

DE

# Strahlenexposition der Augenlinse



MAVIG

# Inhaltsübersicht

## Strahlenexposition der Augenlinse

<b>Einleitung</b>	<b>3</b>
<b>Dosisgrenzwerte</b>	<b>4 - 5</b>
<b>Schwellenwerte</b>	<b>6 - 7</b>
<b>Überwachung der Augenlinsendosis</b>	<b>8 - 9</b>
<b>Strahlenschutzmaßnahmen</b>	<b>10 - 13</b>
<b>Literatur- / Quellenverzeichnis</b>	<b>14 - 15</b>

## Einleitung

Mit dieser Informationsbroschüre möchte MAVIG Ihnen einen Überblick über den Themenbereich rund um die Strahlenexposition der Augenlinse nach aktuellem Stand (September 2023) geben.

Sie erhalten hierbei **Informationen** zu ...

▶ **den Dosisgrenzwerten für die Augenlinse gemäß deutscher Gesetzgebung und EU-Recht,**

▶ **der Strahlenwirkung,**

sowie eine **Orientierung** ...

▶ **zur Anwendung des Schwellenwertmodells,**

und **erfahren** ...

▶ **die Fakten zu der messtechnischen Überwachung der Augenlinsendosis**

▶ **welche Möglichkeiten für eine wirksame Reduzierung der Strahlenexposition der Augenlinse bestehen.**

**HINWEIS:** Die Informationen in diesem Flyer basieren auf deutscher Gesetzgebung sowie EU-Richtlinien. Sonstige internationale Gesetze und Regelungen können abweichen.

## Wer wir sind.

Die MAVIG GmbH ist als unabhängiges, forschendes und produzierendes Unternehmen seit über 100 Jahren weltweit erfolgreich tätig.

MAVIG Produkte stehen für Qualität und Zuverlässigkeit, gefertigt in Deutschland. Die Produktpalette umfasst anlagenbezogenen sowie baulichen Strahlenschutz, persönliche Schutzausrüstung und deckengeführte Geräteträgersysteme.

Alle MAVIG-Produkte werden unter strikter Beachtung der geltenden Gesetze, Vorschriften und Normen konstruiert und gefertigt - teilweise sogar mit höheren Anforderungen als vorgegeben.

Unser Produktportfolio deckt alle technischen Strahlenschutzmaßnahmen (anwenderbezogene sowie geräte- und bauseitige Schutzeinrichtungen) zur Optimierung der Streustrahlenexposition für den Untersuchenden und den Patienten ab. Sie erhalten alles aus einer Hand und die Produkte sind optimal auf die Applikation und aufeinander abgestimmt.

**Grenzwerte der Organ-Äquivalentdosis für die Augenlinse beruflich strahlenexponierter Personen**

Grenzwerte pro Kalenderjahr für beruflich strahlenexponierte Personen



**20 mSv**

ICRP „Statement on Tissue Reactions“ vom 21. April 2011



**20 mSv**

EU-Richtlinie 2013/59/EURATOM vom 05. Dezember 2013



**20 mSv**

Strahlenschutzgesetz (StrSchG) vom 27. Juni 2017  
in Kraft seit dem 31. Dezember 2018

Abb. 1: Grenzwerte der Organ-Äquivalentdosis für die Augenlinse

**Grenzwerte für beruflich strahlenexponierte Personen gemäß Strahlenschutzgesetz (StrSchG), in Kraft ab 31.12.2018**

Grenzwerte für beruflich strahlenexponierte Personen ab 18 Jahren

**Effektive Dosis** **20 mSv**

**Organ-Äquivalentdosis** **20 mSv**  
für die Augenlinse

**Organ-Äquivalentdosis** **500 mSv**  
für die Haut

**Organ-Äquivalentdosis** **500 mSv**  
für die Hände, Unterarme, Füße und Knöchel

Abb. 2: Weitere Grenzwerte gemäß Strahlenschutzgesetz

**HINWEIS:** Die Informationen in diesem Flyer basieren auf deutscher Gesetzgebung sowie EU-Richtlinien. Sonstige internationale Gesetze und Regelungen können abweichen.

- ▶ **Dosisgrenzwerte stellen keine eindeutige Trennlinie zwischen einer „risikolosen“ und „risikobehafteten“ Strahlenexposition dar.** <sup>6</sup>
- ▶ **Ein Einhalten der Grenzwerte bedeutet somit nicht, dass ein gesundheitliches Risiko gänzlich ausgeschlossen ist.** <sup>6</sup>
- ▶ **Daher muss gemäß Strahlenschutzgesetz jede Strahlenexposition auch unterhalb der festgelegten Grenzwerte so gering wie möglich gehalten werden (Prinzip der Optimierung).** <sup>7</sup>

## Dosisgrenzwerte

Die Augenlinse gilt als besonders strahlensensibles Organ<sup>1</sup>. Als Folge der Strahlenexposition kann es zu einer Eintrübung der Augenlinse kommen. Dies führt zu einer Verminderung des Sehvermögens bis hin zur Erblindung. Radiogene Linsentrübungen werden als strahleninduzierte Katarakte bezeichnet. Vorrangig treten posteriore subkapsuläre Katarakte auf, jedoch sind ebenfalls kortikale Veränderungen bis hin zu einer totalen Trübung der Linse bekannt. Die Folge hiervon ist die operative Entfernung der getrübbten Linse und der Einsatz einer künstlichen Linse.

Nationale und internationale Strahlenschutzgremien haben der hohen Strahlenempfindlichkeit der Augenlinse Rechnung getragen und Grenzwerte der Organdosis für die berufliche Strahlenexposition der Augenlinse festgelegt. Über die Jahrzehnte hinweg wurden diese sukzessive in Anpassung auf den jeweils aktuellen Stand der Forschungslage zur hohen Strahlensensibilität der Augenlinse gesenkt.

