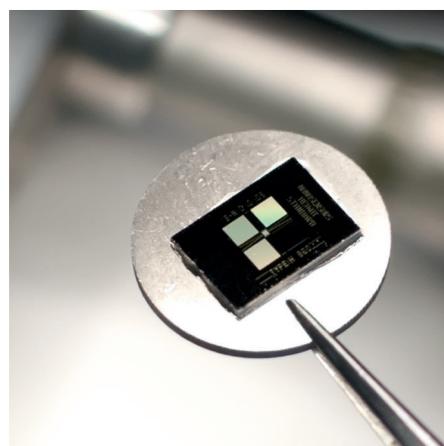
„In Wirklichkeit gibt es nur die Atome und das Leere.“

Demokrit (460 bis frühes 4. Jahrhundert v. Chr.)
griechischer Philosoph aus Abdera, Zeitgenosse des Platon



Mikro- & Nanotechnologie

Angebote zum Technologietransfer





Funktionsprinzip des reibungsfreien Lineartisches

Vorteile:

- Einstellbares Gegenfeld
- Vereinfachte Bewegungssteuerung
- Positionsstabilität < 1 nm
- Geringer Wärmeeintrag

Rauscharmer Lineartisch

Diese neue PTB-Entwicklung macht luftgelagerte Lineartische noch präziser. Ihre Anwendung findet sie in der Rauheitsmesstechnik. Durch die Integration kann die laterale Positionsstabilität erhöht und das durch den Antrieb bedingte Rauschen senkrecht zur Bewegungsrichtung minimiert werden.

Technische Beschreibung

Luftgelagerte Lineartische weisen eine sehr niedrige Lagerreibung auf. Dies ist ein Vorteil beim langsamen Verfahren gegenüber z. B. rollengelagerten Tischen. Insbesondere das Rauschen senkrecht zur Bewegungsrichtung kann je nach technischer Ausführung sehr gering sein ($\leq 1 \text{ nm}$), was diese Tische für Anwendungen in Rauheits- oder Formmessgeräten prädestiniert. Durch die fehlende Eigenreibung der Luflager ist es jedoch nicht einfach, einen sauberen Stillstand oder eine präzise, gleichförmige Bewegung zu erreichen. Beim direkten Antrieb der Tische mittels Tauchspulen kommt es beim Einsatz von pulsweiten-modulierenden Endstufen zu einer Erhöhung des Lagerrauschens wegen der hochfrequenten Umschaltvorgänge.

Analoge Endstufen, wie sie in der neuen PTB-Lösung eingesetzt werden, rauschen deutlich weniger, neigen aber zum unkontrollierten Aufschwingen wegen der geringen Eigenreibung. In der PTB-Entwicklung wird der Lineartisch mittels zweier gegeneinander arbeitender Tauchspulantriebe bewegt. Beide Aktoren werden an analogen Endstufen betrieben. Ein Aktor erzeugt dabei eine konstante Vorspannung, gegen welche der zweite Aktor den Tisch bewegt. Das Konzept ermöglicht es, die rauscharmen Luflager mit sehr rauscharmen Antrieben stabil zu betreiben. Damit könnte die Leistung der Antriebsspule deutlich verringert werden. Die Wärmeleistung aus dem bisherigen Antrieb verteilt sich somit auf zwei Quellen.

Anwendung

Das Verfahren ermöglicht einen rauschärmeren Antrieb bei gleichbleibender Positionsgenauigkeit von luftgelagerten Lineartischen. Senkrecht zur Bewegungsrichtung sollte das Rauschen bei ca. 1 nm liegen. Für derartige Tische erschließen sich Anwendungen in der Fertigungstechnik für hochpräzise Flächen, z. B. beim Messen der Rauigkeit.

Wirtschaftliche Bedeutung

Das Verfahren eröffnet neue Möglichkeiten bei der Konstruktion von Messgeräten mit linearer Verfahrrichtung. Durch die hohe Positionsstabilität ergeben sich Vorteile in der Fertigung und Prozessüberwachung.

Ansprechpartner:

Andreas Barthel
Innovationsmanager
Telefon: +49 531 592-8307
Telefax: +49 531 592-69-8307
E-Mail: andreas.barthel@ptb.de

Dr. Peter Thomsen-Schmidt
Arbeitsgruppe
Rauheitsmessverfahren

www.technologietransfer.ptb.de

PTB-Nummer 0300

Entwicklungsstand

Die Patentanmeldung wurde unter DE 10 2011 018 910 A1 offengelegt.

Lagerspaltbreitenregelung für vakuumvorgespannte Luftlager

Einen großen Genauigkeitssprung ermöglicht diese PTB-Entwicklung aus dem Bereich der planaren Luftlager. In vielen Anwendungen ist eine hohe Positionsstabilität senkrecht zur Vortriebsrichtung gefordert, selbst wenn aus technischen Gründen der Einsatz von Gegenlagern nicht möglich ist. Um hier sehr genau arbeiten zu können, wird die Medienversorgung des vakuumvorgespannten Luftlagers so präzise geregelt, dass während des Betriebes eine Genauigkeit bis zu 2 nm erreicht werden kann.

Technische Beschreibung

Das Vakuum wird durch eine Vorvakuumpumpe erzeugt. Bei ausreichender Pumpleistung wird ein konstanter Unterdruck erreicht. Durch diese Maßnahme wird die zum Betrieb des Lagers erforderliche Luftmenge gegenüber dem Betrieb mit einer Venturidüse auf einen Bruchteil reduziert.

Die Druckluft wird durch einen vorgeschalteten Ausgleichstank temperiert und mit einem nachgeschalteten, dem erforderlichen Volumenstrom angepassten Massenflussregler kontrolliert. Über den am Steuergerät des Massenflussreglers einstellbaren Volumenstrom kann die Lagerspaltbreite reproduzierbar eingestellt werden. In der Regel enthalten die Steuergeräte auch eine Schnittstelle, über die eine rechnergesteuerte Bedienung und Protokollierung bzw. Überwachungsschaltung realisiert werden kann.

Anwendung

Das Verfahren ermöglicht im einstelligen Nanometerbereich eine reproduzierbar einstellbare Lagerspaltbreite und eine wesentlich verbesserte Spaltbreitenstabilität von planaren vakuumvorgespannten Luftlagern. Durch die verbesserte Kontrolle der Medien erschließen sich für derartige Lager Anwendungen in Messgeräten und in der Fertigungstechnik für hochpräzise Flächen.

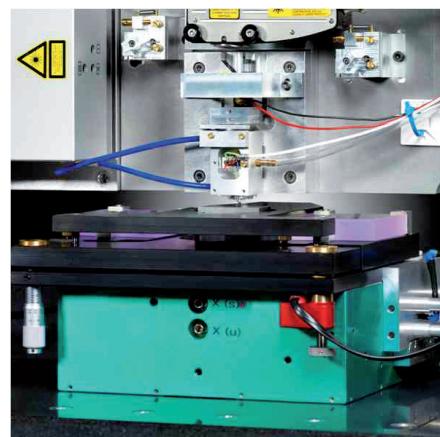
Wirtschaftliche Bedeutung

Durch Einsatz des patentierten Verfahrens ergeben sich erweiterte Möglichkeiten bei der Konstruktion von Geräten mit Luftlagern. Durch die sehr hohe Konstanz und Erfassbarkeit der Lagerspaltbreite ergeben sich Vorteile bei der Fertigung und Prozessüberwachung.

Entwicklungsstand

In einer Anlage der PTB zur Rauheitsmessung werden durch Einsatz der beschriebenen Maßnahmen Lagerspaltbreiten zwischen 2 µm und 3 µm mit einer Auflösung von 2 nm bis 3 nm reproduzierbar eingestellt und über Wochen konstant gehalten.

Unter der Nummer DE 10 2005 050 108 B4 wurde ein Patent für das Verfahren erteilt.



Hochpräzises vakuumvorgespanntes Luftlager im Einsatz

Vorteile:

- Nachrüstbar an geeigneten Geräten
- Reproduzierbare Einstellung der Lagerspaltbreite
- Macht die Lagerspaltbreite zu einer Größe, die in einem Konzept zur Prozesssteuerung erfasst und ausgewertet werden kann

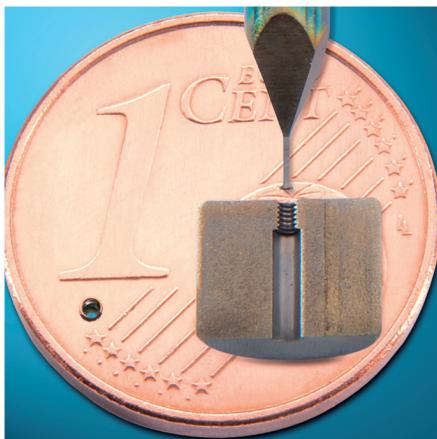
Ansprechpartner:

Andreas Barthel
Innovationsmanager
Telefon: +49 531 592-8307
Telefax: +49 531 592-69-8307
E-Mail: andreas.barthel@ptb.de

Dr. Peter Thomsen-Schmidt
Arbeitsgruppe
Rauheitsmessverfahren

www.technologietransfer.ptb.de

PTB-Nummer 0100



Mikrohanteltasterstift mit Tastkugeldurchmessern von 110 µm bei der Messung eines Mikro-Innengewindes mit der Bezeichnung M 0,7 × 0,175

Vorteile:

- Kalibrierung von Mikro-Innen gewinden bis M 0,7 mm
- Austauschbare Tastkugeln
- Einsetzbar in taktilen Koordinatenmessgeräten

Mikrohanteltasterstift

Die PTB hat einen neuartigen Mikrotaster entwickelt, der durch seine spezielle hantelförmige Geometrie für Messaufgaben wie Mikro-Innengewinde optimiert ist. Das neue Design ermöglicht das Austauschen der Tastkugeln durch die Fixierung über Klemmkräfte. Durch die universelle Kupplung ist der Mikrohanteltaster an nahezu jedes taktile Koordinatenmessgerät adaptierbar.

