

Nicht medizinische Bildgebung – Ein Überblick

Zur Motivation: Es ist ein uralter Wunsch des Menschen, Verborgenes zu sehen, sei es aus reiner Neugier oder um den Wechselfällen des Lebens besser begegnen zu können. Mit der Entdeckung der Röntgenstrahlung ging dieser Wunsch teilweise in Erfüllung. Man konnte in den Menschen hineinsehen, Defekte erkennen und damit die Heilungschancen dramatisch verbessern.

Anwendungen

Es eröffnen sich jedoch auch andere Anwendungsfelder, die nicht der Gesundheit des Untersuchten direkt dienlich sind. Dazu gehören Röntgenuntersuchungen des Gesundheitszustandes symptomloser Probanden für Einstellungs- und Versicherungszwecke oder im Zusammenhang mit der Einwanderung. Röntgenuntersuchungen können Hinweise auf die körperliche Entwicklung von Kindern und Jugendlichen im Hinblick auf eine sportliche, tänzerische oder ähnliche Karriere geben, eine Altersbestimmung ermöglichen oder einfach eine Aussage über die Passform von Schuhen machen. Es gibt noch viele andere Gründe, einen Blick unter die Kleidung und in den Menschen wünschenswert oder sogar notwendig zu machen.

Es handelt sich dabei unter anderem um rechtliche Zwecke und um Sicherheitsgründe wie

- die Abwehr von Terroranschlägen, die Detektion von am Körper getragenen Waffen oder Plastiksprengstoff,
- die allgemeine Sicherheitsüberwachung bei Zutrittskontrollen,
- die Unterbindung von Schmuggel von Menschen, Drogen, Zigaretten, Alkoholika,
- die Prävention von Diebstahl, z. B. in Diamantenminen,

- die Abbildung von im menschlichen Körper verborgenen Gegenständen.

Verfahren

Röntgenstrahlung war und ist sicher das erste und ultimative Verfahren, um in den Menschen zu blicken. Allerdings können nicht alle vorgenannten Fragestellungen damit bearbeitet werden. Die Entdeckung von Plastiksprengstoff, die chemische Charakterisierung von Materialien mit niedriger Kernladungszahl und mit dem Weichteilgewebe ähnlicher Dichte sind nicht möglich. Und dann kommt hinzu, dass jede Röntgenuntersuchung mit einer absichtlichen Exposition von Menschen mit ionisierender Strahlung verbunden ist, deren schädigende oder das Gesundheitsrisiko erhöhende Wirkung bekannt ist. Damit bleibt ein Interessenkonflikt zwischen dem Informations- und Sicherheitsbedürfnis einerseits und dem Schutz des Menschen und seiner Persönlichkeit andererseits.

Dennoch werden Röntgenuntersuchungen für viele nicht medizinische, dem direkten Vorteil des Probanden nicht dienende Fragestellungen durchgeführt. Neue Aktualität hat diese Problematik in letzter Zeit durch 2 Aspekte bekommen, die in diesem Schwerpunkt ausführlich behandelt werden. Zum einen bietet sich mit den sogenannten Terahertz-Scannern ein alternatives Verfahren zur Bearbei-

tung vieler Sicherheitsfragen, zum anderen haben die neuen EU-Grundnormen, hier die Richtlinie 2013/59/Euratom des Rates vom 5. Dezember 2013, in Artikel 22 detaillierte Regeln für die absichtliche Exposition von Menschen mit ionisierender Strahlung zwecks nicht medizinischer Bildgebung aufgestellt.

Die Beiträge zum Schwerpunktthema behandeln die beiden aktuellen Aspekte aus unterschiedlichen Blickwinkeln. Dieser einleitende Beitrag gibt einen Überblick über die zur Diskussion stehenden Verfahren und die Informationen, die über die resultierenden Expositionen mit ionisierender und nichtionisierender Strahlung vorliegen.

Absichtliche Exposition von Menschen zwecks nicht medizinischer Bildgebung

Die neuen EU-Grundnormen haben zur vorliegenden Fragestellung keinen rechtsfreien Raum angetroffen. Bereits in der Richtlinie 97/43/Euratom waren sogenannte „medizinisch-rechtliche Expositionen“ eingeführt worden, die nun eindeutig als absichtliche Exposition von Personen aus anderen als medizinischen Gründen, nämlich als „Exposition zwecks nicht medizinischer Bildgebung“, bezeichnet werden. Anhang V der EU-Grundnormen enthält eine beispielhafte Liste der Tätigkeiten, die mit einer Exposition zwecks nicht medizinischer Bildgebung nach Artikel 22 verbunden sind. Solche Tätigkeiten müssen behördlich entsprechend überwacht und sollten wie medizinische Expositionen gerechtfertigt werden. Siehe hierzu den ausführlichen Artikel auf S. 19 in diesem Schwerpunkt.

