

Physik und Sicherheit

Vom Einklemmschutz bis zum Gepäck-Tomographen

Rainer Scharf

Der Markt für elektronische Sicherheitstechnik ist hart umkämpft. Kein Wunder, denn allein im vergangenen Jahr wurden dafür weltweit 13,6 Mrd. € ausgegeben, davon in Deutschland 2,2 Mrd. €.^{+) Da der Markt hart umkämpft ist, sind die Wettbewerber zu stetiger Innovation gezwungen. Dadurch eröffnen sich gerade für Physiker vielfältige und interessante Aufgaben, wie auf dem diesjährigen Industrietag des Arbeitskreises Industrie und Wirtschaft (AIW) bei der DPG-Jahrestagung in München deutlich wurde.}

Kompakte Detektoren für radioaktive Substanzen

Physikalisches Know-How ist unabdingbar, um illegales radioaktives Material aufspüren zu können. Guntram Pausch von der Target Systemelectronic GmbH in Solingen berichtete über kompakte digitale Gammaskpektrometer, mit denen man radioaktive Substanzen aufspüren und identifizieren kann. Doch Radioaktivität ist allgegenwärtig: Radionuklide finden sich in der Natur und in industriellen Produkten, sie werden in der medizinischen Diagnostik und Therapie eingesetzt. Eine gemessene Dosisleistung gibt also noch keinen Hinweis auf eine akute Gefahr, da natürliche oder legale Quellen u. U. stärker strahlen als abgeschirmte, illegale Quellen. Würde man sich nur auf Dosisleistungsmessungen verlassen, ließen sich häufige Fehlalarme nicht vermeiden.

Wie löst man dieses Problem? Zunächst spürt man eine radioaktive Quelle durch Messung der Dosisleistung auf. Anschließend kann man die radioaktiven Nuklide der Quelle anhand des Energiespektrums ihrer Gammastrahlung identifizieren und nach ihrer Ge-



Target-Systemelectronic GmbH

Mit einem tragbaren Gammaskpektrometer lassen sich Fässer auf radioaktive Inhaltsstoffe untersuchen.

fährlichkeit einteilen. Die dazu entwickelten Geräte sollten die Nuklide möglichst präzise identifizieren, zum anderen sollten auch Nichtexperten wie Zollbeamte oder Polizisten die Geräte bedienen können. Guntram Pausch hat ein ca. 10 000 € teures Handgerät zur Radionuklididentifizierung vorgestellt, das diese Anforderung erfüllt. Es kann die identifizierten Nuklide auflisten und zwischen „Innocent Alarm“ (natürliche Radionuklide oder medizinische Isotope) und „Threat“ (illegale Quelle oder spaltbares Material) unterscheiden.

Das Gerät enthält einen Natriumjodiddetektor, der durch die einfallende Gammastrahlung zur Szintillation angeregt wird. Die entstehenden Lichtpulse werden verstärkt und digital verarbeitet, um daraus das Energiespektrum der Gammastrahlung zu rekonstruieren. Die Nuklide werden dazu nicht aufgrund der charakteristischen Peaks im Gammaskpektrum identifiziert, sondern durch ein „Template Matching“, d. h. anhand des gesamten spektralen Verlaufs, der aus gemessenen oder simulierten Spektren unterschiedlicher Nuklide synthetisiert wird. Diese Detektoren bieten Physikern zahlreiche Aufgabenfelder im Bereich

der Detektorphysik, des Hard- und Software-Engineering und der Entwicklung effizienter Algorithmen.

Nukleare Bedrohung

Über die nukleare Bedrohung und die technische Antwort der International Atomic Energy Agency (IAEA) in Wien berichtete Rolf Arlt, der als Physiker in der Hauptabteilung für Kernmaterialkontrolle der IAEA tätig gewesen ist. Die zurzeit größten Bedrohungen bestehen darin, so Arlt, dass weitere Länder zu Nuklearstaaten werden, und dass radioaktives Material für Terroranschläge benutzt wird. Mehr als 200 Inspektoren der IAEA kontrollieren weltweit die Verwendung des gemeldeten Kernmaterials, um z. B. herauszufinden, ob für zivile Zwecke vorgesehene Materialien und Verfahren zweckentfremdet genutzt werden.

