

Röntgenrückstreu-Radiographie zur Detektion von Gefahrstoffen für die Luftfahrtsicherheit

Norma WROBEL¹, Sanjeevareddy KOLKOORI¹, Uwe ZSCHERPEL¹, Uwe EWERT¹
¹ BAM Bundesanstalt für Materialforschung und –prüfung, Berlin
(norma.wrobel@bam.de)

Kurzfassung

Die Erkennbarkeit von Gefahrstoffen in einem Durchstrahlungsbild wird eingeschränkt durch überlappende Objekte wie es bei der Handgepäckkontrolle an Flughäfen häufig der Fall ist. Im Vergleich zum Personengepäck ist die Auswertung von Durchstrahlungsbildern von dicht gepackten Luftfrachtcontainern durch die höhere Komplexität des Inhaltes erschwert. Die vorliegende Arbeit präsentiert einen neuen Ansatz in der Röntgenrückstreu-Radiographie zur Untersuchung großer Objekte mit gewisser Eindringtiefe bei einseitigem Zugang. Hierzu wird eine Röntgenrückstreu-Kamera mit einem speziell geschwungenen Schlitzkollimator und Matrixdetektor für die Bildgebung eingesetzt. Die Bildgebung mit dieser besonderen Kamera erfolgt nicht nur aufgrund der Dichte der zu untersuchenden Objekte, sondern die Einflüsse aus der Umgebung spielen hierbei ebenfalls eine Rolle. Angestrahlte innere Details werden abgebildet aber auch Schatten von absorbierenden Materialien, welches ein einzigartiges Charakteristikum in der Bildgebung der entwickelten Röntgenrückstreu-Kamera darstellt. Dazu wurden Experimente an einem dicht gepackten Luftfrachtcontainer durchgeführt, welcher u.a. Elektronik Bauteile und Gegenstände beinhaltete, um hier versteckte Gefahrstoffe innerhalb sichtbar zu machen bzw. zu detektieren. Die bisher erzielten Ergebnisse dieser Technik zeigen die Fähigkeit ein breites Spektrum an Materialien (z.B. Metalle, Kunststoffe, Organisches Material) abzubilden sowie ebenfalls eine Unterscheidung zwischen Flüssigkeiten und Feststoffen in Bild zu erreichen. Abschließend wird der Vorteil und Anwendungsmöglichkeiten der verwandten Technik für Untersuchungen in der Luft- und Seeverkehrssicherheit diskutiert.



Röntgenrückstreu-Radiographie zur Detektion von Gefahrstoffen für die Luftfahrtsicherheit

N. Wrobel, S. Kolkoori, U.Zscherpel, U. Ewert

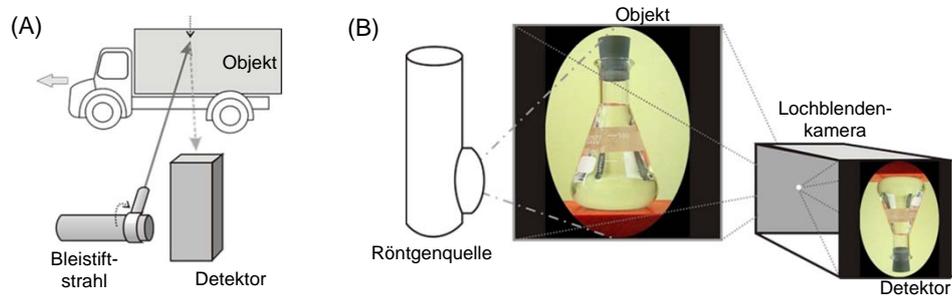
**BAM Bundesanstalt für Materialforschung und -prüfung
Berlin, Deutschland**

Fachbereich 8.3 Radiologische Verfahren

Motivation



- Detektion von Explosivstoffen in Gepäck und Cargo-Containern mit einseitigen Zugang
- Identifizierung von gefährlichen Flüssigkeiten in einer komplexen Umgebung
- **Notwendigkeit für neue Röntgenrückstreu-Bildgebung**



„Bleistiftstrahl“-Technik

- Großflächige und empfindliche Detektoren
- Festgelegte Geometrie und eine Einstrahlrichtung

