

STRAHLENSCHUTZHANDSCHUHE FÜR BILDGEFÜHRTE MEDIZINISCHE VERFAHREN

Warum werden diese Handschuhe
nicht routinemäßig getragen?

Trevor Cleveland FRCS

Beratender Vaskulär-/Interventionsradiologe,
Sheffield Vascular Institute, Sheffield Teaching Hospitals NHS FT, Northern General Hospital, Großbritannien



EINLEITUNG

In früheren Zeiten waren alle Röntgenstationen mit großen, sperrigen Bleihandschuhen ausgerüstet, die beim manuellen Anlegen von Kompressen und bei Verfahren, wie intravenösen Urogrammen, getragen wurden.

Diese Handschuhe waren sehr dick, schwer und dienten ausschließlich dem Schutz des Mediziners, wenn dieser seine Hand direkt in oder in unmittelbare Nähe des primären Röntgenstrahls bewegen musste. Mangelnde Fingerbeweglichkeit machte feinmotorische Bewegungsabläufe oder die Handhabung von kleinen Geräten und Kathetern unmöglich.

Mittlerweile haben Fortschritte in der Bildgebungstechnologie zu einer Entwicklung von modernen Geräten und damit größeren Bandbreite von Verfahren geführt. Beispiele sind die Bildgebung des Vaskulärsystems, der Nieren, Knochen und anderer Körperelemente durch den Einsatz der Fluoroskopie und Computertomografie (CT).

Unter modernen Bedingungen gibt es mittlerweile für Mediziner so gut wie keinen Grund mehr, ihre Hände und Finger in den primären Röntgenstrahl bewegen zu müssen. Trotzdem können sie durch die Körpergröße eines Patienten, medizinische Instrumente mit kurzen Griffen und unvorhergesehene Situationen dazu gezwungen sein, ihre Hände in die direkte Nähe des primären Röntgenstrahls zu bringen.

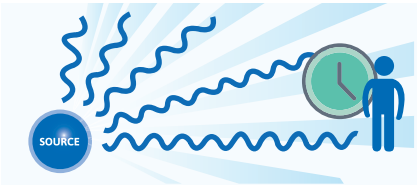
Für die Abschirmung der Hände vor einer gefährlichen kumulativen Streustrahlenexposition, die Haut- oder Lungenkrebs, Unfruchtbarkeit und Katarakte auslösen kann, muss ein Strahlenschutzhandschuh getragen werden.

WUSSTEN SIE:

Primärstrahlung wird direkt von der Strahlenquelle (Röntgenröhre) ausgestrahlt. Streustrahlung ist eine sekundäre ionisierende Strahlung, die sich vom primären Röntgenstrahl in alle Richtungen ausbreitet, sobald dieser durch eine Substanz, beispielsweise Körpergewebe, unterbrochen wird.

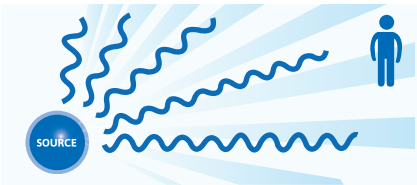
DIE PRINZIPIEN DES STRAHLENSCHUTZES

Im Mittelpunkt vieler Strahlenschutzprogramme steht die Praxis, die Strahlenexposition so *niedrig wie vernünftigerweise erreichbar* zu halten. Die Abkürzung ALARA steht für As Low As Reasonably Achievable. Das Personal muss für die Umsetzung des ALARA-Prinzips drei grundlegende Schutzmaßnahmen anwenden.



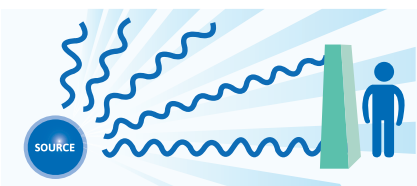
ZEITDAUER

Mit der Kürze der Zeit, die Sie sich in einem Strahlenbereich aufhalten, sinkt die Höhe der Dosis. Wenden Sie Strahlung ausschließlich im Bedarfsfall und für den kürzestmöglichen Zeitraum an, der für das klinische Ergebnis erforderlich ist.



