

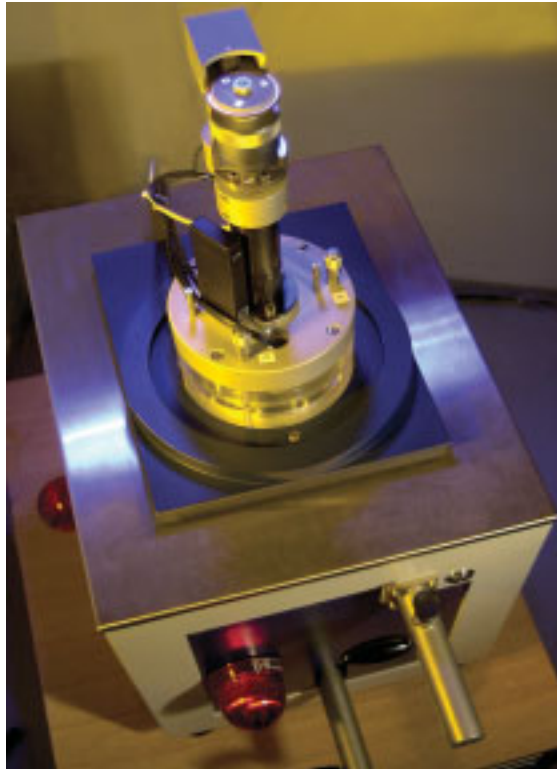
β -Strahlungsnormal für die Brachytherapie

Die Chancen, verengte Herzkranzgefäße dauerhaft wieder zu öffnen, erhöhen sich deutlich, wenn der betroffene Gefäßbereich nach der mechanischen Aufweitung zusätzlich durch eine radioaktive Quelle bestrahlt wird. Für rückführbare Dosismessungen bei einer solchen kardiovaskulären Brachytherapie mit β -Strahlungsquellen hat die PTB ein Sekundärnormal entwickelt, das von der Industrie in Lizenz nachgebaut und in der PTB kalibriert wird.

In Deutschland erkranken weit über 100 000 Menschen jährlich an der Verengung von Herzkranzgefäßen. Die häufigste Therapie ist die Angioplastie, bei der der Gefäßverschluss durch einen mit einem Herzkatheter in die Arterie vorgeschobenen aufblasbaren Ballon wiedereröffnet wird (Ballon-Dilatation). Bei mehr als der Hälfte der so therapierten Patienten tritt jedoch in den folgenden Monaten an gleicher Stelle ein erneuter Verschluss (Restenose) des dilatierten Gefäßes auf.

Um diese Restenosen zu vermeiden, wird seit einigen Jahren die kardiovaskuläre Brachytherapie eingesetzt, wodurch sich die Restenoserate bis zu 70 % reduziert. Hierbei wird unmittelbar nach der Angioplastie der durch die Dilatation verletzte Bereich des Herzkranzgefäßes mit einer in die Arterie eingeführten radioaktiven Quelle, zumeist ein $^{90}\text{Sr}/^{90}\text{Y}$ -Betastrahler, bestrahlt. In unterschiedlichen medizinischen Studien wird zurzeit versucht, eine optimale Dosierung dieser Strahlenbehandlung zu finden. Besondere Schwierigkeiten bereiten dabei die großen Änderungen der Dosisleistung innerhalb kleiner Abstände (typisch um den Faktor 10 innerhalb von 3-mm-Gewebe).

Um Kliniken, in denen die Bestrahlung der Herzkranzgefäße durchgeführt wird, die Rückführbarkeit ihrer Dosismessungen zu ermöglichen, hat die PTB für die kardiovaskuläre Brachytherapie mit β -Strahlenquellen ein Sekundärnormal entwickelt. Dieses Sekundärnormal enthält in einem Strahlenschutzgehäuse eine $^{90}\text{Sr}/^{90}\text{Y}$ -Flächenquelle von etwa 15 mm Durchmesser mit einer Aktivität von etwa 7,5 GBq. Durch eine präzise, nahezu spielfreie Mechanik kann die Quelle in vier verschiedene Strahlpositionen (mit Abständen zwischen 1,7 mm und 40 mm von einer Referenzfläche) gebracht werden.