Das Monitoring erfolgt u. a. mithilfe von Siegeln, Videokameras und den zuvor erwähnten Gammaskpektrometern. Als Beispiel beschrieb Rolf Arlt die Kontrolle der Langzeitlagerung von Reaktor-brennelementen. Die abgebrannten Brennelemente von Schwerwasserreaktoren werden zur Langzeitlage-

^{+) Den größten Anteil hatten hierzulande die Brandmeldeanlagen (895 Mio. €) sowie Überfall- und Einbruchmelder (612 Mio. €), gefolgt von Videotechnik (312 Mio. €) und Zutrittsmanagementsystemen (192 Mio. €). (Quelle: ZVEI vom 7. Juni 2006)}

rung gebündelt in einem Behälter übereinander gestapelt. Um herauszufinden, ob Brennelementbündel entnommen und ausgetauscht wurden, nehmen IAEA-Inspektoren in regelmäßigen Zeitabständen ein räumliches Gammastrahlungsprofil des Behälters auf. Dazu wird ein Detektor mithilfe eines Stepping-Motors in den Behälter hinabgelassen und dabei die Gammastrahlung kontinuierlich gemessen. Wurde zwischen zwei Inspektionen die Anordnung der Bündel verändert, so lässt sich das durch Vergleich der Strahlungsprofile erkennen. Durch solche Kontrollmaßnahmen lässt sich überprüfen, ob sich ein Land an den von ihm unterschriebenen Nichtweiterverbreitungsvertrag (NPT) hält.

Seit dem Zusammenbruch der UdSSR wird in Osteuropa radioaktives Material geschmuggelt. Außerdem landen dort viele hochradioaktive Strahlenquellen, vor allem aus der Medizin, illegal auf Schrottplätzen. Damit wächst die Gefahr, dass sich Terroristen radioaktives Material verschaffen und für ihre Zwecke einsetzen. Arlt wies darauf hin, dass man mit einer „schmutzigen Bombe“, die hochradioaktives Material durch eine Sprengstoffexplosion über einen größeren Bereich verteilt, im Zentrum einer Großstadt einen unabherrschbaren Schaden anrichten kann. Um das zu verhindern, müssten an den Landesgrenzen, in Häfen und in Flughäfen die Kontrollen mit Strahlungsdetektoren verstärkt

werden, die das radioaktive Material identifizieren können. Arlt hat solch ein Gerät, das einer Armbanduhr ähnelt, stets dabei.

Gepäckkontrolle mit dem Computertomographen

Bei der automatischen Gepäckkontrolle auf Flughäfen kommt es häufig zum Fehlalarm, weil die dafür erstellten Röntgentransmissionsaufnahmen nicht genug spezifische Informationen über den Gepäckinhalt liefern. Dieses Problem lässt sich dadurch lösen, dass man gleichzeitig die Transmission und die Streuung der Röntgenstrahlung durch das Gepäck in einem Computertomogramm erfasst, erklärte Jens-Peter Schlomka von den Philips Forschungslaboratorien in Hamburg. Mit dieser sog. Coherent Scatter Computed Tomography (CSCT), die ursprünglich für die medizinische Diagnostik entwickelt wurde, erhält man Informationen über die chemische Zusammensetzung der im Gepäck befindlichen Gegenstände.