ABSTAND

Maximieren Sie den Abstand zwischen Ihnen und der Strahlenquelle. Da sich eine Streustrahlenexposition umgekehrt proportional zum Abstand verhält, wird diese sinken, je weiter Sie sich von der Strahlenquelle entfernen.



ABSCHIRMUNG

Positionieren Sie zwischen sich und der Quelle einen Strahlenschutz. Dieser kann aus einer persönlichen Schutzausrüstung (PSA), einer im Raum installierten Abschirmung oder einem abgeschirmten Kontrollraum bestehen.

DAS ALARA-PRINZIP REDUZIERT DIE GEFAHR EINER BERUFSBEDINGTEN STREUSTRAHLENEXPOSITION

Schulung ist der Schlüssel zum Strahlenschutz.

Jede Person, die den medizinischen Einsatz von Röntgenstrahlen leiten kann, erhält im Rahmen ihres beruflichen Weiterbildungsprogramms eine Schulung im Strahlenschutz. Wenn sie eine spezifische Position übernimmt, vermittelt man ihr außerdem lokale Vorschriften und Richtlinien des Strahlenschutzes.¹ Sie übernimmt für sich und alle anderen Personen im Röntgenraum eindeutig die Verantwortung dafür, die Strahlenexposition so niedrig wie vernünftigerweise erreichbar zu halten.

Die Internationale Strahlenschutzkommission (ICRP) ist die führende internationale Institution im Bereich des Schutzes vor ionisierender Strahlung. Ein Aspekt ihres Aufgabenbereichs ist die Empfehlung von Dosisgrenzwerten für beruflich exponierte Personen und die Allgemeinbevölkerung.

Die aktuellen Empfehlungen werden in Millisievert (mSv) gemessen (siehe Tabelle 1). Diese Empfehlungen wurden weltweit umfassend in Vorschriften und Richtlinien für die medizinische Anwendung von ionisierender Strahlung übernommen. Die Dosis repräsentiert Höchstgrenzwerte, unterhalb denen das ALARA-Prinzip weiterhin angewendet werden sollte.

Tabelle 1: Empfohlene Dosisgrenzwerte der ICRP ²

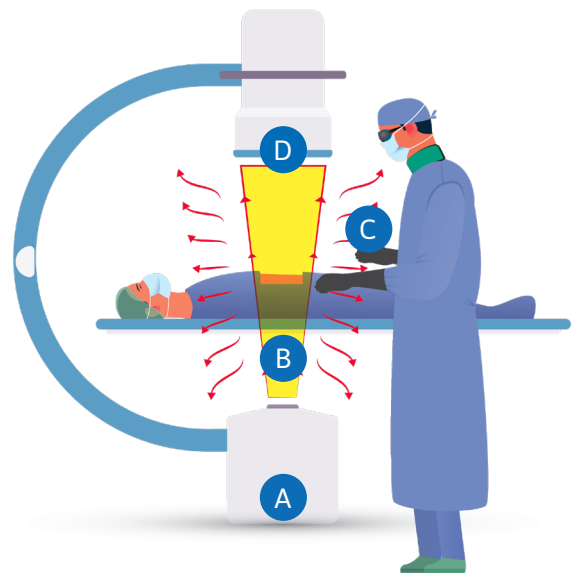
Art des Grenzwerts	Beruflich	Allgemeinbevölkerung
Effektive Dosis	20 mSv pro Jahr, gemittelt über einen festgelegten Zeitraum von 5 Jahren mit einem Höchstwert von 50 mSv in jedem dieser Jahre.	1 mSv in einem Jahr

Jährliche Äquivalentdosis für:

Art des Grenzwerts		Beruflich	Allgemeinbevölkerung
	Pupillen	20 mSv	15 mSv
	Haut	500 mSv	50 mSv
	Hände und Füße	500 mSv	-