In Europa werden die Grenzwerte für die berufliche Strahlenexposition durch das Euratom-Gremium erstellt und durch die europäischen Organe verabschiedet. Die Mitgliedsstaaten der europäischen Union überführen die Grenzwerte dann wiederum in nationales Recht.

Grenzwerte sind somit gesetzlich festgelegte Höchstwerte, die nicht überschritten werden dürfen. Als wissenschaftliche Grundlage im Bereich des Strahlenschutzes dienen den Gremien dabei die Empfehlungen der ICRP (International Commission on Radiation Protection). Diese internationale Organisation hat die Aufgabe, den wissenschaftlichen Kenntnisstand über die Wirkung ionisierender Strahlung zusammenfassend darzustellen und wesentliche Grundsätze zu Strahlenschutzthemen zu veröffentlichen.

Die ICRP hat bereits im April 2011 die Empfehlung<sup>2</sup> ausgesprochen, für beruflich strahlenexponierte Personen den bisherigen Dosisgrenzwert von 150 mSv (Millisievert) pro Jahr auf 20 mSv pro Jahr zu senken. Diese Empfehlung erfolgte aufgrund aktualisierter Forschungsergebnisse und epidemiologischer Studien, welche nahelegen, dass die Strahlensensibilität der Augenlinse weit höher ist als bisher angenommen.

Auf Grundlage dieser Empfehlung erarbeitete die Euratom-Arbeitsgruppe eine EU-Richtlinie 2013/59/Euratom zur Festlegung grundlegender Sicherheitsnormen für den Schutz vor den Gefahren einer Exposition gegenüber ionisierender Strahlung im Dezember 2013 in Kraft trat. Die Empfehlung der ICRP wurde umgesetzt und als neuer Grenzwert der Organ-Äquivalentdosis für die Augenlinse 20 mSv pro Jahr<sup>3, 4, Anm. 1, Anm. 2</sup> festgelegt.

Die nationale Umsetzung der EU-Richtlinie 2013/59/Euratom in Deutschland erfolgte mit dem Strahlenschutzgesetz zum 31.12.2018. Somit gilt nun gesetzlich bindend ein Grenzwert für die Augenlinse beruflich strahlenexponierter Personen von 20 mSv im Kalenderjahr<sup>5, Anm. 3</sup>.

Anm. 1: Richtlinie 2013/59/Euratom zur Festlegung grundlegender Sicherheitsnormen für den Schutz vor den Gefahren einer Exposition gegenüber ionisierender Strahlung vom 5. Dezember 2013 (ABl. L 13/1), Artikel 9: „Der Grenzwert der Organ-Äquivalentdosis für die Augenlinse beträgt 20 mSv in einem einzelnen Jahr oder 100 mSv in einem Fünfjahreszeitraum, wobei der Dosiswert für ein einzelnes Jahr 50 mSv nicht überschreiten darf, entsprechend der Vorgabe in den nationalen Rechtsvorschriften.“

Anm. 2: Die EU-Richtlinie 2013/59/Euratom benennt ergänzend in Artikel 11 für Auszubildende und Studierende zwischen 16 und 18 Jahren als Grenzwerte der Organ-Äquivalentdosis für die Augenlinse 15 mSv im Jahr.

Anm. 3: Das Strahlenschutzgesetz (StrSchG) vom 27. Juni 2017 bestimmt hierzu im Weiteren, dass die zuständige Behörde im Einzelfall für ein einzelnes Jahr eine Organ-Äquivalentdosis von 50 mSv zulassen kann, wobei in fünf aufeinander folgenden Jahren insgesamt 100 mSv nicht überschritten werden dürfen. Für beruflich exponierte Personen unter 18 Jahren beträgt der Grenzwert der Organ-Äquivalentdosis für die Augenlinse 15 mSv im Kalenderjahr.