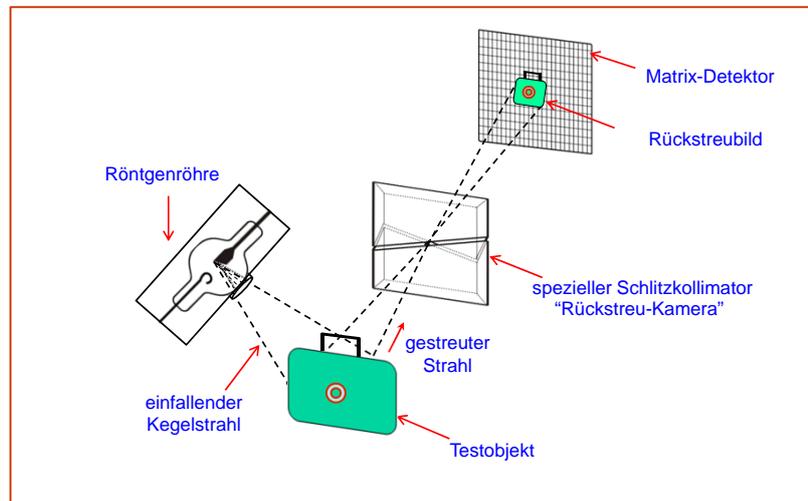
Lochblenden-Kamera

- Diaphragma so dünn wie möglich für große Blickwinkel
- lange Messzeiten
- **wenig geeignet für X-rays >200keV**

Gliederung:

- Prinzip zur Bildgebung mit der Röntgenrückstreu-technik
- Konstruktion der portablen Röntgenrückstreu-Kamera
- Experimenteller Aufbau und Datenerfassung
- Experimentelle Validierung der entwickelten Technik für die Luftsicherheit
 - Detektion gefährlicher Materialien in Gepäck, Cargo und elektronischen Bauteilen
- Zusammenfassung und Ausblick

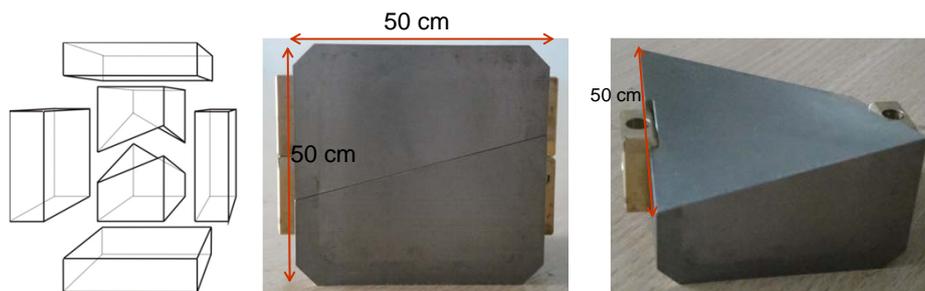
Prinzip der Bildgebung mit der Röntgenrückstreu-Technik:



Schlitzkollimator für die Bildgebung, Deutsches Patent, DE 10 2005 029 674, BAM.

DACH Tagung 11.-13. Mai 2015, Salzburg

BAM 8.3 Radiologische Verfahren

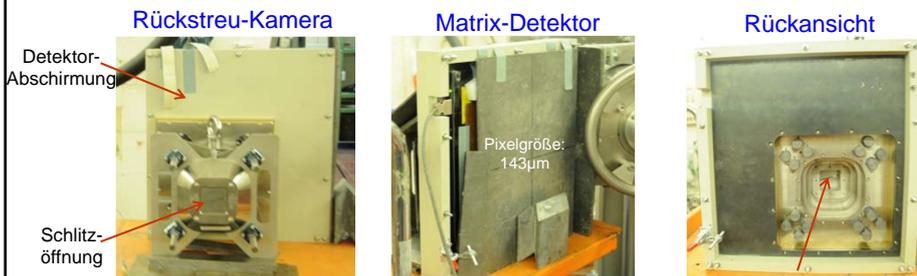


➤ Passage der gestreuten Strahlung durch einen speziell geschwungenen Schlitz in Analogie zu einer Mehrfachlochblende

* K. Osterloh et al., Schlitzkollimator für Röntgenrückstreu-Bildgebung, Patent, DE 10 2005 029 674, BAM.

