

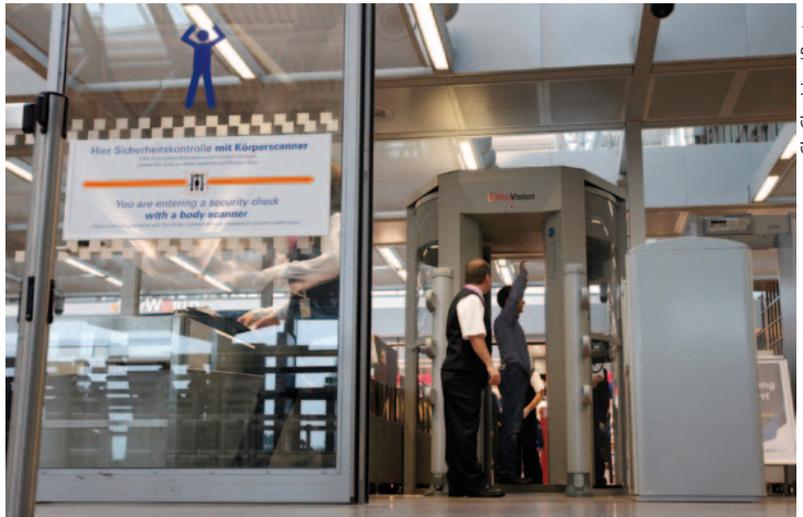
## ■ Hände hoch und still gestanden!

Körperscanner sollen an Flughäfen für mehr Sicherheit sorgen. Mithilfe von Millimeterwellen erkennen die Geräte, ob ein Passagier unerlaubte Dinge ins Flugzeug zu schmuggeln versucht.

Für manch einen bedeutet es einen Eingriff in die Privatsphäre, gleichzeitig geht es um ein Mehr an Sicherheit: Die Einführung von Körperscannern zur Personenkontrolle an Flughäfen hat in den vergangenen Jahren massive Widerstände bei Datenschützern und einzelnen Passagieren erzeugt. Die als „Nacktscanner“ abgestempelten Geräte gerieten in Deutschland in die Kritik, weil sie datenschutzrechtlich relevante Informationen erheben und einen entsprechenden Umgang mit den Daten erforderlich machen. Zudem verlief ein Langzeittest der Bundespolizei am Hamburger Flughafen in den Jahren 2010 und 2011 mehr als holprig, was die Erkennungsrate der Geräte betraf. Seit kurzem stehen am Flughafen in Frankfurt am Main drei Millimeterwellen-Körperscanner, die USA-Reisende freiwillig anstelle der manuellen Kontrolle nutzen können.

Solche Körperscanner arbeiten mit elektromagnetischen Wellen, deren Wellenlängen etwa zwischen einem halben und zehn Millimeter liegen. Auch wenn sie immer wieder als Terahertzscanner bezeichnet werden, arbeiten sie nur bei Frequenzen zwischen 20 und 800 Gigahertz, oft im zweistelligen Gigahertzbereich.

Natürlich hängt der konkrete Aufbau eines Körperscanners vom Hersteller ab, das Prinzip bleibt je-



In den USA gehören Körperscanner an den Flughäfen längst zur Routine. In Deutschland misslang der Testlauf in

Hamburg, doch jetzt stehen die ersten drei Geräte am Frankfurter Flughafen.

doch das gleiche: Ein oder mehrere Sender strahlen Millimeterwellen ab, die vom Passagier zum Teil absorbiert und zum Teil reflektiert werden. Aus der Laufzeit des empfangenen Signals ergibt sich die Entfernung zur betroffenen Körperstelle, aus der Amplitude wiederum lässt sich auf die Materialeigenschaften – und damit auf einen lokalen Kontrastwert im späteren Bild – schließen. Bei der Messung wird der Passagier von allen Seiten abgescannt, um die gesamte Körperkontur sichtbar zu machen. Zu jedem Voxel, also Pixel mit drei Raumkoordinaten, zeichnet das Gerät die zugehörige Amplitude auf. In Echtzeit errechnet ein Algorithmus daraus eine Front- und Rückansicht der Person (Abb. 1).