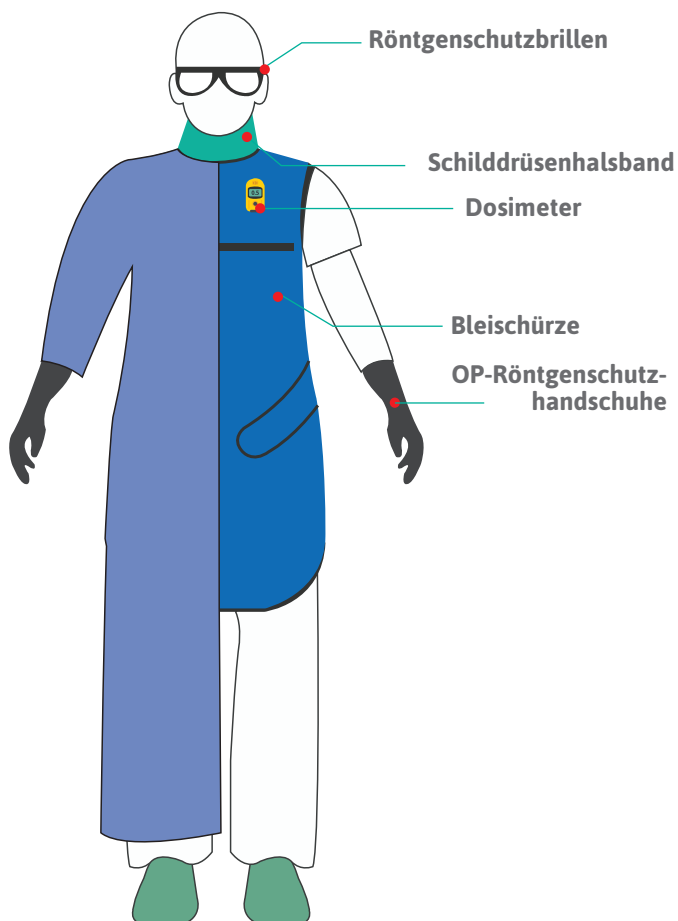
^{*} Die internationale Maßeinheit der Effektiv- und Äquivalentdosis ist Sievert (Sv). Da ein (1) Sievert eine massive Dosis darstellt, werden Messungen in Millisievert (mSv = 1 Tausendstel Sievert) dargestellt.

Behandlungsräume mit einem fest installierten Röntgensystem und C-Armen sind zum Schutz des Personals standardmäßig mit Strahlenschutzvorrichtungen ausgestattet, wie Untertisch- und Deckenblenden aus Blei. Mobile C-Arme, die mit einer niedrigeren Strahlenleistung arbeiten, sowie nicht fest installierte Röntgensysteme, sind für Mediziner allerdings weiterhin Quellen einer Streustrahlenexposition.



C-Arme intensivieren die Bildscans und verbinden die Röntgenstrahlquelle mit dem Röntgendetektor.

- A Röntgenröhre:** Die Strahlenquelle, emittiert die in den Patientenkörper eindringenden Strahlen.
- B Primärstrahl:** Der von der Röntgenröhre emittierte Strahl.
- C Streustrahlenfeld:** Sekundäre ionisierende Strahlung, die sich in alle Richtungen ausbreitet, wenn der Röntgenstrahl von einem Objekt, die dem Patientenkörper, unterbrochen wird.
- D Röntgendetektor:** Erfasst den Röntgenstrahl und wandelt diesen in ein auf dem Monitor angezeigtes Bild um.



Falls keine schützenden Abschirmungen installiert sind, verwenden Röntgenabteilungen, OP-Säle und Herzkatheterstationen eine Bleiabschirmung in Form einer persönlichen Schutzausrüstung, wie Bleihandschuhe oder Schilddrüsen-/Nackenhalsbänder. Diese gelten als Standardausrüstung für den Strahlenschutz der verwundbarsten Organe von exponiertem Personal; in einigen Berufen wächst das Bewusstsein für die Einbeziehung eines Augenschutzes.