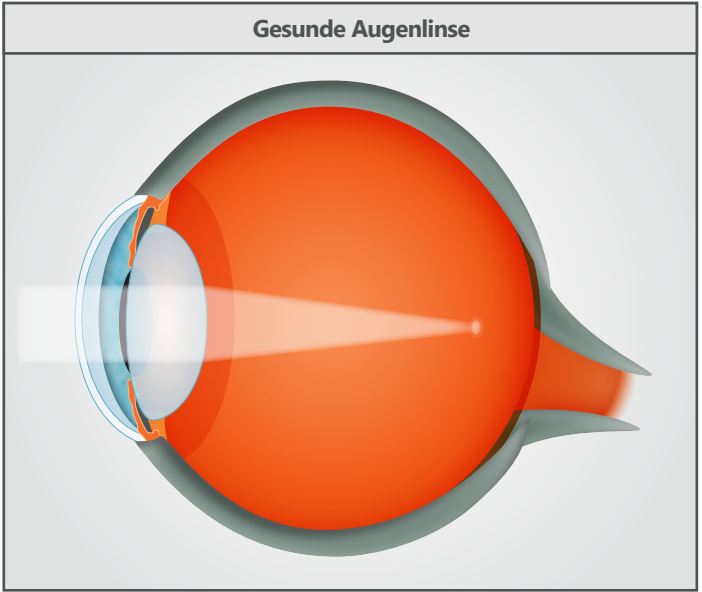


Abb. 3a: Gesunde Augenlinse

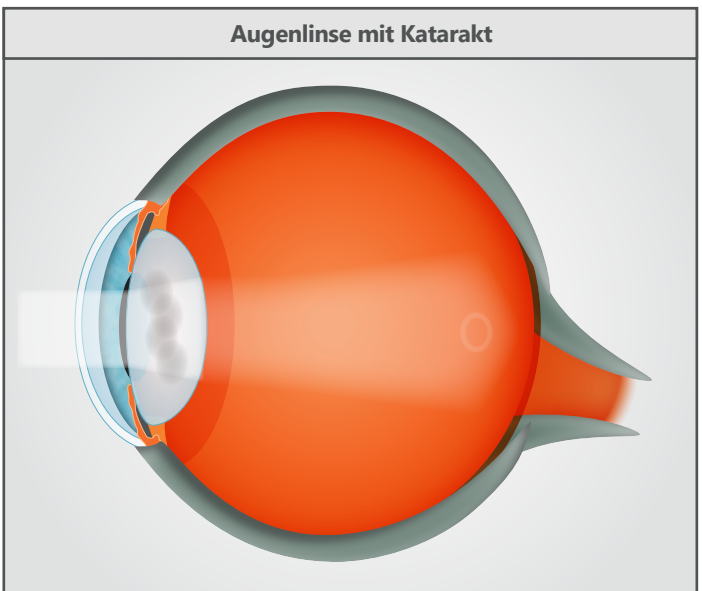


Abb. 3b: Augenlinse mit Katarakt

- ▶ **Die Anwendung eines Schwellenwertmodells für die Augenlinse bleibt unsicher.**
- ▶ **Als Konsens im Strahlenschutz gilt es, immer die Strahlenexposition zu minimieren. Somit werden alle Unsicherheiten eines nominal festgelegten Schwellenwertes berücksichtigt.**
- ▶ **Falls es einen Schwellenwert für die strahleninduzierte Kataraktbildung gibt, wird dieser mit etwa 100 mGy (Milligray) als sehr niedrig abgeschätzt.**

## Schwellenwerte

Typischerweise unterscheidet man die biologische Wirkung, die durch ionisierende Strahlung hervorgerufen wird, in zwei Arten: Die deterministische und die stochastische Strahlenwirkung.

Bei der deterministischen Strahlenwirkung tritt ein akuter Effekt, z.B. eine Hautrötung durch Exposition des Körpers mit ionisierender Strahlung, auf. Charakteristisch hierfür ist, dass eine gewisse Schwellendosis oder ein Schwellenwert überschritten werden muss. Im Gegensatz dazu, gibt es bei der stochastischen Strahlenwirkung keinen festen, unteren Schwellenwert. Somit ist die Wahrscheinlichkeit einer strahleninduzierten Spätfolge auch bei sehr niedrigen Strahldosen größer als Null nicht zu vernachlässigen.

Lange Zeit wurde angenommen, dass es sich bei radiogenen Linsen-trübungen (Strahlenkatarakt) ausschließlich um einen deterministischen Effekt handelt. Die ICRP nimmt einen Schwellenwert von 500 mGy (entspricht 500 mSv) für akute oder lang andauernde Exposition an <sup>2</sup>. Ausdrücklich wird von der ICRP jedoch die Empfehlung ausgesprochen, die Expositionsdosen unter dem Schwellenwert zu halten. Begründet wird dies mit Unsicherheiten bei der Anwendung eines Schwellenwerts sowie dessen konkreten Zahlenwerts. Hamada et al. <sup>8</sup> gibt in einer seiner wissenschaftlichen Arbeiten einen detaillierten Einblick über die wissenschaftliche Grundlage der ICRP-Empfehlung von 2011 und betrachtet die Mechanismen, die zur strahleninduzierten Kataraktbildung führen.

Die Strahlenschutzkommission (SSK) führt ebenso an, dass aktuelle epidemiologische Studien sowie experimentelle Daten Anlass zur Diskussion geben, ob für die Verursachung von Katarakten der Augenlinse überhaupt eine Schwellendosis vorliegt <sup>9</sup>. Beispielsweise wird dies in einer Aussage von Chodick et al. <sup>10</sup> verdeutlicht: „Unsere Ergebnisse und die Ergebnisse neuerer Studien deuten darauf hin, dass die Wahrscheinlichkeit der Kataraktbildung mit zunehmender Exposition gegenüber ionisierender Strahlung zunimmt, wobei es keinen offensichtlichen Schwellenwert gibt.“

Weitere Studien berichten darüber, dass bereits die Exposition mit relativ niedrigen Dosen ionisierender Strahlung das langfristige Risiko der Entstehung von Katarakten erhöht. Neriishi et al. <sup>11</sup> stellt einen geschätzten Wert von 100 - 800 mGy als Dosis-schwellenwert für die Prävalenz von operativen Katarakten fest.

Die Auswirkung ionisierender Strahlung auf das Auge abgesehen von der Kataraktentstehung ist in Bezug auf niedrige Strahldosen noch wenig erforscht. Aus diesem Grund hat die NCRP (National Council of Radiation Protection) schon im Jahre 2016 eine umfassende Bewertung der Gesamtauswirkung ionisierender Strahlung auf das Auge empfohlen <sup>12</sup>. Es ist nach wie vor ungeklärt, wie Erkrankungen des Auges, z.B. Glaukome oder Makuladegeneration, durch ionisierende Strahlung beeinflusst oder sogar induziert werden. Aufgrund dieser sehr limitierten Datenlage wird für das Auftreten eines radiogenen Glaukoms ein Schwellenwert von > 5 Gy angenommen <sup>13,14</sup>, welcher verglichen mit der Kataraktbildung um ein Vielfaches höher liegt.