Wichtig ist, dass die neuen EU-Grundnormen bei der nicht medizinischen

**Tätigkeiten
behördlich
überwachen!**

Ein Blick unter die Kleidung

Neue Aktualität

Bildgebung unterscheiden zwischen Verfahren, die mit medizinisch-radiologischer Ausrüstung durchgeführt werden, und solchen, bei denen nicht mit derartiger Ausrüstung gearbeitet wird. Bei den jeweils praktizierten Verfahren ist nach den neuen EU-Grundnormen unterschiedlich vorzugehen. Grundsätzlich sollten – so steht es in den EU-Grundnormen – die Jahresdosisgrenzwerte und die entsprechenden Richtwerte für die Exposition der Bevölkerung gelten.

Verfahren mit Einsatz medizinisch-radiologischer Ausrüstung

Die Tätigkeiten, bei denen medizinisch-radiologische Ausrüstung zum Einsatz kommt, umfassen gemäß Anhang V der EU-Grundnormen:

1. Radiologische Untersuchungen des Gesundheitszustands für Einstellungs- und Versicherungszwecke sowie im Zusammenhang mit der Einwanderung
2. Radiologische Untersuchungen der körperlichen Entwicklung von Kindern und Jugendlichen im Hinblick auf eine sportliche, tänzerische oder ähnliche Karriere
3. Radiologische Altersbestimmungen
4. Einsatz ionisierender Strahlung zur Abbildung von im menschlichen Körper verborgenen Gegenständen

Den Verfahren der medizinischen Bildgebung hat die StrahlenschutzPRAXIS im Heft 4/2007 einen eigenen Schwerpunkt gewidmet, sodass diese hier nicht noch einmal dargestellt werden müssen. Auch die Strahlenexpositionen mit ionisierender Strahlung, mit denen bei derartigen Untersuchungen zu rechnen ist, sind bekannt. Die aktuellen Zahlen für das Jahr 2013 sind in der Tabelle 1 wiedergegeben.

Auch die Strahlenschutzkommission hat sich im Rahmen einer Empfehlung zur Umsetzung des Dosisgrenzwertes für Einzelpersonen der Bevölkerung für die Summe der Expositionen aus allen

Untersuchungsart	Effektive Dosis in mSv
Untersuchungen mit Röntgenaufnahmen	
Zahnaufnahme	≤ 0,01
Extremitäten (Gliedmaßen)	< 0,01–0,1
Schädelaufnahme (anterior-posterior)	0,03–0,06
Halswirbelsäule in 2 Ebenen	0,1–0,2
Brustkorb (Thorax), 1 Aufnahme	0,02–0,04
Mammografie beidseits in je 2 Ebenen	0,2–0,4
Brustwirbelsäule in 2 Ebenen	0,2–0,5
Lendenwirbelsäule in 2 Ebenen	0,6–1,1
Beckenübersicht	0,3–0,7
Bauchraum (Abdomenübersicht)	0,3–0,7
Röntgenuntersuchungen mit Aufnahmen und Durchleuchtung	
Magen	4–8
Darm (Dünndarm bzw. Kolonkontrasteinlauf)	5–12
Koronarangiografie	4–7
PTCA (Perkutane transluminale coronare Angioplastie zur Herzkranzgefäßerweiterung)	6–16
Bein-Becken-Phlebografie (ein Bein)	0,3–0,7
Becken-Bein-Arteriografie	5–9
CT-Untersuchungen*	
Hirnschädel	1,7–2,3
Lendenwirbelsäule	4,8–8,7
Brustkorb (Thorax)	4,2–6,7
Bauchraum (Abdomen)	8,8–16,4
* typische CT(Computertomografie)-Untersuchung, ggf. nativ und nach Kontrastmittelgabe	

Tab. 1: Typische Werte der effektiven Dosis häufiger Röntgenuntersuchungen [1]

zugelassenen Tätigkeiten [2] mit der nicht medizinischen Bildgebung befasst (siehe Kasten auf S. 7).

Es sollten also nur die individuellen Dosisgrenzwerte für Einzelpersonen der Bevölkerung von 1 mSv pro Kalenderjahr eingehalten werden. Da die neuen EU-Grundnormen für die Anwendung ionisierender Strahlen am Menschen die Einhaltung des Grenzwertes für Einzelpersonen der Bevölkerung bei der nicht medizinischen Bildgebung fordern, schränkt diese Anforderung aus der Sicht des Autors die dabei anwendbaren Verfahren auf Untersuchungen mit Röntgenaufnahmen gemäß Tabelle 1 ein.

