

Ist der Bleigleichwert zur Beurteilung der Schutzwirkung bleifreier Röntgenschutzkleidung geeignet?

Is the Lead-Equivalent Suited for Rating Protection Properties of Lead-free Radiation Protective Clothing?

Zusammenfassung

Ziel: Die Klassifizierung der Schutzwirkung von Röntgenschutzkleidung erfolgt nach der europäischen Produktnorm EN 61 331-3. Die zur Zertifizierung zugelassenen Stellen wie auch die Anwender benutzen derzeit den Bleigleichwert (PbGW) zur Beurteilung der Schutzwirkung. Da der PbGW bleifreier bzw. teilweise bleifreier Schutzmaterialien im Gegensatz zu ausschließlich bleihaltigen Schutzstoffen von der Röhrenspannung abhängig ist, reicht die Angabe eines einzelnen Wertes nicht mehr aus. Ferner muss bei bleifreien Stoffen die im Material entstehende Sekundärstrahlung (Streu- und Fluoreszenzstrahlung) durch Messung im breiten Strahlenbündel erfasst werden. **Methoden:** Unter Anwendung der IEC 61 331-1 haben wir markttypische Schutzschürzen aus bleifreiem bzw. teilweise bleifreiem Material mit herkömmlichen Schürzen auf der Basis von Bleioxid verglichen. Neben den PbGWs wurden auch die entsprechenden Schwächungsfaktoren für Primär- und Streustrahlung sowie die Dosisaufbaufaktoren (Build-up-Factors) im breiten Strahlenfeld evaluiert. **Ergebnisse:** Die Messung der Schwächungsfaktoren ergab, dass die Schutzwirkung der nach Norm klassifizierten bleifreien Schutzmaterialien infolge der im Material entstehenden Sekundärstrahlung um bis zu 70% gegenüber den entsprechenden Bleischürzen verringert ist. **Schlussfolgerung:** Künftig sollten zur Schutzklassifizierung ausschließlich die für den Strahlenschutz wesentlich aussagefähigeren Schwächungsfaktoren – die im Gegensatz zum Bleigleichwert im breiten Strahlenbündel gemessen werden – Verwendung finden.

Abstract

Purpose: Currently, lead-free x-ray-protective clothing is classified by the European production standard EN 61 331-3. To evaluate protective effects of lead-free materials according to this standard, the certifying offices as well as customers solely refer to the lead equivalent (LE). The LE of lead-free protective clothing, however, depends on the tube voltage (energy spectrum). Therefore, stating a single value for x-ray-protective clothing does not reveal the protective efficacy for the complete range of energy as applied in clinical practice. Moreover, the method of narrow beam geometry does not account for information on secondary radiation (scattered and fluorescent radiation) generated within the material. Lead-free materials, however, generate large-scale fluorescent radiation, especially for elements with atomic numbers below 60. As a consequence, full-scale secondary radiation of a given material can only be detected with a broad beam setup. **Materials and Methods:** In accordance with IEC 61 331-1, we compared commercially available radiation-protective aprons manufactured with lead-free or partially lead-free materials with aprons manufactured on a lead-oxide basis. In addition to the LE, attenuation ratios and dose-build-up-factors under broad beam-conditions were evaluated. **Results:** In comparison with lead-oxide materials, protection efficacy of lead-free materials is reduced by up to 70%, particularly for a tube voltage below 80 kV. Lead-composite materials (partially lead-free materials) are less affected. **Conclusion:** Users and patients wearing lead-free x-ray-protective clothing might unknowingly be exposed to a much larger dose than generally assumed. In the future, radiation protection rating should exclusively refer to the "attenuation ratio", which is based on

Institutsangaben

¹ Bayerisches Landesamt für Arbeitsschutz, Arbeitsmedizin und Sicherheitstechnik, München
² GSF-Forschungszentrum für Umwelt und Gesundheit, Institut für Strahlenschutz, Neuherberg

Korrespondenzadresse

Dr. Heinrich Eder · Dezernat Strahlenschutz, Bayerisches Landesamt für Arbeitsschutz, Arbeitsmedizin und Sicherheitstechnik · Pfarrstraße 3 · 80538 München

Bibliografie

Fortschr Röntgenstr 2005; 177: 399–404 © Georg Thieme Verlag KG Stuttgart · New York
DOI 10.1055/s-2005-857885
ISSN 1438-9029

Einleitung

In letzter Zeit stehen bleifreie Schutzmaterialien für Strahlenschutz zwecke hinsichtlich ihrer Schwächungswirkung verstärkt in der Diskussion [1]. Bleifreie Schutzmaterialien sind von der allgemeinen Umweltproblematik her positiv einzustufen, soweit umweltverträglichere Ersatzmaterialien Verwendung finden. Die Umweltverträglichkeit dieser neuen Schürzen sollte jedoch vom Hersteller explizit ausgewiesen werden – einschließlich Hinweisen für die Entsorgung. Als weiterer Vorteil bleifreier Schutzkleidung wird eine Gewichtsreduzierung gegenüber Bleischürzen von bis zu 30% genannt [2].