Das β -Strahlungsnormal der PTB für die Brachytherapie mit aufgesetzter Primärnormalmesseinrichtung

Direkt auf der Referenzfläche und hinter gewebeäquivalenten Schichten mit unterschiedlichen Schichtdicken zwischen 0,1 mm und 8 mm wird mit einer Primärnormal-Messeinrichtung, einer Extrapolationskammer, die Wasser-Energiedosisleistung bestimmt. Zusätzlich wird bei jeder Schichtdicke mit Hilfe einer speziellen räumlich hochauflösenden Ionisationskammer die radiale Dosisleistungsverteilung gemessen. Der Anwender in der Klinik erhält hiermit ein hinsichtlich der Dosisleistung dreidimensional spezifiziertes β -Strahlungsfeld in gewebeäquivalentem Medium, das ähnliche Eigenschaften wie Felder von klinisch eingesetzten Strahlenquellen aufweist. Durch Kalibrierung der eigenen Dosimeter in diesem Strahlungsfeld werden die Dosismessungen rückführbar auf die nationalen Normale der PTB.

Weitergehende Informationen
von H.-J. Selbach,
Fax: (05 31) 592-64 05,
E-Mail: hans-joachim.selbach@ptb.de

Fernsteuerung via Internet

Die PTB betreibt am Forschungsreaktor des GKSS Forschungszentrums Geesthacht (rund 200 km von Braunschweig entfernt) das Polarisationsdiffraktometer POLDI für Neutronen. Jetzt wurde für dieses komplexe Instrument eine Fernkontrolle realisiert, mit der mehr als 20 Geräte gesteuert werden. Die bereits vorhandene Steuersoftware wurde mit Eigen-

entwicklungen und frei erhältlichen Open-Source-Produkten so erweitert, dass sie mit Hilfe des Internet die weltweite Kontrolle des Instruments ermöglicht.

Für die Steuerung der Datenerfassung wurde ein auf TCP/IP (Internetprotokoll) aufsetzendes Protokoll ent-

Fortsetzung auf Seite 2

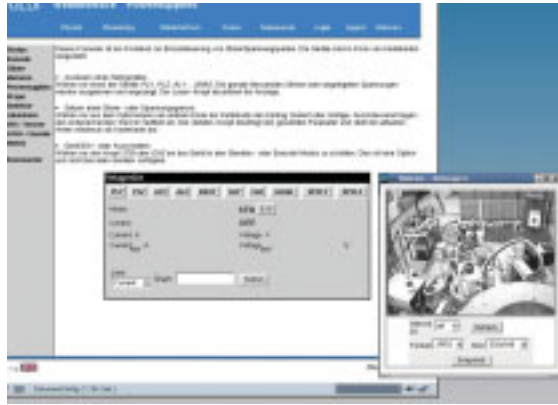
Fernsteuerung via Internet

(Fortsetzung von Seite 1)

wickelt und in verschiedenen Programmier- und Script-sprachen implementiert. Dadurch ist es gelungen, vertraute und bewährte Programmteile weiter zu verwenden. Auch der simultane Zugriff verschiedener Programme von verschiedenen Betriebssystemen aus ist möglich.

Die Präsentation des Instruments im Internet basiert auf den Open-Source-Projekten LINUX, APACHE und PHP, die einen (den serverseitigen) Teil eines Web-Interface bilden. Durch einen Browser (den clientseitigen Teil des Interface) wie Netscape oder Internet Explorer, erhält ein autorisierter Benutzer Zugriff auf einzelne Geräte, z. B. Schrittmotoren, Temperaturregler, Zähler, Stromquellen. Er kann komplexe Messabläufe programmieren, Geräteparameter überwachen und verändern oder dem Experimentator in Geesthacht von Braunschweig aus über die Schulter sehen.

Solche Experimente – u. a. gemeinsam mit Gästen der Geesthacht Neutron Facility durchgeführt – betreffen magnetische Modellsysteme und technische Materialien. Weiterhin wurde das Diffraktometer bisher auch für instrumentelle Entwicklungen zur Untersuchung innerer Spannungen in verformten Werkstoffen und zur Bestimmung von Stoffeigenschaften (spinabhängiger n-Querschnitt von ^3He) genutzt.