Grenzwert für Einzelpersonen gilt

Verfahren mit nicht medizinisch-radiologischer Ausrüstung

Die Tätigkeiten, bei denen nicht medizinisch-radiologische Ausrüstung zum Einsatz kommt, umfassen gemäß Anhang V der EU-Grundnormen:

1. Der Einsatz ionisierender Strahlung zum Nachweis von am menschlichen Körper getragenen oder befestigten verborgenen Gegenständen
2. Der Einsatz ionisierender Strahlung bei der Frachtkontrolle zur Ermittlung verborgener Personen
3. Tätigkeiten mit Einsatz ionisierender Strahlung zu rechtlichen Zwecken oder aus Sicherheitsgründen

Diese sollen im Folgenden näher betrachtet werden und stellen das eigentliche Thema dieses Beitrages dar. Es

handelt sich um Personen- und Güterscanner.

Personen- und Güterscanner

Angesichts der gesicherten schädigenden Wirkung von ionisierender Strahlung stellt sich die Frage, ob andere – eventuell weniger risikobehaftete Verfahren – die gleichen Zwecke erfüllen können oder sogar besser geeignet sind. Im medizinischen Bereich machen magnetische Felder über die Kernspinresonanz heute vielfach Röntgenaufnahmen überflüssig, wenn sie sie auch nicht in allen Fällen ersetzen können. Für die oben genannten Sicherheitsfragen ist allerdings die Kernspinresonanz nicht als Verfahren geeignet. Bleibt also die Frage nach anderen Strahlenquellen, die es ermöglichen, in oder durch den Menschen zu sehen.

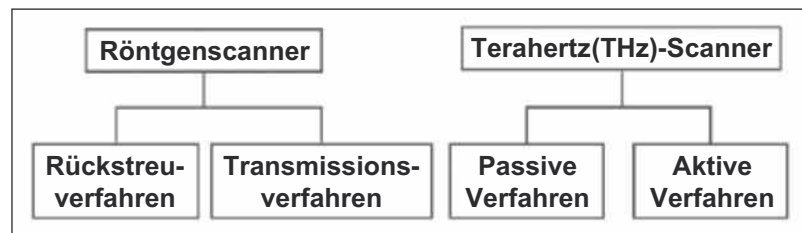


Abb. 1: Verfahren zur Personen- und Güterüberprüfung

Nach dem Stand der Technik gibt es derzeit nur eine Alternative zu den Röntgenscannern, die sogenannten Terahertz-Scanner. Sowohl die Röntgenscanner als auch die Terahertz-Scanner können in 2 unterschiedlichen Betriebsarten verwendet werden (Abb. 1).

Verfahren mit Röntgenstrahlung

Röntgenscanner können im Transmissionsverfahren oder im Rückstreu- oder Backscatter-Verfahren eingesetzt

werden. Beim Transmissionsröntgenscanner ist das Prüfobjekt oder die zu prüfende Person entweder ortsfest und wird mit einem Nadelstrahl horizontal und vertikal abgetastet oder das Objekt oder die Person bewegen sich horizontal durch einen vertikalen Fächerstrahl. Im ersten Fall wird ein schmaler Detektor benutzt, der Rasterpunkt des Bildes wird durch die Position des Nadelstrahls festgelegt. Im zweiten Fall benutzt man eine feststehende schmale Detektorzeile, die die Ortsauflösung liefert.

Auch beim Rückstreu- oder Backscatter-Verfahren wird das Objekt oder die Person mit einem Nadelstrahl horizontal und vertikal abgetastet. Der Nadelstrahl kann durch einen rotierenden Kollimator erzeugt werden. Gemessen werden in einem großflächigen Detektor in einem großen Raumwinkel die durch den Compton-Effekt zurückgestreuten Photonen. Auch hier wird der Rasterpunkt des Bildes durch die Position des Nadelstrahls festgelegt. Abbildung 2 stellt das Prinzip der Transmissions- und Rückstreuscanner am Beispiel der Überprüfung von Gepäckstücken auf einem Transportband dar. Röntgenscanner gibt es in vielfachen Ausführungen. Sie reichen von ortsfesten Anlagen wie den bekannten Scannern für einzelne Gepäckstücke (Abb. 2) über Portalscanner für Menschen, Pkws, Container und ganze Lastzüge bis zu mobilen Anlagen zum Beispiel auf Lastwagen, mit denen während der Vorbeifahrt an anderen Fahrzeugen diese gescannt werden können (Abb. 3).