Strahlenschutzhandschuhe werden jedoch nicht bewusst in die allgemeine PSA einbezogen. Gründe dafür sind eventuell ein mangelndes Bewusstsein für die Risiken einer Streustrahlung, eine fehlende Beratung oder eine Nichtverfügbarkeit.

IST DIE STRAHLENDOSIS FÜR HÄNDE RELEVANT?



Die Dosis einer Strahlenexposition der Hände war bereits in der Vergangenheit ein von Schueler besprochener Problembereich.³ Früher identifizierte hohe Dosierungen und Hautverletzungen von Medizinern^{4,5} wurden üblicherweise mit der berufsbedingten häufigen Bewegung der Hände in den Primärstrahl in Verbindung gebracht.

Mit einem wachsenden Bewusstsein und der Optimierung der medizinischen Praxis in Bezug auf die Positionierung der Hände und Strahlenquelle (gemäß dem Kernprinzip „Zeitdauer“ und „Abstand“) hat sich die Dosis der Primärstrahlenexposition der Hände reduziert. Durch eine ergänzende moderne Bildgebungstechnologie müssen die Finger oder Hände von Medizinern nur noch selten oder nie in den Primärstrahl bewegt werden.

Aufgrund des nicht routinemäßigen Einsatzes von OP-Robotern, die dem Großteil der Mediziner nicht zur Verfügung stehen, sind Hände auch weiterhin einer Strahlenexposition ausgesetzt. Diese besteht fast vollständig aus Streustrahlen (normalerweise innerhalb des unteren Energiebereichs von rund 40 kVp oder Kilowattspitze).

Hoffler und Ilyas⁶ haben ermittelt, dass die Exposition der Hand erheblich höher als die der meisten Körperbereiche ist. Im Versuch mit einem sitzenden anthropomorphen Chirurgenmodell, das eine auf Fluoroskopie basierende Reparatur einer distalen Radiusfraktur durchführte, ergaben die Messungen **eine 13-fache höhere ungeschützte Streustrahlenexposition der Hände als die der Augen, Schilddrüse, Brust und Lendengegend zusammen.**

Mit PSA (Röntgenschutzbrille, Schilddrüsenhalsband und Bleischürze) reduzierte sich die Exposition der Augen um rund 66 % und die der anderen Körperregionen um 25 % bis 35 %. Obwohl Pupillen und Schilddrüse wesentlich empfindlicher gegen Röntgenstrahlen sind als Hände, befinden sich diese jedoch der Strahlung am nächsten und sind dadurch einer erheblich höheren Belastung ausgesetzt.

In dieser Studie **reduzierten Strahlenschutzhandschuhe die Dosis der Hautexposition um rund 70 %**. Im Vergleich dazu senkten handelsübliche OP-Handschuhe eine Streustrahlung um 1 %.⁵