Web-Interface: Kontrolle der Netzgeräte mit dem Browser, Blick auf die Probenumgebung mit einer Webcam

Weitergehende Informationen von F. Kaufmann
Fax: (05 31) 592-75 05
E-Mail:
frank.kaufmann@ptb.de

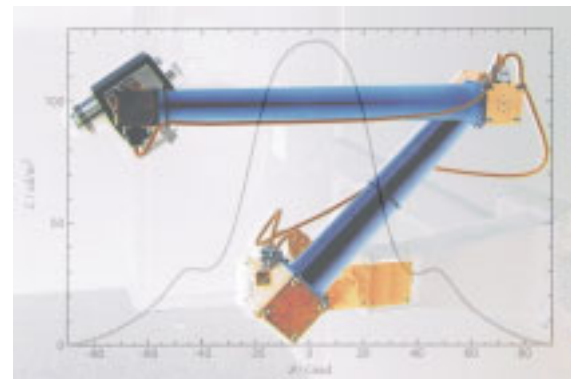
Licht und Farbe von Displays

Displays sind Schlüsselkomponenten zur visuellen Informationsvermittlung. Mit fortschreitender Displaytechnik – von organischen Leuchtdioden über Halbleiterlaser bis zu Mikrospiegelfeldern – wachsen zugleich die metrologischen Anforderungen, die wichtigsten Kenngrößen bei gleichzeitig verringerter Messunsicherheit zu bestimmen. Mit einem neuen Messplatz der PTB werden hierzu Messverfahren entwickelt und Transfernormale optimiert, die an die spezifischen Eigenschaften moderner Display-Strukturen angepasst sind.

In der PTB wurde ein Display-Messplatz entwickelt, der mit dem Arm eines Zirkular-Roboters photometrische und colorimetrische Messgeräte zum Display ausrichtet und in der Hemisphäre davor bewegt. Der Arm hat vier Drehachsen und erlaubt Messungen mit Radien bis zu 0,8 m, wobei beliebige Messpositionen oder -bahnen wählbar sind. Mit einem Leuchtdichtemessgerät bzw. einem kompakten CCD-Spektroradiometer werden für Teilflächen winkelabhängig die Mittelwerte der Leuchtdichte und der relativen spektralen Verteilung gemessen. Daraus werden Farbortkoordinaten, Farbsättigung und ähnlichste Farbtemperatur sowie Leuchtdichte- und Farbkontraste errechnet. Bei der Erfassung der Werte für die optischen Größen und von Ort, Richtung sowie von Betriebs- und Umgebungsbedingungen werden zusätzlich die Messzeitpunkte als „Zeitstempel“ mitgespeichert und bei der gemeinsamen Auswertung zur „Synchronisation“ verwendet.

Mit dem neuen Messplatz können zugleich mehrdimensionale Einflussgrößen wie Polarisation, zeitliche Modulation, Winkel- und Ortsabhängigkeit einschließlich der Rückwirkung thermischer und magnetischer Umgebungsbedingungen berücksichtigt werden. Damit kann die Messung photo- und colorimetrischer Kenngrößen von Displays auf die nationalen Normale rück-

geführt werden, die durch internationale Vereinbarungen als „äquivalent“ anerkannt sind. So wird insbesondere bei medizinischen, verkehrstechnischen und sicherheitsrelevanten Anwendungen die globale Vermarktung unter Einhaltung strenger Vorschriften gesichert. Entwicklungsziel sind neue Transfernormale, die z. B. in der Form von modifizierten Displays mit stabilisierenden Zusatzmaßnahmen – optische Rückkopplung und detailliert vorgeschriebenem Messverfahren – den Anwendern zur verbesserten Produktions- und Qualitätskontrolle verfügbar gemacht werden.



Zirkular-Roboter für die Bewegung eines Photometers oder Spektroradiometers in der Hemisphäre vor einem Display zur Bestimmung der Werte von photo- und colorimetrischen Kenngrößen und deren Winkelabhängigkeit. Eingezeichnet ist zusätzlich die Leuchtdichte als Funktion des Betrachtungswinkels, gemessen in einer horizontalen Ebene vor einem „weißgesteuerten“ Display (TFT-Display eines Laptops), mit erkennbar stark abnehmender „Helligkeit“ am Rand des Betrachtungsbereichs.