Technische Beschreibung

Die Messung von Mikrostrukturkomponenten stellt oftmals eine besondere Herausforderung für die Fertigungsmesstechnik dar. An Mikro-Innengewinden angepasste Tastelemente waren bislang nicht mit den geforderten Abmessungen verfügbar.

Bei den neuen Mikrohanteltastern, die in verschiedenen Größen hergestellt werden können, dienen kommerziell verfügbare Mikrokugeln aus Rubin mit typischen Kugeldurchmessern bis zu 110 µm als Antastelemente. Diese werden an einem hantelförmigen Taststift aus Hartmetall fixiert. Dabei werden die Tastkugeln über Klemmkräfte in dem Grundkörper gehalten und können z. B. nach Verschleiß ausgetauscht werden. Hergestellt werden die Taststifte mittels Mikrodrahterosion.

Anwendung

Die fortschreitende Miniaturisierung von Bauteilen erfordert zunehmend immer kleinere, komplexe Mikro-Innenstrukturen, wie z. B. Mikro-Innengewinde. Diese finden in großen Stückzahlen unter anderem in der Uhrenindustrie sowie in der Medizintechnik Anwendung. Gleichzeitig dürfen sie nur sehr geringe Toleranzen aufweisen. Somit ist eine fertigungsbegleitende Messung der hergestellten Teile unverzichtbar. Der Mikrohanteltaster kann in nahezu allen kommerziellen, taktilen Koordinatenmessgeräten eingesetzt werden. Erste Verifikationsmessungen an Mikro-Innengewinden mit einem Nenn-durchmesser von 0,7 mm und einer Steigung von 0,175 mm wurden durchgeführt.

Ansprechpartner:

Andreas Barthel
Innovationsmanager
Telefon: +49 531 592-8307
Telefax: +49 531 592-69-8307
E-Mail: andreas.barthel@ptb.de

Achim Wedmann
Fachbereich
Koordinatenmesstechnik

www.technologietransfer.ptb.de

PTB-Nummer 0364

Wirtschaftliche Bedeutung

Der Mikrohanteltaster ermöglicht rückführbare, taktile Messungen von Mikro-Innenstrukturen mit Spaltbreiten bis zu ca. 150 µm und erlaubt ein zuverlässiges Erfassen und Bewerten hochgenauer und funktionsrelevanter Innenstrukturen. Dies bietet beispielsweise DAkkSakkreditierten Kalibrierlaboratorien die Erweiterung ihres Leistungsangebotes. Zusammen mit einem neuartigen Ansatz zur flächenhaften Auswertung von Gewinden besteht die Möglichkeit einer ganzheitlichen Qualitätsbe trachtung.

Entwicklungsstand

Das System wurde ausführlich auf Laborebene getestet. Eine deutsche Patentanmeldung ist anhängig.

Thermosensor mit Nanotechnologie

Die thermische Belastung ist eine kritische Größe für kompakte elektronische Schaltkreise. Jetzt kann in einem Nanodraht an einem beliebigen und variablen Ort eine Temperaturmessung erfolgen. Bei der Entwicklung von Schaltkreisen kann so die Temperatur *in situ* gemessen werden.

Technische Beschreibung

Die Temperatur an einem bestimmten Punkt lässt sich bequem mit einem Thermoelement messen. Dazu bringt man zwei Metalle an diesem Punkt in Kontakt und misst die durch den Seebeck-Effekt hervorgerufene Thermospannung. Dieses Prinzip lässt sich erweitern, indem ein Thermoelement auf eine feine Spalte montiert und diese über die Oberfläche einer Probe geführt wird. Eine solche Rastersonden-Methode erfordert allerdings eine völlig frei zugängliche Oberfläche.

Der hier vorgestellte Ansatz basiert auf einem einzigen ferromagnetischen Nanodraht, der jedoch zwei unterschiedlich magnetisierte Bereiche aufweist. Die Grenze zwischen diesen Bereichen, Domänenwand genannt, übernimmt nun die Rolle der Kontaktfläche zweier Metalle im klassischen Thermoelement. Der Vorteil: Eine Domänenwand ist frei beweglich. Ein Strompuls genügt, um die Domänenwand ein Stückchen zu verschieben. So kann die Temperatur an jedem Ort entlang des Nanodrahtes gemessen werden, ohne dass mechanisch bewegte Teile notwendig sind. Mehr noch, der Thermosensor lässt sich vollständig in einen mikroelektronischen Schaltkreis integrieren und somit der Betrieb „on the fly“ überwachen.

Anwendung

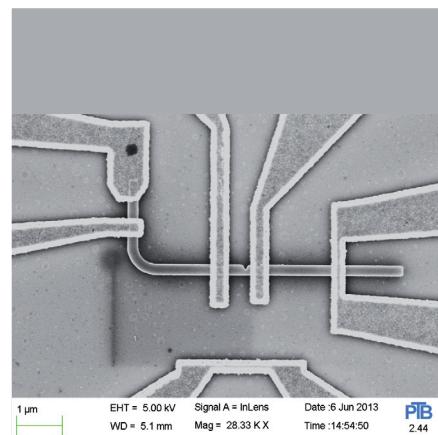
Das System ist zum Test kritischer Parameter bei der Schaltkreis- und Platinenentwicklung mit hoher Packungsdichte interessant.

Wirtschaftliche Bedeutung

Durch die Ortsauflösung ermöglicht die PTB-Erfahrung einen In-situ-Zugriff auf das Bauelement. Kritische Betriebssituationen können so identifiziert und Ausfälle vermieden werden.

Entwicklungsstand

Das System wird gegenwärtig entwickelt. Unter der Nummer DE 10 2014 201 415 wurde ein Patent erteilt. Für die praktische Umsetzung wird ein Industriepartner gesucht.



Elektronenmikroskopische Aufnahme des gebogenen Nanodrahtes (Breite 235 nm) mit Kerbe als künstlicher Fehlstelle

Vorteile:

- Temperaturmessung an beliebigem Ort
- Test kritischer Parameter
- Reduzierung des Ausfallrisikos

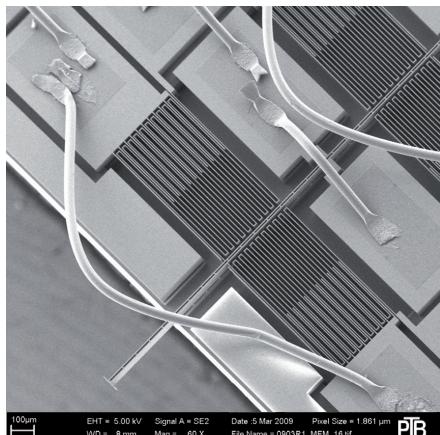
Ansprechpartner:

Dr. Bernhard Smandek
Beauftragter für Technologietransfer
Telefon: +49 531 592-8303
Telefax: +49 531 592-69-8303
E-Mail: bernhard.smandek@ptb.de

Dr. Hans Werner Schumacher
Arbeitsgruppe
Nanomagnetismus

www.technologietransfer.ptb.de

PTB-Nummer 0370



REM-Aufnahme des miniaturisierten Nanokraftsensors

Vorteile:

- Kapazitive Sensortechnik
- Kräfte bis 10 nN messbar
- Lineare Dynamik bis 500 μ N
- Längenauflösung im nm-Bereich
- Faserinterferometer zur In-line-Kalibrierung

Nanokraftsensor

Kleine Kräfte genau messen zu können, ist ein bedeutendes Gebiet der Nanotechnologie. Der neue PTB-Nanokraftsensor erschließt diesen Bereich der Kraftmessung aufgrund seiner speziellen Bauform.

Durch die geschickte Anordnung verschiedener Bauelemente wird ein Aktor mit integriertem Sensor geschaffen, der sowohl kleinste Kräfte bis in den nN-Bereich als auch die Auflösung von Auslenkungen bis in den nm-Bereich ermöglicht.

Technische Beschreibung

Die Entwicklung der PTB basiert auf einem mikroelektromechanischen System (MEMS), welches lithografisch relativ einfach hergestellt werden kann und somit kostengünstig produzierbar ist. Die Kraftmessung erfolgt über einen Schaft, auf den die zu messende Kraft einwirkt. Mäanderförmige Federn, die am Substrat befestigt sind, halten diesen Schaft. Seine Auslenkung wird über zusätzliche kapazitive Kammsensoren detektiert. Durch die spezielle Form wird eine kleine Federkonstante erreicht, sodass bei einer gegebenen zu messenden Kraft ein großer Weg zurückgelegt wird. Dadurch können kleine Kräfte bis zu 10 nN in einer linearen Dynamik bis zu 500 μ N gemessen werden.