Bei den neuen Schutzstoffen und den vom Hersteller angegebenen Bleigleichwerten muss überprüft werden, ob die Schutzwirkung über den gesamten diagnostischen Energiebereich erreicht wird. Als Bezugsbasis sollten dabei die gut bekannten und in der Strahlenschutzpraxis eingeführten Schwächungseigenschaften von Blei gelten. In der allgemeinen Röntgenpraxis sind Röhrenspannungen von 60 bis 75 kV relativ häufig anzutreffen, wenn es um die Darstellung des Iodkontrastes oder Anwendungen in der Chirurgie geht. Durchleuchtungen mit Hochkontrastkennlinien bewegen sich ebenfalls in diesem Spannungsbereich. Deshalb liegt dort ein Schwerpunkt für strahlenintensive Anwendungen. Mit dem verstärkten Einsatz von CT-Geräten mit Röhrenspannungen bis 130 kV sind Untersucher und Assistenzpersonal zunehmend auch Streustrahlung höherer Energie ausgesetzt.

Letztlich sollten eine Anwender- wie auch eine Patientenschürze den gesamten diagnostisch relevanten Bereich von 60 bis 125 kV abdecken.

Für die Schutzklassifizierung einer Schürze wird derzeit noch immer der so genannte „Bleigleichwert“ verwendet, der eine äquivalente Bleidicke – angegeben in Millimeter – für die zahlenmäßige Beschreibung der Schutzwirkung verwendet. Ein bleifreier Schutzstoff zeigt jedoch in der Regel eine völlig andere Abhängigkeit der Strahlenabsorption von der Energie. Er wird deshalb – bei entsprechendem Flächengewicht – in Abhängigkeit von der Röhrenspannung besser oder schlechter als Blei und nur in einem schmalen Energiebereich mit dem Bezugsmaterial Blei identisch sein. Beurteilt man auch bleifreie Stoffe in Einheiten von Bleidicke, kann es wegen des oben erwähnten Zusammenhangs zur Fehleinschätzung der Schwächungswirkung in verschiedenen Röhrenspannungsbereichen kommen. Deshalb wird dringend ein neues Bewertungsverfahren für die Schutzwirkung bleifreier Strahlenschutzmaterialien benötigt.

Selbstverständlich ist es dem Hersteller immer möglich, das Flächengewicht des Schutzstoffes zum Erreichen des vorgeschriebenen Bleigleichwertes bzw. des erforderlichen Schwächungsfaktors anzupassen. In Anhang II der EU-Richtlinie 89/686/EWG [3] ist jedoch klar ausgedrückt, dass das Gewicht persönlicher Schutzausrüstung so gering wie möglich gehalten werden muss. Um Gewicht zu sparen, sollte deshalb die Schutzwirkung im gesamten Röhrenspannungsbereich möglichst hoch sein.

broad beam geometry and characterizes radiation attenuation much more precisely than the lead equivalent.

Key words

Radiation protection · lead-free protective aprons · lead equivalent · attenuation ratio · secondary radiation · build-up factor

Material und Methoden

Zur Prüfung wurden Schutzschürzen mit den in Tab. 1 zusammengestellten Schutzmaterialien verwendet, die vom Hersteller auf dem Typenschild jeweils normgerecht mit 0,25, 0,35 und 0,50 mm Pb-Nenn-Bleigleichwert gekennzeichnet waren.

Tab. 1 Inhaltsstoffe der für die Prüfung verwendeten Schürzen

Kurzzeichen	Bezeichnung	Material
Pb	Bleigummi	Bleioxid
PbC	Blei-Composite	Bleioxid/Zinn
A	bleifreies Material	Zinn/Barium
B	bleifreies Material	Antimon/Wolfram

Die Schürzen wurden dem Markt entnommen. Andere marktübliche Schürzen lassen sich in das Schema weitgehend einordnen, d. h., sie besitzen ähnliche physikalische Eigenschaften.

Mit dieser typisierenden Untersuchung wird – besonders im Hinblick auf die laufende Weiterentwicklung der Materialien – ausdrücklich nicht der Anspruch erhoben, eine repräsentative Stichprobe für die Gesamtheit aller derzeit verwendeten Bleifreischürzen zu erfassen.

Grundsätzlich sind nach IEC 61 331-1 [4] zwei Messanordnungen zu unterscheiden:

Für die Messanordnung „Bleigleichwert“ wird ein schmales Strahlenbündel von 2 cm Durchmesser benutzt. Die Messkammer ist dabei weit von der zu messenden Probe entfernt. Die Kalibrierung der Einrichtung erfolgte mit hochreinen Bleifiltern (99,9% Reinheitsgrad, Dickentoleranz $\pm 0,015$ mm).