Mit einem aufgefächerten polychromatischen Röntgenstrahl wird das Gepäckstück längs einer Schnittebene durchleuchtet. Die transmittierte Strahlung wird von Detektoren aufgenommen, die in dieser Ebene liegen. Die kohärent gestreute Strahlung wird von energieauflösenden Detektoren außerhalb der Schnittebene registriert. Da das kohärente Streuprofil gewissermaßen ein chemischer

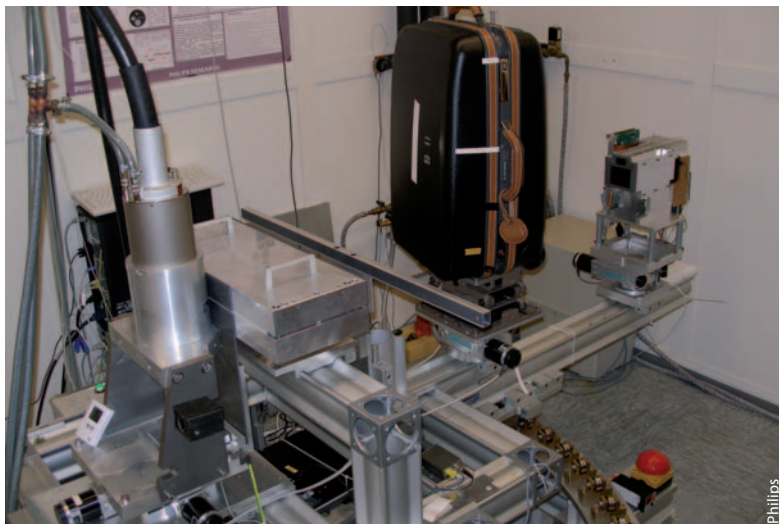
Fingerabdruck des durchstrahlten Materials ist, erlaubt diese Methode, unterschiedliche Substanzen voneinander zu unterscheiden. So wird es z. B. möglich, im Gepäck versteckten Sprengstoff nachzuweisen. Während der Durchstrahlung wird das Gepäckstück langsam gedreht, um ein dreidimensionales Bild rekonstruieren zu können. Die derzeit erreichte räumliche Auflösung liegt bei etwa 4,5 mm. In das herkömmliche Röntgen-CT-Bild werden dann Informationen über die chemische Zusammensetzung der abgebildeten Objekte eingeblendet.

Bevor das Abbildungsverfahren routinemäßig zur Gepäckkontrolle eingesetzt werden kann, sind noch einige Probleme zu lösen. Bislang wurden meistens kleine oder zumindest dünne Proben abgebildet, um möglichst langwellige Röntgenstrahlung benutzen zu können, für die die Streuwinkel relativ groß sind. In dicken Proben wird die langwellige Strahlung zu stark absorbiert und man muss kurzwelligere Strahlung mit Energien von 20 bis 150 keV benutzen, deren Streuwinkel u. U. nur wenige Grad betragen, was entsprechend höhere Anforderungen an die Detektoren stellt. Außerdem kommt es in großen Proben zu Mehrfachstreuung, durch die das Streumuster undeutlich wird. Die bisher erreichten Resultate lassen jedoch hoffen, dass die CSCT die Zuverlässigkeit von Gepäckkontrollen erheblich verbessern wird.

Sicherheit durch die Haut

Um Türen zu öffnen oder Geräte anzuschalten, kann man sich die elektrischen Eigenschaften des menschlichen Körpers zunutze machen, wie Wolfgang Richter von der Ident Technology AG in Wessling ausführte. Die elektrische Kapazität des Körpers verändert ein umgebendes schwaches elektrisches Feld in charakteristischer Weise. Nähert man z. B. seine Hand einer Elektrode, die an einen elektrischen Oszillator angeschlossen ist, so verstimmt sich dessen Frequenz. Aus der Frequenzänderung lässt sich ermitteln, wie weit die Hand

Testaufbau für die Coherent Scatter Computertomographie am Philips Forschungslabor Hamburg. Ein Multilayer-Kollimator blendet aus der Röntgenquelle (links) einen Fächerstrahl aus. Der Koffer befindet sich auf einem Drehteller. Im Hintergrund sind die Detektoren für die transmittierte und gestreute Strahlung zu erkennen.





