

Einstrahlgeometrie und Erkennbarkeit von Objekten in der Röntgenrückstreuradiographie

Kurt OSTERLOH*, Norma WROBEL*, Daniel FRATZSCHER*, Mirko JECHOW*,
Uwe ZSCHERPEL*, Uwe EWERT*

* BAM Bundesanstalt für Materialforschung und -prüfung, Unter den Eichen 87,
12205 Berlin

Kurzfassung. Abweichend von der gängigen Vorgehensweise, mit einem Bleistiftstrahl die Lage eines Bildpunktes festzulegen und die rückgestreute Strahlung großflächig aufzunehmen, bietet die neu entwickelte Kamera Unabhängigkeit von Einstrahl- und Blickrichtung. Ausgestattet mit einer „Optik“ für hochenergetische Strahlung, wie die bereits beschriebene Schlitzblendenkamera, ist die variable Gestaltung von Einstrahl- und Blickrichtung möglich. Damit eröffnet sich die Chance, Strahlung absorbierende Details in einem Objekt sichtbar werden zu lassen, die sonst von einer streuenden Umgebung überstrahlt würden. Zudem wird gezeigt, wie sich das Erscheinungsbild von Objekten umgebungsbedingt im Rückstreubild ändern kann.

Einführung

Die gegenwärtig in der Praxis angewandten Verfahren zur Rückstreuradiographie verwenden einen wandernden Bleistiftstrahl und großflächige, hochempfindliche Detektoren. Der Ort der Rückstrahlung wird durch die Strahlposition bestimmt, die Intensität durch die gemessene Strahlendosis [1]. Ein Vorteil dieses Verfahrens ist die relativ niedrige Strahlendosis für das Objekt, der Nachteil aber, dass einige Strukturen unerkannt bleiben können. So werden z.B. absorbierende Details, die in einer rückstreuenden Umgebung eingebettet sind, überstrahlt und bleiben daher unsichtbar. Weiterhin kann auch ein rückstrahlender Hintergrund, z.B. eine Wand, die davor liegenden Objekte überstrahlen, es sei denn, sie absorbieren stark, dass sie silhouettenartig wieder erkennbar werden. Dies trifft aber nur dann zu, wenn diese nicht durch streuendes Material abgedeckt sind.

Einen Ausweg bietet ein Abbildungsverfahren mit einer bildgebenden Kamera, die strahlenbedingt aus dickwandigem Abschirmmaterial aufgebaut ist. Eine Abbildung nach dem Lochkameraprinzip ist mit einer speziell geformten Schlitzblende möglich ([2], [3], [4]). Dabei wird das Objekt insgesamt mit der Röntgenstrahlung angestrahlt, quasi „erhellt“. Mit dieser Anordnung ist es möglich, durch zusätzlich aufgestellte Abschirmungen gewisse Bereiche auszublenden, so z.B. vorne liegende streuende. Dadurch können eingebettete absorbierende Details sichtbar gemacht werden. Nach diesem Prinzip gelingt es auch, selektiv streuende Details anzustrahlen, um sie in ihrer individuellen Form unabhängig von der Umgebung darzustellen. Die frei wählbare Einstrahlgeometrie ermöglicht vielerlei Darstellungsmöglichkeiten mit Objekten, die einer höheren Strahlendosis ausgesetzt werden können.

1. Material und Methoden

Der Einsatz der patentierten Schlitzblende für Röntgenrückstreuaufnahmen wurde bereits zuvor beschrieben [5], allerdings mit einem schwer zu handhabenden, ca. 300 kg schweren Versuchsaufbau, wie er in der **Abbildung 1a** wiedergegeben ist. Diese wurde durch eine stark verkleinerte, aus Wolfram gebaute Version ersetzt, deren Gewicht größenordnungsmäßig um ein Zehntel geringer war (**Abbildung 1b**). Dadurch wurden Versuchsaufbauten erheblich vereinfacht bzw. eine mobile Anwendung prinzipiell ermöglicht. Die Kamera wurde mit einer Speicherfolie (ST-VI, Fujifilm) in der Größe von $5 \times 5 \text{ cm}^2$ bestückt. Aufgrund des geringeren Abstandes zwischen Blende und Speicherfolie konnte die Belichtungszeit von 30 – 40 min auf 15 – 30 min nahezu halbiert werden. Der Einsatz von Matrixdetektoren (foX-Rayzor, Vidisco), wie in **Abbildung 1c** ohne die erforderliche Zusatzabschirmung gezeigt, erlaubte eine weitere Reduktion der Expositionszeit auf unter einer Minute. Die Rückstreuaufnahmen wurden mit einer Röntgenröhrenspannung von 300 kV aufgenommen (Isovolt 320 DS1D, Seifert).