Augenlinsen-Dosimeter Messgröße  $H_p(3)$

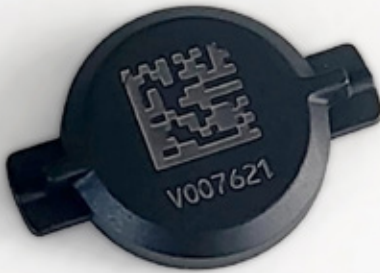


Abb. 4: Augenlinsen-Dosimeter

Röntgenschutzbrillen mit integrierter Dosimeteranbindung

Integrierter  
Dosimeter-  
adapter

Integrierter  
Dosimeter-  
adapter

Abb. 5: Röntgenschutz-Brillen mit integrierter Dosimeteranbindung

- ▶ **Es gilt die Verpflichtung zur amtlichen Überwachung der Augenlinsendosis bei zu erwartender Organ-Äquivalentdosis ab 15 mSv pro Kalenderjahr.**
- ▶ **Laut IRPA (International Radiation Protection Association) ist eine amtliche Überwachung der Augenlinsendosis bereits ab einer Organ-Äquivalentdosis von 6 mSv pro Jahr vorzusehen.**
- ▶ **Die Ermittlung der Organ-Äquivalentdosis für die Augenlinse hat spätestens ab dem 1. Januar 2022 verpflichtend in der Messgröße  $H_p(3)$  zu erfolgen.**



## Überwachung der Augenlinsendosis

Gesetzlich gefordert ist die regelmäßige, amtliche Personendosimetrie zur messtechnischen Überwachung der Augenlinsendosis, falls eine höhere Organ-Äquivalentdosis als 15 mSv pro Kalenderjahr zu erwarten ist. Dies gibt die Strahlenschutzverordnung (StrSchV) vom 29. November 2018 für beruflich strahlenexponierte Personen vor<sup>15</sup>. Die Auswertung der Augenlinsen-Dosimeter wird, wie auch bei den Ganzkörperdosimetern Pflicht, durch eine amtlich zugelassene Personendosismessstelle ausgeführt.

Hierfür wurde, neben den im Strahlenschutz bereits bekannten Messgrößen  $H_p(10)$  und  $H_p(0,07)$ , die eigenständige Messgröße  $H_p(3)$  eingeführt.  $H_p(3)$  - Dosimeter wurden für eine repräsentative Messung der Augenlinsendosis in 3 mm Gewebetiefe entwickelt, was durch die Zahl 3 in Klammern verdeutlicht wird ( $H_p(10)$  Messung in 10 mm Gewebetiefe,  $H_p(0,07)$  in 0,07 mm Gewebetiefe). Die Erfordernis der neuen Messgröße ergibt sich somit aus der Anatomie des Auges. Im Auge befindet sich die Augenlinse in einer Tiefe von 2 – 4 mm, was die Aussagekraft bisheriger Personendosimeter für die Organ-Äquivalentdosis der Augenlinse schmälert oder komplett nichtig macht. Die StrSchV bestimmt daher, dass die Ermittlung der Organ-Äquivalentdosis für die Augenlinse spätestens ab dem 1. Januar 2022 in der neuen Messgröße  $H_p(3)$  mit dem Mess- und Eichgesetz entsprechenden Dosimetern erfolgen muss<sup>16</sup>.

Wie bereits in der vorangegangenen Diskussion der Schwellenwerte erläutert wurde, ist allerdings jeder regulatorisch gesetzte Schwellenwert zu beleuchten. Die IRPA (International Radiation Protection Agency) sieht die Notwendigkeit einer regelmäßigen Augenlinsenendosisüberwachung bereits ab einer Dosischwelle von 6 mSv pro Kalenderjahr als erforderlich an. Für eine jährliche Organ-Äquivalentdosis zwischen 1 bis 6 mSv wird die regelmäßige Überwachung empfohlen<sup>17</sup>.

Messtechnisch herausfordernd ist die Dosismessung für die Ermittlung der Augenlinsendosis in Hinblick auf eine sinnvolle Position des Dosimeters. Hier gilt es zu beachten, dass die Messung an einem repräsentativen Messort stattfindet, an dem idealerweise die höchste Exposition zu erwarten ist<sup>18</sup>. Um die Machbarkeit in der klinischen Alltagsroutine zu ermöglichen, wurden „Idealbedingungen“ definiert. Diese besagen, dass das  $H_p(3)$  - Dosimeter möglichst nahe an dem, der Strahlenquelle zugewandtem Auge und hinter allen vorhandenen Schutzeinrichtungen platziert werden soll. Wechselnde Positionen des Dosimeters würden hierbei die Messung bis zur Unbrauchbarkeit der Messwerte beeinflussen. Daher ist das Einhalten einer fixen Position für eine aussagekräftige und nachvollziehbare Dosismessung essentiell<sup>19</sup>. Röntgenschutzbrillen mit integrierten Dosimeteranbindungen sind somit prädestiniert, die Anforderung an eine fest definierte Position für das Augenlinsendosimeter sicherzustellen<sup>20</sup>.

Bei Erhebungsmessungen dagegen, die eine Tätigkeit oder einen Arbeitsplatz bezüglich der zu erwartenden Augenlinsendosis bestimmen sollen oder als Grundlage für die Entscheidung über geeignete Strahlenschutzmaßnahmen vorgesehen sind ist es sinnvoll, die Dosis vor und hinter den Strahlenschutzmitteln zu messen. Somit wird nicht nur das eigentliche Strahlungsfeld sondern auch zugleich die Wirksamkeit der vorhandenen Schutzmittel, beispielsweise der Röntgenschutzbrille beurteilt. Auch hier ist eine Röntgenschutzbrille mit integrierter Dosimeteranbindung ein sinnvolles Hilfsmittel, da hier auch Messungen ohne Personenzuweisung mit einer definierten Messposition möglich sind. Auch wenn es sich hierbei um keine amtlichen Personendosis-Messungen handelt, empfiehlt sich dennoch die Verwendung eines  $H_p(3)$ -Dosimeters.