Mit einem integrierten Multipassinterferometer wird eine In-line-Kalibrierung ermöglicht. Die Kombination der unterschiedlichen Sensoren in einem Messinstrument lässt einen Nanokraftaktor und -sensor entstehen, der ein rückführbares Längenmesssystem zur höchsten Auflösung von Kraft und Weg besitzt.

Anwendung

Das Messen kleiner Kräfte ist insbesondere bei der Erforschung von Materialeigenschaften wie z. B. biologischer Gewebeproben in der Medizin oder aber neuer funktionaler Oberflächen für Consumerprodukte wichtig. Die gleichzeitige Detektion von Kraft und Weg ermöglicht hierbei neue Anwendungen in Forschung und Entwicklung.

Wirtschaftliche Bedeutung

Kräfte im nN-Bereich werden in der Rasterkraftmikroskopie zur hochauflösenden zerstörungsfreien Oberflächenmessung genutzt. Durch den zunehmenden industriellen Einsatz von Kunststoff-Mikroteilen, die beim taktilen Messen mit zu großer Antastkraft verkratzen, ergeben sich neue Herausforderungen für die Qualitätssicherung.

Ansprechpartner:

Andreas Barthel
Innovationsmanager
Telefon: +49 531 592-8307
Telefax: +49 531 592-69-8307
E-Mail: andreas.barthel@ptb.de

Dr. Uwe Brand
Arbeitsgruppe
Härte- und taktile Antastverfahren

www.technologietransfer.ptb.de

PTB-Nummer 8208

Entwicklungsstand

Ein Funktionsmuster ist derzeit in der PTB im Einsatz. Auf das Kraftmessgerät wurde unter EP 2 199 769 A2 ein europäisches Patent angemeldet.

Taktiler Mikrotaster

Mikrokoordinatenmessgeräte können heute kleinste Zahnräder, Einspritzdüsen oder Mikrokanäle für die Biochemie mit Messunsicherheiten im Bereich deutlich unter $0,5\text{ }\mu\text{m}$ vermessen. Der in der PTB entwickelte taktile Mikrotaster basiert auf einem lithografischen, silizium-basierten Verfahren, welches zu einem verbesserten Antastsystem führt. Die Anforderungen an Reproduzierbarkeit und definierte Steifheit des Mikrotasters sind dabei hoch.

Technische Beschreibung

Die PTB entwickelt 3D-Mikrotaster für die Oberflächenmesstechnik von Mikrostrukturen. Dabei wurden bisherige Tastergeometrien entscheidend verändert. Insbesondere erreicht das neue Design des Mikrotasters eine relativ große Steifigkeit.

Mit der damit verbundenen hohen Resonanzfrequenz wirken sich Schwingungen, angeregt durch die Bewegungen der Koordinatenmessmaschine, kaum auf den Taster aus. Durch die große Steifigkeit führen kleine Auslenkungen schon zu einem großen Ausgangssignal und damit zu einem guten Signal-Rausch-Verhältnis. Zusätzlich ist die Steifigkeit des Systems isotrop. Das heißt, in allen drei Raumrichtungen ist es auf einen gleichmäßigen Wert von $6000\text{--}8000\text{ N/m}$ eingestellt. Hierdurch lässt sich die Auflösung entscheidend steigern.

Die Mikrotaster können in einer neuartigen Wechseinrichtung auf den Tastköpfen sehr einfach ausgewechselt werden und bestechen somit durch kurze Rüstzeiten. Die Bauteile sind hoch präzise, aber aufgrund der einfachen Herstellung zu geringen Kosten austauschbar.

Anwendung

Der taktile Mikrotaster ist für Koordinatenmessgeräte Mikrosystemtechnik mit Antastelementen im Mikrometerbereich geeignet. Einsatz findet er bei der Vermessung von kleinsten Zahnrädern, Einspritzdüsen oder Mikrokanälen für die Biochemie.

Wirtschaftliche Bedeutung

Der Mikrotaster ermöglicht in der Qualitätskontrolle zahlreicher Branchen, wie z. B. Medizintechnik, Maschinenbau sowie Produktions-technik, die schnelle und kostengünstige Erfassung von Oberflächenparametern. Somit sind Produktivitätssteigerungen in einzelnen Bereichen möglich.

Entwicklungsstand

Der taktile Mikrotaster ist als Prototyp in der PTB verfügbar. Die hierzu passenden, ebenfalls lithografisch hergestellten Mikroprüfkörper mit Rauhigkeiten im Nanometerbereich sind jetzt auch mit Kalibrierdaten erhältlich.

Lizenzen für die Nutzung der neuen Technologie sind verfügbar.



Der taktile Mikrotaster

Vorteile:

- Isotrope Steifigkeit in allen drei Raumrichtungen
- Preiswerte Herstellung
- Erhöhtes Signal-Rausch-Verhältnis
- Kurze Rüstzeiten

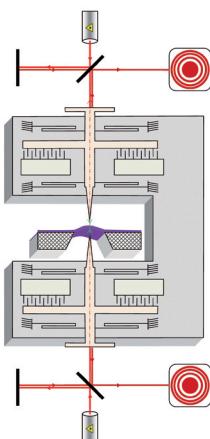
Ansprechpartner:

Andreas Barthel
Innovationsmanager
Telefon: +49 531 592-8307
Telefax: +49 531 592-69-8307
E-Mail: andreas.barthel@ptb.de

Dr. Sebastian Bütfisch
Arbeitsgruppe
Rastersondenmetrologie

www.technologietransfer.ptb.de

PTB-Nummer 7016



Schematische Darstellung des Prinzips des MEMS-Membrandickenmesssystems

Vorteile:

- Hohe Präzision durch Mikrotechnik
- Direktes Messverfahren, keine Materialparameter wie z. B. Brechzahl nötig
- Membranen aus transparenten und weichen Materialien messbar
- Sehr geringer Einfluss der Antastkraft
- Geringer Justieraufwand
- Selbst mikrometergroße Membranen sind messbar

Ansprechpartner:

Andreas Barthel
Innovationsmanager
Telefon: +49 531 592-8307
Telefax: +49 531 592-69-8307
E-Mail: andreas.barthel@ptb.de

Dr. Uwe Brand
Arbeitsgruppe
Härte und taktile Antastverfahren

www.technologietransfer.ptb.de

PTB-Nummer 0361

Mikro- und Nano-Membrandickenmessung

Frei stehende dünne Membranen werden in vielen wissenschaftlichen und industriellen Bereichen eingesetzt. Durch Weiterentwicklungen in der Mikroproduktion können mittlerweile die unterschiedlichsten Membranen aus den verschiedensten Werkstoffen hergestellt werden. Die Dicke der Membranen ist hier häufig funktionsrelevant, daher spielt ihre präzise Dickenbestimmung eine große Rolle. Das neue taktile Antastverfahren der PTB ermöglicht, die Membrandicke schnell und sehr genau zu bestimmen. Kleinste Messunsicherheiten resultieren aus der Integration eines Faserinterferometers.

Technische Beschreibung

Das Messverfahren basiert auf der beidseitigen taktilen Antastung von Membranen mithilfe von Micro-Electro-Mechanical-System-Sensoren (MEMS). Diese Sensoren sind mit Aktoren ausgestattet und erlauben die Antastung selbst weichster Membranen mit Nanokräften durch zwei Tastspitzen. Die Verschiebung und Auslenkung der Sensoren wird mit integrierten Faserinterferometern gemessen. Eine Besonderheit des Messkopfes liegt in seiner mikrotechnologischen Fertigung. Dies gewährleistet eine Ausrichtung der beiden gegenüberliegenden Tastspitzen mit einer Genauigkeit im Submikrometerbereich. Messunsicherheiten von < 100 nm werden erwartet.

Anwendung

Der MEMS-Messkopf erlaubt die Messung von Membranen auf Trägersubstraten bis 1 mm Dicke und bis zu einer Gesamtgröße von 20 mm × 20 mm. Membranen können ab einer Größe von 50 µm × 50 µm und einer Dicke von 500 nm bis 50 µm gemessen werden.

Wirtschaftliche Bedeutung

Die Einstellung einer genauen Membran- bzw. Schichtdicke ist in vielen industriellen Produkten qualitätsrelevant. Bei piezoresistiven Silizium-Drucksensoren ergibt sich aus der Membrandicke der Messbereich des Sensors. Bei optischen Filtern bestimmt die Dicke der Schicht deren Transmission. Die Dicke von transparenten Verschleißschutzschichten bestimmt bei Smartphones die Kratzbeständigkeit von Displays. Bei mikrotechnologisch hergestellten Mikrofonen entscheidet die Membrandicke über die akustischen Eigenschaften. In Solarzellen beeinflusst die Schichtdicke die Reflexionseigenschaften der Antireflexschicht. In Membranpumpen spielt die Dicke der Membrane eine große Rolle für die Lebensdauer der Pumpe.

Entwicklungsstand

Das System wurde auf Laborebene getestet. Eine deutsche Patentanmeldung ist anhängig.

mm-Geometrienumnormal

Das neue mm-Geometrienumnormal der PTB erlaubt die hochgenaue Bestimmung von Skalierungsfaktoren sowie der Führungs- und Positioniereigenschaften von Mikroskopen und Koordinatenmessgeräten.

Mit dem neuartigen Konzept ist es möglich, Kalibriernormale zu fertigen, die von ihren Abmessungen her im Millimeterbereich liegen, deren Oberflächen aber lediglich Rauheiten im Nanometerbereich aufweisen – ein großer Präzisionsgewinn. Zurzeit werden im Mikrobereich Prüfkörper verwendet, die durch Drahterosion hergestellt wurden und daher Rauheiten von einigen hundert Nanometern aufweisen.