Für die Messanordnung „Schwächungsfaktor“ (gem. IEC: attenuation ratio) bedient man sich eines großen Strahlenfeldes von $50 \times 50 \text{ cm}^2$. Die Messkammer befindet sich in unmittelbarer Nähe zum Schwächungsmaterial, deshalb wird die im Material entstehende Sekundärstrahlung (hier im Wesentlichen Fluoreszenzstrahlung) mit erfasst. Diese Situation entspricht einer auf der Haut getragenen Schürze und ist deshalb wesentlich praxisnäher.

Die prinzipiellen Messanordnungen „Narrow-Beam-Geometry“ zur Bestimmung des Bleigleichwertes und „Broad-Beam-Geometry“ zur Messung Schwächungsfaktors sowie die verwendeten Messgrößen sind in Abb. 1 dargestellt.

Mess- und Beurteilungsgrößen für Schutzstoffe nach IEC 61331-1 [4]

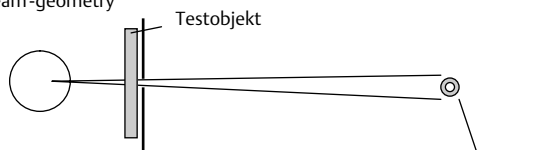
- K_0 : Luftkerma bei breitem Strahlenbündel (ohne Schwächer)
 K_1 : Luftkerma bei breitem Strahlenbündel (mit Schwächer)
 K_{0e} : Luftkerma bei schmalem Strahlenbündel (ohne Schwächer)
 K_e : Luftkerma bei schmalem Strahlenbündel (mit Schwächer)

Schwächungsfaktor (attenuation ratio) $F = K_0 / K_1$ (broad beam mit $50 \times 50 \text{ cm}^2$)

Schwächungsfaktor (Bleigleichwertbestimmung) $F = K_{0e} / K_e$ (narrow-beam mit 2 cm Durchmesser)

Dosis-Aufbaufaktor (build-up-factor) nach IEC $B = K_1 / K_e$

a) narrow-beam-geometry



b) broad-beam-geometry

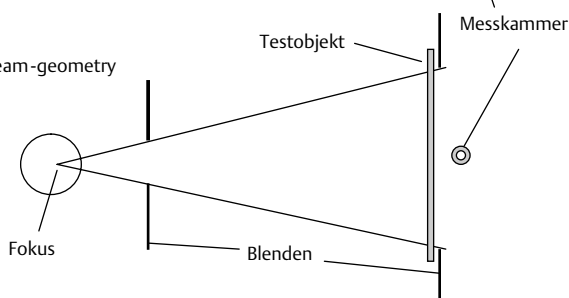


Abb. 1 Messgrößen und Messgeometrien nach IEC 61 331-1.

Für die Messungen stand ein Konverter-Generator Philips Medio CP-H mit einem Diagnostikstrahler Rotalix 350-10 zur Verfügung. Die Filterung (ohne Zusatzfilter) entsprach 3 mm Al. Als Strahlenqualitäten wurden 60/80/100/125 kV mit den nach dem Messstandard vorgeschriebenen bzw. ersatzweise bestimmten Cu-Zusatzfiltern benutzt (Tab. 2). Die Strahlenqualitäten mit Spannungen von 60 und 125 kV sind in IEC 61 331-1 nicht explizit genannt. Deshalb wurden durch Interpolation adäquate Cu-Zusatzfilter bestimmt, die sich in die vorgegebene Reihe einordnen lassen (60 kV/0,07 mm Cu, 125 kV/0,45 mm Cu). Die zusätzlichen Strahlenqualitäten erwiesen sich wegen der bei Energien über 100 und unter 80 kV zum Teil steil abfallenden Schwächungsgleichwerte zur Beurteilung von Bleifrei-Schutzmaterialien als notwendig und sollten künftig in die Messnorm aufgenommen werden.

Tab. 2 Für die Messungen nach IEC 62 331-1 verwendete Strahlenqualitäten

Röhrenspannung	60 kV	80 kV	100 kV	125 kV
Filterung des Röntgenstrahlers	3 mm Al	3 mm Al	3 mm Al	3 mm Al
Zusatzfilter	0,07 mm Cu	0,15 mm Cu	0,25 mm Cu	0,45 mm Cu

Die Dosismessungen erfolgten mit der 30-ccm-Luftkerma-Kammer Typ M 23 361 von PTW, Freiburg, in Verbindung mit der Anzeigeeinheit DIADOS. Wie aus Kalibrierfaktoren der PTB für baugleiche Kammern hervorgeht, variieren diese im Bereich der genormten Strahlenqualitäten N30 bis N150 um maximal 6%.

Damit ist sichergestellt, dass auch niederenergetische Fluoreszenzstrahlung von Elementen des Schutzmaterials – insbesondere Zinn-K-Strahlung mit Energien um 25 keV – bei den Messungen erfasst wird.