Deckengeführte Strahlenschutzscheibe mit Lamellenbehang

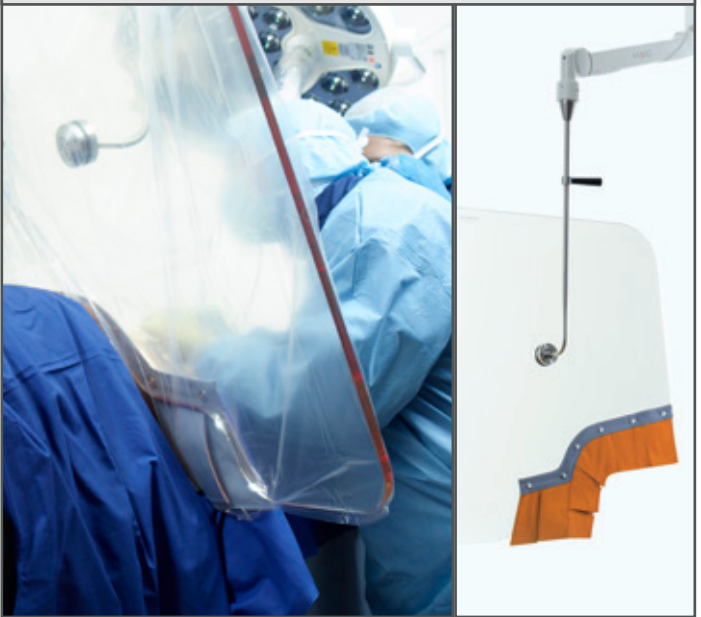


Abb. 6: Strahlenschutz-Scheibe mit Lamellenbehang als Obertischschutz

Strahlenschutz-Drapes in Ergänzung zu  
der Strahlenschutzscheibe mit Lamellenbehang

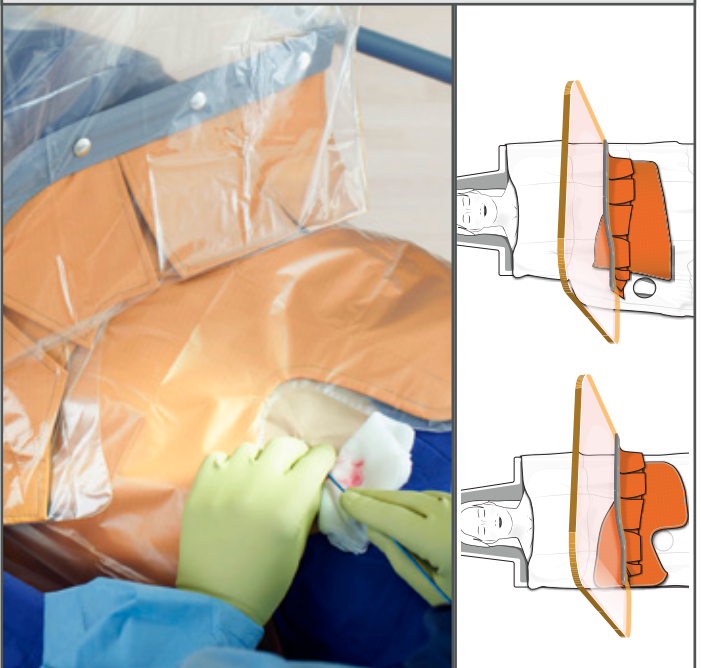


Abb. 7: Strahlenschutz-Scheibe mit Lamellenbehang und Strahlenschutz-Drape

- ▶ **Gemäß Strahlenschutzgesetz muss jede Strahlenexposition auch unterhalb der festgelegten Grenzwerte so gering wie möglich gehalten werden.** <sup>22</sup>

## Strahlenschutzmaßnahmen

Die vorangegangenen Kapitel haben aus verschiedenen Gesichtspunkten dargelegt, warum ein Schutz der Augenlinse bei vielen, radiologisch gestützten Verfahren unabdingbar ist. Denn auch wenn der neue Grenzwert für die Organ-Äquivalentdosis der Augenlinse in Höhe von 20 mSv pro Kalenderjahr eingehalten werden sollte, gilt gleichwohl das Gebot der Optimierung im Strahlenschutz: die Strahlenexposition ist auch unterhalb der vorgegebenen Grenzwerte so weit wie möglich mit vertretbarem Aufwand (ALARA-Prinzip) zu minimieren<sup>21</sup>. Hierbei ist die messtechnische Ermittlung und Überwachung der jeweiligen Augenlinsendosis eine Säule des Anwenderschutzes, die weitere ist der Einsatz von Strahlenschutzmitteln im medizinischen Alltag.

Um die Schutzwirkung von Strahlenschutzmitteln optimal zu nutzen ist es zwingend erforderlich die Hauptquelle der Strahlenexposition für das Auge zu kennen. Bei radiologisch gestützten Interventionen ist dies die vom Patienten ausgehende Streustrahlung. Bei vielen Prozeduren ist der Blick des Untersuchenden weniger auf den Patienten, als auf die Monitore gerichtet. Bei den verschiedenen interventionellen Disziplinen trifft die, von dem durchstrahlten Patientenvolumen austretende Streustrahlung je nach Position der Monitore und der Kopfhaltung des Strahlenanwenders von schräg unten bzw. schräg seitlich auf dessen Augenlinsen.