Technische Beschreibung

Die Mikro-Normale werden auf der Basis monokristallinen Siliziums hergestellt und sind damit hinsichtlich der Oberflächenrauheit von horizontalen und vertikalen Flächen unübertroffen. Mittels Lithografie-Prozesstechnik werden strukturierte Wafer gefertigt, mehrschichtig übereinander positioniert und im Anschluss gebondet.

So entstehen hochpräzise inverse Pyramiden, Durchbrüche oder Prüfkörper mit Hinterschnitt, die speziell auf die jeweilige Prüfaufgabe abgestimmt werden können.

Anwendung

Mittlerweile sind auch Koordinatenmessgeräte für die Mikrosystemtechnik mit Antastelementen im Mikrometerbereich auf dem Markt. Diese messen z. B. die Oberflächenbeschaffenheit in Einspritzdüsen, an Zahnrädern oder Freiformflächen unter einem Millimeter.

Um diese Messsysteme kalibrieren zu können, sind hochgenaue Prüfkörper mit möglichst geringer Oberflächenrauheit erforderlich. Durch das Verwenden dieser Prüfkörper kann die Messunsicherheit deutlich reduziert werden. Sie schließen somit eine Lücke zwischen den zunehmenden industriellen Anforderungen und der damit verbundenen immer wichtiger werdenden präzisen Messtechnik.

Wirtschaftliche Bedeutung

Präzision ist heute der Schüssel zum Erfolg auf dem Markt der Zukunft. Die PTB stellt mit dem mm-Geometrienumnormal ein kostengünstiges, modernes Kalibriernormal mit leicht individualisierbaren Prüfgeometrien bereit.

Entwicklungsstand

Unter DE 10 2008 024 808 B3 wurde für das Verfahren und den Prüfkörper ein Patent erteilt. Erste Prüfkörper wurden hergestellt und sind verfügbar.

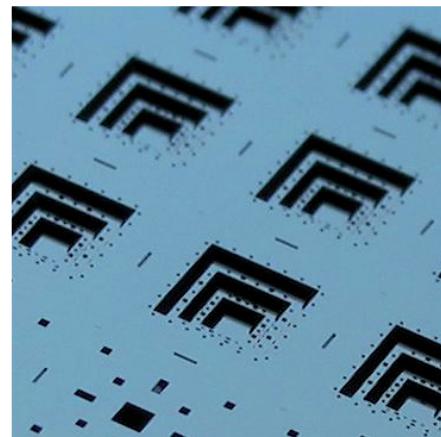


Foto des Geometrienumnormals

Vorteile:

- Oberflächenrauheit im Nanometerbereich
- Hohe Präzision in der Fertigung
- Geringe Herstellungskosten durch lithografische Fertigung

Ansprechpartner:

Andreas Barthel
Innovationsmanager
Telefon: +49 531 592-8307
Telefax: +49 531 592-69-8307
E-Mail: andreas.barthel@ptb.de

Dr. Sebastian Bütfisch
Arbeitsgruppe
Rastersondenmetrologie

www.technologietransfer.ptb.de

PTB-Nummer 0194

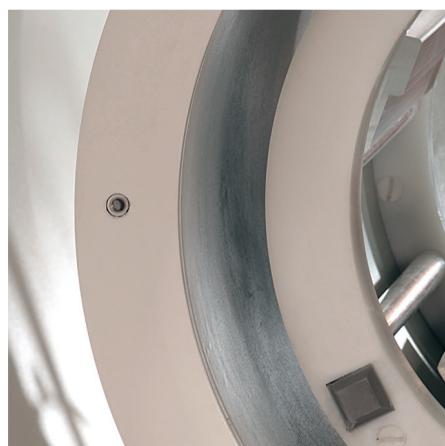
*„Die Gesundheit überwiegt alle äußeren Güter so sehr,
dass wahrscheinlich ein gesunder Bettler glücklicher ist
als ein kranker König.“*

Arthur Schopenhauer (1788–1860)
deutscher Philosoph, Autor und Hochschullehrer



Mensch & Gesundheit

Angebote zum Technologietransfer





Doping mit Wachstumshormon – Massenspektrometrie verspricht mehr Zuverlässigkeit im Nachweis

Vorteile:

- Signifikant verbesserter Nachweis von hGH im relevanten Konzentrationsbereich von 0,1 ng/mL bis 30 ng/mL
- Validierung unsicherer Ergebnisse anderer Untersuchungsmethoden

Doping mit Wachstumshormon – zuverlässig nachgewiesen durch Massenspektrometrie

Höher, schneller, weiter ... Dieses Motto ist Ansporn vieler Leistungssportler, um weitere Höchstleistungen zu erbringen. Leider beschränken sich manche Athleten dabei nicht bloß auf präzise abgestimmtes Training und Ernährung, sondern greifen zu unerlaubten leistungssteigernden Substanzen. Die neue massenspektrometrische Analysemethode der PTB verspricht mehr Zuverlässigkeit im Nachweis von Doping mit Wachstumshormon.

Technische Beschreibung

Menschliches Wachstumshormon (hGH) ist eine körpereigene Substanz, die in natürlichem Rhythmus innerhalb weniger Stunden zwischen sehr niedrigen und höheren Werten (im Serum etwa 0,1 bis 30 ng/mL) im Körper variiert. Eine erhöhte hGH-Konzentration allein eignet sich daher höchstens bedingt als Befund zum Doping-Nachweis. Vielmehr macht man sich die Tatsache zunutze, dass bei Einnahme der klassischen hGH-Doping-Variante (22 kDa hGH) das natürliche Verhältnis der körpereigenen hGHs charakteristisch gestört wird. Die von der WADA zugelassenen Testverfahren werden von beschuldigten Athleten vor Gerichten angezweifelt.

Die Besonderheit des neuen PTB-Verfahrens besteht darin, dass die einzelnen Varianten des Wachstumshormons praktisch zweifelsfrei anhand ihrer massenspektrometrischen „Fingerabdrücke“ unterschieden und die Mengenverhältnisse auch an der Untergrenze der natürlichen Konzentration noch zuverlässig genug bestimmt werden können. Dazu werden spezifische Abschnitte ausgewählter anderer hGH-Formen ebenso vermessen und in das Verhältnis zu 22 kDa hGH gesetzt. Eine „Verwechslung“ ähnlicher im Körper vorkommender Protein-Moleküle ist somit nicht mehr möglich.

Anwendung

Das Verfahren besteht aus verschiedenen Nachweisroutinen und ermöglicht erstmals Massenspektrometer zum sicheren Nachweis von Doping mit hGH einzusetzen.

Wirtschaftliche Bedeutung

Derzeit werden international jährlich 250 000 bis 300 000 Doping-Kontrollen durchgeführt. Aufgrund des schwierigen Nachweises wird dabei nur ein geringer Teil auf Wachstumshormone hin untersucht. In diesem Segment verspricht das vorgestellte Verfahren eine signifikant verbesserte Zuverlässigkeit im Nachweis von hGH-Doping.

Ansprechpartner:

Andreas Barthel
Innovationsmanager
Telefon: +49 531 592-8307
Telefax: +49 531 592-69-8307
E-Mail: andreas.barthel@ptb.de

Dr. Cristian Arsene
Arbeitsgruppe
Bioorganische Analytik

www.technologietransfer.ptb.de

PTB-Nummer 0356

Entwicklungsstand

Vorläufige Ergebnisse aktueller Versuchsreihen bestätigen die Wirksamkeit des Verfahrens. Eine deutsche Patentanmeldung ist anhängig.

Verfahren zur Aufkonzentrierung von hyperpolarisiertem ^{129}Xe im kontinuierlichen Gasstrom

Hyperpolarisiertes ^{129}Xe -Gas wird in vielen Forschungsbereichen, so auch in der Magnetresonanztomografie, für die molekulare Bildgebung eingesetzt. Ziel ist hierbei, herkömmliche, radioaktive Tracer zur Verfolgung von pharmazeutischen Agenzien im Körper zu ersetzen. Mit dem neu entwickelten Verfahren ist es nun möglich, einen kontinuierlichen Gasstrom von hyperpolarisiertem ^{129}Xe mit hoher Konzentration bereitzustellen.

Technische Beschreibung

Die Erzeugung von hyperpolarisiertem ^{129}Xe -Gas setzt die Beimengung von zusätzlichen Prozessgasen voraus (z. B. N₂, He, D₂, H₂). Insbesondere bei einem kontinuierlich arbeitenden System ist die Zugabe von Helium erforderlich. Um eine Abtrennung nach dem Polarisierungsprozess zu bewerkstelligen, wurde bisher auf ein Verfahren zurückgegriffen, welches keine kontinuierliche Erzeugung gestattet.

Hier setzt die PTB-Idee an: Das Gasgemisch wird hinter dem ^{129}Xe -Polarisator durch ein spezielles Gas-Trennmodul geleitet und mittels einer speziellen Membran vom Helium-Anteil separiert. Praktisch bedeutet dies, dass aus einem Gasstrom mit etwa 10 % vol. ein Gasstrom mit über 50 % vol. an hoch polarisiertem Xenon erzeugt wird. Erstmals steht das ^{129}Xe -Gas in einem kontinuierlichen Strom hoher Konzentration zur Verfügung.