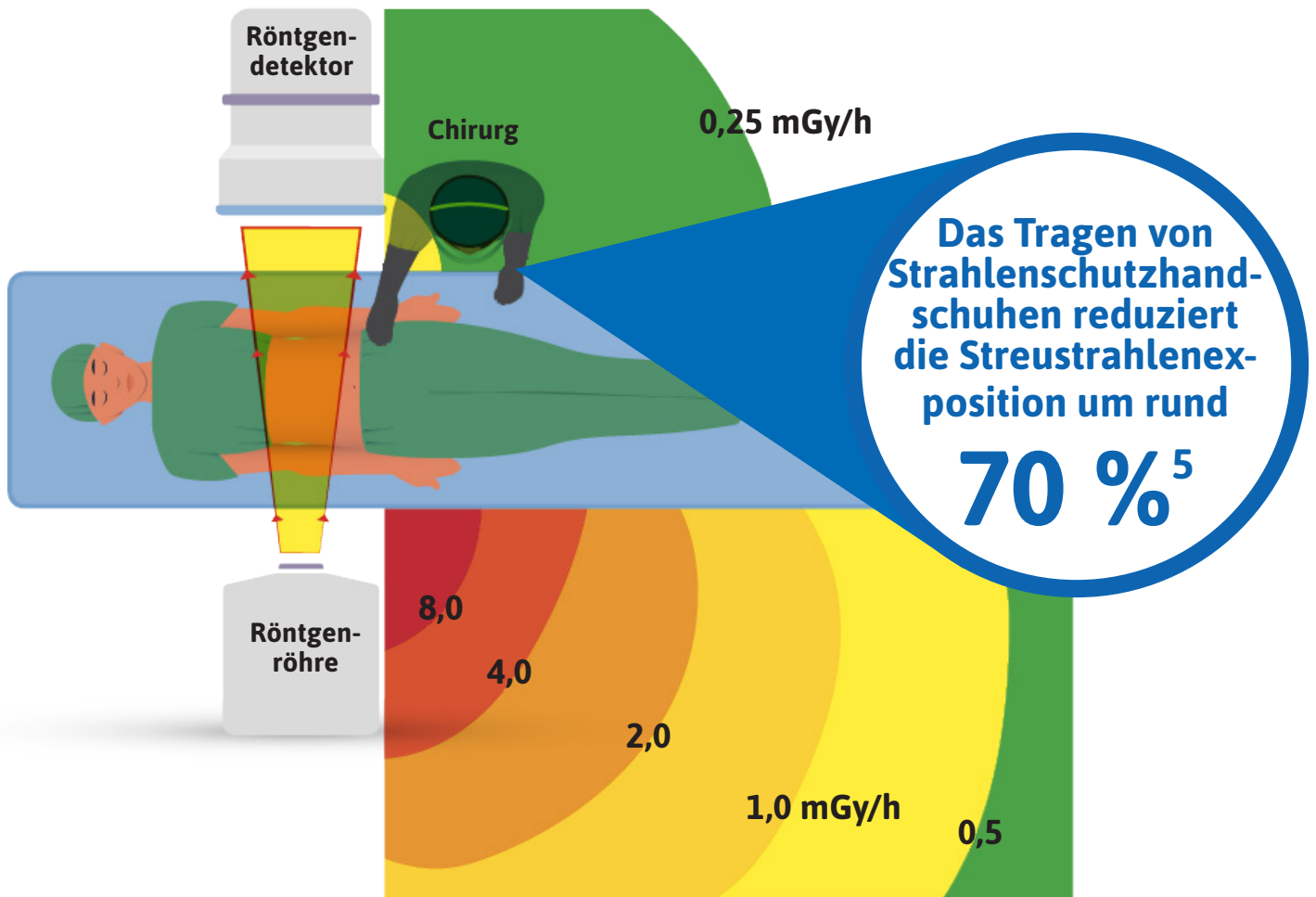
Tabelle 2: Strahlenexposition für exponierte und geschützte Körperregionen⁶

Körperbereich	Mittelwert (Standardabweichung) (μSv/Min.)*			
	Exponiert	Geschützt	p-Wert	% der Reduzierung (ca.)
Auge	4,1 (4,3)	0,8 (1,1)	0,12	66 %
Schilddrüse	1,6 (0,8)	1,2 (0,3)	0,18	25 %
Brust	2,0 (1,7)	1,3 (0,0)	0,18	35 %
Lendenregion	1,9 (2,1)	1,3 (0,0)	0,27	32 %
Hände	31,0 (9,2)	9,1 (2,7)	0,0001**	70 %