DACH Tagung 11.-13. Mai 2015, Salzburg

BAM 8.3 Radiologische Verfahren

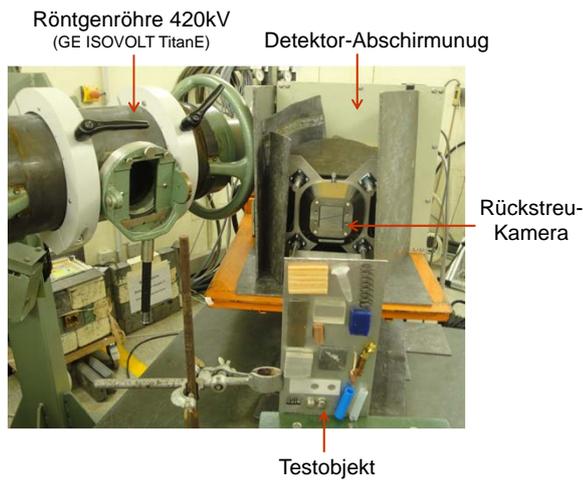


- > Diaphragma mit einer geschwungenen Schlitzblende
- > weitwinklige Blendenöffnung
- > kurze Belichtungszeit (< 60 s)
- > geeignet für die Abschirmung von hoch energetischer Röntgenstrahlung und Gamma-Strahlung
- > verbesserte Bildqualität

Eigenschaften der Rückstreu-Kamera

Variable Schlitzbreite (0.1 mm-2 mm)
 Gewicht : ~ 50 kg
 Material: Wolfram
 Belichtungszeit: < 60 sec
 Strahlungsenergie: 50 keV to 1 MeV
 Anwendung: Sicherheit in der Luftfahrt

S. Kolkooi et al., Journal of Instrumentation, Vol.8 , pp: 1-17, 2013



Einflussfaktoren auf die Qualität der Rückstreubilder:

- | | |
|---------------------------|----------------------|
| a. Schlitzöffnung | c. Strahlungsenergie |
| b. Blickwinkel der Kamera | d. Belichtungszeit |

Testobjekt

Rückstreubild

1. Holz
2. PE Vial mit Wasser
3. Spirale (Fe)
4. Stahlblock
5. Plexiglas
6. Wachs
7. Cu
8. Al
9. Pb
10. Cu-Draht
11. PVC mit Löchern
12. Elektronikbauteil
13. Batterien
14. Plastikrohr
15. Stahl-Klemme

420 kV, 10 mA, 5 min,
Schlitzbreite: 0.8 mm

verschiedene Blickwinkel

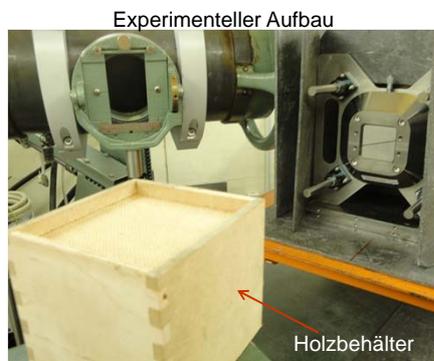
➤ Möglichkeit zur Abbildung von Materialien mit geringer und hoher Dichte/Kernladungszahl, von Metallen und Plastik (organische und anorganische Materialien)

DACH Tagung 11.-13. Mai 2015, Salzburg BAM 8.3 Radiologische Verfahren

Region of Interest

Röntgenrückstreubild

DACH Tagung 11.-13. Mai 2015, Salzburg BAM 8.3 Radiologische Verfahren



► Detektion von verdächtigen Objekten und Bedrohungen in Cargo ist möglich mit dieser Technik