Anwendung

Der Einsatz von hyperpolarisiertem ^{129}Xe hat in den letzten Jahren einen deutlichen Aufschwung erlebt. Neben den klinischen Studien zur Lungenfunktionsdiagnostik sind auf dem Gebiet der molekularen Bildgebung neue Forschungsfelder hinzugekommen. Durch die Verwendung von Biomarkern, deren Vorhandensein durch hyperpolarisiertes ^{129}Xe detektiert werden kann, sollen biologische Prozesse spezifisch nachgewiesen werden. Ein kontinuierlicher Strom an konstant hoch polarisiertem ^{129}Xe ermöglicht erstmals Experimente, die über die reine Grundlagenforschung hinausweisen.

Wirtschaftliche Bedeutung

Die molekulare Bildgebung wird als eines der Zukunftsfelder in der medizinischen Diagnostik angesehen. Aktuell sind hier lediglich Verfahren im Einsatz, welche radioaktive Tracer als Kontrastmittel verwenden. Nichtionisierende Verfahren, die an vorhandenen Geräten, wie Kernspintomografen, realisiert werden können, stellen hier eine attraktive Alternative dar.

Entwicklungsstand

Ein Prototyp befindet sich aktuell in der Testphase. Eine deutsche und eine US-Patentanmeldung sind anhängig.



^{129}Xe -Polarisator der PTB, in den das Gas-trennmodul als Subkomponente integriert wird

Vorteile:

- Vereinfachte Handhabung bei der Produktion von hyperpolarisiertem Edelgas
- Kontinuierlicher Betrieb des Polarisators führt zu stabiler ^{129}Xe -Polarisation am Experiment
- Besonders interessant für biomedizinische Bildgebung, Molekularbiologie sowie Grundlagenforschung der Physik

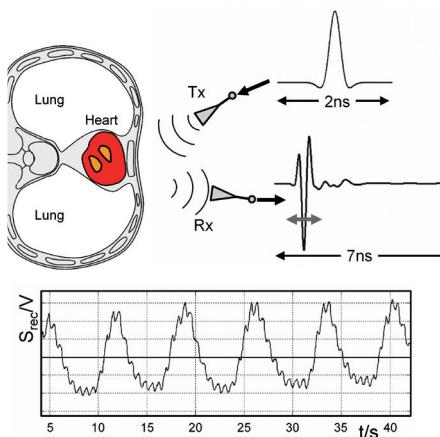
Ansprechpartner:

Dr. Bernhard Smandek
Beauftragter für Technologietransfer
Telefon: +49 531 592-8303
Telefax: +49 531 592-69-8303
E-Mail: bernhard.smandek@ptb.de

Dr. Wolfgang Kilian
Arbeitsgruppe
MR-Messtechnik

www.technologietransfer.ptb.de

PTB-Nummer 0348



Schematische Darstellung der Bewegungskorrektur in einem MRT-System mithilfe des neuen Ultra-Breitband-Radars

Vorteile:

- Verbesserte MRT-Ortsauflösung
- Eliminierung von Bewegungsartefakten
- Dynamische MRT möglich
- Für Ultra-Hochfeld-MRT geeignet

Stabile Bilder aus dem dynamischen Körperinneren

Ein Problem gegenwärtiger Magnet-Resonanz-Tomografie (MRT) stellt die Darstellung dynamischer Vorgänge im Patienten dar. Die Herzbewegung, das Atmen bzw. eine unzureichende Ruhestellung des Patienten können die Bildqualität deutlich herabsetzen.

Mittels des Einsatzes eines Ultra-Breitband-Radars im MRT-System ist es nun möglich, eine Bewegungskorrektur vorzunehmen und damit zu einer erheblichen Verbesserung der Aufnahmegerätequalität zu gelangen. Bewegungsartefakte können fast vollständig eliminiert werden.

Technische Beschreibung

Durch simultane Einstrahlung einer sogenannten Ultrabreitband-Radarquelle (UWB-Radar) kann die Bewegung bestimmter Landmarken von inneren Organen während einer MR-Untersuchung mittels Reflexion der Radar-Strahlung und zeitaufgelöster Detektion (time of flight) bestimmt werden. Mithilfe dieser dynamischen Positionsdaten erfolgt eine Bewegungskorrektur der MR-Aufnahmen. Aufgrund des hohen Signal-Rausch-Verhältnisses gelingt der Nachweis von Bewegungsamplituden von weniger als 1 mm und damit eine deutliche Steigerung der Ortsauflösung des MRT bei sich bewegenden Organen. Ein erhebliches technisches Potenzial liegt darüber hinaus in der Möglichkeit, künftig auch nichtperiodische dynamische Vorgänge im Körperinneren darstellen zu können.

In Kooperation mit der TU Ilmenau hat die PTB ein Antennensystem entwickelt, welches den Einsatz der UWB-Technik in der Ultra-Hochfeld-MRT gestattet. Durch die gegenwärtig in der Entwicklung befindlichen Ultra-Hochfeld-MRT-Systeme können kürzere Messzeiten und eine verbesserte Ortsauflösung erreicht werden.

Anwendung

Das Verfahren stellt zunächst eine Verbesserung der bisherigen MRTomografie dar, eröffnet jedoch ebenfalls das Feld der dynamischen MR-Bildgebung.

Wirtschaftliche Bedeutung

Die Erfindungen lösen eine relevante Problemstellung im Markt der bildgebenden medizinischen Diagnostik und eröffnen neue Anwendungsfelder im Bereich der dynamischen Hochfeld-MRT.

Entwicklungsstand

Die Technologie ist in der PTB ausführlichen Tests unterzogen worden. Sowohl für das Antennensystem unter DE 10 2008 047 054 B3 als auch für die UWB-Technik unter DE 10 2008 019 862 B4 sind die entsprechenden Patente erteilt.

Ansprechpartner:

Dr. Bernhard Smandek
Beauftragter für Technologietransfer
Telefon: +49 531 592-8303
Telefax: +49 531 592-69-8303
E-Mail: bernhard.smandek@ptb.de

Dr. Frank Seifert
Arbeitsgruppe
MR-Messtechnik

www.technologietransfer.ptb.de

PTB-Nummern 0219 und 0187



Neuer Schallschutz mit Knick: deutlich verringerte Schallbelastung im Orchester

Amateur- und Berufsmusiker sind zum Teil gehörschädigenden Schallpegeln ausgesetzt – besonders dort, wo die Schalltrichter der Blechläser (Trompete, Posaune) nach vorne, d. h. auch auf die Ohren der vor ihnen sitzenden Musiker, gerichtet sind. Seit 2007 schreibt die EU-Richtlinie 2003/10/EG einen angemessenen Schallschutz auch für Berufsmusiker vor. Mit den neu entwickelten Schallschutzschirmen der PTB ist bei Orchesterproben trotz guter Abschirmung eine gute Kommunikation zwischen den Musikern möglich.

Technische Beschreibung

Einfachste Schallschutzmaßnahmen wie der traditionelle In-Ohr-Gehörschutz sind gerade bei Musikern aufgrund der Dämpfung aller Außengeräusche und des schlechten gegenseitigen Hörens im Orchester ungeeignet. Mit geschlossen angeordneten starren Zwischenwänden wird zwar das eigene Instrument besser gehört und die Belastung aus dem Raum vermindert, die gerade die Kreativität fördernde Kommunikation ist aber stark eingeschränkt.

Hier setzt die PTB-Idee an: Die Dämpfungswände werden so geformt, dass sie nur die Bereiche mit hohem Lautstärkepegel aus den benachbarten Reihen dämpfen, aber noch genug offene Zwischenräume für die menschliche Kommunikation lassen. Praktisch bedeutet dies, dass im oberen Bereich der transparenten Zwischenwände eine Abknickung und Abschrägung nach genau dimensionierten Vorgaben erfolgt. Die beidseitige akustische Oberflächenbedämpfung in Kombination mit Absorbern im unteren Bereich der Schirme verhindert eine Erhöhung des Schallpegels im Orchester.

Anwendung

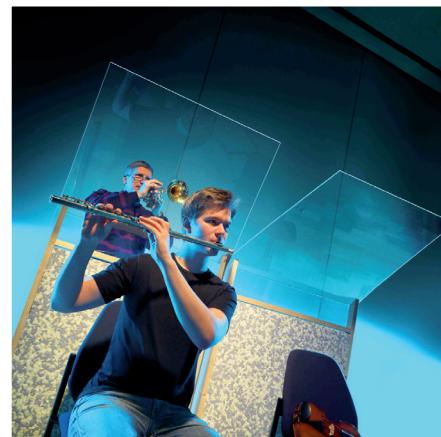
Die Vorgaben des Gehörschutzes für Musiker werden in idealer Weise mit nur geringen Einschränkungen für die Proben- und Vorführsituation in Einklang gebracht. Die speziell ausgewählte Bauform der Schallschutzschirme macht sie flexibel platzierbar – und problemlos sowohl für gerade als auch für kreisförmige Orchesteranordnungen einsetzbar.

Wirtschaftliche Bedeutung

Schallschutzmaßnahmen für Berufsmusiker sind zwingend vorgeschrieben. Die PTB-Lösung ist relativ einfach und kostengünstig realisierbar. Sie gestattet gleichzeitig eine weiterhin ungezwungene Probensituation, sodass der künstlerischen Interaktion genügend Raum gegeben wird.