Weitergehende Informationen von G. Sauter
Fax: (05 31) 592-41 70
E-Mail:
georg.sauter@ptb.de

Bildgebende Spektroskopie mit kontinuierlicher THz-Strahlung

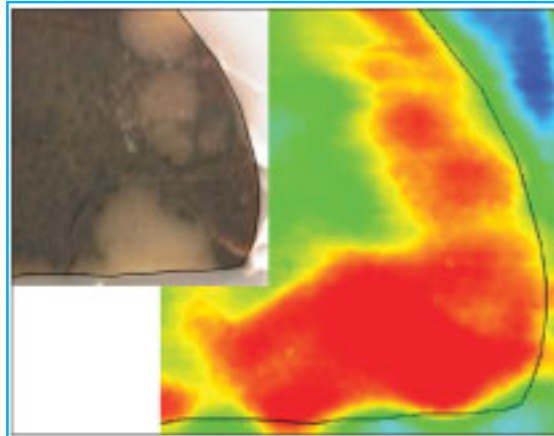
Die technische Nutzung des Spektralbereichs zwischen hundert GHz und einigen THz stellt seit jeher eine Herausforderung dar. Nachdem es vor fünf Jahren erstmals gelang, Bilder mit gepulster THz-Strahlung herzustellen, ist nun das weltweit erste funktionstüchtige THz-Spektrometer entstanden, das mit kontinuierlicher Strahlung arbeitet.

Eine aussichtsreiche Anwendung der THz-Strahlung ist die Abbildung unterschiedlichster Proben, zum Beispiel im Bereich der Biomedizin oder der Materialwissenschaften. Die Transmissionsbilder der abgetasteten Proben liefern Informationen, die sonst nicht zugänglich sind oder deren Messung mit Nachteilen verbunden ist, so zum Beispiel durch die Strahlenbelastung lebender Organismen beim Röntgen. In letzter Zeit konzentriert sich die Forschung im Bereich der THz-Spektroskopie auch auf die Bilderzeugung mit kontinuierlicher statt gepulster Strahlung. Der Einsatz kontinuierlicher THz-Strahlung ist bei diskreten Frequenzen möglich und liefert dort ein besseres Signal-zu-Rausch-Verhältnis als die mit gepulster Strahlung arbeitende Methode, bei der über einen kleinen Bereich des Pulsspektrums integriert werden muss.

Das erste funktionstüchtige THz-Spektrometer mit kontinuierlicher Strahlung ist nun in der Arbeitsgruppe „Terahertz-Systemtechnik“ am Institut für Hochfrequenztechnik der Technischen Universität Braunschweig in Zusammenarbeit mit dem Fachlabor „Halbleiterstrukturen“ der PTB entstanden. Die Erzeugung der Strahlung erfordert die Herstellung photoleitender Dipolantennen auf der Basis des mit einem besonderen Verfahren hergestellten Halbleitermaterials Galliumarsenid, das sich durch eine sehr kurze Lebensdauer der Ladungsträger auszeichnet. Das Material sowie die pho-

toleitenden Antennen wurden in der PTB hergestellt und für die Anwendung optimiert.

Zur Demonstration des Potentials der Methode wurde in einer ersten Anwendung aus dem Bereich der Medizin ein THz-Transmissionsbild eines Präparats einer mit Krebs durchsetzten menschlichen Leber aufgenommen. Weitergehende Untersuchungen zur Leistungsfähigkeit der neuen Methode können nun, mit der Verfügbarkeit des neuen Systems folgen.



THz-Transmissionsbild eines Präparats einer mit Krebs durchsetzten menschlichen Leber im Vergleich zu einer herkömmlichen Photographie der Probe, auf der die Metastasen als helle Flecken zu erkennen sind.

Weitergehende Informationen von K. Pierz
Fax: (0531) 592-24 05
E-Mail:
klaus.pierz@ptb.de

Neue Methode zur Malaria-Früherkennung

In Zusammenarbeit mit der Charité, Klinik für Infektiologie, wurde ein auf der Laser-Durchflusszytometrie basierendes Verfahren zur Unterstützung der Malaria-Diagnostik entwickelt. Durch die Detektion seltener, durch die Infektion veränderter weißer Blutzellen (Monozyten) konnte erstmals eine Malaria-Erkrankung auch bei nicht-immunen Patienten mit hoher Spezifität und Sensitivität nachgewiesen werden. Die Methode eignet sich als Rasterverfahren zur Malaria-Früherkennung.