Bislang wird Schutzkleidung für Patienten und Röntgenanwender nach den Bleigleichwerten beurteilt. Die Zertifizierung der Schutzkleidung kann erfolgen, wenn die grundlegenden Anforderungen der EU-Richtlinie 89/686/EWG mit Anhängen I bis IV eingehalten sind. Diese werden unter anderem durch die Vorgaben der EN 61 331-3 [5] – bisher allerdings unverbindlich – konkretisiert. Die Norm basiert ausschließlich auf dem Bleigleichwert als Konformitätsmerkmal für die Schutzwirkung.

Der Prüfstandard IEC 61 331-1, der Bestandteil dieser Norm ist, definiert neben dem Blei- bzw. Schwächungsgleichwert auch den Schwächungsfaktor (attenuation ratio), der im Gegensatz zum Bleigleichwert im breiten Strahlenbündel ($50 \times 50 \text{ cm}^2$) unter Verwendung derselben Cu-Zusatzfilter gemessen wird. Die Schwächungsfaktoren aller überprüften Materialien werden im Folgenden der Übersichtlichkeit halber auf Blei bezogen. Tab. 3 gibt die Schwächungsfaktoren herkömmlicher Bleischürzen wieder, die genau den Nennwerten 0,25/0,35/0,50 mm entsprechen. Diese werden für alle hier durchgeführten Messungen als Bezugsbasis verwendet.

Zur besseren Beurteilbarkeit ist in der Tabelle auch die entsprechende Primärstrahlenschwächung in Prozent angegeben.

Tab. 3 Schwächungsfaktoren für Bleischürzen mit Bleigleichwerten 0,25/0,35/0,50 mm, gemessen nach IEC 61 331-1 im breiten Strahlenbündel (F: Schwächungsfaktor, S: Schwächung in %)

Röhrenspannung (kVp)	0,25 mm Pb		0,35 mm Pb		0,50 mm Pb	
	F	S %	F	S %	F	S %
60	29,3	96,5	79,5	98,7	269	99,6
80	7,6	86,8	13,6	92,6	27,5	96,3
100	4,06	75,4	6,37	84,3	11,1	90,9
125	2,95	66,1	4,35	77,0	7,38	86,4

Ergebnisse

Die Messergebnisse der Bleigleichwertbestimmung nach IEC 61331-1 sind für alle Proben in den Abb. 2a-c zusammengestellt.

Wenn man die nach DIN EN 61 331-3 zugelassene Abweichung von – 10% des Nennwertes berücksichtigt, erreichen alle Hersteller den angegebenen Nennwert im Bereich 70 bis 100 kV.

Die an den Marktmodellen evaluierten und gemäß Tab. 3 auf Blei bezogenen Schwächungsfaktoren sind in den Abb. 3a-c dargestellt.

Die Schwächungsfaktoren, die einem 10%-Abfall des Bleigleichwertes entsprechen, sind gestrichelt eingezeichnet. Es ist leicht zu erkennen, dass von den Bleifrei-Produkten bei Messung im gro-

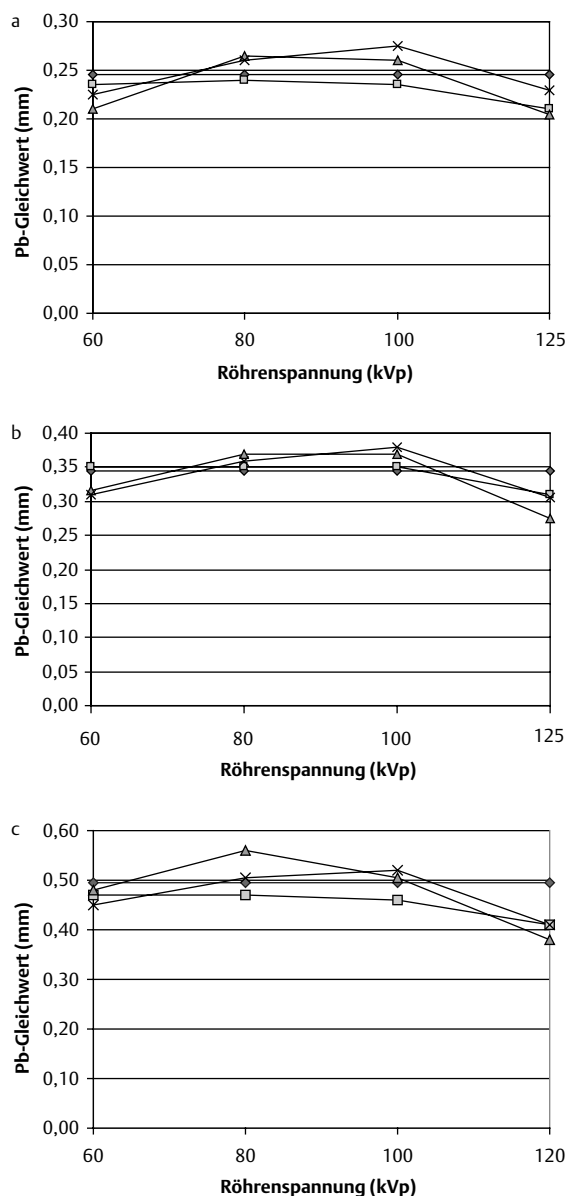


Abb. 2 Bleigleichwerte (Messwerte) der untersuchten Schürzen.
a Schürzen-Nennwert 0,25 mm. b 0,35 mm. c 0,50 mm.