Entwicklungsstand

Das System wurde ausführlich auf Laborebene getestet. Die Patentanmeldung wurde unter DE 10 2013 209 598 A1 offengelegt. Zur Umsetzung wird ein Projektpartner gesucht.



Neuester Schallschutz mit Knick: signifikante Verringerung der Schallbelastung

Vorteile:

- Schutz der Orchestermusiker gegen Gehörschäden durch laute Instrumente
- Besseres gegenseitiges Hören der Instrumente vor dem Schirm
- Leichtere Kommunikation im Orchester durch flexible Anordnung der Schirme z. B. in Kreisform

Ansprechpartner:

Dr. Bernhard Smandek
Beauftragter für Technologietransfer
Telefon: +49 531 592-8303
Telefax: +49 531 592-69-8303
E-Mail: bernhard.smandek@ptb.de

Dr. Ingolf Bork
Arbeitsgruppe
Geräuschmesstechnik



Neues Messgerät im Einsatz: Bestimmung der Reinigungswirkung von Ultraschallbädern

Vorteile:

- Einfaches Verfahren
- Standardisierbar
- Direkter Messwert ohne Wägung
- Im laufenden Betrieb einsetzbar
- Abtrag definiert über Masseänderung
- Keine Trocknungsvorgänge

Messgerät für die Bestimmung der Wirkungen von Kavitation

Ultraschallreinigungsgeräte werden in steigendem Maße bei den vielfältigsten Aufgaben in der industriellen Produktion und in Dienstleistungsbereichen eingesetzt, z. B. bei der Reinigung von Gussteilen oder von Injektionsnadeln und Operationsbestecken. Einfache, kleine Geräte werden unterdessen auch für Anwendungen im Haushalt angeboten. Trotz dieser weiten Verbreitung gibt es bisher kein allgemein anerkanntes Verfahren oder eine Norm, die eine quantitative Beschreibung der Reinigungswirkung ermöglicht. Die neue PTB-Technologie bietet hierfür eine mögliche Lösung.

Technische Beschreibung

Zur Bestimmung der Erosionswirkung wird bei dem Verfahren direkt der Masseabtrag auf einem Schwingquarz durch Verschiebung der Resonanzfrequenz bestimmt. Auf das Quarzplättchen wird eine definierte Verschmutzung aufgetragen, die nachher im Reinigungsbad wieder abgetragen wird. Der Abtrag des Materials ist ein Reinigungsvorgang an sich, der damit direkt vermessen wird.

Ein entscheidender Teil des PTB-Know-hows steckt in der Belegung mit geeigneten Schichten, die die Verschmutzungen simulieren. Diese sollen sich einerseits nicht von allein ablösen, andererseits aber auch in sinnvollen Zeiteinheiten im Bad abgetragen werden können. Hierfür stehen verschiedene Materialsysteme zur Auswahl.

Anwendung

Das Verfahren, das den Massenabtrag direkt als Messgröße ausgibt, hat den entscheidenden Vorteil der eindeutigen und schnellen Messdatenerfassung. Dabei lassen sich auch sehr kleine Masseänderungen moderner, „schonender“ Ultraschallbäder bestimmen.

Wirtschaftliche Bedeutung

Das System stellt einen deutlichen Fortschritt bei der Qualitätssicherung des Betriebs von Ultraschallbädern dar. Im industriellen Bereich kann im laufenden Betrieb ein Test der aktuellen Abtragsrate erfolgen. Im Bereich besonders sensibler Anwendungen, wie in der Medizintechnik, ergibt die Standardisierung eine Verringerung des Risikos der Kontamination.

Ansprechpartner:

Andreas Barthel
Innovationsmanager
Telefon: +49 531 592-8307
Telefax: +49 531 592-69-8307
E-Mail: andreas.barthel@ptb.de

Dr. Christian Koch
Fachbereich
Schall

www.technologietransfer.ptb.de

PTB-Nummer 0151

Entwicklungsstand

Unter der Nummer DE 10 2007 028 612 wurde ein Patent erteilt.



Neues Kavitationsstärken-messgerät

Ultraschallreinigungsgeräte werden in steigendem Maße in den vielfältigsten Bereichen der industriellen Produktion und in Dienstleistungsbereichen eingesetzt. Trotz dieser breiten Anwendung gibt es bisher keine allgemein anerkannten Verfahren, die eine quantitative Erfassung der Reinigungswirkung ermöglichen. Das neue PTB-Kavitationsstärkenmessgerät ermöglicht eine signifikant verbesserte Bestimmung der Reinigungswirkung und der Effizienz von Ultraschallbädern.

Technische Beschreibung

Die Reinigungswirkung von Ultraschall beruht auf dem millionenfachen Kollaps von Blasen. Die dabei entstehenden akustischen Stoßwellen erzeugen ein Rauschen, das als kavitationsbeschreibende Größe gemessen wird. Ein auf dieser Basis arbeitender Sensor kann allerdings oberflächennahe reinigungsaktive Blasen nicht von fernen passiven Blasen unterscheiden.

Der neue PTB-Sensor arbeitet deshalb mit zwei nahe beieinander angeordneten akustischen Sensoren. Ein Sensor ist mit einer weichen Schutzschicht bedeckt. Er detektiert nur akustische Signale, die von Blasen stammen, die weit von der zu reinigenden Oberfläche entfernt sind. Der unbeschichtete Sensor dagegen nimmt auch Signale auf, die von reinigungsaktiven Blasen stammen. Durch Vergleich mit dem Messsignal des beschichteten Sensors kann das Rauschsignal der aktiven Blasen separat bestimmt werden.

Das Sensorprinzip lässt sich mit verschiedensten Sensorformen realisieren. Insbesondere ist es auch möglich, die Sensoren in typische zu reinigende Bauteile einzusetzen, um die Reinigungswirkung für ein konkretes Element zu ermitteln.

Anwendung

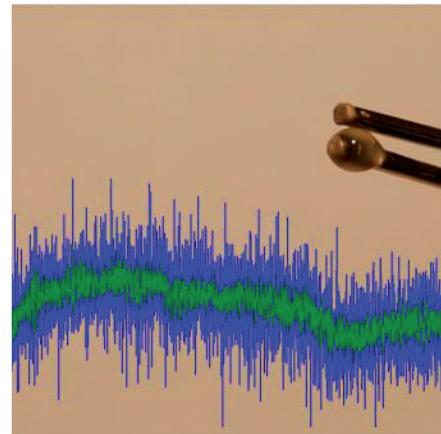
Der Sensor kann zur quantitativen Beschreibung von Kavitationsfeldern und ihren Wirkungen eingesetzt werden. Von besonderer Bedeutung ist vor allem die Bestimmung der Reinigungswirkung in Ultraschallbädern. Sonochemische Prozesse, Zellaufschlüsse oder die Herstellung von Emulsionen sind weitere Anwendungsfelder, wobei es unerheblich ist, ob der Sensor in kleinen Laborgeräten oder großen Anlagen, z. B. in einer Fertigungslinie, eingesetzt wird.

Wirtschaftliche Bedeutung

Die Notwendigkeit für eine quantitative Beschreibung von Kavitation erwächst vor allem aus Erfordernissen des Qualitätsmanagements und der Qualitätskontrolle. Sicherung der Produktionsqualität, Optimierung von Verweildauern zur Energieeinsparung sowie die eindeutige Beschreibung von Prozessparametern sind entsprechende Beispiele.

Entwicklungsstand

Das System wurde ausführlich auf Laborebene getestet. Eine deutsche Patentanmeldung ist anhängig.



Die Beschichtung macht den Unterschied:
Sensor und Differenz des Rauschens

Vorteile:

- Einfacher und kostengünstiger Sensoraufbau
- Unterscheidung der reinigungsaktiven von passiven Blasen
- Quantitatives Signal, das direkt mit der oberflächennahen Kavitation verknüpft ist

Ansprechpartner:

Andreas Barthel
Innovationsmanager
Telefon: +49 531 592-8307
Telefax: +49 531 592-69-8307
E-Mail: andreas.barthel@ptb.de

Dr. Christian Koch
Fachbereich
Schall

www.technologietransfer.ptb.de

PTB-Nummer 0354

Erfolgsgeschichten

Technologietransfer ist ein Unterseite des Wissenstransfers der PTB. Wesentliche Wege sind die Veröffentlichung in Fachzeitschriften und eigenen Publikationen, wie den PTB-Berichten, die Normung, die Kooperation über eingeworbene Drittmittelförderung, die Technologie- und Patentlizenziierung und die Existenzgründung mit PTB-Technologien. Die Zahl erfolgreicher Forschungscooperationen mit Unternehmen der letzten Jahre dürfte an Tausend heranreichen, im Bereich der Dienstleistungen im gesetzlichen Messwesen sind es deutlich mehr. Die nachfolgenden Beispiele für erfolgreiche Technologietransfers sollen deshalb nur einen Einblick geben, in welcher Form eine Zusammenarbeit zwischen der PTB und der Industrie ablaufen kann, und wie diese Zusammenarbeit letztendlich zum wirtschaftlichen Erfolg des Unternehmens beiträgt.