Die Malaria ist eine der gefährlichsten Infektionskrankheiten weltweit mit ca. 2,5 Millionen Todesfällen pro Jahr. Auch in Industrienationen kommt es zu Todesfällen, die durch eine möglichst frühe Erkennung der Infektion verhindert werden könnten. Als Standardverfahren der Malaria-Diagnostik gilt die Mikroskopie, die die Unterscheidung der vier verschiedenen Parasitenarten sowie die Bestimmung der Konzentration der von Para-

siten befallenen roten Blutzellen erlaubt. Derartige Untersuchungen werden jedoch nur bei einem klinischen Verdacht durchgeführt, so dass es zum Beispiel bei Personen nach einer Reise in endemische Gebiete zu einer Verzögerung der Diagnosestellung kommen kann.

Um die Eignung der Durchflusszytometrie als Rasterverfahren zur Malaria-Erkennung zu überprüfen, wurde die Konzentration von Monozyten mit Malaria-Pigment (PCM) gemessen. Nach Aufnahme des doppelbrechenden Malaria-Pigments Hämozoïn, einem Abbauprodukt der Parasiten, zeichnen sich diese Zellen durch eine große Intensität des depolarisierten seitlichen Streulichts aus.

Das in der PTB erprobte durchflusszytometrische Verfahren erlaubt einen Malaria-Nachweis mit einer Spezifität von 100 %; eine Sensitivität von 86 % (100 %) wurde für nicht-immune (semi-immune) Patienten erreicht.

Fortsetzung auf Seite 4

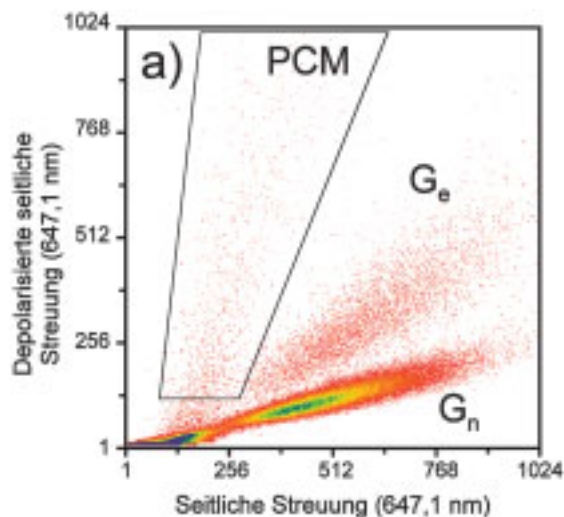


Bild 1: Streudiagramm (etwa 250 000 weiße Blutzellen) einer Blutprobe eines Malaria-Patienten. Jeder Punkt entspricht mindestens einer weißen Blutzelle (Gn = neutrophile, Ge = eosinophile Granulozyten). Die pigmenttragenden Monozyten erscheinen in diesem Streudiagramm in der mit PCM bezeichneten Region, ihre Identifikation erfolgte durch Sortierung und nachfolgende mikroskopische Analyse.