Die bevorzugte Strahlenschutzmaßnahme ist der Einsatz von geräteseitigen Strahlenschutzabschirmungen. Diese stellen keine zusätzliche körperliche Belastung für die Anwender dar und schützen nicht nur partiell, sondern bilden in kombinierter Anwendung großflächige Schutzzonen. Bei den geräteseitigen Strahlenschutzmitteln unterscheidet man generell zwischen Obertischschutzeinrichtungen (OT) und Untertischschutzeinrichtungen (UT). Typische Vertreter der OTs sind deckengeführte, transparente Strahlenschutzscheiben. Bei den UTs handelt es sich um tischmontierte Untertischlamellen mit entsprechendem Obertisch-Aufsatz. Als mobile Lösung kombinieren Röntgenschutzwände Obertisch- und Untertischschutzeinrichtung oder ersetzen den tischseitig montierten Behang.<sup>22, 23, 24, 25, 34, 35</sup>

Deutlich verbessern lässt sich die Schutzwirkung der geräteseitigen Strahlenschutzeinrichtungen mit Strahlenschutz-Drapes, welche auf dem Patientenkörper, außerhalb des eingeblendeten Feldes (FOV) positioniert werden. Diese schirmen einen wesentlichen Anteil der Streustrahlen aus dem durchstrahlten Patientenvolumen ab.<sup>25, 26, 27, 28, 32</sup>



**Deckengeführtes Strahlenschutz-Gesichtsschild**



Abb. 8: Deckengeführtes Strahlenschutz-Gesichtsschild

**Tischmontierte Untertischlamellen mit Obertisch-Aufsatz**



Abb. 9: Tischmontierte Untertischlamellen mit Obertisch-Aufsatz

**Persönliche Schutzausrüstung (PSA)**



Abb. 10: Strahlenschutz-Brillen mit Seitenschutz

## Strahlenschutzmaßnahmen

Im Rahmen der persönlichen Schutzausrüstung (PSA) sind Röntgen-schutz-Brillen und -Visiere das Mittel der Wahl. Bei Röntgenschutz-Brillen ist ein möglichst spaltfreier Abschluss der Schutzgläser/ Schutzmaterialien zu den Wangen und zu den Schläfen hin für eine optimale Schutzwirkung relevant. Brillen mit zusätzlichem seitlichem Strahlenschutz sind dabei vorteilhaft. <sup>29, 30, 31, 32</sup>

Unabhängig eines effizienten Einsatzes von Strahlenschutzmitteln gibt es Aspekte, die im Umgang mit ionisierender Strahlung und somit dem Strahlenschutz, essenziell sind. Dazu zählt beispielsweise die regelmäßige Unterweisung des Personals, ein maximaler Abstand zur Strahlenquelle, die Reduzierung der Durchleuchtungszeiten und der Bildwiederholungsraten, ein maximaler Röhren-Patienten-Abstand, ein geringer Detektor-Patienten-Abstand, eine enge Kollimation, eine Zusatzfilterung sowie die Auswahl der Projektion. Bei der Auswahl der Röntgengeräte ist Untertisch-Röhrengeräten der Vorzug zu geben. <sup>30, 33</sup>

Werden alle Grundsätze und Möglichkeiten des Strahlenschutzes im Klinikalltag gelebt und findet ein möglichst breiter Einsatz der beschriebenen Strahlenschutzmittel statt, ist es auch an den meisten Hochdosisarbeitsplätzen wahrscheinlich, dass die Strahlenanwender im Rahmen der gesetzlichen Grenzwerte für die Augenlinsendosis arbeiten. <sup>34, 35</sup>