Die kapazitive Leitfähigkeit der menschlichen Haut lässt sich für Einklemmschutz bei automatischen Schiebetüren nutzen.

von der Elektrode entfernt ist oder ob sie die Elektrode schon berührt. Auf diesem Prinzip beruht ein neuartiger Einklemmschutz für Autofenster und für automatische Türen, der im Gegensatz zu heute gebräuchlichen Vorrichtungen berührungslos funktioniert. Als Elektroden eignen sich z. B. Plastikfolien aus halbleitenden Polymeren.

Wird ein spezifisches elektrisches Signal auf die menschliche Haut gekoppelt, z. B. von einer speziellen Checkkarte in der Jackentasche, dann kann ein Detektor berührungslos eine Person identifizieren oder ihre Autorisierung erkennen. Die dabei in der Haut fließenden Ströme sind äußerst schwach und gesundheitlich unbedenklich. Als Anwendungsbeispiel dieses Skinplex-Verfahrens demonstrierte

Wolfgang Richter eine Motorsäge, die sich nur betreiben ließ, wenn man die zu diesem Gerät gehörende Checkkarte in der Tasche hatte.

Eine weitere Anwendung ist die individuelle Zugangskontrolle zu Gebäuden und Räumen, die nur durch Berühren eines Sensors erfolgt, ohne dass man dazu einen Schlüssel oder einen Ausweis aus der Tasche nehmen muss. Auf diese Weise lassen sich auch Autos schlüssellos – und zwar nur von ihrem Besitzer – öffnen und in Betrieb nehmen.

Brand- und Einbruchsmelder

In Brand- und Einbruchsmeldern steckt eine Menge interessanter Physik. Das zeigte der Vortrag von Christopher Haug von der Bosch Sicherheitssysteme GmbH in Ottobrunn. Brandmelder müssen eine hohe Detektionssicherheit haben, damit jeder Brand frühzeitig erkannt wird. Dabei sind die Anzeichen jedoch sehr unterschiedlich, je nachdem ob es sich z. B. um ein Feuer mit Rauchentwicklung, einen Schwelbrand oder um ein Äthanolf Feuer handelt. Daher nehmen die Sensoren eines Brandmelders gleichzeitig optische (Rauch), thermische (Temperatur) und chemische Informationen (Kohlenmonoxid) auf. Die unterschiedlichen Brände verraten sich durch bestimmte Kombinati-

onen und zeitliche Verläufe der Sensorsignale, die von einem Prozessor ausgewertet werden.

Doch der Brandmelder soll natürlich weder bei Zigarettenrauch noch bei Disko-Nebel Alarm schlagen. Während ein echtes Feuer anhaltenden Rauch verursacht, nimmt der Rauch von Zigaretten zunächst stark zu, fällt dann aber auch schnell wieder ab. Dem trägt man dadurch Rechnung, dass ein Alarm erst ausgelöst wird, wenn eine bestimmte Signalschwelle in einem vorgegebenen Zeitintervall z. B. 10-mal überschritten wurde. Beim Disko-Nebel wiederum fehlt die für einen Brand typische Temperaturerhöhung. Die Rauchentwicklung wird durch Streuung von Infrarotlicht aus einer LED an den Rauchpartikeln nachgewiesen. Bei „unsichtbaren“ Feuermeldern, die vollständig in die Zimmerdecke eingelassen sind, liegt die Detektionszone außerhalb des Gerätes. Einen Fehlalarm durch ein Insekt, das sich vor die LED oder den Detektor setzt, verhindert man durch eine Koinzidenzmessung mit zwei LED-Detektorpaaren.

Auch Bewegungsmelder werden mit mehreren Detektoren ausgerüstet, um ihre Umgebung besser erfassen zu können. So lassen sich mit Infrarotlicht und einem passiven IR-Sensor z. B. Hunde von Menschen unterscheiden, da Haare das IR-Signal abschwächen.