ßen Strahlenfeld die untere Toleranzgrenze weitgehend nicht eingehalten wird.

Im Hinblick auf den Praxisbezug dieser Messmethodik kann kritisiert werden, dass beim Schutz des Röntgenanwenders so gut wie nie hart vorgefilterte Nutzstrahlung direkt auf Schutzkleidung trifft, sondern in erster Linie vom Patienten ausgehende Streustrahlung.

Da eine Messanordnung mit Streustrahlung aus einem Wasserphantom wegen der Rückstreuung von den Raumwänden nur schwer zu vereinheitlichen ist, wurde für diese Prüfung Primärstrahlung aus einer Diagnostikröhre mit der typischen Strahler-Gesamtfilterung von 3 mm Al verwendet. Eine derart gefilterte Primärstrahlung ist mit der aus einem Phantom oder dem Patienten seitlich austretenden Streustrahlung hinsichtlich der Strahlenqualität, d. h. der Durchdringungsfähigkeit, vergleichbar ([6] und Tab. 4).

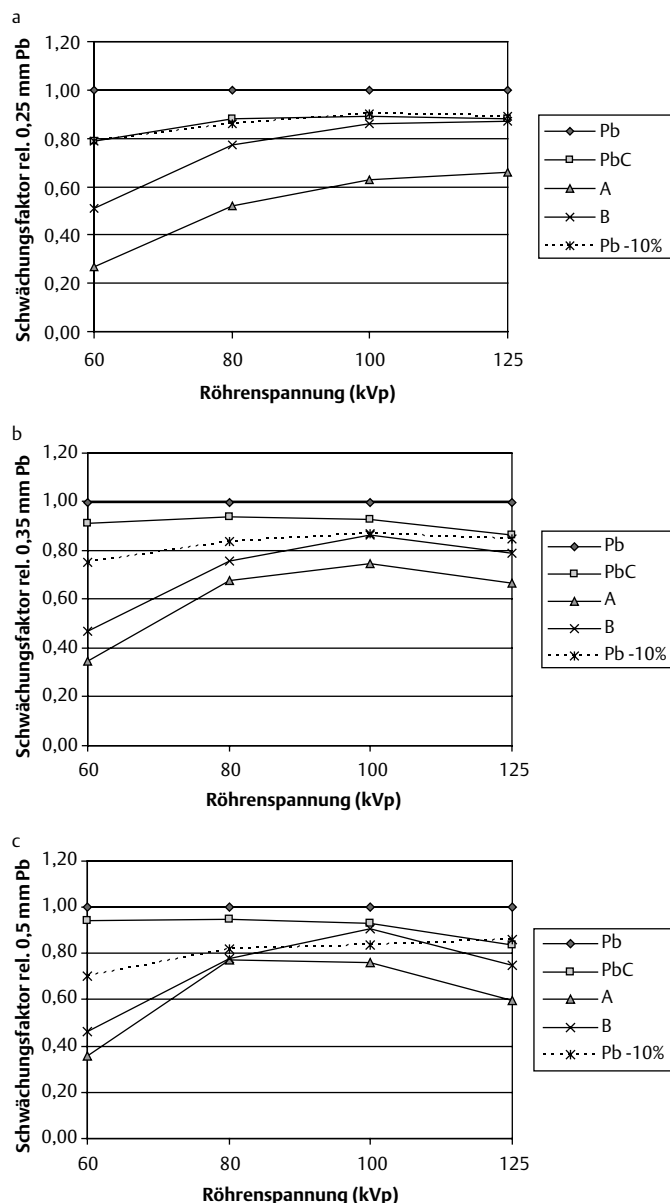


Abb. 3 Relative Schwächungsfaktoren der Bleifrei- bzw. Blei-Composite-Schürzen nach IEC 61 331-1. Bezugsbasis sind die Schwächungsfaktoren der Bleischürzen mit jeweils gleichem PbGW nach Tab. 3.

a Nennwert 0,25 mm. b 0,35 mm. c 0,50 mm. Gestrichelt: Schwächungsfaktor für die untere Toleranzgrenze (– 10 %) des Bleigleichwertes nach DIN EN 61 331-3.

Die entsprechenden Messergebnisse gehen aus den Abb. 4a–c hervor.

Als Bezugsbasis wurden zur besseren Vergleichbarkeit wieder die Schwächungsfaktoren von Blei gemäß Tab. 3 benutzt.

Wie zu ersehen ist, fallen die mit 3 mm Al-Filterung gemessenen Schwächungsfaktoren z. T. deutlich geringer aus als diejenigen, die mit den Cu-Zusatzfiltern nach IEC ermittelt wurden.