Abb. 11: Strahlenschutz-Visier

## Literatur- / Quellenverzeichnis

1. Strahlenschutzkommission (SSK). Strahleninduzierte Katarakte - Empfehlung der Strahlenschutzkommission mit wissenschaftlicher Begründung. Verabschiedet in der 234. Sitzung der Strahlenschutzkommission am 14. Mai 2009. [https://www.ssk.de/SharedDocs/Beratungsergebnisse\\_PDF/2009/Strahlen-induzierte\\_Katarakte.html;jsessionid=E2AF002E95E5CA42E234BCCC497B04B2.2\\_cid339?nn=2041716](https://www.ssk.de/SharedDocs/Beratungsergebnisse_PDF/2009/Strahlen-induzierte_Katarakte.html;jsessionid=E2AF002E95E5CA42E234BCCC497B04B2.2_cid339?nn=2041716)
2. ICRP International Commission on Radiological Protection. Statement on Tissue Reactions. Ref. 4825-3093-1464; Approved by the Commission on April 21, 2011. <https://www.icrp.org/docs/2011%20Seoul.pdf>
3. Richtlinie 2013/59/Euratom zur Festlegung grundlegender Sicherheitsnormen für den Schutz vor den Gefahren einer Exposition gegenüber ionisierender Strahlung vom 5. Dezember 2013 (ABl. L 13/1), Artikel 9. <https://eur-lex.europa.eu/LexUriServ/LexUriServ.do?uri=OJ:L:2014:013:0001:0073:DE:PDF>
4. Richtlinie 2013/59/Euratom zur Festlegung grundlegender Sicherheitsnormen für den Schutz vor den Gefahren einer Exposition gegenüber ionisierender Strahlung vom 5. Dezember 2013 (ABl. L 13/1), Artikel 11. <https://eur-lex.europa.eu/LexUriServ/LexUriServ.do?uri=OJ:L:2014:013:0001:0073:DE:PDF>
5. Gesetz zur Neuordnung des Rechts zum Schutz vor der schädlichen Wirkung ionisierender Strahlung – Strahlenschutzgesetz (StrSchG) vom 27. Juni 2017, Bundesgesetzblatt Jahrgang 2017 Teil I Nr. 42, § 78. <https://www.gesetze-im-internet.de/strlschg/StrlSchG.pdf>
6. Bundesamt für Strahlenschutz (BfS). „Grenzwerte im Strahlenschutz“ <https://www.bfs.de/DE/themen/ion/strahlenschutz/grenzwerte/grenzwerte.html>
7. Gesetz zur Neuordnung des Rechts zum Schutz vor der schädlichen Wirkung ionisierender Strahlung – Strahlenschutzgesetz (StrSchG) vom 27. Juni 2017, Bundesgesetzblatt Jahrgang 2017 Teil I Nr. 42, Kapitel 2, § 8. <https://www.gesetze-im-internet.de/strlschg/StrlSchG.pdf>
8. Hamada N, Azizova TV, Little MP. An update on effects of ionizing radiation exposure on the eye. Br J Radiol 2020; 93. <https://doi.org/10.12529/bjr.20190829>.
9. Strahlenschutzkommission (SSK). Grundlagen zur Begründung von Grenzwerten für beruflich strahlenexponierte Personen - Empfehlung der Strahlenschutzkommission mit wissenschaftlicher Begründung. Verabschiedet am 7. September 2018. [https://www.ssk.de/SharedDocs/Beratungsergebnisse\\_PDF/2018/2018-09-07Grenzwerte.html;jsessionid=0A0E2FA6D0D61FAFF3CDEB3AAB0C12EC.1\\_cid339?nn=2041716](https://www.ssk.de/SharedDocs/Beratungsergebnisse_PDF/2018/2018-09-07Grenzwerte.html;jsessionid=0A0E2FA6D0D61FAFF3CDEB3AAB0C12EC.1_cid339?nn=2041716)
10. Gabriel Chodick et al. Risk of Cataract after Exposure to Low Doses of Ionizing Radiation: A 20-Year Prospective Cohort Study among US Radiologic Technologists. American Journal of Epidemiology 2008; Vol. 168, No. 6. <https://doi.org/10.1093/aje/kwn171>
11. Neriishi, K., Nakashima, E., Minamoto, A., Fujiwara, S., Akahoshi, M., Mishima, H. K., Kitaoka, K. and Shore, R. E. Postoperative Cataract Cases among Atomic Bomb Survivors: Radiation Dose Response and Threshold. Radiat. Res. 2007; 168(4):404-8. <https://doi.org/10.1667/RR0928.1>
12. NCRP. Guidance on radiation dose limits for the lens of the eye. NCRP Commentary No. 26. Maryland, USA: NCRP; 2016. <https://ncrponline.org/shop/commentaries/commentary-no-26-guidance-on-radiation-dose-limits-for-the-lens-of-the-eye-2016/>
13. Mark P. Little et al. Occupational radiation exposure and glaucoma and macular degeneration in the US radiologic technologists. Scientific Reports 2018; 8:10481. <https://doi.org/10.1038/s41598-018-28620-6>
14. Hamada N, Azizova TV, Little MP. Glaucomagenesis following ionizing radiation exposure. Mutation Research Volume 779 January–March 2019; 36–44. <https://doi.org/10.1016/j.mrrev.2019.01.001>.
15. Strahlenschutzverordnung (StrlSchV - Verordnung zum Schutz vor der schädlichen Wirkung ionisierender Strahlung) vom 29.11.2018, § 64, § 66. [https://www.base.bund.de/SharedDocs/Downloads/BASE/DE/rsh/1a-atomrecht/1A-8-StrlSchV-181129.pdf?\\_\\_blob=publicationFile&v=4](https://www.base.bund.de/SharedDocs/Downloads/BASE/DE/rsh/1a-atomrecht/1A-8-StrlSchV-181129.pdf?__blob=publicationFile&v=4)
16. Strahlenschutzverordnung (StrlSchV - Verordnung zum Schutz vor der schädlichen Wirkung ionisierender Strahlung) vom 29.11.2018, § 171, § 197, Anlage 18 Teil A Nummer 1. [https://www.base.bund.de/SharedDocs/Downloads/BASE/DE/rsh/1a-atomrecht/1A-8-StrlSchV-181129.pdf?\\_\\_blob=publicationFile&v=4](https://www.base.bund.de/SharedDocs/Downloads/BASE/DE/rsh/1a-atomrecht/1A-8-StrlSchV-181129.pdf?__blob=publicationFile&v=4)
17. IRPA International Radiation Protection Agency „Guidance on Implementation of Eye Dose Monitoring and Eye Protection of Workers“ (2017). [https://www.irpa.net/docs/IRPA%20Guidance%20on%20Implementation%20of%20Eye%20Dose%20Monitoring%20\(2017\).pdf](https://www.irpa.net/docs/IRPA%20Guidance%20on%20Implementation%20of%20Eye%20Dose%20Monitoring%20(2017).pdf)
18. Richtlinie für die physikalische Strahlenschutzkontrolle zur Ermittlung der Körperdosen, Teil 1: Ermittlung der Körperdosis bei äußerer Strahlenexposition. 08.12.2003. [https://www.bmu.de/fileadmin/Daten\\_BMU/Download\\_PDF/Strahlenschutz/kontrolle\\_koerperdosen\\_aussere\\_exposition.pdf](https://www.bmu.de/fileadmin/Daten_BMU/Download_PDF/Strahlenschutz/kontrolle_koerperdosen_aussere_exposition.pdf)