Hupe und Ankerhold [4] haben die bei Untersuchungen mit Röntgenscan-

Empfehlungen der SSK zur nicht medizinischen Bildgebung

Empfehlung 1:

„Die SSK teilt die Auffassung der Richtlinie 2013/59/Euratom, dass die nicht medizinische Bildgebung, die nicht auf den gesundheitlichen Nutzen der strahlenexponierten Person abzielt, nur unter strengen Regeln und in gesetzlich festgelegten Ausnahmefällen gerechtfertigt werden kann. Die Frage der Rechtfertigung nicht medizinischer Bildgebung ist nicht Gegenstand dieser Empfehlung. Obwohl in Deutschland die nicht medizinische Bildgebung im Rahmen von ca. 40 Rechtsgrundlagen genannt wird (z. B. im Rahmen der Strafverfolgung, gutachterlicher Tätigkeiten oder beruflicher Eignungstests), geht die SSK davon aus, dass die Fälle gerechtfertigter Maßnahmen mit nicht medizinischer Bildgebung nur einen sehr geringen Teil der Bevölkerung betreffen werden und somit keinen wesentlichen Beitrag zur Strahlenexposition der allgemeinen Bevölkerung darstellen. Hinzu kommt, dass eine Berücksichtigung nicht medizinischer Bildgebung in der Gesamtstrahlenexposition durch zugelassene Tätigkeiten nicht praktikabel ist, da weder ein zeitlicher noch ein räumlicher Zusammenhang zwischen dieser Bildgebung und anderen Strahlungsquellen hergestellt werden kann.“

Empfehlung 2:

Die SSK empfiehlt, gemäß Artikel 22 Absatz 3 der Richtlinie 2013/59/Euratom, gerechtfertigte Tätigkeiten, die mit einer Exposition zwecks nicht medizinischer Bildgebung verbunden sind und bei denen medizinisch-radiologische Ausrüstung verwendet wird, von den Dosisrichtwerten (Dose Constraints) nach Artikel 6 Absatz 1 Buchstabe b und von den Dosisgrenzwerten nach Artikel 12 auszunehmen. Gleichzeitig empfiehlt sie, dafür zu sorgen, dass die nicht medizinische Bildgebung einem strengen Rechtfertigungsverfahren unterworfen wird.“

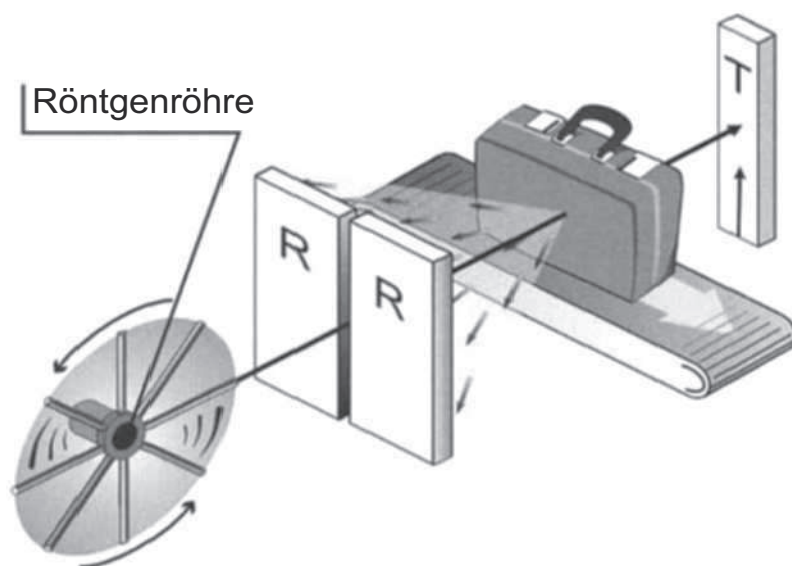


Abb. 2: Schema eines Röntgenscanners mit einer Kombination aus Transmissions- und Rückstreutechnik. Der kontinuierliche Röntgenstrahl wird durch einen rotierenden Kollimator zu einem nadelförmigen Strahl geformt. Die transmittierten Photonen werden hinter dem Objekt im Detektor (T) nachgewiesen, die aus dem bestrahlten Objektpunkt rückgestreuten Compton-Photonen werden in den sich zwischen dem Objekt und der Röntgenröhre befindlichen großflächigen Detektoren (R) registriert. Jeder Bildpunkt ist dabei durch die Kollimator- und Transportbandposition definiert. [3]

nen auftretenden Strahlenexpositionen untersucht (Tab. 2). Auch die StrahlenschutzPRAXIS hat darüber berichtet [3]. Da die gemessenen Werte alle unter 10 µSv pro Aufnahme lagen, kam es damals natürlich in der Öffentlichkeit zu Diskussionen, ob es sich hierbei nicht um vernachlässigbare Expositionen handele, die durch den Sicherheitsgewinn – auch angesichts der sowieso erhöhten Strahlenexposition beim Fliegen – gerechtfertigt seien. Andererseits wurde darauf hingewiesen, dass sich bei fliegendem und Bodenpersonal sowie bei Vielfliegern durchaus Expositionen aufsummieren könnten, die aus der Sicht des Strahlenschutzes nicht außer Acht gelassen werden könnten.