Die Reduzierung der Schutzwirkung bleifreier Materialien beruht auf der bei Elementen mit geringerer Ordnungszahl gegenüber Blei verstärkt auftretenden Fluoreszenzstrahlung. Diese entsteht als charakteristische Strahlung bei der Bestrahlung mit

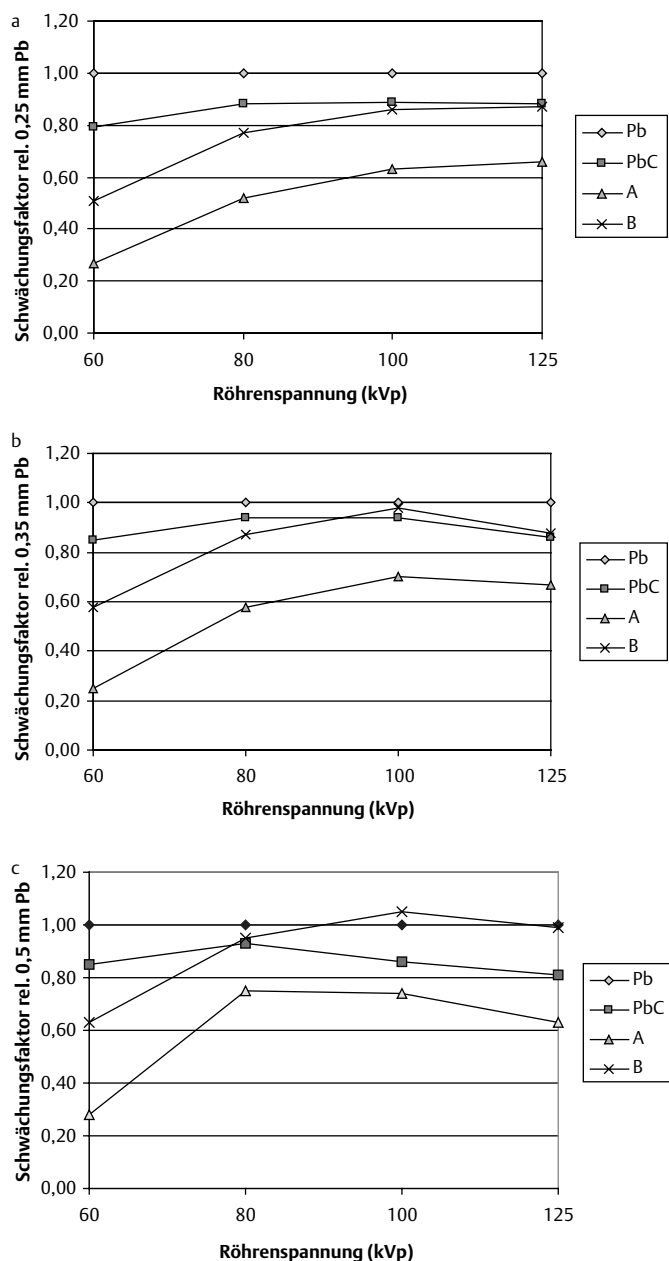


Abb. 4 Relative Schwächungsfaktoren der Bleifrei- bzw. Blei-Composite-Schürzen im Primärstrahl mit 3-mm-Al-Gesamtfilter. Bezugswert sind die Schwächungsfaktoren der Bleischürzen mit jeweils gleichem PbGW nach Tab. 3. **a** Nennwert 0,25 mm. **b** 0,35 mm. **c** 0,50 mm. Bei dieser Messung werden – abweichend von IEC – praxisnahe Streustrahlenqualitäten zugrunde gelegt.

Tab. 4 Mittlere Energien der Primärstrahlung und der unter verschiedenen Winkeln zur Primärstrahlrichtung (0 Grad) aus dem Wasserphantom austretenden Streustrahlung, nach [6]. Die Gesamtfilterung des Röntgenstrahlers war 3 mm Al. Ein Zusatzfilter wurde hier nicht verwendet

Röhrenspannung	E_{mittel} Primärspektrum	E_{mittel} 90 Grad	E_{mittel} 45 Grad	E_{mittel} 135 Grad
60	36,4	37,9	39,3	34,7
80	43,7	44,0	45,9	39,7
100	50	48,5	51,1	44,6
110	52,7	50,8	53,4	45,9

Quantenenergien, die bei bzw. knapp über der Absorptionskante liegen. Die Fluoreszenzstrahlenausbeute nimmt allgemein mit abnehmender Ordnungszahl zu.

Dabei handelt es sich vorwiegend um die K-Strahlung aus der innersten Schale.

Als Element niedrigster Ordnungszahl kommt in bleifreien Materialien oft Zinn oder das Nachbar-Element Antimon vor. $K\alpha_1$ - und $K\alpha_2$ -Strahlung von Zinn bzw. benachbarten Elementen besitzen eine Photonenenergie von rund 25 keV und sind sehr intensiv vertreten. Fluoreszenzstrahlung ist angenähert isotrop verteilt, tritt also unter verschiedenen Winkeln aus dem Schutzmaterial aus. Sie ist deshalb – ähnlich Streustrahlung – kurzreichweitiger als die Primärstrahlung. Neben der Haut werden aber auch die wesentlich strahlenempfindlicheren Organe wie Schilddrüse, Lymphknoten, Mamma, Lungengewebe sowie Testes erreicht.