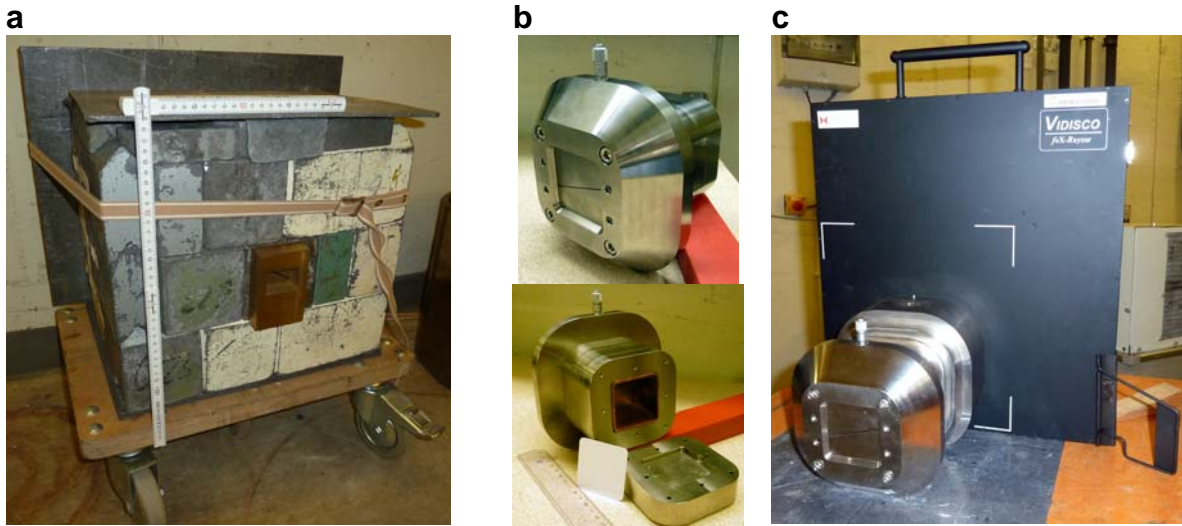


Abbildung 1: Kameras mit Schlitzblenden für Röntgenrückstreuaufnahmen:

a) Gehäuse aus Bleiziegeln, Platz bietend für eine Kassette mit Speicherfolie, b) Wolframgehäuse mit kleiner Speicherfolie, c) Wolframgehäuse mit Erweiterung mit anliegendem Matrixdetektor (wurde im Versuch vollständig mit Bleiabschirmungen abgedeckt).

2. Ergebnisse

2.1 Änderung der Einstrahlgeometrie und Blickrichtung

Die Resultate von Rückstreuaufnahmen mit Einstrahlungen aus verschiedenen Richtungen sind in **Abbildung 2** zusammengefasst wiedergegeben. In der linken Spalte ist die grundsätzliche Aufnahmegeometrie skizziert, in der Mitte findet sich der Versuchsaufbau und rechts wird das Rückstreubild als Ergebnis gezeigt. In der ersten Anordnung befinden sich Strahlenquelle und Bilddetektor im spitzen Winkel zueinander auf derselben Seite des Objektes, im Aufbau ist die Kamera rechts unterhalb der Röntgenröhre zu sehen. Links im Vordergrund befindet sich das Objekt bestehend aus dem Becherglas mit Wasser und dem in blauem Knetgummi eingebetteten Schraubbolzen (**Abbildung 2a**). Im Ergebnisbild, das einen schmalen Ausschnitt aus dem rückstreuenden Wasser zeigt, ist nichts von dem Eisenbolzen zu sehen.

Dies ändert sich, wenn die Strahlenquelle und der Detektor rechtwinklig zueinander stehen (**Abbildung 2b**). Der Schraubbolzen mit Mutter wird als blasse Silhouette sichtbar. Eine mögliche Erklärung bietet eine Abnahme der Röntgenstrahlintensität im Wasser durch die Absorption. Somit lässt dann auch die Streustrahlung aus dem Objekt mit der durchstrahlten Schichtdicke nach. Dadurch wird das absorbierende Metallobjektteil weniger von der in Richtung Detektor davor liegende streuende Wasserphase überstrahlt. Deutlich tritt das Schattenbild der Schraube mit Mutter vor dem rückstrahlenden Hintergrund hervor, wenn der zur Kamera gewandte Teil des Becherglases mit einer Bleiwand von der Strahlenquelle abgeschirmt wird (**Abbildung 2c**). Durch den Wegfall der Überstrahlung aus der Umgebung in der dem Detektor zugewandten Seite fällt das innenliegende Metallobjekt deutlich auf.