Als Detektoren für die gestreuten Millimeterwellen kommt klassische Radartechnik zum Einsatz, etwa Schottky-Dioden auf Siliziumbasis, die es als vollintegrierte Lösung gibt. Die empfangene elektromagnetische Welle wird mit einem lokalen Oszillator gemischt und dadurch in ein niederfrequentes Signal im Kilohertzbereich umgewandelt, das sich elektronisch verstärken und auswerten lässt. Zahl und Anordnung der Detektoren hängen von der Art der späteren

Bildrekonstruktion und von weiteren limitierenden Faktoren ab: So steigen etwa die Systemkosten mindestens umgekehrt proportional zur Wellenlänge. Auch die Rechenleistung begrenzt das System. Da die Signallaufzeiten in der Größenordnung von Nanosekunden liegen, muss die Elektronik die Messsignale sehr rasch digitalisieren, um ein Echtzeitbild zu erzeugen. Ab einer gewissen Zahl von Empfängern wird das selbst mit der heute verfügbaren Technik schwierig. Daher ist die konkrete technische Auslegung eines Körperscanners immer ein Kompromiss zwischen Geld, angestrebter Auflösung, möglichst geringer Absorption durch Kleidung und Echtzeitverarbeitung.

### Blick durch die Kleidung

Entscheidend für die Absorption und Reflexion von Millimeterwellen sind die Materialeigenschaften des menschlichen Körpers und der Kleidung. Hier kommt es zu einem relativ komplexen Zusammenspiel durch die beteiligten Moleküle und vorherrschenden Strukturgrößen. Unterhalb von einem Millimeter Wellenlänge (300 Gigahertz) absorbiert der menschliche Körper stark, weil in diesem Bereich viele Resonanzfrequenzen von Biomolekülen

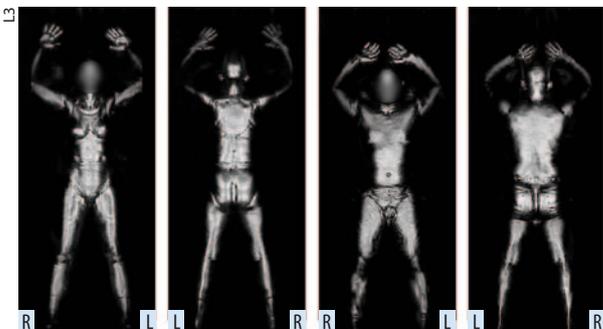


Abb. 1 Die Sicherheitsbeamten am Flughafen entscheiden anhand dieser Bilder, ob ein Passagier die Kontrolle passieren darf oder ob er womöglich Sprengstoff oder Waffen schmuggeln will. Aus Datenschutzgründen sitzen die Beamten in einem separaten Raum und sehen den jeweiligen Passagier nicht.

und Wasser liegen. Auf einem solchen Millimeterwellenbild sieht der Körper eines Menschen also dunkel aus, und verdächtige Gegenstände heben sich als Reflexe ab. Die Transmission der Kleidung dagegen sinkt in diesem Bereich rasch, weil die Stoffstrukturen ähnlich groß sind wie die Wellenlänge und es somit zu Interferenzen kommt. Oberhalb einer Wellenlänge von einem Zentimeter dämpft die Kleidung kaum noch, weil typische Stoffdicken deutlich kleiner als die Wellenlänge sind. In diesem Frequenzbereich reflektiert aber die menschliche Haut stark, sodass sich ein verdächtiger Gegenstand durch ein verändertes Reflexionsverhalten bemerkbar macht.

Neben diesem, von den Materialeigenschaften bestimmten Verhalten sinkt aufgrund der Abbeschen Formel die räumliche Auflösung eines Körperscanners mit zunehmender Wellenlänge. Heutige

Millimeterwellen-Körperscanner erreichen eine Auflösung von rund einem Zentimeter, die nächste Generation stößt sogar zu einigen Millimetern vor.

**Unsichtbares nachgewiesen**

Die Stärke von Körperscannern ist ihre Empfindlichkeit für den Nachweis von Materialien, die mit den türrahmenförmigen Metalldetektoren an Flughäfen nur unzureichend oder gar nicht nachzuweisen sind. Hierzu gehören zum Teil Keramiken, etwa in Form von Messern, oder Plastiksprengstoffe. Am Körper getragene Plastiksprengstoffe zeigen sich im Millimeterwellenbild aufgrund der unterschiedlichen Dielektrizitätszahl von menschlicher Haut und Sprengstoffmaterial: An der Grenzfläche zwischen Sprengstoffpäckchen und Körper kommt es zu einer zusätzlichen Reflexion, die der Algorithmus des Scanners