* μSv/Min. steht für Mikrosievert pro Minute

** Eine erhebliche Differenz

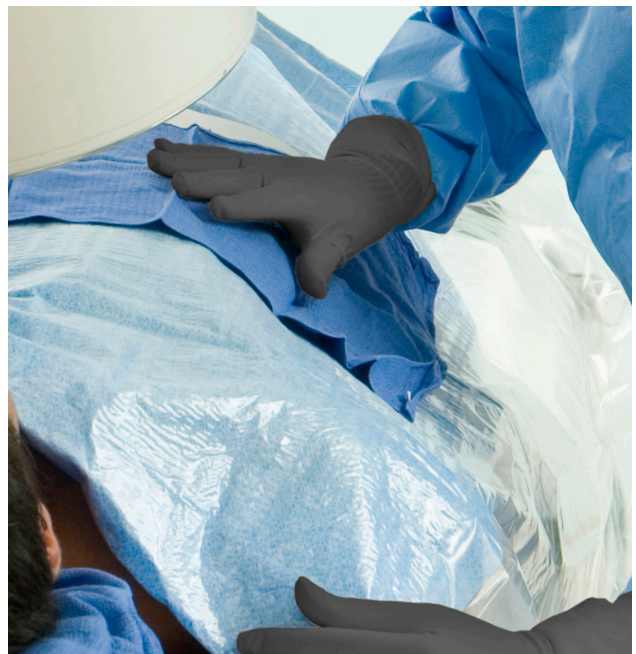
ABSCHIRMMATERIALIEN UNTERSTÜTZEN DIE REDUZIERUNG EINER STREUSTRAHLENEXPOSITION



Für die Abschirmung von ionisierender Strahlung gibt es zahlreiche Materialien, wie beispielsweise Strahlenschutzhandschuhe.

Wird ein Abschirmungsmaterial zwischen der Strahlenquelle und dem Empfänger (z.B. Mediziner) positioniert, dämpft dieses die Strahlung. Strahlenschutz beschreibt die Gesamtreduzierung der Strahlung für den Empfänger durch alle Mechanismen in Relation zu einer fehlenden Abschirmung. **Daher der Begriff „Strahlenschutzhandschuh“.**

Das ALARA-Prinzip ist die einfachste und praktischste Methode für die Einbeziehung aller Aspekte des Strahlenschutzes. Es berücksichtigt alle Körperregionen, einschließlich der Hände.





WAS SOLLTEN WIR TUN, UM UNSERE HÄNDE VOR STREUSTRALUNG ZU SCHÜTZEN?

Eine Empfehlung für den Einsatz von Strahlenschutzhandschuhen fehlt, obwohl Hände die am nächsten zum Primärstrahl positionierten Körperteile und einer Streustrahlung ausgesetzt sind.

Beispiel: Die Websites der British Society of Interventional Radiologists (www.BSIR.org) und der Europäischen Gesellschaft für kardiovaskuläre und interventionelle Radiologie (www.CIRSE.org) enthalten so gut wie keine Informationen über das Tragen von Strahlenschutzhandschuhen.

Die ICRP empfiehlt für Hände und Füße 500 mSv als jährlichen Grenzwert einer Äquivalenzdosis. Dieser Dosisgrenzwert ist umfassend angegeben und wurde von einigen Behörden und Institutionen direkt übernommen. Dazu zählen die Australian Radiation Protection and Nuclear Safety Agency (ARPANSA), die UK Health and Safety Executive (HSE), Health Canada und, mit einigen Abänderungen, der US-amerikanische National Council on Radiation Protection and Measurements (NCRP). Die spezifischen Anforderungen könne je nach lokalen Gerichtsbarkeiten unterschiedlich sein. Das alles gilt jedoch vor dem Hintergrund des ALARA-Prinzips, mit dem die niedrigste erreichbare Dosis angestrebt werden sollte.

Die Internationale Strahlenschutzkommission (ICRP) legt für Hände und Füße den berufsbezogenen Dosisgrenzwert auf 500 mSv als Grenzwert der jährlichen Äquivalentdosis fest.²



WIE SCHÜTZEN MENSCHEN ALLGEMEIN IHRE HÄNDE?

Interventionsradiologen, Kardiologen und Chirurgen tragen mehrheitlich weder Strahlenschutzhandschuhe noch versuchen sie, eine andere Schutzbarriere gegen eine Strahlenexposition zu nutzen.

83 %
der Gefäßchirurgen
tragen selten oder
nie Strahlenschutz-
handschuhe.⁷

Eine Studie von Lipsitz et al.⁷ weist nach, dass 83 % der Gefäßchirurgen bei der Durchführung einer endovaskulären Aneurysma-Reparatur nur selten oder nie Strahlenschutzhandschuhe tragen. Man hätte annehmen können, dass diese primär in Strahlungseigenschaften geschulten Praktizierenden (z.B. Interventionsradiologen) vorausschauender bei der Reduzierung ihrer Strahlenexposition handeln würden, aber ein Nachweis, der das Gegenteil feststellt, fehlt.