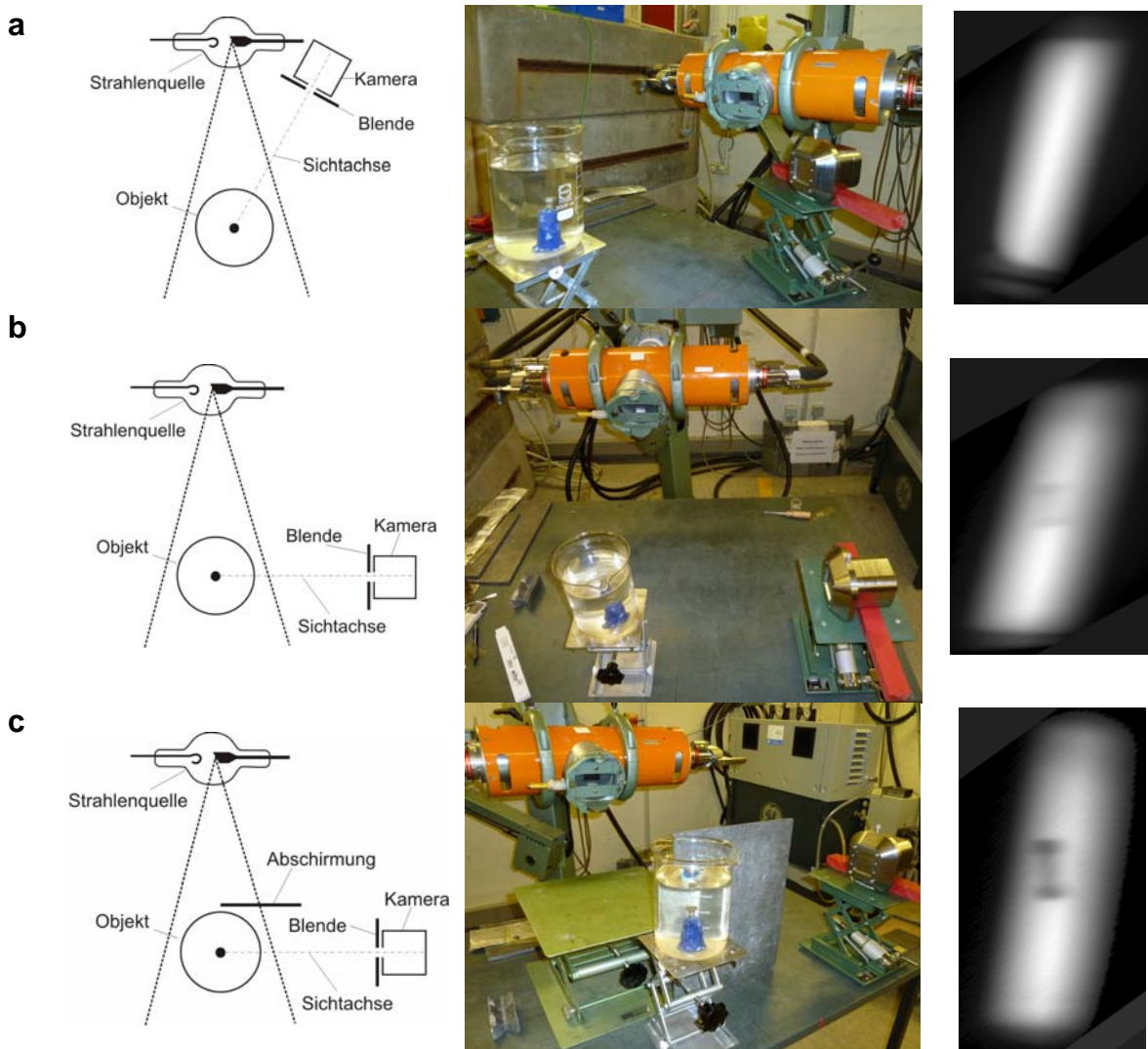


Abbildung 2: Änderung der Einstrahlgeometrie und Blickrichtung, das Objekt bestand aus einem mit Wasser gefüllten Becherglas, in dem sich ein Schraubbolzen mit Mutter befand, der in Knetgummi (blau) eingebettet war:

a) Strahlenquelle und Detektor „schauen“ in einem spitzen Winkel von derselben Seite auf das Objekt, **b)** Strahl- und Sichtachse sind rechtwinklig zueinander angeordnet (Kamera rechts unterhalb der Röntgenröhre), **c)** zusätzlich zur rechtwinkligen Anordnung wurde die zur Kamera gerichtete Objekthälfte mit einer Bleiplatte abgeschirmt (am wassergefüllten Becherglas).