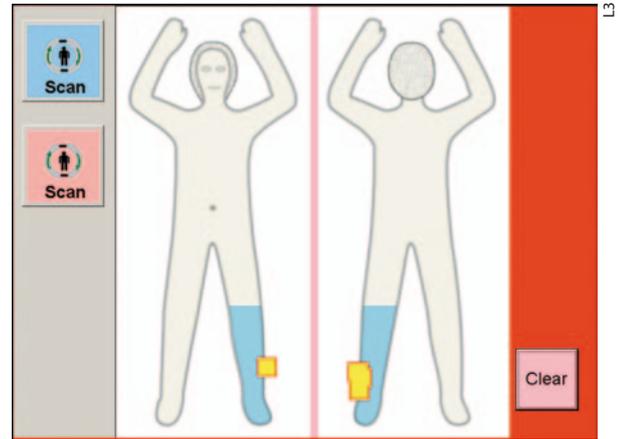


Abb. 2 Am Gerät ist statt der Körperstrukturen nur ein stilisierter Mensch zu erkennen. Auffällige Stellen sind gelb markiert.

bei der Auswertung als Hinweis auf einen Gegenstand interpretiert (Abb. 2).

Dieses Messprinzip verdeutlicht das Grundproblem der Körperscanner: Letztlich muss der Algorithmus sehr schwache Kontrastunterschiede in einem Schwarzweißbild interpretieren, ohne dass er über unabhängige Materialinformationen verfügt. Bereits eine Falte in der Kleidung kann Bildartefakte erzeugen, weil die Absorption an dieser Stelle deutlich steigt. Das erklärt zum Beispiel die hohe Zahl an Fehlalarmen während der Körperscannertests in Hamburg. Falsch positive Resultate kosten aber viel Zeit, da eine Nachkontrolle des Passagiers erforderlich ist – und Zeit ist ein entscheidender Faktor bei einer Routinekontrolle: Ein Mehr an Sicherheit bei Flügen darf aus wirtschaftlichen Gründen auf Dauer kein Mehr an Zeit erfordern.<sup>+)</sup>

Michael Vogel

<sup>+)</sup>  Ich danke Torsten May vom Institut für Photonische Technologien, Jena, für hilfreiche Erläuterungen.

**RÖNTGENRÜCKSTREUUNG ALS ALTERNATIVE**

Neben Millimeterwellen-Körperscannern gibt es Geräte, die mit Röntgenstrahlung arbeiten. Ein solcher Röntgenscanner misst die von der Hautoberfläche des Passagiers zurückgestreute Compton-Strahlung und rekonstruiert aus der zu jedem Pixel gehörenden Amplitude des empfangenen Signals eine Front- und Rückansicht. Die erreichbare Auflösung ist bei Metallen und vielen Keramiken sehr gut, bei rein organischen Verbindungen dagegen nicht, weil der Kontrast zum menschlichen Körper sehr gering ist. Röntgenscanner sind in der EU wegen der Strahlenbelastung für

Standardkontrollen nicht zugelassen – in den USA dagegen schon. Doch auch dort führt die öffentliche Debatte über die Strahlenbelastung zu einem Umdenken: Millimeterwellenscanner ersetzen immer öfter Röntgenscanner. Vertreter der Strahlenschutzkommission haben darauf hingewiesen, dass mögliche Wechselwirkungen der Millimeterwellen mit den Zellen der Haut bislang wenig bis gar nicht erforscht wurden. Allerdings ist die Leistungsdichte der meisten Körperscanner mit nur  $10^{-6}$  Milliwatt pro Quadratmeter sehr gering.



2., aktualis. u. erw. Auflage, X, 278 Seiten, 49 Abb., Broschur, 17,90 € ISBN: 978-3-527-40814-6

Max Rauner und Stefan Jorda  
**Big Business und Big Bang**  
Berufs- und Studienführer Physik

Physikstudium? Und was dann? Dreizehn aktuelle Reportagen aus verschiedenen Branchen vermitteln den Lesern einen lebendigen Eindruck von Berufen, in denen Physikerinnen und Physiker arbeiten, z. B. in Banken und Versicherungen, als Forschungsmanager und Patentanwalt, in der Automobilbranche und Telekommunikation, bei Optikfirmen und Unternehmensberatungen. Von Big Business

bis Big Bang gibt es kaum ein Gebiet, auf dem sie nicht vertreten sind.

Diese zweite, ergänzte Auflage beinhaltet zusätzlich Medizinphysik, Chemie und die Energiebranche als Berufsportraits; darüber hinaus aktuelle Informationen über Bachelor- und Master-Studiengänge sowie einen aktualisierten Serviceteil.

Wiley-VCH Verlag GmbH & Co. KGaA, E-Mail: service@wiley-vch.de, www.wiley-vch.de