Abhängig vom Fachgebiet oder der Installationsposition des C-Arms der Röntgenröhre ist die Dosis der Streustrahlenexposition der Hand, die dem Patienten und Primärstrahl am nächsten ist, häufig höher als die Exposition der Brust, Schilddrüse und Augen zusammen.⁶ Eine sichere Positionierung des Körpers ist häufig ein Bestandteil der Schulung, das gilt aber nicht immer für den Schutz der Hände mit Strahlenschutzhandschuhen.

Obwohl moderne Strahlenschutzhandschuhe wesentlich weicher als die früheren Bleihandschuhe sind, gibt es immer noch Mediziner, die glauben, diese Handschuhe seien steif, unbequem und leistungsmindernd.

Obwohl der berufsbezogene Dosisgrenzwert für Hände der ICRP von 500 mSv relativ hoch ist, muss zusätzlich der Handschutz vor einer Streustrahlenexposition im Zusammenhang mit dem ALARA-Prinzip berücksichtigt werden, da die **langfristige Belastung von Körperregionen eventuell einen kumulativen und verzögernden Effekt hat.**

GIBT ES EINEN PRAKTISCHEN HANDSCHUTZ?

Blei war traditionell das primäre Abschirmungsmaterial, das in Schutzkleidung für Interventionsradiologen verwendet wurde. Die Ergebnisse waren eine schwere und häufig hinderliche Bekleidung, die deren eigene körperliche Gesundheit und Sicherheit gefährdete, sowie eine problematische Entsorgung als gefährliche Materialien.

Die Verwendung von geeigneten bleifreien Materialien kann zu einer erheblichen Reduzierung des Gewichts und der Unförmigkeit von Schutzkleidung führen. Einige könnten tatsächlich einen größeren Schutz vor den Energien von Röntgenphotonen bieten.⁸ Zusatzlagen, wie zwei Lagen aus Abschirmungsmaterial, gemeinsam geschichtet mit der Lower-Z-Index-Lage (*Ordnungszahlen zum Schutz vor ionisierender Strahlung*), die näher an der Strahlenquelle positioniert werden, können die Dämpfung pro Einheitsgewicht erheblich reduzieren.⁹

Handelsübliche blei-, wolfram- oder bismutoxidhaltige Handschuhe liefern eine erheblich niedrigere bleiäquivalente Abschirmung als Bleischürzen und Ähnliches. Der Grund dafür ist ein Kompromiss bei der Dicke, damit sie dehnbar, leicht und faltbar genug für eine ausreichende Bewegungsfreiheit sind, die für die Leistung und den Komfort eines Mediziners unverzichtbar ist.

Im Gegensatz zu Blei sind Wolfram und Bismutoxid nicht als signifikant umweltgefährdend bekannt; außerdem sind sie bei einem Einatmen oder Verschlucken ungiftig.

Ein neuer Ansatz des Strahlenschutzes für die Hände ist die Entwicklung von bismutoxidhaltigen Cremes,¹⁰ die auf bloße oder behandschuhte Hände aufgetragen werden können. Diese Creme trocknet schnell und ihre Wirkung kann durch das zusätzliche Tragen eines Handschuhs unterstützt werden.

Es gibt Handschuhe, die eine Expositionsdosis der Haut um bis zu 69,1 % (Strahlenenergieleistung von 60 kVp) senken können,¹¹ wenn diese regelmäßig und richtig getragen werden.

Einige Mediziner halten Strahlenschutzhandschuhe für manche Verfahren oder Instrumente eventuell für unpraktisch, aber das ALARA-Prinzip legt nahe, dass deren Verwendung als Schutzschild, wann immer praktikabel, in Erwägung gezogen (und verfügbar gemacht) werden sollten.