Wesentliche Transfermechanismen

- Wissenstransfer durch Publikation
- Kalibrierung und Rückführung
- Technologieentwicklung in Kooperation mit der Industrie
- Standardisierung neuer Technologien
- Patente zum Investitionsschutz
- Technologie- oder Patentlizenziierung
- Existenzgründung mit PTB-Technologie

Einfach überall Strom laden

On-board Metering senkt Kosten der Elektromobilität



ubitricity

Eine Million Elektrofahrzeuge bis 2020 – das ist das Ziel der Bundesregierung. Eines der Haupthindernisse dabei ist eine leistungsfähige und preisgünstige Infrastruktur für die Batterieladung. Das neue Konzept der ubitricity GmbH verlagert die E-Tankstelle dorthin, wo bereits vielfach elektrische Energie zur Verfügung steht: in die Lampenmasten an Straßen und einfache Ladestationen im Parkhaus oder am Arbeitsplatz. Für die Entwicklung eines gesicherten und eichfähigen Abrechnungssystems für die elektrische Leistung war die PTB gefordert. In einem mehrjährigen Projekt, das vom Bundesministerium für Wirtschaft und Energie (BMWi) gefördert wird, wurde das Konzept von der PTB gemein-

sam mit den im Konsortium beteiligten Firmen umgesetzt. Indem der zur preislichen Verrechnung benötigte E-Zähler im Auto mitgeführt wird, sollen die Kosten für die E-Zapfsäule um mehr als das Zehnfache sinken. Wesentlich mehr Lademöglichkeiten könnten so zur Verfügung gestellt und in vielen Fällen mit dem neuen Konzept überhaupt erst wirtschaftlich betrieben werden. Nach der Konzeptumsetzung und Entwicklung der Sicherheitsarchitektur in Kooperation mit der PTB wird das Projekt seit 2013 von ubitricity eigenständig verfolgt, beispielsweise in einer Pilotphase in Berlin, in der Bodenseeregion und an weiteren Standorten.

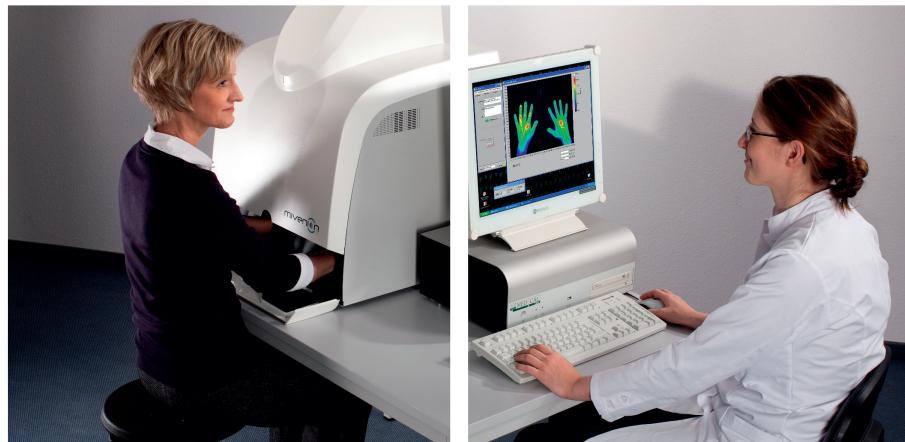
Weitere Information: www.ubitricity.com



Licht statt Röntgen

Fluoreszenzbildgebung zur Rheumafrüherkennung

Der PTB-Fachbereich „Biomedizinische Optik“ entwickelt Grundlagen medizinisch-diagnostischer Verfahren, u. a. mit dem Ziel, für geeignete Anwendungen nichtinvasivende optische Strahlung im sichtbaren und nahinfraroten Spektralbereich einzusetzen. Bei der Fluoreszenzbildgebung werden medizinisch zugelassene Farbstoffe intravenös injiziert und deren Verteilung im Körper mithilfe einer empfindlichen Spezialkamera beobachtet. Ein mit der Bayer Schering Pharma AG, der Charité und der Laser Technik Berlin GmbH entwickeltes Verfahren gelangte dabei zur Anwendungsreife im Bereich der Rheumafrüherkennung bei Hand- und Fingergelenken. Unter Federführung der PTB erfolgten Schutzrechtsanmeldungen und der Know-how-Transfer zur neugegründeten



Firma mivenion GmbH, welche die diagnostische Methode in Lizenz der PTB unter dem Namen Xiralite vermarktet. Das System ist mittlerweile als diagnostisches System in der EU, den USA und Kanada zugelassen. Ein wichtiger Meilenstein war die Erlangung des US-Patentes 2012, das den anstehenden Markteintritt nach Zulassung durch die FDA (Food and Drug Administration, behördliche Lebensmittelüberwachungs- und Arzneimittelzulassungsbehörde der USA) unterstützt. Mit inzwischen 38 Systemen in klinischer Nutzung wurden bisher mehr als 12 000 Patienten erfolgreich untersucht, mehr als 40 wissenschaftliche Publikationen belegen den Nutzen.

Weitere Informationen: www.xiralite.de

High-End-Elektronik

Ultrakalte Sensorik für Biomedizin, Tieftemperaturphysik, Materialprüfung und Astronomie

„Supraleitende Quanteninterferenzdetektoren“, abgekürzt SQUIDs, werden seit den 80er-Jahren in der PTB entwickelt und eingesetzt. Sie gelangen bei tiefen Temperaturen in einen „supraleitenden“ Zustand, bei dem der elektrische Widerstand auf den Wert Null sinkt. Kleinste Magnetfeldstärken und Ströme können so vermessen werden. Sie können aber auch direkt als Tieftemperaturthermometer eingesetzt werden. Ende der 90er-Jahre wurden die Komplexität ihrer Beschaltung und die Nachfrage im Bereich der Forschung so groß, dass an eine Kommerzialisierung gedacht wurde. Beispielsweise werden für den kontaktlosen Nachweis von Gehirnströmen dutzende von SQUID-Verstärker-Schaltungen eingesetzt. Mit dem aus der Universität Hamburg entstandenen Unternehmen Magnicon GmbH fand sich ein Lizenznehmer, der die Grundkonzepte der PTB-Schaltungen in kommerzielle Produkte umsetzt. Die PTB konnte sich so auf ihre Kernaufgabe,

die Darstellung und Weitergabe der Einheiten, konzentrieren. Sie erhält zusätzlich Tantiemen aus der Lizenzierung. Das Hamburger Unternehmen mit einer Dependance in Berlin ist mittlerweile zu einem renommierten Anbieter auf diesem Spezialmarkt geworden und bedient einen Kundenkreis im Bereich der Forschung und industriellen Entwicklung. Immer neue SQUID-Anwendungen aus den unterschiedlichsten Forschungsgebieten erfordern dabei eine hohe Flexibilität und Innovationsfähigkeit des Unternehmens, das mittlerweile sechs Arbeitsplätze geschaffen hat.

Weitere Informationen: www.magnicon.com

~~MAGNICON~~ GmbH

LaserTracer-genau

*Submikrometer-Messtechnik
für die Produktion*



Moderne Fertigungsmesstechnik im Bereich des Maschinenbaus, der Automobil- oder Flugzeugindustrie benötigt Messunsicherheiten im unteren Mikrometerbereich, wobei häufig Werkstücke von über einem Meter zu messen sind. Die Koordinatenmesstechnik ist damit eine Schlüsseltechnologie für die moderne Produktion, die seit über 20 Jahren intensiv in der PTB weiterentwickelt wird. Beim LaserTracer, einer Entwicklung der PTB, aufbauend auf einem Patent des National Physical Laboratory (NPL) in Großbritannien, handelt es sich um ein interferometrisches System, das die gewünschte geringe Messunsicherheit liefert. Diese und weitere Technologien des Portfolios wurden durch Patente und Gebrauchsmuster geschützt. Zwei Mitarbeiter der PTB ergriffen 2004 die Gelegenheit, in Teilzeit und nach Konditionen von Gründerzentren auf dem PTB-Gelände die Firma ETALON AG anzusiedeln. Die junge Firma wurde unterstützt durch die Firma AICON, ein Braunschweiger Unternehmen, das bereits im Bereich der geometrischen Messtechnik tätig war und so die entsprechenden Marktkenntnisse beisteuern konnte. Die ETALON AG hat mittlerweile einen eigenständigen Standort außerhalb der PTB und ist nach eigenen Angaben „Technologieführer“ auf dem Weltmarkt der Kalibrierung von Werkzeugmaschinen. Durch die Existenzgründung konnten bis heute 20 Arbeitsplätze geschaffen werden.