Der Faktor, der die Dosiserhöhung infolge Sekundärstrahlung (d.h. Fluoreszenz- und Streustrahlung) angibt, wird Dosisaufbaufaktor (IEC: build-up-factor) genannt.

Der reine Streustrahlenanteil ist wegen des geringen Streuvolumens in diesem Zusammenhang gegenüber dem Fluoreszenzstrahlenanteil vernachlässigbar. Der Hauptbeitrag zum Build-up-Faktor resultiert bei Schutzfolien aus Elementen mit Ordnungszahlen unter 60 überwiegend aus der Röntgenfluoreszenz.

Zur messtechnischen Bestimmung wird die Luftkerma im Primärstrahl hinter dem Absorber zum einen im schmalen und zum anderen im breiten Strahlenfeld gemessen. Der Quotient aus beiden Messwerten ist der Build-up-Faktor ([4] und Abb. 1).

Abweichend zu IEC wurde jedoch bei unseren Messungen die Feldgröße beibehalten und die Probe einmal messkammernah und einmal röhrennah angeordnet. Bei dieser Anordnung wird infolge der kürzeren Reichweite der Fluoreszenzstrahlung die Schwächung des Materials einmal mit und einmal ohne Sekundärstrahlung gemessen. Die Messgeometrie geht aus Abb. 5 hervor. Die Messmethodik mit der konstanten Strahlengeometrie hat gegenüber der IEC-Methode den Vorteil, dass der (feldgrößenabhängige) Extrafokalanteil aus der Röntgenröhre das Messergebnis nicht beeinflusst. Bei einem homogenen Schutzmaterial ist dies die Methode der Wahl. Bei der von uns angewandten Methodik basiert daher der Dosisaufbau ausschließlich auf der Sekundärstrahlung des gemessenen Materials und nicht auf Einflüssen der Strahlengeometrie oder anderen Störgrößen.

Die Build-up-Faktoren wurden für die 0,25-mm-Materialproben unter Anwendung der Strahlenqualitäten nach Tab. 2 gemessen. Sie sind in Abb. 5 dargestellt.

Die Messergebnisse zeigen, dass hohe Build-up-Faktoren geringe Schwächungsfaktoren zur Folge haben, d.h. je höher der Dosisaufbaueffekt, desto geringer die Schutzwirkung.

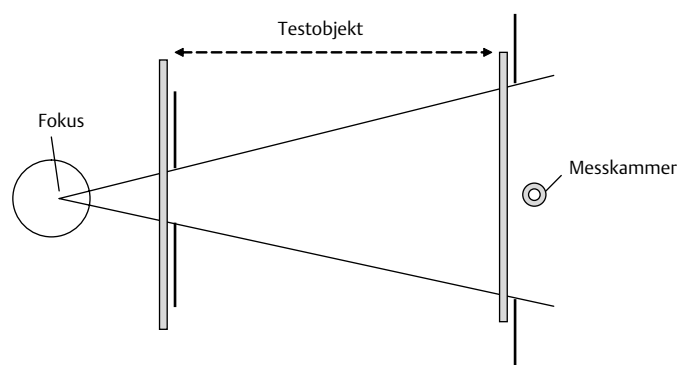


Abb. 5 Messung des Build-up-Faktors durch Verschieben der Probe bei fester Strahlengeometrie.

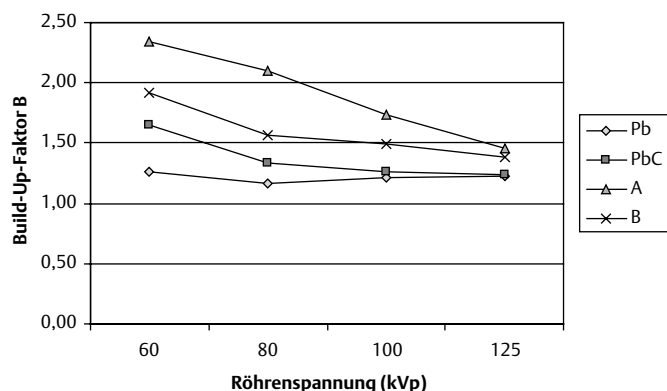


Abb. 6 Build-up-Faktoren der 4 überprüften Schürzen mit 0,25 mm Nenn-Bleigleichwert in Abhängigkeit von der Röhrenspannung, gemessen in der Anordnung nach Abb. 5.

Im Verhältnis zum transmittierten Anteil der Primärstrahlung wird der im Schutzmaterial generierte Beitrag der Fluoreszenzstrahlung mit abnehmender Energie offenbar immer höher. Dies erklärt die starke Abnahme der Schwächungsfaktoren bleifreier Materialien mit abnehmender Energie.