FAZIT

Dieses Informationsblatt beabsichtigt die Vermittlung eines umfassenderen Einblicks in die Notwendigkeit eines informierteren Verständnisses des Handschutzes sowie eines langfristigen Ansatzes für die Minimierung potenzieller Risiken durch die kumulative Wirkung einer Streustrahlenexposition.

Eine erhöhte Bewusstmachung durch Schulungen und die Verfügbarkeit von Schutzausrüstung, die Strahlenschutzhandschuhe einschließt, wird die persönliche Sicherheit des Personals bei bildgeführten Interventionsverfahren weiter verbessern.

QUELENNACHWEISE

1. „Guidance to the Ionising Radiation (Medical Exposure) Regulations 2017“, The Department of Health and Social Care, 2018. https://assets.publishing.service.gov.uk/government/uploads/system/uploads/attachment_data/file/720282/guidance-to-the-ionising-radiation-medical-exposure-regulations-2017.pdf. Zugriff am 15. Juni 2022
2. ICRP Annal 103: „The 2007 Recommendations of the International Commission on Radiological Protection“, Internationale Strahlenschutzkommission, 2007. <https://www.icrp.org/publication.asp?id=ICRP%20Publication%20103>. Zugriff am 15. Juni 2022
3. Schueler B.A., „Operator Shielding: How and Why“, *Tech Vasc Interv Radiol.* 2010;13(3):167-171.
4. Stavas et al., „Radiation Hand Exposure during Restoration of Flow to the Thrombosed Dialysis Access Graft“, *J Vasc Interv Radiol.* 2006;17:1611-1617.
5. Wagner L.K. und Mulhern O.R., „Radiation-attenuating surgical gloves: Effects of Scatter and Secondary Electron Production“, *Radiology*, Online-Veröffentlichung 1996:45-48.
6. Hoffler E., Ilyas A., „Fluoroscopic Radiation Exposure: Are we Protecting Ourselves Adequately?“, *J. Bone Jt Surgery.* 97(9):721-725.
7. Lipsitz E., Veith F., Ohki T. et al., „Does the endovascular repair of aortoiliac aneurysms pose a radiation safety hazard to vascular surgeons?“ *J Vasc Surg.* 2000;32(4):704-710.
8. McCaffrey J.P., Shen H., Downton B., Mainegra-Hing E., „Radiation attenuation by lead and nonlead materials used in radiation shielding garments“, *Med Phys.* 2007;34(2):530-537.
9. McCaffrey J.P., Tessier F., Shen H., „Radiation shielding materials and radiation scatter effects for interventional radiology (IR) physicians“, *Med Phys.* 2012;39(7Part1):4537-4546.
10. Saffari M., Amini S.M., Rashidi M., „Novel Semisolid Design Based on Bismuth Oxide (Bi₂O₃) nanoparticles for radiation protection“, *Nanomedicine Res J.* 2017;2.
11. Strahlenschutzhandschuh GAMMEX PI Attenuation (Produktdatenblatt), Online-Veröffentlichung 2021. <https://www.ansell.com/gb/en/products/gammex-pi-radiation-attenuation>. Zugriff am 15. Juni 2022



Testmuster bestellen unter [ansell.com](https://www.ansell.com)

Weitere Informationen über Strahlenschutz: [ansell.com/AnsellCARES](https://www.ansell.com/AnsellCARES)

Nordamerika

USA Tel.: 800 952 9916

KA Tel.: 1-844-494-7854

E-Mail: insidesalesus@ansell.com

Lateinamerika und Karibik

Tel.: +52 (442) 296 20 50

E-Mail: cslac@ansell.com

Brasilien

Tel.: 0800 942 0440

E-Mail: luvas.medicas@ansell.com

Australien und Neuseeland

Tel.: 61 3 9270 7270

E-Mail: protection@ap.ansell.com

Asien und Pazifik

Tel.: +603 8310 6688

E-Mail: apac.medical@ansell.com

Europa, Naher Osten und Afrika

Tel.: +32 (0)2 528 74 00

E-Mail: info@ansell.eu