Die jeweils resultierenden Rückstreuaufnahmen sind auf der rechten Seite wiedergegeben.

2.2 Abhängigkeit von der Objektumgebung

Abhängig von seiner Umgebung kann ein und derselbe Gegenstand im Röntgenrückstreubild völlig unterschiedlich erscheinen. Das wird in der **Abbildung 3** gezeigt.

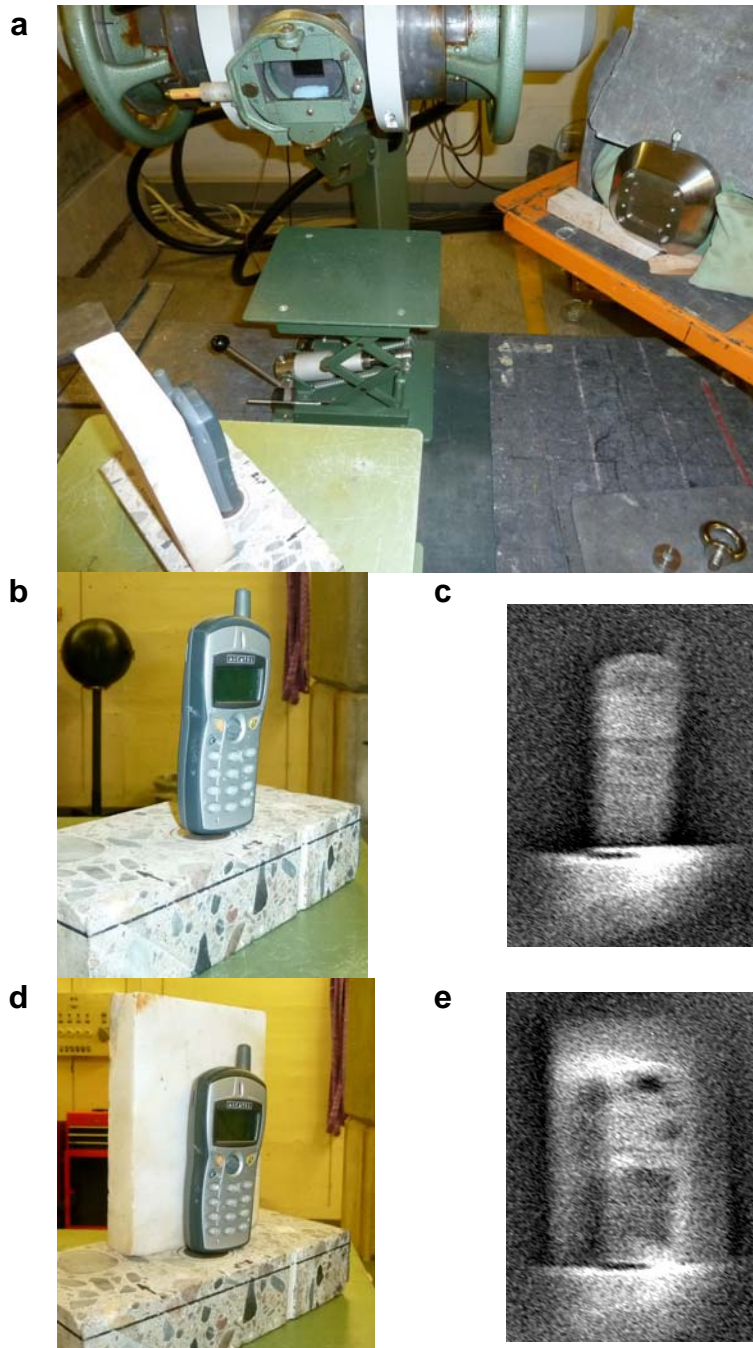


Abbildung 3: Abhängigkeit von der Objektumgebung:

a) Versuchsaufbau mit Röntgenröhre als Strahlenquelle und Kamera mit Matrixdetektor, abgedeckt mit Bleiabschirmungen, **b)** freistehendes Objekt, **c)** Rückstreuaufnahme, gefiltert mit automatischer Bandpassfilterung, **d)** Objekt vor einer Marmorplatte mit rückstreuender Eigenschaft, **e)** Rückstreuaufnahme, auch gefiltert mit automatischer Parameterermittlung aus der Bildvorlage.

Das Objekt erscheint unterschiedlich, je nachdem es zusätzlich von rückgestreuter Strahlung angestrahlt wird.