Gesetzliche Grundlagen in Deutschland

In Deutschland gibt es gegenwärtig jedoch keine gesetzliche Grundlage für die Anwendung von Röntgenstrahlung für Sicherheitschecks, bei denen Menschen absichtlich ionisierender Strahlung ausgesetzt werden. Über den § 25 RöV bleibt jedoch die Möglichkeit der Anwendung von Röntgenstrahlung am

Menschen „... in sonstigen durch Gesetz vorgesehenen oder zugelassenen Fällen ...“ eröffnet. Da es gegenwärtig jedoch keine derartigen Rechtsvorschriften gibt, ist eine Anwendung von Röntgenstrahlung zum Zweck der Kontrolle von Personen in Deutschland zurzeit nicht zulässig. Andere Länder sehen das anders und haben anders lautende Regelungen.

Terahertz-Scanner

Eine Alternative zu Röntgenscannern bieten die Scanner auf der Basis von Terahertz-Strahlung. Terahertz (THz)-

Strahlung ist elektromagnetische Strahlung und umfasst den Frequenzbereich von ca. 100 Gigahertz bis ca. 20 Terahertz. Sie liegt innerhalb des elektromagnetischen Spektrums zwischen Mikrowellen und Infrarot (Abb. 4). Bei THz-Strahlung handelt es sich um Millimeterwellen im Grenzbereich zwischen Infrarotstrahlung und Mikrowellenstrahlung. THz-Strahlung ist ein Teil der natürlichen Wärmestrahlung. Lange Zeit war der Frequenzbereich der Terahertz-Strahlung mangels geeigneter Sender und Empfänger ein vernachlässigter Bereich des elektromagnetischen Spektrums. Man sprach deshalb von der Terahertz-Lücke. Inzwischen sind sowohl leistungsfähige Sender als auch Empfänger verfügbar und die Terahertz-Strahlung hat eine ganze Reihe von Anwendungen gefunden, zum Beispiel in den Bereichen Sicherheitstechnik, Materialprüfung, Datenübertragung, medizinische Bildgebung und Bioanalytik. [5] Folgende Eigenschaften machen die Bildgebung mit THz-Strahlung zu einer wichtigen Methode für Sicherheitschecks:

- Bei der zweidimensionalen Bildgebung reflektieren und absorbieren Materialien bei THz-Strahlung anders als bei optischer oder Röntgenstrahlung. Dabei sind Kleidung, Papier, Karton praktisch durchsichtig, während Plastik- und Keramikobjekte im Bereich der THz-Strahlung sichtbar sind. Plastik und kera-

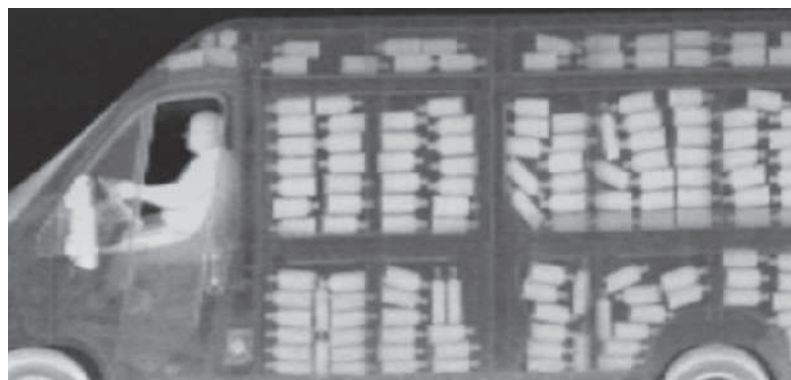


Abb. 3: Röntgenscan eines Lastwagens mit geschmuggelten alkoholischen Getränken; Foto: AS&E, www.as-e.com/resource-center/image-gallery/

Typ	Scanobjekt	Röhrenspannung	Röhrenstrom	Gemessene $H_p(10)$ -Werte je Scan	Gemessene $H^*(10)$ -Werte je Scan
T & R	Fahrzeug	450 kV	6,5 mA	-	0,4 μ Sv
T	Person	160 kV	3,7 mA	5 μ Sv	4,5 μ Sv
T	Person	140 kV	0,65 mA 0,18 mA	6 μ Sv -	6 μ Sv 1,5 μ Sv
T	Person	220 kV	1,0 mA	3,6 μ Sv	3,2 μ Sv
R	Person	50 kV	5 mA	-	0,07 μ Sv

T: Transmissionsverfahren, R: Rückstreuverfahren

Tab. 2: Zusammenstellung von mit Ionisationskammern an fünf typischen Röntgenscannern gemessenen maximalen Dosiswerten und den eingestellten Betriebsparametern [3]

mische Materialien sind nur schwer mittels Backscatter-Röntgentechniken nachzuweisen, da für Röntgenstrahlung nur wenig Kontrast zwischen Körper und diesen Materialien besteht.

- **Hochauflösende dreidimensionale Bildgebung** wird bei der gepulsten THz-Technik mit Femtosekunden-Pulsen möglich, so ähnlich wie beim Radar. So können zum Beispiel dünne Schichten von Pulver oder die einzelnen Seiten eines Brie-

fes in einem Umschlag abgebildet werden.