Festplatte mit versteckten Bedrohungen



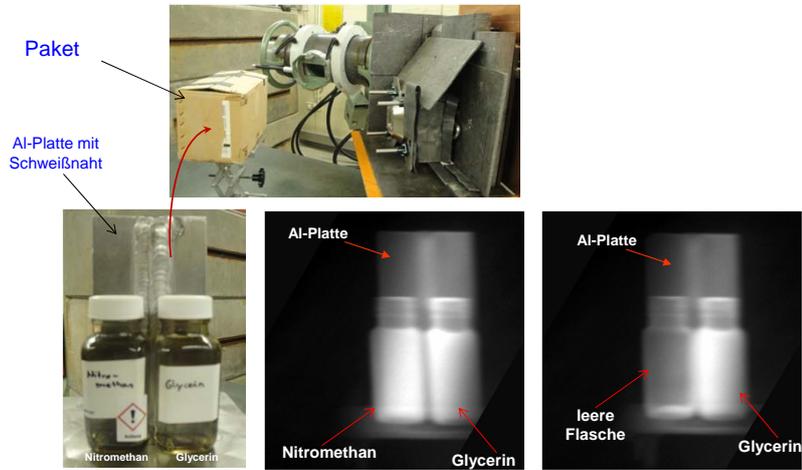
Rückstreubild



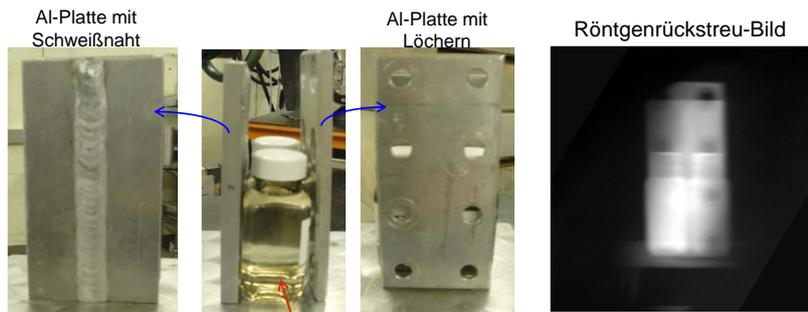
hinter 2mm Al



► versteckte gefährliche Gegenstände und Materialien in Elektronik-Bauteilen können detektiert werden



- Gefährliche Materialien können in einer komplexen Umgebung identifiziert werden
- Gute Unterscheidung zwischen Feststoffen und Flüssigkeiten

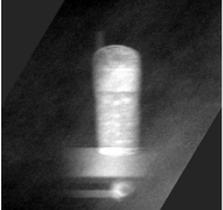
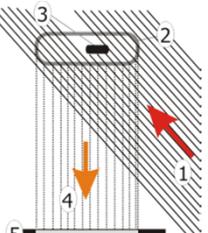
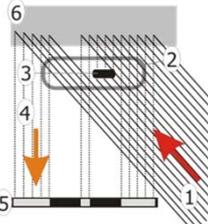


Surrogat für fl. Explosivstoffe

- Bildgebung der Glasflaschen mit gefährlichem Material auch möglich in einer komplexer, dicht gepackter Umgebung

BAM

Spezielle Vorteile der Rückstreu-kamera

<p>freistehendes Mobiltelefon</p> 	<p>Rückstreubild</p> 	 <ol style="list-style-type: none"> 1. einfallende Strahlung 2. äußere Hülle 3. dichtes Material im Inneren 4. zurückgestreute Strahlung 5. Detektorsignal
<p>Mobiltelefon vor Wassergefäß</p> 		 <ol style="list-style-type: none"> 1. einfallende Strahlung 2. äußere Hülle 3. dichtes Material im Inneren 4. zurückgestreute Strahlung 5. Detektorsignal 6. Wassergefäß

- Innenliegende Details aus absorbierendem Material werden als Silhouette sichtbar
- Einflüsse aus der Umgebung müssen bei der Bildgebung berücksichtigt werden

DACH Tagung 11.-13. Mai 2015, Salzburg BAM 8.3 Radiologische Verfahren

BAM

Zusammenfassung

- Neue Inspektions-Technik bei nur einseitigem Zugang
- Fähigkeit zur Detektion von gefährlichen Materialien in der Gepäckprüfung, Frachtprüfung und bei Elektronik-Bauteilen
- Möglichkeits zur Identifizierung von internen Details aus absorbierendem Material

Ausblick

- Entwicklung einer Mehrschlitzblenden-Kamera für die Röntgenrückstreu-Technik
- Dual-Energy Röntgenrückstreu-Bildgebung für die Materialdiskriminierung

DACH Tagung 11.-13. Mai 2015, Salzburg BAM 8.3 Radiologische Verfahren

Danksagung

Diese Arbeit wurde finanziell unterstützt durch das [Ministerium für Bildung und Forschung BMBF](#) (FKZ: 13N12642).

Dank an Dr. K. Osterloh und S. Rotsch für hilfreiche Diskussionen.



**Vielen Dank für Ihre
Aufmerksamkeit!**