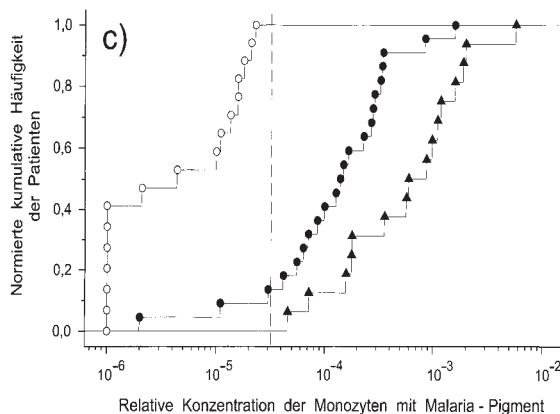


Bild 2: Für drei untersuchte Patientenkollektive ist die normierte kumulative Häufigkeit der Patienten als Funktion der relativen Konzentration der Zellen in der PCM-Region aufgetragen. Die offenen Symbole kennzeichnen Malaria-negative Personen, geschlossene Kreise (Dreiecke) nicht-immune (semi-immune) Malaria-Patienten. Die als vertikale Linie eingezeichnete Schwelle von $3,3 \cdot 10^{-5}$ entspricht dem biologischen Untergrund, d. h. auch bei Malaria-negativen Personen werden Ereignisse in der PCM-Region registriert. Bei nicht-immunen Patienten handelt es sich meist um Reiserückkehrer, während semi-immune Patienten in Epidemiegebieten leben und aufgrund des andauernden Kontakts mit den Parasiten eine Teilimmunität erworben haben. Bei dieser Patientengruppe treten die charakteristischen Symptome einer Malaria-Erkrankung erst bei einer höheren Konzentration der PCM auf.

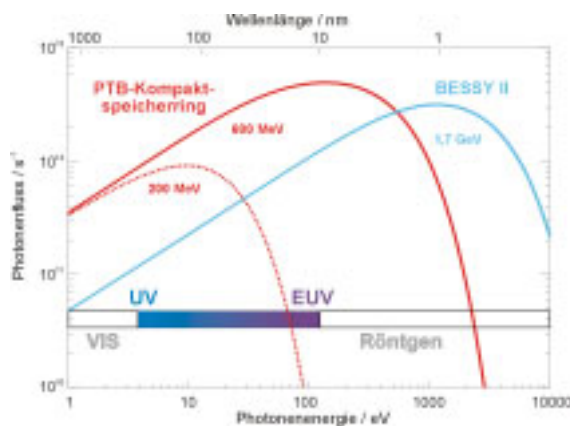
Weitergehende Informationen von J. Neukammer
 Fax: (030) 34 81-505
 E-Mail: joerg.neukammer@ptb.de

Niederenergie-Kompaktsperrherring wird in Berlin-Adlershof gebaut

PTBnews 02.1
 Deutsche Ausgabe
 Februar 2002

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

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



Photonenfluss des Kompaktsperrherring im Vergleich zu BESSY II

Die PTB errichtet in Berlin-Adlershof einen Niederenergie-Kompaktsperrherring, der für die Metrologie im Spektralbereich vom Ultravioletten (UV) bis zum extremen UV (EUV) optimiert ist.

Die PTB nutzte den Elektronenspeicherring BESSY I in Berlin-Wilmersdorf 18 Jahre lang bis zu seiner Stilllegung Ende 1999, um radiometrische Einheiten im UV- und EUV-Bereich darzustellen und weiterzugeben. Als Nachfolgequelle in diesem Spektralbereich errichtet die PTB einen Kompaktsperrherring mit durchstimmbarer Elektronenenergie von 200 MeV bis 600 MeV. Der Speicherring wird in enger Kooperation mit der Berliner Elektronenspeicherring-Gesellschaft mbH (BESSY) am

Wissenschafts- und Wirtschaftsstandort Berlin-Adlershof entstehen und zusammen mit dem seit 1999 von der PTB für die Röntgenradiometrie genutzten Hochenergie-Speicherring BESSY II das europäische Kompetenzzentrum für die Metrologie mit Synchrotronstrahlung bilden.

Nach einer vierjährigen Bauphase soll die Anlage im Jahr 2007 in Betrieb gehen. Sie wird das einzige primäre Strahlernormal für den UV- und EUV-Bereich in Europa sein und nicht nur von der PTB für eigene Zwecke, sondern auch von anderen metrologischen Staatsinstituten genutzt werden. Ferner wird an ihr insbesondere die EUV-Lithographie vorangetrieben, die nach der aktuellen „International Technology Roadmap for Semiconductors“ ab dem Jahr 2007 Halbleiterstrukturbreiten von 65 nm erzeugen soll. Weitere Entwicklungsstufen, so die Prognose, werden bis zu Strukturbreiten von 22 nm im Jahr 2016 führen. Dazu sind umfangreiche „at-wavelength“-Messungen mit 13-nm-Strahlung unverzichtbar. Der Kompaktsperrherring nützt somit vor allem auch der optischen Industrie, die ein starkes Interesse an metrologischer Unterstützung im UV- und EUV-Bereich hat.

Weitergehende Informationen von G. Ulm
 Fax: (030) 3481-550
 E-Mail: gerhard.ulm@ptb.de