- **Spektroskopie** erlaubt die Charakterisierung verschiedener Chemikalien, selbst wenn sie in einem Paket oder unter der Kleidung verborgen sind.
- Außerdem: **THz-Strahlung ist nicht-ionisierend** und kann mit sehr geringen Leistungen im Mikrowatt-Bereich eingesetzt werden. Auch der menschliche Körper selbst sendet THz-Strahlung aus.

Möglichkeiten zum Einsatz der THz-Strahlung

Es gibt 2 grundsätzliche Möglichkeiten, THz-Strahlung zur Bildgebung am Menschen einzusetzen.

Sogenannte „passive Systeme“ messen die vom Menschen ausgehende Wärmestrahlung, wodurch ein Abbild der Körperkonturen ohne anatomische Details erzeugt werden kann.

Bei „aktiven Systemen“ tastet ein THz-Sender den Körper mit fokussierten THz-Pulsen ab, nimmt die zurück-

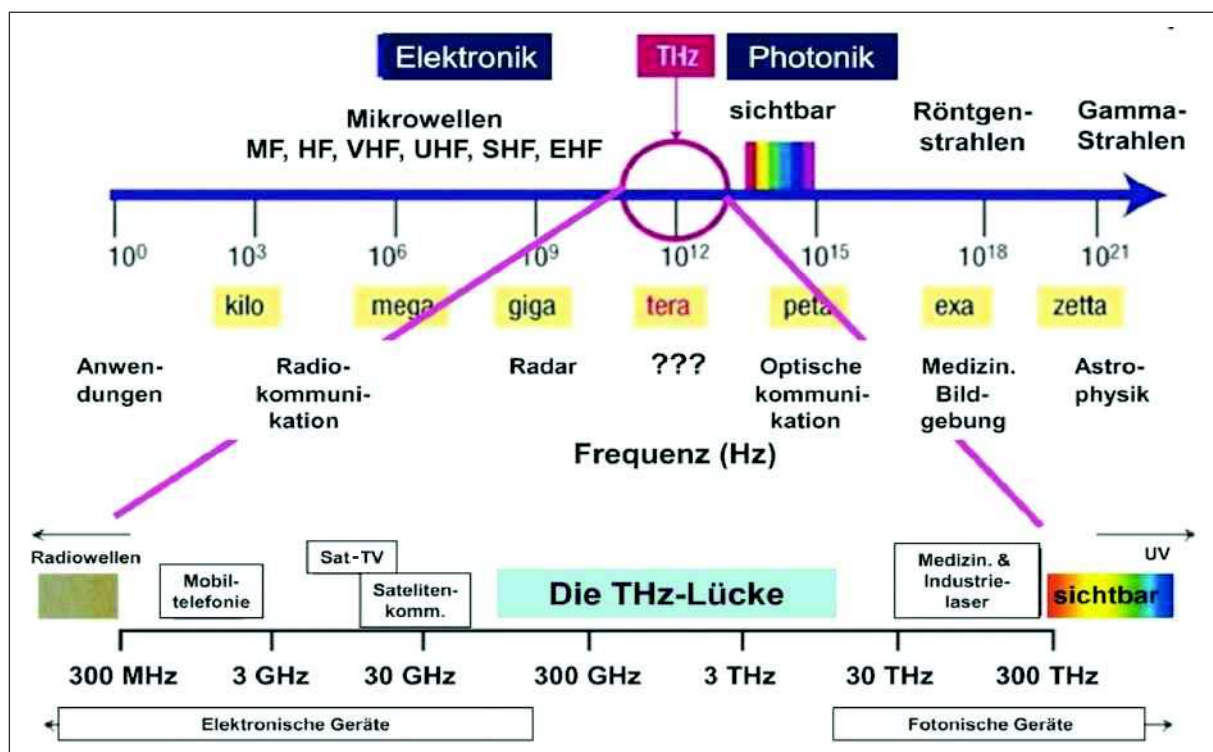


Abb. 4: Terahertz-Strahlung im elektromagnetischen Spektrum

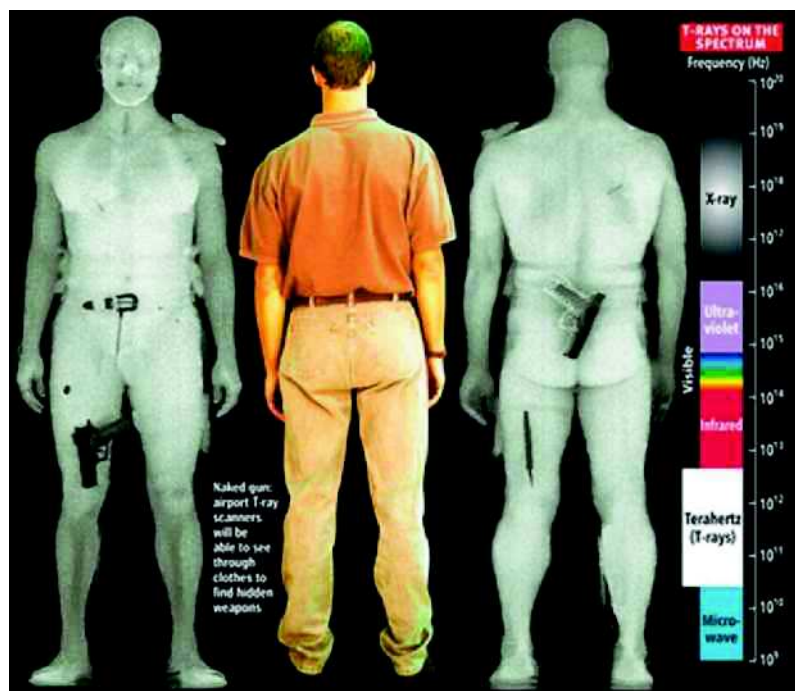


Abb. 5: Abbildung versteckter am Körper getragener Objekte durch einen aktiven THz-Scanner; Abbildung: Digital Barriers – ThruVision

gestreute Strahlung auf und rekonstruiert durch Variation der Wellenlänge aus der Rückstreuung ein Bild. Auf diese Weise können hochauflösende dreidimensionale Darstellungen des nackten Körpers des Überprüften erzeugt werden (Abb. 5).

Biologische Strahlenwirkungen von THz-Strahlung?

Zu den beim Einsatz von aktiven THz-Scannern auftretenden Strahlenexpositionen sowie zu möglichen biologischen Wirkungen von THz-Strahlung liegen relativ wenige Informationen vor. Die in diesem Frequenzbereich von der Europäischen Kommission und der Internationalen Kommission

zum Schutz vor nicht-ionisierender Strahlung (ICNIRP) empfohlenen Grenzwerte beruhen auf wenigen vorliegenden wissenschaftlichen Studien. Danach ist die Leistungsflussdichte für