19. Bandalo V., Figel M., Greiter M.B., Bröner J., Kleinau P., Haninger T., Strobel I., Mende E., Scheubert P., Eßer R., Furlan M., Schmid M., Hoedlmoser H.. Performance of the BeOSL eye lens dosimeter with radiation protection glasses. *Radiation Measurements* 131 (2020) 106235. <https://doi.org/10.1016/j.radmeas.2019.106235>
20. Hoedlmoser H., Greiter M., Bandalo V., Mende E., Bröner J., Kleinau P., Haninger T., Furlan M., Schmid M., Esser R., Scheubert P., Figel M.. New eye lens dosimeters for integration in radiation protection glasses. *Radiation Measurements* 125 (2019) 106–115. <https://doi.org/10.1016/j.radmeas.2019.05.002>
21. Gesetz zur Neuordnung des Rechts zum Schutz vor der schädlichen Wirkung ionisierender Strahlung – Strahlenschutzgesetz (StrSchG) vom 27. Juni 2017, Bundesgesetzblatt Jahrgang 2017 Teil I Nr. 42, Kapitel 2, § 8. <https://www.gesetze-im-internet.de/strlschg/StrlSchG.pdf>
22. V. Schächinger, H. Nef, S. Achenbach, C. Butter, I. Deisenhofer, L. Eckardt, H. Eggebrecht, E. Kuon, B. Levenson, A. Linke, K. Madlener, H. Mudra, C.K. Naber, J. Rieber, H. Rittger, T. Walther, T. Zeus, M. Kelm. Leitlinie zum Einrichten und Betreiben von Herzkatheterlaboren und Hybridoperationssälen/Hybridlaboren. 3. Auflage 2015, *Kardiologie* 2015; 9:89–123. <https://dx.doi.org/10.1007/s12181-014-0631-7>
23. V. Schächinger, M. Kelm. Addendum zur Leitlinie zum Einrichten und Betreiben von Herzkatheterlaboren und Hybridoperationssälen/Hybridlaboren. *Kardiologie* 2019; 13:193–197. <https://doi.org/10.1007/s12181-019-0330-5>
24. P. Gilligan, J. Lynch, H. Eder, S. Maguire, E. Fox, B. Doyle, I. Casserly, H. McCann, D. Foley. Assessment of clinical occupational dose reduction effect of a new interventional cardiology shield for radial access combined with a scatter reducing drape. *Catheterization and Cardiovascular Interventions* 2015; 86:935–940. <https://doi.org/10.1002/ccd.26009>
25. H. Eder, M. C. Seidenbusch, M. Treitl, P. Gilligan. A New Design of a Lead-Acrylic Shield for Staff Dose Reduction in Radial and Femoral Access Coronary Catheterization. *Rofo* 2015; 187(10): 915–923 <https://dx.doi.org/10.1055/s-0034-1399688>
26. K. McCutcheon, M. Vanhaverbeke, R. Pauwels, J. Dabin, W. Schoonjans, J. Bennett, T. Adriaenssens, C. Dubois, P. Sinnaeve, W. Desmet. Efficacy of MAVIG X-Ray Protective Drapes in Reducing Operator Radiation Dose in the Cardiac Catheterization Laboratory. *Circ Cardiovasc Interv.* 2020;13:e009627. <https://doi.org/10.1161/CIRCINTERVENTIONS.120.009627>
27. K. McCutcheon, M. Vanhaverbeke, J. Dabin, R. Pauwels, W. Schoonjans, W. Desmet, J. Bennett. Efficacy of MAVIG X-Ray Protective Drapes in Reducing CTO Operator Radiation. *Journal of Interventional Cardiology* 2021; Article ID 3146104. <https://doi.org/10.1155/2021/3146104>
28. H. Eder. Einsatz einer adaptierbaren Abschirmdecke bei ERCP?. *radiologie|technologie* 2019. [https://www.radiologie-technologie.de/uploads/ahLg1GjS/13-15\\_2-19.pdf](https://www.radiologie-technologie.de/uploads/ahLg1GjS/13-15_2-19.pdf)
29. E. T. Samara, D. Cester, M. Furlan, T. Pfammatter, T. Frauenfelder, A. Stüssi. Efficiency evaluation of leaded glasses and visors for eye lens dose reduction during fluoroscopy guided interventional procedures. *Physica Medica* 2022; 100:129–134. <https://doi.org/10.1016/j.ejmp.2022.06.021>
30. R. Adamus, R. Loose, M. Wucherer, M. Uder, M. Galster. Strahlenschutz in der interventionellen Radiologie. *Radiologie* 2016; 56:275–281. <https://dx.doi.org/10.1007/s00117-016-0083-0>
31. F. Szigei, F. Merz. Strahlenschutz der Augenlinsen bei der interventionellen Radiologie. *Radiopraxis* 2016; 9:147–158. <https://dx.doi.org/10.1055/s-0042-108825>
32. B. A. Schueler, K. A. Fetterly. Eye protection in interventional procedures. *Br J Radiol* 2021; 94: 20210436. <https://doi.org/10.1259/bjr.20210436>
33. Netherlands Commission on Radiation Dosimetry. Report 31, May 2018. Guidelines for Radiation Protection and Dosimetry of the Eye Lens. <https://dx.doi.org/10.25030/ncs-031>
34. M. Galster, C. Guhl, M. Uder, R. Adamus. Exposition der Augenlinse des Untersuchers und Effizienz der Strahlenschutzmittel bei fluoroskopischen Interventionen. *Fortschr Röntgenstr* 2013; 185:474–481. <https://dx.doi.org/10.1055/s-0032-1330728>
35. M. Grau, O. Eldergash, S. S. Amin, T. Kowald, J. Schnabel, A. Wißmann, S. Simka, A. Chavan, C. Mathys, B. Poppe, B. Schmuck, R. P. Thomas. Are X-ray Safety Glasses Alone Enough for Adequate Ocular Protection in Complex Radiological Interventions?. *Health Phys.* 2021; 120(6):641–647. <https://dx.doi.org/10.1097/HP.0000000000001393>

## **MAVIG GmbH**

Postfach 82 03 62  
81803 München  
Deutschland

Stahlgruberring 5  
81829 München  
Deutschland

Telefon +49 (0) 89 420 96 0  
Fax +49 (0) 89 420 96 200  
e-Mail info@mavig.com

[www.mavig.de](http://www.mavig.de)

**MAVIG**