In der ersten Teilabbildung (**a**) ist der Versuchsaufbau zu sehen, mit dem Austrittsfenster der Röntgenröhre und der Schlitzblendenkamera im Hintergrund und dem Objekt mit einer Marmorplatte im Vordergrund. Um die Kamera herum auf der rechten Bildseite ist ein Teil der experimentellen Abschirmung zu sehen, mit der der Matrixdetektor abgedeckt wurde. Zunächst wurde das Mobiltelefon freistehend aufgenommen (Objekt in **b** und Aufnahme in **c**). Zur besseren Erkennbarkeit wurde das Ergebnisbild mit einem automatischen Bandpassfilter gefiltert, der auf Erkennung des im Bilde vorhandenen allgemeinen Rauschens basiert [6]. Das Ergebnis wird von dem rückstreuenden Gehäuse bestimmt, ohne Innenteile erkennen zu lassen. Sowie ein rückstreuender Hintergrund in Form der dazugestellten Marmorplatte hinzutritt, ändert sich die Erscheinungsform im Rückstreubild (Teilbilder **d** und **e** in der **Abbildung 3**). Es werden absorbierende Innenteile sichtbar. Zusätzlich werfen diese Schatten auf die Hinterwand links neben dem eigentlichen Objekt. Es handelt sich also um eine gegenseitige Beeinflussung zwischen Objekt und Umgebung.

3. Fazit

Mit einer kompakten Kamerakonstruktion aus Wolfram, in die die Schlitzblende integriert ist, konnte das Gesamtgewicht erheblich reduziert werden. Damit wurde im Prinzip eine Mobilität erreicht, wie für einen künftigen Einsatz vor Ort erforderlich ist. Eine drastische Reduktion der Expositionszeit wurde durch die Verwendung von digitalen Matrixdetektoren erreicht, womit eine Rückstreubild quasi in Minutenschnelle erhältlich wird. Dabei sind die Möglichkeiten, die Blendenkonstruktion wie in einem entsprechenden Patent beschrieben ([4]) auf „Lichtstärke“ zu optimieren, noch nicht berücksichtigt.

Die gerätemäßig gegenseitige Unabhängigkeit von Strahlenquelle und Bilddetektor erlaubt, wie gezeigt, erweiterte Einsichtsmöglichkeiten zur Darstellung absorbierender Objektbestandteile. Sie können silhouettenhaft vor einem strahlenden Hintergrund abgebildet werden, wenn die zur Kamera gerichteten Objektteile mit einer zusätzlichen Abschirmung von der einstrahlenden Röntgenstrahlung abgedeckt werden. Als eine zusätzliche Erkenntnis wurde gewonnen, dass komplexe rückstreuende Gegenstände abhängig von ihrer Umgebung unterschiedlich erscheinen können. So unterschied sich die Röntgenrückstreuaufnahme von einem Mobiltelefon in freier Umgebung deutlich von derjenigen mit einer Wand aus streuendem Material. Das bedeutet, dass Rückstreubilder immer im Zusammenhang mit der Objektumgebung interpretiert werden müssen. Anschaulich vergleichen ließe dies mit der Ausleuchtung eines Bühnenbildes mit Scheinwerfern. Die Ausleuchtung kann Gegenstände unterschiedlich erscheinen lassen.

Referenzen

- [1] O. Hupe, U. Ankerhold, Determination of Ambient and Personal Dose Equivalent for Personnel and Cargo Security Screening, Rad. Protect. Dosimetry 121(4), 429-437, 2006
- [2] K. Osterloh, U. Ewert, H.-J. Knischek: Blende für eine bildgebende Einrichtung, Patent DE 10 2005 029 674, erteilt 21. August 2008
- [3] K. Osterloh, U. Ewert, H.-J. Knischek, U. Zscherpel, Vorrichtung und Verfahren zur Herstellung von Schlitzblenden, Patent DE 10 2007 057 261, erteilt am 06.08.2009
- [4] K. Osterloh, U. Ewert, U. Zscherpel, Blende für eine Bildgebende Einrichtung, Patent DE 10 2008 025 109, erteilt am 17.06.2010.
- [5] K. Osterloh, U. Zscherpel, M. Jechow, D. Fratzscher, N. Wrobel, U. Ewert, X-ray Backscatter Imaging with a Novel Twisted Slit Collimator, ECNDT 2010 - Radiology and Radiography Methods, http://www.ndt.net/article/ecndt2010/reports/1_04_06.pdf
- [6] K. Osterloh, U. Ewert, U. Zscherpel, O. Alekseychuk, Image processing method without parameters, PCT WO 2008/009685 A2, 24.01.2008