die Exposition der Bevölkerung zur Vermeidung thermischer Effekte auf 10 W/m^2 zu begrenzen. Es wird davon

ausgegangen, dass die Geräte diesen Grenzwert weit unterschreiten. Typische, heute verfügbare Applikationen liegen deutlich unterhalb 1 mW [6]. Grundsätzlich ist die Eindringtiefe der nichtionisierenden Strahlung im möglichen Frequenzbereich gering. Bei 10 GHz beträgt sie nur noch Millimeter und nimmt mit zunehmender Frequenz weiter ab. Tiefer liegende Organe werden deshalb praktisch nicht erreicht. Allerdings ist die Eindringtiefe ausreichend, um Zellen der Haut und des peripheren Blutkreislaufes zu erreichen. Dort gesetzte Schäden könnten sich sowohl lokal als auch systemisch auswirken. Unstrittig ist, dass die im Körper absorbierte Strahlung bei ausreichender Intensität zu thermischen Wirkungen führt.

Bisher haben sich nur wenige Projekte wie das EU-Programm THz-BRIDGE [7] systematisch mit biologischen Wirkungen von Terahertz-Strahlung bis 140 GHz befasst. Eine israelische Arbeitsgruppe fand bei einer Expositions-

dauer von mindestens 2 Stunden bei 100 GHz Hinweise auf Störungen der Chromosomenverteilung in teilungsfähigen Lymphozyten [8]. Allerdings wurden diese Ergebnisse bisher nicht durch andere Untersuchungen bestätigt.

Wilmink und Grundt haben im Jahr 2011 eine Übersicht über die Untersuchungen zu biologischen Wirkungen der THz-Strahlung gegeben [9]. Sie berichteten über eine ganze Reihe von Arbeiten, in denen verschiedene thermische Wirkungen bei kurzzeitigen Expositionen mit hoher Leistung festgestellt wurden. Sie stellten allerdings fest, dass die Mehrzahl der Studien, in denen nach möglichen genotoxischen Effekten gesucht wurde, keine negativen Auswirkungen auf die Struktur und die Funktion der DNA zeigten.