Weitere Informationen: www.etalon-ag.com/

Viel Power – und trotzdem explosionsgeschützt

*Neues Konzept der Eigensicherheit
explosionsgefährdeter Bereiche*

Die Zertifizierung von Geräten und Schutzsystemen für den Explosionsschutz ist eine wichtige gesetzliche Aufgabe der PTB. Aufgrund des großen Gefahrenpotenzials sind hier die Auflagen im industriellen Bereich wesentlich höher als beim privaten Gebrauch explosionsgefährdeter Stoffe, etwa bei der städtischen Gasversorgung. Ein Konzept zur Sicherung chemischer Anlagen, Biogasanlagen, Gas- und Ölplattformen etc. wird unter dem Begriff der „Eigensicherheit“ zusammengefasst. Dabei muss die verfügbare elektrische Leistung an den entsprechenden Gefahrenstellen immer so gering sein, dass auch unter den ungünstigsten Randbedingungen keine Explosion stattfinden kann. Praktisch bedeutete dies bisher jedoch eine Beschränkung der elektrischen Leistung auf zwei Watt – weniger als eine Haushalts-LED-Lampe. Mittels des „Power-i-Konzeptes“ konnte diese Leistungsskala nun bis auf Werte von etwa 50 Watt erweitert werden. Das Konzept beruht auf einer genauen Analyse des Verlaufs einer Funkenentstehung und zuverlässigen und schnellen Schaltkreisen, die bei den ersten Warnsignalen innerhalb weniger millionst Sekunden die elektrische Versorgung komplett oder bis zu einem ungefährlichen Wert ausschalten. Das Konzept wurde durch die „Arbeitsgemeinschaft industrielle Forschungsvereinigungen“ gefördert und zusammen mit einem deutschen Weltmarktführer mit über 100 Millionen € Jahresumsatz entwickelt. Mittlerweile ist es in die internationale Standardisierung als IEC 60079-39 eingebbracht. Die PTB-Forscher erhielten wegen des hohen Potenzials für den Erhalt und den Ausbau von Arbeitsplätzen in der deutschen Wirtschaft den IHK-Technologie-transferpreis Braunschweig.



**IHK-Technologie-
transferpreis**

Impressum

Die PTB-Mitteilungen sind metrologisches Fachjournal und amtliches Mitteilungsblatt der Physikalisch-Technischen Bundesanstalt, Braunschweig und Berlin. Als Fachjournal veröffentlichten die PTB-Mitteilungen wissenschaftliche Fachaufsätze zu metrologischen Themen aus den Arbeitsgebieten der PTB. Als amtliches Mitteilungsblatt steht die Zeitschrift in einer langen Tradition, die bis zu den Anfängen der Physikalisch-Technischen Reichsanstalt (gegründet 1887) zurückreicht. Die PTB-Mitteilungen veröffentlichen in ihrer Rubrik „Amtliche Bekanntmachungen“ unter anderem die aktuellen Geräte-Prüfungen und -Zulassungen aus den Gebieten des Eich-, Prüfstellen- und Gesundheitswesens, des Strahlenschutzes und der Sicherheitstechnik.

Verlag

Fachverlag NW in der
Carl Schünemann Verlag GmbH
Zweite Schlachtpforte 7
28195 Bremen
Internet: www.schuenemann.de
E-Mail: info@schuenemann-verlag.de

Herausgeber

Physikalisch-Technische Bundesanstalt (PTB),
Braunschweig und Berlin
Postanschrift:
Postfach 33 45,
38023 Braunschweig
Lieferanschrift:
Bundesallee 100,
38116 Braunschweig

Redaktion/Layout

Presse- und Öffentlichkeitsarbeit, PTB
Alberto Parra del Riego
Sabine Siems
Dr. Dr. Jens Simon (verantwortlich)
Dr. Bernhard Smandek
(wissenschaftlicher Redakteur)
Heiko Klawitter (Co-Redakteur)
Telefon: (05 31) 592-82 02
Telefax: (05 31) 592-30 08
E-Mail: sabine.siems@ptb.de

Leser- und Abonnement-Service

Karin Drewes
Telefon (0421) 369 03-56
Telefax (0421) 369 03-63
E-Mail: drewes@schuenemann-verlag.de

Anzeigenservice

Karin Drewes
Telefon (0421) 369 03-56
Telefax (0421) 369 03-63
E-Mail: drewes@schuenemann-verlag.de

Erscheinungsweise und Bezugspreise

Die PTB-Mitteilungen erscheinen viermal jährlich.
Das Jahresabonnement kostet 55,00 Euro, das
Einzelheft 16,00 Euro, jeweils zzgl. Versandkosten.
Bezug über den Buchhandel oder den Verlag.
Abbestellungen müssen spätestens drei Monate
vor Ende eines Kalenderjahres schriftlich beim
Verlag erfolgen.

Alle Rechte vorbehalten. Kein Teil dieser Zeitschrift
darf ohne schriftliche Genehmigung des Verlages
vervielfältigt oder verbreitet werden. Unter dieses
Verbot fällt insbesondere die gewerbliche Verviel-
fältigung per Kopie, die Aufnahme in elektronische
Datenbanken und die Vervielfältigung auf CD-ROM
und in allen anderen elektronischen Datenträgern.

Printed in Germany ISSN 0030-834X

Die fachlichen Aufsätze aus dieser Ausgabe der
PTB-Mitteilungen sind auch online verfügbar unter:
doi: 10.7795/310.20150199

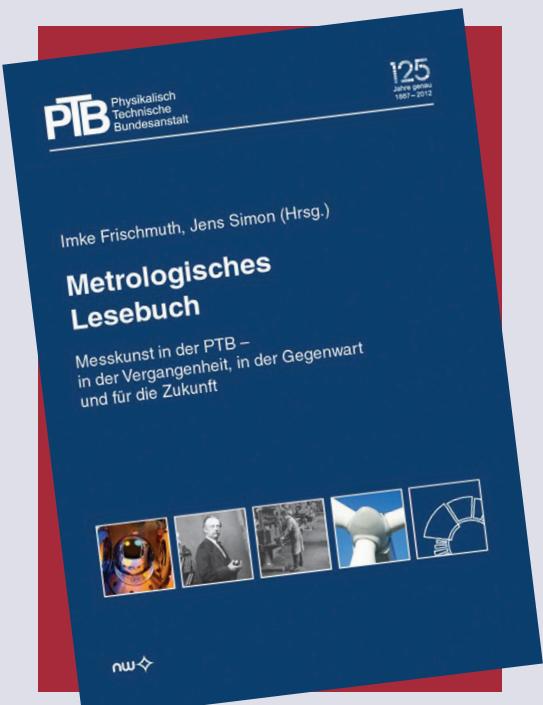


Bundesministerium
für Wirtschaft
und Energie

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

Sonderausgaben der PTB-Mitteilungen!

Imke Frischmuth + Jens Simon (Hrsg./Editor)

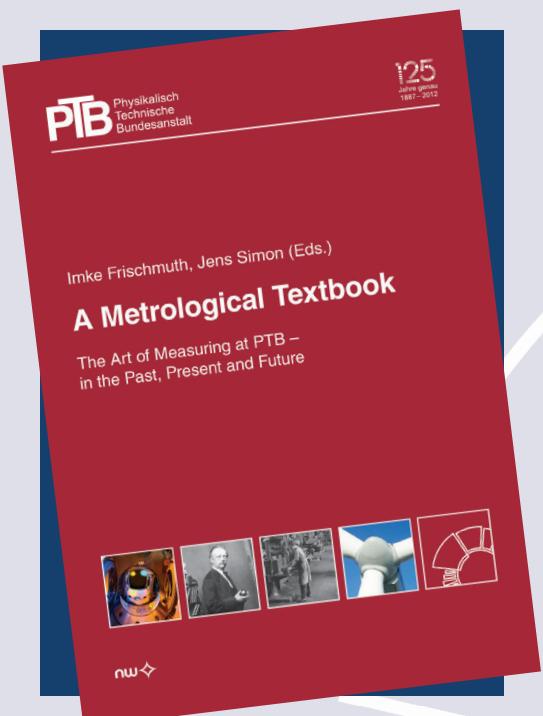


Metrologisches Lesebuch

**Messkunst in der PTB –
in der Vergangenheit, in der Gegenwart und für die Zukunft**

Künstler nennen sie sich eher nicht, die Wissenschaftler und Techniker des Messens. Doch ihre Arbeit ist durchaus eine Kunst der besonderen Art, geht es ihnen doch um nicht weniger als darum, ihre Messungen so gut und so präzise, d. h. so kunstvoll wie irgend möglich auszuführen, um der technisch-wissenschaftlichen Welt einen vertrauenswürdigen Bezugsrahmen zu geben. In Deutschland hat diese Messkunst – oder genauer: die Metrologie, die Wissenschaft vom Messen – eine eindeutige Heimat: die Physikalisch-Technische Bundesanstalt. Wie dieser metrologische Bezugsrahmen aussieht, davon handelt dieses Lesebuch, indem es die institutionelle und wissenschaftliche Geschichte der PTB skizziert, die Möglichkeiten der heutigen Metrologie beleuchtet und die Ansprüche der großen metrologischen Zukunftsaufgaben umreißt.

DIN A4 | 336 Seiten | ISBN 978-3-86918-301-5
€ 34,90 (zzgl. Versand)



A Metrological Textbook

**The Art of Measuring at PTB –
in the Past, Present and Future**

They do not consider themselves as “artists” – the scientists and technicians of measurement. Nevertheless, their work is a special kind of “artistry” in which they aim for nothing less than to perform their measurements so well and so accurately, i.e., as artistically as ever possible, in order to provide the scientifictechnical world with a reliable frame of reference. In Germany, this art of measurement – or more precisely: metrology, the science of measurement – clearly has a home: the Physikalisch-Technische Bundesanstalt. What this metrological frame of reference looks like is the topic of this textbook. It outlines PTB’s institutional and scientific history, examines the potential of today’s metrology and defines the demands of metrology’s great future tasks.

DIN A4 | 336 Seiten | ISBN 978-3-86918-302-2
€ 34,90 (plus shipping costs)

Zu beziehen über den:
Carl Schünemann Verlag GmbH
Zweite Schlachtpforte 7 | 28195 Bremen
Tel. (04 21) 3 69 03-0 | Fax (04 21) 3 69 03-39 | www.schuenemann-verlag.de