Hinweis: Die dargestellten Messergebnisse wurden inzwischen von einem weiteren Strahlenschutzlabor bestätigt [7].

Diskussion

Die messtechnische Bestimmung der Bleigleichwerte und Schwächungsfaktoren nach IEC 61331-1 an stichprobenartig aus dem Markt entnommenen beifreien bzw. teilweise bleifreien Schürzen ergab, dass die bleifreien Muster – bei dem identischen, auf dem Typenschild der Schutzschürzen angegebenen Bleigleichwert – überwiegend deutlich geringere Schwächungsfaktoren aufwiesen als die entsprechenden Bleischürzen. Dies gilt auch noch, wenn man die nach Norm (deutsche Fassung) zugelassene Herstellungstoleranz von – 10% für den Bleigleichwert annimmt. Die Herabsetzung der Schwächungswirkung basiert im Wesentlichen auf dem Dosisaufbau infolge Fluoreszenzstrahlung aus dem Material.

Besonders unter realistischen Prüfbedingungen mit Strahlenqualitäten, die denjenigen im Streustrahlenbereich seitlich des Patienten entsprechen, zeigen die überprüften bleifreien Materialien gegenüber Blei erhebliche Einschränkungen in der

Schwächungswirkung – vor allem im Spannungsbereich 60 bis 80 kV sowie bei Röhrenspannungen über 110 kV.

Für Blei-Composite-Materialien gilt diese Aussage in geringerem Maße. Diese Materialien haben – wenn es um die effektive Schutzwirkung geht – deshalb durchaus noch ihre Berechtigung.

Die Untersuchung hat deutlich gezeigt, dass die Grundlagen für die Zertifizierung und damit auch die Schutzmaterialien unter den neuen Beurteilungsaspekten verbesserungsbedürftig sind. Um die oben beschriebenen Sekundärstrahleneffekte zu erfassen, sollten künftig ausschließlich Schwächungsfaktoren nach IEC 61331-1 bzw. Schwächungsfaktoren, die unter den realistischen Streustrahlungsbedingungen gemessen wurden, als Grundlage für die Beurteilung der Schutzwirkung herangezogen werden. Dies gilt besonders für die Baumusterprüfung bei der Zertifizierung persönlicher Schutzausrüstung.

Die Angabe des Bleigleichwertes ist bei überwiegend bleifreien Stoffen keine geeignete Beurteilungsgröße. Sie kann für den Anwender irreführend sein.

Die derzeitige Situation für den Röntgenanwender ist insofern unbefriedigend, als es keine verlässliche Angabe zur tatsächlichen Schutzwirkung gibt. Letztlich entscheidet derzeit die Dosis auf dem Film dosimeter über die Brauchbarkeit von Schutzkleidung.

Der Anwender sollte zur Beurteilung der Schutzkleidung Gewicht und Schutzwirkung in praxisbezogener Form in Beziehung setzen können. Im Bedienungshandbuch sollten die auf einer einheitlichen und damit vergleichbaren Messmethodik beruhenden Schwächungsfaktoren enthalten sein, und zwar zum einen für Primärstrahlung und zum anderen für Streustrahlung. Als Bezugswerte sollten jeweils die normativ festgelegten Schwächungsfaktoren für Blei herangezogen werden.

Bezüglich der bereits zertifizierten und am Markt bzw. beim Verbraucher befindlichen bleifreien Schutzschürzen schlagen wir vor, die Baumusterprüfung unter Anwendung der Schwächungsfaktoren zu wiederholen und dann neu über die Zulassung zu entscheiden.

Literatur

- Eder H. Bleifreie Strahlenschutzkleidung – Vorankündigung einer Marktstudie des Bayerischen Landesamtes für Arbeitsschutz, Arbeitsmedizin und Sicherheitstechnik. Radiologie Assistent 2004; 2: 16
- Hubbert TE, Vucich JJ, Armstrong MR. Lightweight Aprons for protection Against Scattered Radiation During Fluoroscopy. AJR 1993; 161: 1079–1081
- Richtlinie 89/686/EWG des Rates über Mindestvorschriften für Sicherheit und Gesundheitsschutz bei Benutzung persönlicher Schutzausrüstungen durch Arbeitnehmer bei der Arbeit mit Anhängen I bis IV vom 21. Dezember 1989, ABl EG Nr. L 399: 18
- IEC 61331 – 1 (1994 – 10). Protective devices against diagnostic medical X-radiation. Part 1: Determination of attenuation properties of materials
- DIN EN 61331 – 3 (2002 – 5). Strahlenschutz in der medizinischen Diagnostik. Teil 3: Schutzkleidung und Gonadenschutz
- Fehrenbacher G, Panzer W, Tesfu K. Spectra of diagnostic X-rays scattered by a water-phantom. GSF-Bericht 9/96
- Nagel HD. Philips Medizin Systeme GmbH. Mitteilung vom 26.10.04