Wie das Bundesamt für Strahlenschutz [10] berichtet, wurde die Frage, ob Terahertz-Strahlung die Erbsubstanz schädigt, auch in dem UFOPLAN-Forschungsprojekt „Genotoxische Effekte von Terahertz-Strahlung in vitro“ [11, 12] an menschlichen Haut-

zellen untersucht. Wegen der geringen Eindringtiefe von THz-Strahlung wurden 2 Arten menschlicher Hautzellen als relevante, oberflächennahe Zielzellen untersucht. Keratinozyten und Fibroblasten

wurden für mehrere Stunden THz-Strahlung mit den Frequenzen von 106 GHz , 380 GHz und $2,5 \text{ THz}$ ausgesetzt. Als biologische Endpunkte wurde die Bildung von Mikrokernen sowie das Auftreten von DNA-Strangbrüchen betrachtet. Mikrokern entstehen, wenn ganze Chromosomen oder Teile von Chromosomen bei der Zellteilung nicht in die Tochterzellen integriert werden. In keiner der beiden Hautzelllinien führte die Terahertz-Bestrahlung zu Schäden. Weder zeigten

Keine Schäden durch THz-Bestrahlung

Thermische Wirkungen im Körper

Wenige wissenschaftliche Studien

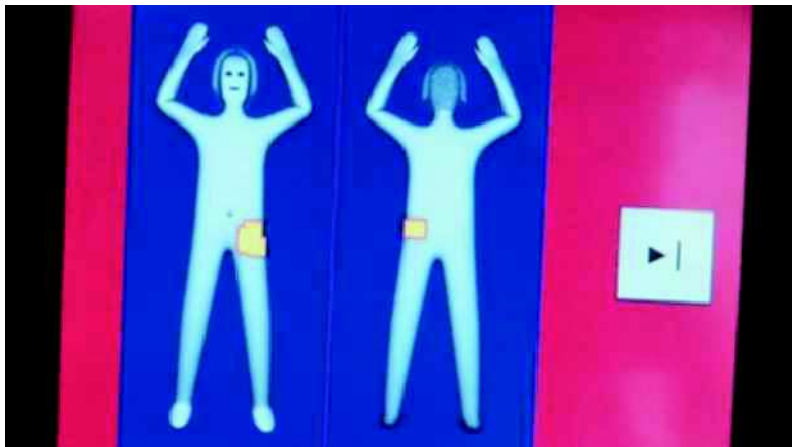


Abb. 6: Schematische Abbildung einer Person mit der Anzeige eines Fundes am Körper, die eine weitere manuelle Inspektion notwendig macht [13]

sich Hinweise auf DNA-Strangbrüche noch traten bei den bestrahlten Zellen mehr Mikrokerne auf als in nicht bestrahlten Kontrollzellen.

Ein ganz anderer Aspekt

Umstritten ist der Einsatz aktiver THz-Scanner am Menschen jedoch, da die Probanden durch das Gerät nackt sichtbar gemacht werden. Diese Verletzung der Intimsphäre stellt nach Einschätzungen von Vertretern aus Politik, Kirche und Gewerkschaften eine erhebliche Verletzung

der Privatsphäre und Menschenwürde dar. Abhilfe kann hier die Verfremdung der Bilder schaffen (Abb. 6) oder eine maschinelle Auswertung, die lediglich einen Hinweis auf die Notwendigkeit weiterer Untersuchungen liefert.

Fazit

Sicher können THz-Scanner im Bereich der Güterinspektion die Röntgenscanner nicht ersetzen. Bei Personenkontrollen für Sicherheitschecks ist dies sehr wohl der Fall. Aus grundsätzlichen Strahlenschutzüberlegungen ist in jedem Fall bei Expositionen

mit ionisierender und nichtionisierender Strahlung eine Optimierung anzustreben. Unter diesem Gesichtspunkt ist unter Strahlenschutzaspekten dem Einsatz von passiven THz-Scannern eindeutig der Vorzug zu geben, auch wenn sie derzeit noch deutlich weniger leistungsfähig sind als die aktiven THz-Scanner.

Rolf Michel

Verletzung der Privatsphäre

Der etwas andere Kommentar, heute zum Thema: Bildgebende Verfahren I

Was so ein Verfahren uns alles enthüllt!
Damit wird doch so mancher
Kontrollwunsch erfüllt.

Aber strittig ist's schon,
jedenfalls braucht's Diskretion.
Denn schon in der Bibel steht:

Mach' dir kein Bild!

Rupprecht Maushart, Straubenhardt

Anzeige

Dosisleistungsmessgerät GRAETZ GammaTwin

Ihr 6. Sinn für den persönlichen Strahlenschutz



- handlich, Abmessungen 103 mm x 66 mm x 26 mm
- einfach zu bedienen
- konzipiert für rauen Einsatz
- großflächige, digitale Messwertanzeige
- Dosisleistung bis 70 mSv/h
- Ortsdosis bis 1,0 Sv
- wahlweise simultane oder getrennte Dosisleistungs- und Dosisanzeige
- beide Anzeigen eichfähig
- je 4 Warnschwellen für Dosis und Dosisleistung
- Umgebungs-Äquivalentdosisleistung H*(10)
- strapazierfähige Nylon-Gürteltasche



GRAETZ Strahlungsmeßtechnik GmbH
Westiger Str. 172, 58672 Altena • Postfach 8100, 58674 Altena
Tel. +49 2352 7007-0 • Fax +49 2352 7007-10
E-Mail: info@graetz.com • Website: www.graetz.com